

CONTENT

CESARE SPOSITO, FRANCESCA SCALISI (EDITORIAL)	<i>Riflessioni e traiettorie di ricerca interdisciplinari sulla transizione ecologica</i> Reflections and trajectories for interdisciplinary research on the ecological transition	3
ALESSANDRO VALENTI ANDREA TRIMARCHI, SIMONE FARRÉSIN	<i>Design e pensiero ecologico. Le nuove narrative del progetto contemporaneo che mettono la Terra in primo piano</i> Design and ecological thinking. The new narratives of contemporary design placing Earth on centre stage	19
JAVIER GONZÁLEZ-CAMPAÑA, NOEMIE LAFABRIE-DEBANY MARTA RABAZO MARTIN	<i>Realizzare paesaggi innovativi. Balmori Associates ridefinisce il rapporto uomo-natura per le città del futuro</i> Making innovative landscapes. Balmori Associates redefining the human-nature relationship for the cities of the future	31
ANDREA SCIASCIA	<i>Riscaldamento globale e città. L'incremento della vegetazione e la progettazione urbana tra non finito e paesaggio urbano</i> Global warming and cities. Increasing vegetation and urban planning between the unfinished and the urban landscape	43
CHIARA CATALANO, THOMAS E. HAUCK SUSANN AHN, SALVATORE PASTA	<i>Paesaggi senza architetti del paesaggio. La bellezza ecologica dei paesaggi urbani informali</i> Landscapes without landscape architects. On the ecological beauty of informal urban landscapes	57
ANDRÉS CANOVAS, JAVIER DE ANDRÉS	<i>Soluzioni locali per sfide globali. L'edilizia residenziale come catalizzatore della transizione ecologica</i> Solving global challenges locally. Collective housing as a catalyst for ecological transition	67
MONICA MOSCATELLI, ALESSANDRO RAFFA	<i>Infrastrutture verdi in contesti aridi urbani. Ecologie in transizione oltre il Green Riyadh</i> Green infrastructure in arid urban contexts. Transitioning ecologies beyond Green Riyadh	75
ZEILA TESORIERE	<i>Architettura, custode della natura. Il progetto di suolo nella trasformazione delle autostrade urbane, 1962-2018</i> Architecture, the guardian of nature. The project of the ground within the transformation of urban highways, 1962-2018	87
ROBERTA INGARAMO, MAICOL NEGRELLO L. KHACHATOURIAN SARADEHI, A. KHACHATOURIAN SARADHI	<i>Il progetto transcalare delle nature-based solutions per l'Agenda 2030. Innovazioni e interconnessioni</i> Transcalar project of nature-based solutions for the 2030 Agenda. Innovations and interconnections	97
ANTONELLA FALZETTI, GIULIO MINUTO	<i>L'anima sostenibile del passato. Imparare dal presente per rigenerare spazi urbani inattuali</i> The sustainable soul of the past. Learning from the present to regenerate outdated urban spaces	109
RENZO LECARDANE	<i>Natura Capitale. Transizione ecologica e fenomeni di trasformazione dello spazio aperto</i> Nature Capital. An ecological transition and open space transformation phenomena	119
ADRIANO DESSI	<i>Camminare nel selvatico. Per una transizione verso un paesaggio coevolutivo</i> Walking into the wild. A transition to a co-evolutionary landscape	131
SARA BASSO, THOMAS BISIANI PIERLUIGI MARTORANA, ADRIANO VENUDO	<i>Vertical farm. Dalle forme dell'agricoltura nuove architetture e città</i> Vertical farm. New architectures and cities from the forms of agriculture	141
HISHAM EL-HITAMI, MONA MAHALL ASLI SERBEST	<i>Ecologia dello spazio. Progetto architettonico e relazioni transfrontaliere</i> An ecology of space. Architectural design for transboundary relationships	153
MARIE DAVIDOVÁ, SHANY BARATH SUSANNAH DICKINSON	<i>Ambienti culturali con prospettive non solo umane. Prototipazione attraverso ricerca e formazione</i> Cultural environments with more-than-human perspectives. Prototyping through research and training	165
ROBERTO BOLOGNA, GIULIO HASANAJ	<i>Modelli evoluti per la costruzione di un catalogo NbS per la resilienza e la biodiversità</i> Advanced models for the construction of an NbS catalogue for resilience and biodiversity	179
TIZIANA FERRANTE, FEDERICA ROMAGNOLI TERESA VILLANI	<i>Sviluppo urbano sostenibile. Organizzazione di contenuti informativi per la transizione verso i Distretti a Energia Positiva</i> Sustainable urban development. Organizing information content for the transition to Positive Energy Districts	191
GIAMPIERO LOMBARDINI, ANGELA PILOGALLO GIORGIA TUCCI	<i>Innovazione rurale, servizi eco-sistemici e processi di urbanizzazione in Liguria, tra costa ed entroterra</i> Rural innovation, ecosystem services and urbanisation processes in Liguria, between coastal and inner areas	205
SPARTACO PARIS, ELISA PENNACCHIA CARLO VANNINI	<i>Architettura delle pavimentazioni. Metodi multiscalari e digitali per una transizione ecologica</i> Architecture of urban pavements. Multi-scale and digital methods for an ecological transition	217
ADOLFO F. L. BARATTA, JACOPO ANDREOTTI LUCA TRULLI, LAURA CALCAGNINI	<i>L'innovazione di prodotto per la transizione ecologica. Il riciclo del laterizio e del vetro</i> Product innovation for the ecological transition. Brick and glass recycling	227
RAFFAELLA AVERSA, ROSSELLA FRANCHINO CATERINA FRETTOLOSO, NICOLA PISACANE, LAURA RICCIOTTI	<i>Geopolimeri per l'Eco-Architettura. Approcci integrati per l'attivazione di strategie green</i> Geopolymers for Eco-Architecture. Integrated approaches for green strategies activation	237
MARINA RIGILLO, GIULIANO GALLUCCIO FEDERICA PARAGLIOLA	<i>Digitale e circolarità in edilizia. Le KETs per la gestione degli scarti in UE</i> Digital and circularity in building. KETs for waste management in the European Union	247
VENANZIO ARQUILLA, ALICE PARACOLLI	<i>Design sull'esperienza dell'utente e sostenibilità degli oggetti con intelligenza artificiale</i> User experience design and sustainability of AI-infused objects	259
SILVIA BARBERO, ELIANA FERRULLI	<i>Transizione ecologica e digitale. Il Design Sistemico nei processi di innovazione aperta delle PMI</i> Ecological and digital transition. Systemic Design in SMEs open innovation processes	269
MASSIMO BRIGNONI, GIORGIO DALL'OSSE SILVIA GASPAROTTO, RICCARDO VARINI	<i>Mappatura dei processi design-driven per la rigenerazione delle piccole città fortificate in aree interne</i> Mapping design-driven processes for the regeneration of small fortified towns in inland areas	281
C. SANTOS MALAGUTI DE SOUSA, T. QUEIROZ FERREIRA BARATA CAIO DUTRA PROFÍRIO DE SOUZ, FELIPE GUSTAVO DE MELO	<i>Gestione delle foreste urbane. Percorsi tecnologici design-driven per la valorizzazione dei rifiuti da potatura</i> Urban forests management. Design-driven technological routes for wood waste valuing	291

13

International Journal of Architecture Art and Design

13 | 2023

AGATHÓN INNOVABILITY | TRANSIZIONE ECOLOGICA | INNOVABILITY | ECOLOGICAL TRANSITION

INNOVABILITY
TRANSIZIONE ECOLOGICA

INNOVABILITY
ECOLOGICAL TRANSITION

AGATHÓN

13
2023

AGATHÓN

International Journal
of Architecture, Art and Design

ISSN print: 2464-9309 – ISSN online: 2532-683X

Scientific Directors

GIUSEPPE DE GIOVANNI, CESARE SPOSITO (University of Palermo, Italy)

Managing Director

MICAELA MARIA SPOSITO

International Scientific Committee

ALFONSO ACOCELLA (University of Ferrara, Italy), JOSE BALLESTEROS (Polytechnic University of Madrid, Spain), SALVATORE BARBA (University of Salerno, Italy), FRANÇOISE BLANC (Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse, France), ROBERTO BOLOGNA (University of Firenze, Italy), TAREK BRIK (University of Tunis, Tunisia), TOR BROSTRÖM (Uppsala University, Sweden), JOSEP BURCH I RIUS (University of Girona, Spain), MAURIZIO CARTA (University of Palermo, Italy), ALICIA CASTILLO MENA (Complutense University of Madrid, Spain), PILAR CHIAS NAVARRO (Universidad de Alcalá, Spain), JORGE CRUZ PINTO (University of Lisbon, Portugal), MARIA ANTONIETTA ESPOSITO (University of Firenze, Italy), EMILIO FAROLDI (Polytechnic University of Milano, Italy), FRANCESCA FATTA ('Mediterranea' University of Reggio Calabria, Italy), VICENTE GUALLART (IAAC – Institute for Advanced Architecture of Catalonia, Spain), FRANCISCO JAVIER GALLEGO ROCA (University of Granada, Spain), PIERFRANCO GALLIANI (Polytechnic University of Milano, Italy), CRISTIANA MAZZONI (Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-Belleville, France), JAVIER GARCÍA-GUTIÉRREZ MOSTEIRO (Polytechnic University of Madrid, Spain), MARIA LUISA GERMANÀ (University of Palermo, Italy), FAKHER KHARRAT (Ecole Nationale d'Architecture et d'Urbanisme, Tunisia), MOTOMI KAWAKAMI (Tama Art University, Japan), WALTER KLASZ (University of Art and Design Linz, Austria), PAOLO LA GRECA (University of Catania, Italy), IN-HEE LEE (Pusan National University, South Korea), MARIO LOSASSO ('Federico II' University of Napoli, Italy), MARIA TERESA LUCARELLI ('Mediterranea' University of Reggio Calabria, Italy), RENATO TEOFILO GIUSEPPE MORGANTI (University of L'Aquila, Italy), STEFANO FRANCESCO MUSSO (University of Genova, Italy), OLIMPIA NIGLIO (University of Pavia, Italy), LAURA RICCI ('Sapienza' University of Roma, Italy), ANDREA ROLANDO (Polytechnic University of Milano, Italy), MARCO ROSARIO NOBILE (University of Palermo, Italy), ROBERTO PIETROFORTE (Worcester Polytechnic Institute, USA), CARMINE PISCOPO ('Federico II' University of Napoli, Italy), PAOLO PORTOGHESI ('Sapienza' University of Roma, Italy), PATRIZIA RANZO ('Luigi Vanvitelli' University of Napoli, Italy), MOSÉ RICCI (University of Trento, Italy), DOMINIQUE ROUIL-LARD (National School of Architecture Paris Malaquais, France), LUIGI SANSONE (Art Reviewer, Milano, Italy), ANDREA SCIASCIA (University of Palermo, Italy), FEDERICO SORIANO PELAEZ (Polytechnic University of Madrid, Spain), BENEDETTA SPADOLINI (University of Genova, Italy), CONRAD THAKE (University of Malta), FRANCESCO TOMASELLI (University of Palermo, Italy), MARIA CHIARA TORRICELLI (University of Firenze, Italy), FABRIZIO TUCCI ('Sapienza' University of Roma, Italy)

Editor-in-Chief

FRANCESCA SCALISI (DEMETRA Ce.Ri.Med., Italy)

Editorial Board

SILVIA BARBERO (Polytechnic University of Torino, Italy), CARMELINA BEVILACQUA ('Sapienza' University of Roma, Italy), MARIO BISSON (Polytechnic University of Milano, Italy), TIZIANA CAMPISI (University of Palermo, Italy), CHIARA CATALANO (ZHAW – School of Life Sciences and Facility Management, Switzerland), CLICE DE TOLEDO SANJAR MAZZILLI (University of São Paulo, Brazil), GIUSEPPE DI BENEDETTO (University of Palermo, Italy), ANA ESTEBAN-MALUENDA (Polytechnic University of Madrid, Spain), RAFFAELLA FAGNONI (IUAV, Italy), ANTONELLA FALZETTI ('Tor Vergata' University of Roma, Italy), ELISA MARIAROSARIA FARELLA (Bruno Kessler Foundation, Italy), RUBÉN GARCÍA RUBIO (Tulane University, USA), MANUEL GAUSA (University of Genova, Italy), PILAR CRISTINA IZQUIERDO GRACIA (Polytechnic University of Madrid, Spain), DANIEL IBAÑEZ (IAAC – Institute for Advanced Architecture of Catalonia, Spain), PEDRO ANTONIO JANEIRO (University of Lisbon, Portugal), MASSIMO LAURIA ('Mediterranea' University of Reggio Calabria, Italy), INA MACAIONE (University of Basilicata, Italy), FRANCESCO MAGGIO (University of Palermo, Italy), FERNANDO MORAL-ANDRÉS (Universidad Nebrija in Madrid, Spain), DAVID NESS (University of South Australia, Australia), ELODIE NOURRIGAT (Ecole Nationale Supérieure d'Architecture Montpellier, France), ELISABETTA PALUMBO (University of Bergamo, Italy), FRIDA PASHAKO (Epoka University of Tirana, Albania), JULIO CESAR PEREZ HERNANDEZ (University of Notre Dame du Lac, USA), PIER PAOLO PERRUCCIO (Polytechnic University of Torino, Italy), ROSA ROMANO (University of Firenze, Italy), DANIELE RONSIVALLE (University of Palermo, Italy), MONICA ROSSI-SCHWARZENBECK (Leipzig University of Applied Sciences, Germany), DARIO RUSSO (University of Palermo, Italy), MICHELE RUSSO ('Sapienza' University of Roma, Italy), MARICHELIA SEPE ('Sapienza' University of Roma, Italy), MARCO SOSA (Zayed University, United Arab Emirates), ZEILA TESORIERE (University of Palermo, Italy), ANTONELLA TROMBADORE (World Renewable Energy Network, UK), GASPARE MASSIMO VENTIMIGLIA (University of Palermo, Italy), ANTONELLA VIOLANO ('Luigi Vanvitelli' University of Campania, Italy), ALESSANDRA ZANELLI (Polytechnic University of Milano, Italy)

Assistant Editors

MARIA AZZALIN ('Mediterranea' University of Reggio Calabria, Italy)
GIORGIA TUCCI (University of Genova, Italy)

Graphic Designer

MICHELE BOSCARINO

Executive Graphic Designer

ANTONELLA CHIAZZA, PAOLA LA SCALA

Web Editor

PIETRO ARTEALE

Il Journal è stampato con il contributo degli Autori che mantengono i diritti sull'opera originale senza restrizioni.

The Journal is published with fund of the Authors whom retain all rights to the original work without any restrictions.

AGATHÓN adotta il sistema di revisione del double-blind peer review con due Revisori che, in forma anonima, valutano l'articolo di uno o più Autori. I saggi nella sezione 'Focus' invece non sono soggetti al suddetto processo di revisione in quanto a firma di Autori invitati dal Direttore Scientifico nella qualità di esperti sul tema.

The AGATHÓN Journal adopts a double-blind peer review by two Referees under anonymous shape of the paper sent by one or more Authors. The essays on 'Focus' section are not subjected to double-blind peer review process because the Authors are invited by the Scientific Director as renowned experts in the subject.

AGATHÓN | International Journal of Architecture Art and Design

Issues for year: 2 | ISSN print: 2464-9309 | ISSN online: 2532-683X

Registrazione n. 12/2017 del 13/07/2017 presso la Cancelleria del Tribunale di Palermo

Registration number 12/2017 dated 13/07/2017, registered at the Palermo Court Registry

Editorial Office

c/o DEMETRA Ce.Ri.MED. | Via Filippo Cordova n. 103 | 90143 Palermo (ITA) | E-mail: redazione@agathon.it

Promoter

DEMETRA Ce.Ri.MED.

Centro Documentazione e Ricerca Euro-Mediterranea

Euro-Mediterranean Documentation & Research Center

Publisher

Palermo University Press

Via Serradifalco n. 78 | 90145 Palermo (ITA)

E-mail: info@newdigitalfrontiers.com

Il vol. 13 è stato stampato nel Giugno 2023 da

Issue 13 was printed in June 2023 by

FOTOGRAF s.r.l.

viale delle Alpi n. 59 | 90144 Palermo (ITA)

AGATHÓN è un marchio di proprietà di Cesare Sposito

AGATHÓN is a trademark owned by Cesare Sposito



PALERMO
UNIVERSITY
PRESS

DEMETRA
Ce.Ri.MED.
CENTRO DOCUMENTAZIONE E
RICERCA EURO-MEDITERRANEA

AGATHÓN è stata inclusa nella lista ANVUR delle riviste di classe A per l'area 08 e i settori 08C1, 08D1, 08E1 e 08E2 a partire dal volume 1 del 2017.

AGATHÓN has been included in the Italian ANVUR list of A Class journals for area 08 and sectors 08C1, 08D1, 08E1 and 08E2 starting from volume n° 1, June 2017.

Per le attività svolte nel 2022 relative al double-blind peer review process, si ringraziano i seguenti Revisori:

As concern the double-blind peer review process done in 2022, we would thanks the following Referees:

EMANUELE WALTER ANGELICO (University of Palermo), FILIPPO ANGELUCCI (University of Chieti-Pescara), LAURA ANSELMINI (Polytechnic University of Milano), ERNESTO ANTONINI (University of Bologna), SERENA BAIANI ('Sapienza' University of Roma), ADOLFO BARATTA (University of Roma Tre), OSCAR EUGENIO BELLINI (Polytechnic University of Milano), STEFANO BRUSAPORCI (University of L'Aquila), RICCARDO BUTINI (University of Firenze), RENATO CAPOZZI ('Federico II' University of Napoli), ANNA CATANIA (University of Palermo), VINCENZO CRISTALLO ('Sapienza' University of Roma), VALERIA D'AMBROSIO ('Federico II' University of Napoli), VERONICA DAL BUONO (University of Ferrara), FEDERICA DAL FALCO ('Sapienza' University of Roma), ALBERTO DE CAPUA ('Mediterranea' University of Reggio Calabria), PAOLA DE JOANNA ('Federico II' University of Napoli), ANTONELLA DI LUGGO ('Federico II' University of Napoli), EDOARDO DOTTO (University of Catania), GIUSEPPE FALLACARA (Polytechnic University of Bari), ENRICO FORMATO ('Federico II' University of Napoli), EMILIA GARDA (Polytechnic University of Torino), CLAUDIO GERMAK (Polytechnic University of Torino), MARIA LUISA GERMANÀ (University of Palermo), ANDREA GIACCHETTA (University of Genova), MATTEO LEVA (Polytechnic University of Bari), LORENZO IMBESI ('Sapienza' University of Roma), MATTEO INGARAMO (Polytechnic University of Milano), RENZO LECARDANE (University of Palermo), DANILA LONGO (University of Bologna), SABRINA LUCIBELLO ('Sapienza' University of Roma), CARLO MARTINO ('Sapienza' University of Roma), ALESSANDRO MERLO (University of Firenze), MARTINO MILARDI ('Mediterranea' University of Reggio Calabria), LUIGI MOLLO ('Luigi Vanvitelli' University of Campania), ELENA MONTACCHINI (Polytechnic University of Torino), ELENA MUSSINELLI (Polytechnic University of Milano), FRANCESCO PASTURA ('Mediterranea' University of Reggio Calabria), GABRIELLA PERETTI (Polytechnic University of Torino), CLAUDIO PIFERI (University of Firenze), LUCIA PIETRONI (University of Camerino), MATTEO POLI (Polytechnic University of Milano), RICCARDO POLLO (Polytechnic University of Torino), FABIO QUICI ('Sapienza' University of Roma), SERGIO RUSSO ERMOLLI ('Federico II' University of Napoli), MARCO SALA (University of Firenze), PAOLA SCALA ('Federico II' University of Napoli), ANTONELLO MONSÙ SCOLARO (University of Sassari), PAOLO TAMBORRINI (Polytechnic University of Torino), ANDREA TARTAGLIA (Polytechnic University of Milano), ENZA TERSIGNI ('Federico II' University of Napoli), DAVIDE TURRINI (University of Ferrara), THEO ZAFFAGNINI (University of Ferrara).

Editoriale | Editorial**Cesare Sposito***Co-Scientific Director**Associate Professor of Architectural Tehcnology
University of Palermo***Arch. Ph.D. Francesca Scalisi***Editor-in-Chief**Head of the Research Department
DEMETRA Ce.Ri.Med.***Riflessioni e traiettorie di ricerca interdisciplinari sulla transizione ecologica**
Reflections and trajectories for interdisciplinary research on the ecological transition

Il volume 13 di AGATHÓN segue il precedente sulla Innovability[®] | Transizione Digitale e raccoglie saggi e ricerche su Innovability[®] | Transizione Ecologica, consapevole della sua incalzante attualità, ma anche del portato che la proposta di una doppia chiave di interpretazione suggerisce. Nell'introduzione al volume 12 abbiamo richiamato il Rapporto Brundtland del 1987 nel quale si avanzava la necessità di una nuova sostenibilità dello sviluppo per l'Umanità (UN, 1987) e si faceva velato riferimento alla 'teknè', cioè alla capacità di elaborazione da parte dell'Uomo di elementi presenti sul Pianeta che sarebbero potuti diventare risorse ancora sconosciute o non impiegabili con le tecnologie dell'epoca. Ambiente e Tecnologia si fronteggiano e dialogano da sempre, sicché quello che oggi chiamiamo ambiente (naturale) è già in sé frutto di un'antropizzazione perdurante e profonda della zoonosfera, ormai diventata fragile antroposfera. Nella nostra antroposfera in equilibrio instabile tra ricerca dell'artificio e volontà di tutela del Pianeta, la pandemia da Covid-19 ci ha fatto capire, tra l'altro, come il progetto della sostenibilità dello sviluppo sia un obiettivo criptico, di cui non conosciamo realmente i contorni e nel quale non possiamo operare solo in termini conservativi.

Abbiamo chiarito il significato del termine 'innovability[®]', dapprima in uso nell'ambito delle scienze economiche e sociali, al quale si attribuisce una rinnovata forza propulsiva per un nuovo paradigma di sviluppo che esprime una delle sfide più cruciali del nostro tempo e la necessità di una 'solidale' convergenza tra le due istanze inderogabili della 'innovazione' e della 'sostenibilità', come se queste fossero opposte e contrastanti: al di là del termine impiegato, in un momento storico caratterizzato da emergenze ambientali, sociali ed economiche, l'Umanità promuove una sua prerogativa, l'uso delle 'cose' che la natura ci mette a disposizione per farne altro dalla loro primaria funzione (innovazione), consapevole che quelle risorse non sono inesauribili (sostenibilità). In questo contesto, che deve guardare sempre avanti, occorre progettare le nostre migliori azioni politiche e di sistema per promuovere la necessità di innovare usando bene e in modo consapevole le risorse del Pianeta. Ursula von der Leyen, nel suo discorso di investitura a Presidente della Commissione Europea nel 2019, ha chiarito che 'la trasformazione verde e quella digitale sono sfide indissociabili'; in quest'ottica l'European Green Deal (European Commission, 2019a), la Next Generation EU (European Parliament, 2020) e il New European Bauhaus (European Commission, 2021a), così come gli altri Piani nazionali (ad esempio il PNRR in Italia; Ministero dello Sviluppo Economico, 2021), assumono importanza strategica sia nel definire, in modo chiaro e univoco, le traiettorie di sviluppo futuro di un'Europa ecologica, digitale, coesa e resiliente, sia nel correggere i principali squilibri presenti nel vecchio continente, facendo convergere – pur nella eterogeneità delle condizioni degli Stati Membri – le aspettative e le istanze, di ordine generale, comuni e condivise, di cittadini e imprese. Un fil rouge quello della 'transizione' che unisce temi e dibattiti che investono al tempo stesso la scienza, la tecnologia ma anche la filosofia, l'antropologia, l'ecologia e l'economia, declinati attraverso i tanti aggettivi specialistici che ne definiscono ambiti sempre più circoscritti eppur più aperti a logiche di transdisciplinarietà, in una sorta di speciazione delle discipline e del linguaggio che richiamano nomi come Bateson, Commoner, Catton and Dunlap, Carpo, Kelly, Solis, Negroponte, e ancora Jonas, Morin, Floridi, Caffo.

In questo scenario, in cui l'antropologia digitale si riconosce nel termine 'anticipazione', nella capacità di interagire con il flusso continuo dell'innovazione per costruire un nuovo ecosistema digitale, l'innovazione trova la sua collocazione ideale, si espande e si evolve superando la capacità di mettere l'uomo e i suoi bisogni al centro delle nuove proposte di valore. Questa nuova forma di 'innovazione sostenibile' non può che avere come priorità, congiunte e contemporanee, il benessere sociale e quello ambientale, tali da facilitare una transizione etica e sostenibile a beneficio dell'intera comunità (WEF, 2022). La trasformazione antropica dello spazio è un'azione energivora che incrementa il livello di entropia, ancora molto distante da sistematici quanto diffusi approcci di tipo 'cradle to cradle' o rispettosi delle risorse non rinnovabili. Il tema non riguarda quindi gli statuti disciplinari quanto piuttosto aspetti di interdisciplinarietà e trasversalità finalizzati a orientare e favorire una 'ripresa' resiliente, sostenibile e inclusiva. La complessità del tema 'innovability[®]' è una delle sfide del nostro secolo poiché, se da un lato più voci evidenziano come la 'transizione ecologica' può orientare eticamente le opportunità del digitale e il report The European Double Up (Accenture, 2021) sostiene che la 'transizione digitale' si configura come strumento in grado di avviare processi condivisi altrimenti più lenti da attivare, meno pervasivi e probabilmente meno performanti, dall'altro il matrimonio tra 'verde' e 'blu' lascia intravedere non pochi problemi e contraddizioni (Floridi, 2020) fino a ipotizzare l'impossibilità di attuare la 'transizione ecologica' insieme alla 'transizione digitale' (Caffo, 2021). Ecco allora che, affinché il nuovo paradigma 'innovability[®]' (con la sua doppia chiave di interpretazione e declinazione dei possibili approcci scientifici di ricerca e di operatività) possa trovare la massima espressione ed essere effettivamente attuato, occorre introdurre strumenti (materiali e immateriali) adeguati, nuovi, trasversali, interscalari e interdisciplinari; allo stesso tempo, appare essenziale operare per costruire e alimentare un rapporto di complementarità strategica tra ecologia e digitale, un'osmosi bidirezionale di approcci, avanzamenti, sperimentazioni e risultati all'interno di una visione di progresso condivisa e di obiettivi comuni.

Di transizione ecologica si parla da tempo ma oggi è un tema prioritario e inderogabile, esprimendo la necessità di 'transitare' dai sistemi di produzione e consumo propri del paradigma della crescita lineare infinita a sistemi in grado di far crescere il capitale economico senza distruggere gli omologhi naturale, sociale e umano. Un concetto di sostenibilità che, a partire dai cambiamenti globali e dalla perdita di biodiversità, richiama l'ecologia della mente di Gregory Bateson (1977), le tre ecologie di

Guattari (2000), la fisica evolutiva di Isabelle Stengers e Ilya Prigogine (1979) ma anche il pensiero planetario di Edgar Morin (1973), il concetto dell'exaptation di Stephen J. Gould ed Elisabeth Vrba (1982), l'economia ecologica, i concetti di sostenibilità 'debole' e sostenibilità 'forte', fino ai più pragmatici indicatori di sostenibilità (ambientale, sociale ed economica). Una transizione ineluttabile se consideriamo anche solo gli obiettivi dell'accordo di Parigi del 2015, forieri di un cambiamento radicale non solo rispetto all'uso delle risorse non rinnovabili ma a tutta la nostra economia e al nostro modo di vivere. In tutti gli ambiti del costruito occorrerà una 'regia illuminata' con una visione sistemica e olistica fondata su una prassi metodologica di tipo multi e interdisciplinare, ascalare e inter-settoriale capace di integrare contemporaneamente saperi, professionalità, discipline e settori di produzione differenti talvolta apparentemente poco affini; dovrà razionalizzare e ottimizzare, combinando tecnologie tradizionali e innovative, da un lato tutti gli aspetti che entrano in gioco nell'intervento trasformativo e nelle sue dimensioni di processo, di progetto e di prodotto, dall'altro i flussi di materia in entrata e in uscita perché siano equivalenti, ovvero affinché i rifiuti e i sottoprodotti di un settore possano essere reimpiegati integralmente in altri.

La prevalenza dei contributi pubblicati in letteratura scientifica sulla Transizione Ecologica si fonda sul presupposto che, in un'era tra le più critiche per il nostro Pianeta, caratterizzata da importanti cambiamenti territoriali e climatici con rilevanti risvolti sociali, economici, produttivi e insediativi, il mondo delle costruzioni deve ribaltare il punto di vista 'antropocentrico' in favore di una visione nella quale l'uomo non è più il 'soggetto ordinatore' ma uno dei tanti componenti dell'ecosistema costituito da essere viventi e umani, flora e fauna; perseguire il solo obiettivo di riduzione degli impatti ambientali senza riconsiderare un uso meno indiscriminato della natura e la sua rilevanza per la nostra sopravvivenza sembra un modo semplicistico di affrontare il problema poiché non mette in discussione il modello di sviluppo che ha generato l'attuale stato di emergenza. Ci troviamo quindi ad affrontare sfide globali per le quali ad esempio la Strategia Europea sulla Biodiversità per il 2030 (European Commission, 2020) segnala l'urgenza di ricostruire il rapporto perso con la natura asserendo la necessità di riportarla all'interno dei nostri ambienti di vita, sia per il nostro benessere fisico e mentale sia per la sua capacità di far fronte ai cambiamenti climatici e alle catastrofi causate dagli eventi estremi.

Rispetto al tema le potenzialità offerte da un 'ritorno alla natura', promosso già da Rousseau (1792) e fondamentale per il benessere fisico del Pianeta, passano per una rivalizzazione del rapporto tra natura e uomo, impegnando quest'ultimo nella continua ricerca di strumenti e modalità operative di convivenza con la più ampia possibile sfera dei viventi. Se l'ecologia è la scienza che studia le relazioni tra gli organismi e tra loro e l'ambiente, in ambito architettonico il dibattito scientifico si concentra prevalentemente su questioni tecniche di impatto ambientale del costruito, considerate rilevanti ma affrontate senza quell'approccio ecologico olistico e sistemico richiesto dal New European Bauhaus (European Commission, 2021a). Una lettura più inclusiva del campo di indagine sull'interrelazione tra costruito ed esseri viventi, capace di superare il preconetto che le buone pratiche possano essere guidate solo dall'innovazione tecnologica, potrebbe invece consentire di acquisire una prospettiva più ampia e fare assumere all'architettura un ruolo centrale nel plasmare le relazioni che l'uomo intrattiene con il proprio ambiente: una possibile soluzione è offerta dagli spazi di confine e dai loro limiti fisici, spazi 'ambigui' conformati da finestre doppie con adeguato spazio intermedio – nelle diverse varianti desunte dall'architettura storica e da lungimiranti esempi di quella contemporanea di diverse aree geografiche – che accolgono funzioni e usi variegati in una nuova dimensione volumetrica e che consentono potenzialità ecologiche in termini di spazi 'di relazione' con il contesto, permettono di superare la dicotomia tra interno ed esterno e incoraggiano, se non richiedono, l'interazione con il contesto di riferimento (El-Hitami, Mahall and Serbest, 2023).

All'interno del dibattito scientifico prende corpo anche una linea di pensiero secondo la quale tra le quattro nature teorizzate da John Dixon Hunt (1993) e Ingo Kowarik (1992) la prima, quella selvatica, può costituire anche nella dimensione urbana, in particolare nei parchi e nello spazio aperto in generale, un punto centrale dell'evoluzione del concetto stesso di paesaggio. Ne è esempio il saggio di Dessi (2023) che teorizza come in ambiti di prossimità delle attività umane è preferibile cedere il passo alla natura 'selvaggia' affinché crei in modo autonomo, dinamico e vitale i propri habitat in condivisione tra uomo e viventi, realizzando infrastrutture 'dolci' utili a stimolare pratiche umane antiche – come quella del camminare – e sviluppando nuove ecologie improntate alla biodiversità. E ancora la ricerca di Catalano et alii (2023), attraverso il caso studio di Catania, individua in una serie di frammenti urbani 'aperti', che rientrano nella categoria dei 'paesaggi informali', potenziali biotopi di valore nei quali la biodiversità può trovare il proprio habitat – con costi di gestione ragionevolmente contenuti – a condizione di superare quella ricercata valenza estetica che mira a 'riprodurre' isole di vegetazione a elevata 'naturalità' anche quando le condizioni ambientali delle aree urbane non lo permettono, di assumere come prioritari gli aspetti funzionali, ecologici e climatici e di tenere conto dei fattori di 'disturbo' dei siti dovuti all'alterazione e alla contaminazione del suolo, alle condizioni termoisolative e di qualità dell'aria e alla presenza di neofite.

È opinione consolidata in letteratura scientifica che le 'infrastrutture verdi' possano assumere un ruolo primario nell'attuare strategie resilienti per contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici, ma anche per raggiungere molteplici obiettivi transcalari tra cui la salvaguardia e la valorizzazione della biodiversità, il miglioramento della qualità della vita e del benessere della popolazione urbana, il consolidamento delle relazioni sociali e lo sviluppo economico (European Commission, 2014, 2019b, 2021b). Sebbene la letteratura sul tema sia stata alquanto prolifica, soprattutto nell'ultimo decennio, le strategie e le misure pubblicate per il loro impiego non hanno trovato ancora larga diffusione, come confermato dal Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability, recente Rapporto dell'IPCC

(2022) che rileva come ad oggi i progressi realizzati siano poco rilevanti e le azioni intraprese non sufficienti. In aggiunta è da rilevare che nel processo di transizione ecologica il ruolo delle città è considerato decisivo per il raggiungimento di almeno sette dei 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (Vukmirovic, Gavrilovic and Stojanovic, 2019), di circa il 60% dei 169 target dell'Agenda 2030 (UN Environment and IEA, 2017) e di oltre un terzo dei target previsti dall'European Green Deal in ambito energetico, ambientale e sociale (OECD, 2020). Per meglio sfruttare il potenziale di infrastrutture verdi e soluzioni basate sulla natura (NbS) e raggiungere un nuovo equilibrio ecosistemico è necessario, da un lato comprendere meglio i sistemi naturali e il loro funzionamento, dall'altro coinvolgere le comunità locali attraverso consapevolezza ed empatia per i variegati mondi di altre specie, con profondo rispetto per le complesse narrazioni dei luoghi e i loro futuri, attribuendo la stessa importanza, all'interno dei sistemi naturali, a uomo, risorse, flora e fauna all'interno dei sistemi naturali, che ha caratterizzato i progetti avanguardisti di ecoLogicStudio (Valenti and Pasquero, 2021) il cui design biofilico è riuscito a instaurare una relazione cibernetica tra natura e artificio, riducendo al minimo l'impronta antropica sugli ecosistemi a scala micro, meso e macro. La transizione ecologica si può quindi concretizzare solo attraverso progettualità di scala variabile (dai piani strategici paesaggistici e urbani agli interventi più contenuti, sperimentali, incrementali e temporanei fino a quelli del dettaglio) che concorrono indirettamente a formare una rete interconnessa di servizi ecosistemici, in cui soluzioni architettoniche semi-artificiali, ibridate con la natura, si fondono nel tessuto edilizio con approcci biofilici.

In quest'ottica appaiono rilevanti alcuni contributi primo fra tutti quello di González-Campaña, Lafaurie-Debany e Rabazo Martin (2023) che presenta l'attività di Diana Balmori e del suo Balmori Associates, uno tra gli Studi di Architettura più visionari e innovativi nella lotta al cambiamento climatico e nella rigenerazione urbana. Fin dai primi anni '90 lo Studio interpreta la natura come infrastruttura capace di organizzare e articolare l'ambiente costruito attraverso sistemi ingegnerizzati che ne imitano il funzionamento. Il contributo richiama il volume *A Landscape Manifesto* di Diana Balmori (2010) e la filosofia dei numerosi progetti di Architettura del Paesaggio, sviluppati in oltre tre decenni di attività professionale in ambito nazionale e internazionale e fondati su una serie di elementi che lavorano in sinergia alle diverse scale del progetto e sulla verifica scientifica dei risultati conseguiti: i progetti illustrati mostrano come paesaggio, architettura e infrastrutture verdi possano costituire un unico sistema dall'alto potenziale nel risolvere la questione ambientale e conformare nuove soluzioni spaziali. Le potenzialità delle infrastrutture verdi in ambiti urbani caratterizzati da un clima arido sono un altro tema di cogente attualità e il caso della città di Riyadh (Moscatelli and Raffa, 2023), indagato attraverso un approccio 'basato sul paesaggio', fornisce interessanti spunti di riflessioni sulla necessità di un approccio sistemico al tema: in riferimento al framework strategico della Saudi Vision 2030 che intende affrontare le cogenti sfide ecologiche, energetiche e climatiche e a partire da un'analisi comparativa tra Piani e progetti realizzati nelle principali città dell'Arabia Saudita si individuano, tra potenzialità / criticità presenti e futuri possibili, sette strategie e altrettante linee guida integrate e interagenti con un approccio olistico e interdisciplinare che inquadra le infrastrutture verdi come dispositivi multi-scalari tecno-naturali, portatori di benefici diffusi a supporto del processo di transizione ecologica ed energetica.

Sempre con lo sguardo rivolto alla scala urbana il campo di indagine si estende ad alcune particolari infrastrutture, le autostrade urbane, e alle periferie per comprendere come una loro rigenerazione possa fornire un contributo alla mitigazione degli impatti ambientali determinati dal traffico veicolare e dallo sfruttamento del suolo. Il caso studio della Circonvallazione della Città di Palermo (Tesoriere, 2023) propone interventi differenziati per carreggiate e bordi in riferimento ai nuovi modelli insediativi dei corridoi ecologici e delle foreste urbane: l'ipotesi prevede una rete di spazi vegetalizzati, porosi e multifunzionali sui bordi, che trasformano l'arteria in un bosco lineare a macchia mediterranea capace di intercettare gli altri sistemi vegetali presenti in città, consolidarli e rafforzare la rigenerazione dei microhabitat faunistici riconnettendoli in un sistema ininterrotto. Il caso studio dello ZEN 2 di Palermo (Sciascia, 2023), periferia vulnerabile e carente di opere di urbanizzazione secondaria, evidenzia come il progetto debba saper riconoscere le necessità dei differenti luoghi urbani guardando al grande tema del non finito da una nuova prospettiva che coinvolga il paesaggio urbano e la vegetazione, ma senza aspettarsi che questo sia l'unica risposta ai molti interrogativi posti dalla città contemporanea. E ancora alla scala del territorio si indagano – attraverso indici sintetici servizi ecosistemici, valori ambientali e grado di innovazione e indicatori geografici, morfologici, socio-economici e territoriali – le relazioni che intercorrono tra le aree che forniscono la maggior parte dei servizi ecosistemici e i poli di domanda che coincidono con le aree più densamente popolate e urbanizzate; il fine è determinare, attraverso un approccio sistemico e mappe tematiche, le potenziali sinergie tra aree a vocazione differente (Lombardini, Pilogallo and Tucci, 2023).

Infrastrutture verdi e quindi NbS sono in grado di fornire servizi ecosistemici utili a migliorare la qualità dell'aria e dell'acqua, ridurre l'inquinamento, realizzare habitat adeguati alle diverse specie e spazi verdi sicuri per il benessere della popolazione, consolidando le relazioni sociali e promuovendo lo sviluppo economico, così come promosso dalla International Union for Conservation of Nature (Cohen-Shacham et alii, 2016). Il loro impiego si fonda su un rinnovato rapporto tra uomo e natura e su un approccio olistico e sistemico che nella prassi progettuale sia in grado di integrare natura e costruito attraverso l'uso di nuovi e consolidati repertori spaziali e architettonici ibridi con l'impiego di vegetazione. In questo senso una ricerca come quella di Bologna e Hasanaj (2023) s'impone per l'elevato potenziale impatto presso la comunità scientifica: perseguendo l'obiettivo di applicare ai processi di rigenerazione urbana i principi regolatori esistenti in natura, dando pari dignità a tutti gli abitanti dell'ecosistema, attraverso un'analisi comparativa delle NbS presenti su piattaforme internazionali di settore; essa mette a punto una struttura di metadati finalizzata a una catalogazione da adottare nel contesto mediterraneo per i processi di forestazione, rigenerazione, resilienza, miglioramento

della connettività ecologica e potenziamento della biodiversità in ambito urbano, periurbano e rurale. Parimenti il saggio di Ingaramo et alii (2023) può stimolare il dibattito internazionale focalizzando l'attenzione su come l'integrazione delle NbS alle diverse scale possa realizzare una maggiore resilienza urbana e una più certa tutela della biosfera: il progetto piccolo o grande, architettonico o urbano che sia, può diventare un potenziale nodo di un'ampia rete interconnessa che si traduce in infrastrutture verdi, incrementando in modo esponenziale benefici per l'intero ecosistema. E ancora il contributo di Davidová, Barath e Dickinson (2023) sottopone tre casi studio tra ricerca e progettazione sistemica con un alto livello di trasferibilità e capaci di fornire servizi ecosistemici multiscalarari, caratterizzati dall'integrazione di artificiale e naturale, tecnologia e sostenibilità, digitale ed ecologia e finalizzati alla transizione verso il post-Antropocene, i quali al di là dei rispettivi particolari obiettivi programmatici hanno come comune denominatore i principi di inclusività e di equità in una prospettiva 'non solo umana' e multicentrica. Accessibilità al cibo e ibridazione tipologica sono poi i temi del saggio di Basso et alii (2023) che analizzano il recente fenomeno delle vertical farm, capace di accogliere anche altre sfide della contemporaneità: sviluppo in altezza e riduzione del consumo di suolo, multifunzionalità e creazione di nuovi habitat funzionali non tanto a ospitare l'essere umano, ma piuttosto forme di vita 'altre'; i casi studio illustrati, che denotano una natura 'para-artificiale' espressione di una condizione ambigua e ibrida tra architettura e ambiente, sono emblematici per la definizione già esecutiva di forma e funzione, per l'efficacia con cui la 'fattoria verticale' si integra con la tipologia del grattacielo, per le articolazioni dei programmi e dei mix funzionali che ci restituiscono tre possibili alternative di sistemi complessi, modelli di produzione e distribuzione alimentare, modi di vivere e quindi forme di società in contesti metropolitani densi e fortemente antropizzati.

Un altro driver della transizione ecologica è la rigenerazione del costruito in risposta al concetto di 'società del rischio', teorizzato da Tomas Maldonado già nel 1990, che richiama riflessioni sulla natura globale delle minacce, sulla indisponibilità dei Paesi industrializzati a convivere con il rischio a scapito dello sviluppo e su una condizione di emergenza che richiede particolari azioni di adeguamento alle nuove esigenze dell'intero ecosistema in termini di salute, benessere e sicurezza per una nuova 'normalità' a cui sottende un principio di accettazione dell'emergenza che deve guidare l'agire e il progetto del futuro. Sul tema si segnala il contributo di Brignoni et alii (2023) il cui ambito di indagine sono le aree montane e collinari dell'entroterra con vocazione prevalentemente agro-forestale – e in particolare gli agglomerati urbani di piccole dimensioni circoscritti da fortificazioni artificiali (mura, canali) o da barriere naturali – considerate sempre più marginali rispetto alle politiche di sviluppo sociale, economico e industriale; queste aree sono soggette a processi di spopolamento, di destrutturazione dei legami delle comunità con la terra e l'ambiente, di riduzione della custodia e cura dei beni comuni, naturali e antropici, con conseguente aumento della vulnerabilità e fragilità dei luoghi. Tuttavia questi territori e il loro paesaggio naturale rappresentano una straordinaria risorsa per la rinascita di relazioni più equilibrate tra uomini e altre specie, per la riscoperta dei valori della tradizione e per l'approfondimento della cultura e dei patrimoni materiali e immateriali locali. In quest'ottica è da leggersi la rilevanza del contributo che presenta un'originale classificazione e mappatura di casi studio nazionali e internazionali nei quali sono state attivate con successo strategie e politiche pubbliche sistemiche, ma anche progettualità individuali, che hanno favorito concretamente la riappropriazione, la rivitalizzazione e la rigenerazione di questi contesti fragili e vulnerabili, in alcuni casi trasferendo i benefici in modo sistemico anche su aree limitrofe; le progettualità sono state inserite in un database strutturato relazionale e 'aperto' disponibile online, consentendo ai diversi operatori non solo di popolarlo ulteriormente, ma anche di attingere alle numerose informazioni sulle caratteristiche che i processi di rigenerazione (replicabili) mettono in campo.

La rigenerazione degli spazi aperti, talvolta con modalità di appropriazione e di trasformazione non lineari, in riferimento alla definizione di 'quarta natura' e 'natura urbana' e ai casi studio emblematici di Nature Capitale (Parigi, 2010), della Biennale di Architettura di Rotterdam dal titolo Urban by Nature del (Rotterdam, 2014) e del Parco urbano di Thempelhof (Berlino, 2013-2020), alimenta il dibattito evidenziando come il futuro del Pianeta non dipende astrattamente dal destino ma da decisioni virtuose e volontà politiche capaci di guidare azioni progettuali che possono migliorare la sua condizione oppure condurre alla necrosi del suo metabolismo (Lecardane, 2023). La riflessione si fonda sul valore del suolo in quanto bene comune e risorsa non rinnovabile e sul presupposto che orientare la transizione ecologica verso equità e benessere collettivo significa ripensare il sistema di relazioni tra uomo e natura, secondo la tesi del 'mutuo appoggio' (Kropotkin, 1902), ma anche riferirsi alla costruzione di comunità sociali e culturali a partire dalle questioni ambientali e dalle risorse del territorio. I casi citati mettono in evidenza, da una parte come l'adattamento al cambiamento climatico rappresenti il nuovo campo d'indagine per la sperimentazione di processi, strategie e soluzioni adattive, dall'altro come nuovi paesaggi possano prendere forma, consolidarsi o rigenerarsi in risposta a specifiche domande sociali, affermandosi come espressioni di una rinnovata cultura dello spazio pubblico. Alcuni di questi particolari spazi oggi non si connotano più come piazze, luoghi di condivisione e per la collettività non essendo più adatti a soddisfare le esigenze in termini di benessere psico-fisico dell'utilizzatore e lontani dalle logiche dell'ecologia urbana. Tale criticità si riscontra anche in diverse opere di matrice autoriale e dall'indiscutibile qualità architettonica che nel secondo dopoguerra hanno contribuito al disegno delle città, ma che oggi scontano una mancata attitudine a proiettarsi in future dinamiche trasformative, risultando spazi sottratti al ciclo vitale che la loro funzione urbana richiede. La riflessione aperta da Falzetti e Minuto (2023) segue con la selezione di strategie NbS specifiche e misuratamente invasive, desunte dal panorama di soluzioni e sperimentazioni che delineano lo stato dell'arte sia in campo sperimentale che nel dominio di prassi affermate nel panorama scientifico, in una prospettiva di adeguamento in chiave ecosistemica con la presenza di ele-

menti puntuali a valenza naturalistica e di tutela dell'identità e della qualità dello spazio architettonico, capaci cioè di realizzare una calibrata 'mutazione genetica' che ne consenta l'attualizzazione da piazza 'metafisica' a 'oasi urbana'.

Il dibattito sulla Transizione Ecologica ci restituisce un portato culturale e operativo che evidenzia le strette relazioni anche con il tema della produzione di energia. Secondo il recente Report Energy Transition Trends di Deloitte (2022) è in atto un efficientamento dei processi produttivi e una crescente adozione di comportamenti virtuosi – l'impegno nel riciclo/compostaggio (68%), la riduzione degli sprechi energetici e del consumo di risorse (54%), l'orientamento verso mezzi di trasporto a basso impatto ambientale (36%), una maggiore attenzione all'efficientamento energetico delle abitazioni (36%) – condizioni che, nel creare nuovo valore delineano altrettanto nuovi scenari di sviluppo e sostenibilità. La definizione di modelli nuovi e più competitivi è uno degli obiettivi sia nel settore privato e che in quello pubblico e tra questi assume certamente rilevanza la transizione verso un sistema energetico finalizzato alla riduzione dei consumi, dei costi di produzione e gestione e dell'impronta di carbonio attraverso l'uso di materiali ecosostenibili e riciclabili, combustibili alternativi, produzione di energia da fonti rinnovabili, reti elettriche uniche e intelligenti, ICT, innovazione e coinvolgimento sociale. Una crescita orientata alla mitigazione dell'impatto ambientale, o meglio al raggiungimento della neutralità climatica entro il 2050, individua quali formidabili driver, che riconoscono nell'area urbana a scala di quartiere l'ambito strategico per l'attuazione gli interventi, i Positive Energy Districts; sebbene ritenuti rilevanti e coerenti con diversi obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030, primo fra tutti il 7 – Affordable and Clean Energy, e del New European Green Deal (European Commission, 2019a), l'attuazione dei PED rimane difficoltosa a causa della frammentazione degli studi, della complessità dei processi decisionali e della governance e della loro mancata promozione presso i vari stakeholders, attori fondamentali per la pianificazione, realizzazione e gestione di un sistema complesso come quello di un distretto energetico. In quest'ottica si segnala la ricerca di Ferrante, Romagnoli e Villani (2023) che, attraverso un approccio sistemico, la selezione di buone pratiche replicabili restituite in schedature adeguatamente strutturate, l'identificazione dei fattori chiave per incentivare la transizione energetica e la definizione del ruolo dei soggetti pubblici e privati, mira a organizzare informazioni utili e a fornire contatti per supportare le Amministrazioni Pubbliche nella costituzione dei Positive Energy Districts in un'ottica di efficientamento energetico e di sostenibilità.

Abbiamo accennato in premessa come la comunità scientifica non sia concorde sul fatto che il sodalizio tra 'verde' e 'blu' si possa attuare senza problemi o contraddizioni (Floridi, 2020; Caffo, 2021). Una differente prospettiva la si riscontra anche nei saggi di Canovas e De Andrés (2023) e di Arquilla e Paracolli (2023): mentre i primi alla scala architettonica individuano tre strategie (passività energetica, impiego di materiali locali e sostenibili e riuso e rigenerazione del costruito), come strumenti complementari e sinergici per attivare una profonda trasformazione del costruito e rispondere alla sfida della necessità di una transizione ecologica, i secondi, a partire da Anatomy of AI di Crawford e Joler (2018) – primo tentativo di analisi del 'lato oscuro' della tecnologia IA – prendono in esame gli oggetti con intelligenza artificiale, manufatti 'cyber physical', proponendo una metodologia per analizzarne il reale impatto attraverso le tre componenti principali dell'ecosistema, quelle fisiche, quelle digitali e quella d'uso, e sollecitando una serie di riflessioni di ordine etico, estetico, dialettico, culturale e in ottica di circolarità.

I processi di 'innovazione aperta', definita come flusso di risorse necessarie ad attivare un processo innovativo che oltrepassa i confini aziendali, possono svolgere un importante contributo nelle transizioni ecologica e digitale delle PMI europee, a patto che si riesca a inquadrare la complessità delle relazioni e delle interconnessioni che li caratterizzano, ovvero si sia in grado di transitare da modello produttivo ed economico lineare a uno di tipo circolare e rigenerativo incentrato su eliminazione di rifiuti e inquinamento, mantenimento in efficienza di prodotti e materiali e rigenerazione dei sistemi naturali; in quest'ottica diviene strategico il supporto delle tecnologie digitali per mettere in relazione le risorse materiali, integrare le catene di valore e facilitare il dialogo tra gli attori, favorendo processi condivisi e velocizzandone l'attuazione. Con tali finalità interviene il progetto europeo DigiCirc (Barbero and Ferrulli, 2023) che affronta le transizioni ecologica e digitale con processi di 'innovazione aperta', coinvolgendo gli stakeholders della quadrupla elica (Università, Aziende, Società e Governo) su tre domini strategici: Circular Cities, Blue Economy e Bioeconomy. Individuando nella letteratura scientifica le principali sfide riscontrate dalle imprese nell'utilizzo delle tecnologie digitali per l'Economia Circolare e prendendo come riferimento in particolare il lavoro di Trevisan et alii (2023), il progetto si propone di attivare tre campagne per il coinvolgimento di 11 partner provenienti da 10 Paesi europei, lanciare tre programmi di accelerazione per PMI europee, selezionate tramite tre bandi aperti, e predisporre contenuti e strumenti olistici a supporto dell'innovazione, promuovendo e sostenendo un dialogo intersettoriale tra i diversi operatori, trasferendo la conoscenza sia all'interno che all'esterno dell'ecosistema DigiCirc e rafforzando la comprensione sistemica nelle PMI manifatturiere e di servizi.

In parallelo e in un'ottica di diffusione delle conoscenze la Scoping Review di Rigillo et alii (2023) ci sottopone potenzialità e limiti dell'impiego delle tecnologie abilitanti a supporto di processi di gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione in edilizia e nella prospettiva di un design a 'zero rifiuti' in contesto europeo. Lo studio si fonda sul principio che la crescente automazione nei processi e la continua evoluzione delle tecnologie costituiscono moltiplicatori delle possibilità dell'azione progettuale, consentendo di prefigurare fin dalla fase dell'ideazione una gestione virtuosa del ciclo di vita degli interventi e degli edifici. Parimenti l'estensione del concetto di 'urban mining' all'ambiente costruito permette di definire nuovi obiettivi prestazionali per la fase di fine vita dell'edificio, e in particolare alla produzione di Materia Prima Seconda, al riutilizzo, al riciclo e all'upcycling dei rifiuti, raggiungibili

con una approfondita fase conoscitiva sulla qualificazione dei flussi di materia e dei prodotti derivanti dall'intervento necessaria ad anticipare e gestire i rischi derivanti da vincoli di carattere tecnico, normativo ed economico che tali operazioni comportano. Gli esiti della review ci invitano a riflettere sul fatto che la strada da percorrere è ancora lunga: nonostante l'attività pionieristica dell'Unione Europea in termini di indirizzi e risorse per uno sviluppo economico improntato alla circolarità, l'edilizia è ancora un settore tecnologicamente arretrato, organizzato prevalentemente in PMI con grandi difficoltà a intraprendere la transizione digitale verso standard prestazionali più avanzati e processi sostenibili; numerosi vincoli ne frenano l'adozione su ampia scala; l'interoperabilità delle diverse piattaforme digitali per l'edilizia non è ancora completamente efficiente; a fronte di una consistente produzione di 'letteratura grigia', la comunità scientifica afferente alle discipline dell'Architettura e del Design dell'Unione Europea, rispetto alle omologhe di Cina, Stati Uniti, Australia e Regno Unito, sconta una modesta partecipazione.

Tra le eccezioni il contributo di Aversa et alii (2023) che mira a migliorare la sostenibilità ambientale del settore delle costruzioni attraverso un approccio sistemico, interdisciplinare e d'impronta circolare con l'introduzione di materiali innovativi, quanto più possibile a matrice naturale, e l'adozione di processi di fabbricazione digitali che ottimizzino il quantitativo di materie prime e ne agevolino la riciclabilità; nello specifico il contributo illustra i primi esiti di una ricerca molto promettente sui geopolimeri da impiegare nella produzione di componenti edilizi e in particolare di un pannello di chiusura verticale per sistemi costruttivi a secco e monomateriale, in quanto costituito da due strati esterni di geopolimero strutturale che racchiudono uno strato interno di geopolimero espanso; per la natura del materiale, proveniente dal riciclo di scarti industriali, e per il processo di produzione digitale adottato il pannello proposto consente di risparmiare circa il 97% dell'energia rispetto al gres porcellanato. Finalità simili sono dichiarate dal contributo di Santos Malaguti de Sousa et alii (2023) il cui campo di indagine è la valorizzazione dei rifiuti da potatura derivanti da attività di manutenzione del verde nella città di San Paolo in Brasile, attraverso percorsi tecnologici design-driven, tradizionali e innovativi. La ricerca assume come presupposti dati scientifici che testimoniano che il 30% dei suddetti rifiuti può fornire legno massello con diversificate potenzialità d'uso (Meira, 2010) e il concetto di 'tecnologia sociale' intesa come insieme di tecniche e metodologie trasformatrici di facile utilizzo e utili all'inclusione sociale e al miglioramento delle condizioni di vita, per affrontare la complessità del tema propone un approccio sistemico improntato al Circular Design, Material-driven Design, Systemic Design e Design for Social Innovation e una metodologia operativa scalabile e replicabile sviluppata per le tre missioni delle Università (didattica, ricerca e terza missione).

Sempre in un'ottica di 'trasformare il rifiuto in risorsa di qualità' è da leggersi il contributo di Baratta et alii (2023) che ci restituisce gli esiti di due ricerche applicative, sviluppate nella direzione di integrare la circolarità nei processi realizzativi di blocchi in laterizio e di massetti in calcestruzzo; entrambe le ricerche, contraddistinte da un analogo approccio sperimentale, mirano a favorire economie originarie dalla prossimità geografica tra gli stakeholders, al fine di incentivare la trasmissione di conoscenza, know-how e flussi materici e affrontano il tema della additivazione delle miscele: il blocco in laterizio, attraverso scarti che sostituiscono una frazione di argilla vergine con una miscela di fanghi bentonitici e residui metallici, e il calcestruzzo per massetti, nella cui miscela sono inseriti scarti e rifiuti in vetro da costruzione e demolizione che sostituiscono gli aggregati naturali. Sul tema della gestione, ma questa volta dell'infrastruttura viaria delle grandi città, e in particolare delle pavimentazioni stradali carrabili, ciclabili e pedonali pubbliche, è da segnalare la ricerca sperimentata su Roma Capitale (Paris, Pennacchia and Vannini, 2023): la metodologia proposta, che soddisfa le due principali direttive del PNRR (sostenibilità ambientale e digitalizzazione) e supporta una progettazione e una gestione più efficiente e sostenibile degli elementi urbani, mettendo a sistema le componenti fisiche con quelle funzionali e d'uso, struttura un sistema dinamico e aggiornabile della classificazione delle strade, a partire da mappe digitali in forma aperta fino alla scala di dettaglio tecnologico informato attraverso il BIM.

Ritorno alla natura, nelle sue forme selvatiche e di 'quarta natura', emulandone processi e cicli biologici, minore occupazione di suolo, infrastrutture verdi e soluzioni basate sulla natura per mitigare gli effetti del cambiamento climatico, ma anche per produrre servizi e garantire la biodiversità, rigenerazione del costruito ad alta vulnerabilità, efficienza energetica, flessibilità d'uso, materiali a base naturale, sostenibili e derivanti da riciclo e upcycling, e più in generale modello di sviluppo circolare e maggiore attenzione e consapevolezza verso le risorse non rinnovabili, sono i temi maggiormente trattati. Il paradosso è che il campo di indagine riguarda prevalentemente l'ambito urbano: nonostante le città siano considerate tra le principali cause del cambiamento climatico e ambientale, sono ironicamente viste come la soluzione all'attuale crisi dell'intero ecosistema.

Una tale visione impone alcune riflessioni: in primo luogo è da chiedersi se alla macroscale sia ancora possibile pensare a un modello di crescita 'limitato' e contestualmente costruire alloggi, infrastrutture e servizi seppur con un'impronta ridotta sul suolo e sull'ambiente; in secondo luogo rispetto alla complessità del tema, alla scala intermedia e micro, se e quanto la natura riesca a curare il Pianeta riportandolo a una condizione di equilibrio ecosistemico e di salute tale da garantire un futuro anche alle prossime generazioni senza considerare il concetto di ecologia nel senso più ampio possibile e rinnovare il rapporto tra uomo, natura ed esseri viventi, superando l'attuale approccio antropocentrico in favore di uno allocentrico.

I contributi citati ci consegnano comunque alcune certezze tra cui la necessità di una natura multiscale degli interventi, che garantisca effetti indotti a un contesto ambientale più ampio di quello di riferimento, e di team che affrontino le criticità con un approccio collaborativo inter e transdisciplinare olistico e sistemico, in una sorta di speciazione delle discipline che ne modifica i tradizionali statuti; ciò che emerge poi è che gli strumenti immateriali e materiali che oggi possiamo mettere in campo

sono numerosi grazie anche alle possibilità offerte dalle tecnologie digitali nelle diverse fasi progettuali, realizzative e gestionali del processo.

In definitiva per raggiungere l'obiettivo della Transizione Ecologica appare utile riferirsi a Formafantasma (Valenti, Trimarchi and Farresin, 2023) la cui produzione è capace di superare le narrative dominanti, abbattere i recinti tra specie e campi del sapere, sollecitare riflessioni su come trascendere il progetto per entrare nella dimensione dell'investigazione in un'epoca di instabilità climatica, economica e sociale e sollecitare tutte le discipline dell'Architettura, dell'Urbanistica e del Design a osservare e denunciare i fenomeni che ci circondano. Tutta la loro produzione esprime una concezione evolutiva del design che, studiando i cambiamenti, promuove prodotti che le persone possano capire e usare, ma anche strategie capaci di tracciare percorsi alternativi per raggiungere l'obiettivo di un Pianeta sano: mentre progetti come Autarchy (2010), Botanica (2011), Craftica (2012) e Ore Stream (2017) rappresentano un'alternativa tanto al consumismo di massa quanto all'industrializzazione globale, la recente Mostra dal titolo Oltre la Terra – Why Wool Matters (2023) è un'occasione per comprendere meglio il mondo reale e per sollevare un problema, rendendolo manifesto attraverso la messa in scena della complessità delle relazioni tra materiali, tecniche di produzione ed esseri viventi e superare la dicotomia tra uomo e animale, prodotto e materia biologica. In tale ottica appare determinante che l'azione primaria per avviare l'auspicata transizione sia l'acquisizione cosciente del problema e la volontà assoluta di intervenire in modalità sinergica, intellettualmente e scientificamente, affinché il progetto si carichi di valenze semiofore (Pomian, 1987) e, parafrasando Timothy Morton (2018), produca 'iperpaesaggi', 'ipercittà', 'iperarchitetture' e 'iperoggetti' che 'ci accolgano', 'ci inglobino' e 'ci si attacchino' coinvolgendo tutto l'ecosistema.

AGATHÓN Volume 13 follows its predecessor on Innovability[®] | Digital Transition and collects essays and research on Innovability[®] | Ecological Transition, aware of its pressing relevance, but also of the scope suggested by the proposed dual key of interpretation. The introduction to Volume 12 recalled the 1987 Brundtland Report, which advanced the need for a new sustainability of development for Humanity (UN, 1987) and made a veiled reference to 'teknè', i.e., Man's ability to process elements on the Planet that might become resources, yet unknown or unemployable with the technologies of the time. Environment and Technology have always faced each other and dialogued with each other, so that what we now call the (natural) environment is in itself already the result of an enduring and profound anthropisation of the zoosphere, which has now become a fragile anthroposphere. In our anthroposphere, caught in an unstable balance between the pursuit of artifice and the desire to protect the Planet, the Covid-19 pandemic revealed, among other things, how the sustainable development project is a cryptic goal, whose contours are still relatively unknown and within which it is not possible to operate only in conservative terms.

We have clarified the meaning of the term 'innovability'[®], formerly used in economic and social sciences, credited today with a renewed driving force for a new paradigm of development that expresses one of the most crucial challenges of our time and the need for a 'solidary' convergence between the two inescapable instances of 'innovation' and 'sustainability', as if these were opposites and contrasting: regardless of the chosen term, in a historical moment characterized by environmental, social and economic emergencies, Humanity promotes one of its prerogatives, the use of 'things' that nature provides to make them other than their primary function (innovation), aware that those resources are not inexhaustible (sustainability). In this context, which must always look to the future, it is necessary to design our best policy and system actions to promote the need to innovate by using the Planet's resources well and consciously. Ursula von der Leyen, in her investiture speech as President of the European Commission in 2019, made it clear that green and digital transformation are inseparable challenges; with this in mind, the European Green Deal (European Commission, 2019a), the Next Generation EU (European Parliament, 2020) and the New European Bauhaus (European Commission, 2021a), as well as other National Plans (e.g. PNRR in Italy; Ministero dello Sviluppo Economico, 2021), take on strategic importance both in defining, clearly and unambiguously, the future development trajectories of an ecological, digital, cohesive and resilient Europe, and in correcting the main imbalances present in the old continent, bringing together – despite the diverse conditions of the Member States – the expectations and demands, of a general, common and shared nature, of both citizens and businesses. 'Transition' is a common thread uniting themes and debates that simultaneously concern science, technology but also philosophy, anthropology, ecology and economics, declined through the many specialized adjectives that define their increasingly defined areas and yet more open to logics of transdisciplinarity, resulting in a sort of speciation of disciplines and language, recalling names such as Bateson, Commoner, Catton and Dunlap, Carpo, Kelly, Solis, Negroponte, and even Jonas, Morin, Floridi, Caffo.

In this scenario, in which digital anthropology identifies with the term 'anticipation', in the ability to interact with the continuous flow of innovation to build a new digital ecosystem, innovation finds its ideal location, expands and evolves beyond the ability to put humans and their needs at the centre of new value propositions. This new form of 'sustainable innovation' must feature social and environmental well-being as joint and simultaneous priorities, to facilitate an ethical and sustainable transition for the benefit of the entire community (WEF, 2022). The anthropogenic transformation of space is an energy-intensive action that increases the level of entropy, yet a far cry from systematic and widespread 'cradle-to-cradle' or respectful approaches to non-renewable resources. Thus, the focus is not on disciplinary statutes but rather on aspects of interdisciplinarity and transversality aimed at guiding and fostering a resilient, sustainable and inclusive 'recovery'. The complexity of the theme 'innovability'[®] is one of the challenges of our century; while several voices stress how the 'green

transition' can ethically guide digital opportunities and the report *The European Double Up* (Accenture, 2021) argues that the 'digital transition' is configured as a tool that can initiate shared processes otherwise slower to activate, less pervasive and likely to perform less well, on the other hand, the union of 'green' and 'blue' hints at quite a few challenges and contradictions (Floridi, 2020) to the point of hypothesizing the impossibility of implementing the 'ecological transition' together with the 'digital transition' (Caffo, 2021). Therefore, in order for the new paradigm of 'innovability' (with its double key of interpretation and declination of possible scientific approaches of research and operation) to find its maximum expression and be effectively implemented, it is necessary to introduce adequate, new, cross-cutting, interscalar and interdisciplinary (material and immaterial) tools; at the same time, it appears essential to work towards building and nurturing a relationship of strategic complementarity between ecology and digital, a bidirectional osmosis of approaches, advances, experiments and results within a vision of shared progress and common goals.

The ecological transition has been discussed at length, but today it is a prioritized and imperative issue, expressing the need to 'transition' from production and consumption systems typical of the infinite linear growth paradigm to systems capable of growing economic capital without destroying natural, social and human counterparts. A concept of sustainability that, starting with global changes and biodiversity loss, recalls the ecology of mind of Gregory Bateson (1977), the three ecologies of Guattari (2000), the evolutionary physics of Isabelle Stengers and Ilya Prigogine (1979) but also the planetary thought of Edgar Morin (1973), the concept of exaptation of Stephen J. Gould and Elisabeth Vrba (1982) ecological economics, the concepts of 'weak' sustainability and 'strong' sustainability, up to the most pragmatic indicators of sustainability (environmental, social and economic). An inescapable transition even if we only consider the goals of the 2015 Paris Agreement, harbingers of radical change not only with respect to the use of non-renewable resources but to our entire economy and way of life. In all areas of the built environment, there will be a need for 'enlightened direction' with a systemic and holistic vision based on a multi and interdisciplinary, non-scalar and intersectoral methodological practice capable of simultaneously integrating different and sometimes seemingly unrelated knowledge, professionalism, disciplines and production sectors; it will be necessary to rationalize and optimize, by combining traditional and innovative technologies, on the one hand all aspects that come into play in the transformative intervention and its process, project and product dimensions, and on the other hand the incoming and outgoing material flows for them to be equivalent, namely, so that waste and by-products from one sector can be fully reused in others.

The preponderance of contributions published in the scientific literature on the Ecological Transition is based on the assumption that, in one of the most critical eras for our Planet, characterized by important territorial and climatic changes with relevant social, economic, productive and settlement implications, the construction world must overturn the 'anthropocentric' point of view in favour of a vision in which man is no longer the 'ordering subject' but one of the many components of the ecosystem, consisting of living and human beings, flora and fauna; pursuing the sole goal of reducing environmental impacts without reconsidering a less indiscriminate use of nature and its relevance to our survival appears to be a simplistic way of approaching the issue since it does not challenge the development model that has generated the current state of emergency. We, therefore, find ourselves facing global challenges for which, for example, the *European Biodiversity Strategy 2030* (European Commission, 2020) signals the urgency of rebuilding the lost relationship with nature by asserting the need to bring it back into our living environments, both for our physical and mental well-being and for its ability to cope with climate change and disasters caused by extreme events.

Concerning this theme, the potential offered by a 'return to nature', already promoted by Rousseau (1792) and fundamental to the physical well-being of the Planet, involves a revitalization of the relationship between nature and man, engaging the latter in the continual search for tools and operational modes of coexistence with the widest possible sphere of living things. While ecology is the science that studies the relationships between organisms and between them and the environment, in the field of architecture the scientific debate is mainly focused on technical issues of the environmental impact of the built environment, which are considered relevant but addressed without the holistic and systemic ecological approach required by the *New European Bauhaus* (European Commission, 2021a). A more inclusive interpretation of the field of inquiry on the interrelation between built and living beings, capable of overcoming the preconception that good practices can only be driven by technological innovation, might instead allow us to gain a broader perspective and allow architecture to assume a central role in shaping the relationships humans have with their environment: one possible solution is offered by boundary spaces and their physical limits, 'ambiguous' spaces conformed by double windows with adequate intermediate space – in the different variants inferred from historical architecture and forward-looking examples of contemporary architecture from different geographic areas – that embrace varied functions and uses in a new volumetric dimension and enable ecological potential in terms of 'relationship' spaces with the context, overcoming the dichotomy between inside and outside and encouraging, if not requiring, interaction with the context of reference (El-Hitami, Mahall and Serbest, 2023).

Another line of thought is also taking shape within the scientific debate, according to which, among the four natures theorized by John Dixon Hunt (1993) and Ingo Kowarik (1992), the first one, the wild one, can also represent a central point in the evolution of the concept of landscape itself in the urban dimension, particularly in parks and open space in general. An example of this is the essay by Dessì (2023), which theorizes how in areas of proximity to human activities it is preferable to give way to 'wild' nature so that it can autonomously, dynamically and vitally create its own habitats shared between humans and living things, generating 'gentle' infrastructures useful for stimulating ancient human

practices – such as walking – and developing new ecologies marked by biodiversity. And again the research by Catalano et alii (2023), through the Catania case study, identifies, within a series of ‘open’ urban fragments which fall into the category of ‘informal landscapes’, potential biotopes of value in which biodiversity can find its habitat – with reasonably low management costs – provided that it exceeds the sought-after aesthetic value that aims to ‘reproduce’ islands of vegetation with high ‘naturalness’ even when the environmental conditions of urban areas do not allow it, to prioritize functional, ecological, and climatic aspects and to take into account site ‘disturbance’ factors due to soil alteration and contamination, thermohygrometric and air quality conditions, and the presence of neophytes.

It is a well-established view in the scientific literature that ‘green infrastructure’ can assume a primary role in implementing resilient strategies to counteract the effects of climate change, but also to achieve multiple transcalar objectives including the preservation and enhancement of biodiversity, improving the quality of life and well-being of urban populations, strengthening social relations, and economic development (European Commission, 2014, 2019b, 2021b). Although the literature on the subject has been quite prolific, especially in the last decade, published strategies and measures for their use have not yet been widely implemented, as confirmed by Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability, a recent IPCC (2022) Report, which observes that, to date, little progress has been made and not enough action has been taken. In addition, it is worth noting that, in the process of ecological transition, the role of cities is considered decisive for the achievement of at least seven of the 17 Sustainable Development Goals (Vukmirovic, Gavrilovic and Stojanovic, 2019), about 60% of the 169 targets of the 2030 Agenda (UN Environment and IEA, 2017), and more than a third of the targets under the European Green Deal in the energy, environmental and social sectors (OECD, 2020). To fully harness the potential of green infrastructure and nature-based solutions (NbS) and achieve a new ecosystem balance, it is necessary, on the one hand, to better understand natural systems and how they work, and, on the other hand, to engage local communities through awareness of and empathy for the diverse worlds of other species, with deep respect for the complex narratives of places and their futures, attaching the same importance within natural systems to humans, resources, flora and fauna. This has characterized the avant-garde projects of ecoLogicStudio (Valenti and Pasquero, 2021) whose biophilic design has succeeded in establishing a cybernetic relationship between nature and artifice, minimizing the anthropogenic footprint on ecosystems at micro, meso and macro scales. Thus, the ecological transition can only be achieved through designs of varying scales (from strategic landscape and urban plans to more restrained, experimental, incremental, and temporary interventions to detailing) that indirectly contribute to forming an interconnected network of ecosystem services, in which semi-artificial architectural solutions, hybridized with nature, are blended into the built fabric with biophilic approaches.

In this perspective, it is worth mentioning relevant contributions such as, first and foremost, that of González-Campaña, Lafaurie-Debany and Rabazo Martin (2023), which presents the work of Diana Balmori and Balmori Associates, one of the most visionary and innovative Architectural Firms in the fight against climate change and urban regeneration. Since the early 1990s, the Firm has been interpreting nature as an infrastructure capable of organizing and articulating the built environment through engineered systems that mimic its functioning. The contribution recalls the volume *A Landscape Manifesto* by Diana Balmori (2010) and the philosophy of the numerous Landscape Architecture projects, developed over more than three decades of professional activity in national and international contexts and based on a series of elements working in synergy at the different scales of the project and on scientific verification of the results achieved: the illustrated projects show how landscape, architecture and green infrastructure can constitute a single system with high potential in solving the environmental issue and conforming new spatial solutions. The potential of green infrastructure in urban settings characterized by an arid climate is another topic of compelling relevance, and the case of the city of Riyadh (Moscatelli and Raffa, 2023), investigated through a ‘landscape-based’ approach, provides interesting insights into the need for a systemic approach to the issue: with reference to the strategic framework of Saudi Vision 2030, which aims to address the pressing ecological, energy and climate challenges, and from a comparative analysis of Plans and projects implemented in major Saudi Arabian cities, seven strategies and as many integrated and interacting guidelines are identified among present potentials / criticalities and possible futures with a holistic and interdisciplinary approach that frames green infrastructure as multi-scalar techno-natural devices, bearers of widespread benefits supporting the ecological and energy transition process.

Still focusing on the urban scale, the field of inquiry extends to certain particular infrastructures, urban highways, and suburbs to understand how their regeneration can contribute to the mitigation of environmental impacts brought about by vehicular traffic and land use. The case study of the Palermo City Ring Road (Tesoriere, 2023) proposes differentiated interventions for roadways and edges regarding the new settlement patterns of ecological corridors and urban forests: the hypothesis envisions a network of vegetated, porous and multifunctional spaces on the edges, transforming the artery into a linear scrub forest capable of intercepting other vegetation systems in the city, consolidating them and strengthening the regeneration of faunal microhabitats by reconnecting them into an uninterrupted system. The ZEN 2 case study in Palermo (Sciascia, 2023), a vulnerable suburb lacking in secondary urbanization works, highlights how design must be able to recognize the needs of different urban places by looking at the great theme of the unfinished from a new perspective involving the urban landscape and vegetation, yet not expecting this to be the only answer to the many questions posed by the contemporary city. Moreover, at a territorial scale, the relationships between the areas that provide the most ecosystem services and the demand poles that coincide with the most densely populated and urbanized areas are investigated, through synthetic indices and ecosystem ser-

vices, environmental values and degree of innovation, and geographical, morphological, socio-economic and spatial indicators; the aim is to determine, through a systemic approach and thematic maps, potential synergies between areas with different functions (Lombardini, Pilogallo and Tucci, 2023).

Green infrastructures and therefore NbS can provide ecosystem services useful for improving air and water quality, reducing pollution, creating suitable habitats for different species and safe green spaces for the well-being of the population, consolidating social relations and supporting economic development, as promoted by the International Union for Conservation of Nature (Cohen-Shacham et alii, 2016). Their use is based on a renewed relationship between man and nature and a holistic and systemic approach that in design practice is able to integrate nature and the built environment through the use of new and established hybrid spatial and architectural repertoires employing vegetation. In this sense, research such as that of Bologna and Hasanaj (2023) stands out in the scientific community for its high potential impact: pursuing the goal of applying the regulatory principles that exist in nature to urban regeneration processes, thus granting equal dignity to all inhabitants of the ecosystem through a comparative analysis of the NbS present on international industry platforms; it develops a metadata structure geared toward a cataloguing to be adopted in the Mediterranean context for forestation, regeneration, resilience, improved ecological connectivity and biodiversity enhancement processes in urban, peri-urban and rural settings. Likewise, the essay by Ingaramo et alii (2023) can stimulate international debate by focusing attention on how the integration of NbS at different scales can achieve greater urban resilience and more certain biosphere protection: the small or large project, whether architectural or urban, can become a potential node in a broad interconnected network that results in green infrastructure, exponentially increasing benefits for the entire ecosystem. And again, the contribution by Davidová, Barath and Dickinson (2023) submits three case studies in between systemic research and design with a high level of transferability, capable of providing multi-scalar ecosystem services characterized by the integration of artificial and natural, technology and sustainability, digital and ecology, and aimed at the transition toward the post-Anthropocene, which beyond their respective particular programmatic goals have, as a common denominator, the principles of inclusiveness and equity in a 'non-human only' and multicentre perspective. Food accessibility and typological hybridization are then the themes of the essay by Basso et alii (2023), analysing the recent phenomenon of vertical farms, which can also accommodate other contemporary challenges: height development and reduction of land consumption, multifunctionality and creation of new functional habitats not so much to accommodate human beings, but rather 'other' forms of life; the illustrated case studies, which denote a 'para-artificial' nature expressing an ambiguous and hybrid condition between architecture and the environment, are emblematic for the already executive definition of form and function, for the effectiveness with which the 'vertical farm' integrates with the skyscraper typology, for the articulation of programs and functional combinations that provide us with three possible alternatives of complex systems, models of food production and distribution, ways of living and thus forms of society in dense and highly anthropized metropolitan contexts.

Another driver of the ecological transition is the regeneration of the built environment in response to the concept of 'risk society', theorized by Tomas Maldonado as early as 1990, which calls for reflections on the global nature of threats, the unwillingness of industrialized countries to live with risk at the expense of development, and a condition of emergency that requires particular actions to adapt to the new needs of the entire ecosystem in terms of health, well-being and security, for a new 'normalcy' implying a principle of acceptance of the emergency that must guide action and design for the future. On this topic, the contribution by Brignoni et alii (2023) is worth mentioning. Its field of investigation is mountainous and hilly hinterland areas with a predominantly agro-forestry vocation – and in particular small urban agglomerations circumscribed by artificial fortifications (walls, canals) or natural barriers – considered increasingly marginal with respect to social, economic and industrial development policies; these areas are subject to processes of depopulation, deconstruction of community ties with the land and the environment, and reduction of the safekeeping and care of common, natural and man-made assets, resulting in increased vulnerability and fragility of places. However, these territories and their natural landscape represent an extraordinary resource for rekindling more balanced relationships between humans and other species, rediscovering the values of tradition, and exploring local culture and tangible and intangible heritages. It is in this perspective that the relevance of the contribution should be interpreted, presenting an original classification and mapping of national and international case studies in which systemic public strategies and policies, as well as individual project plans, have been successfully activated, concretely fostering the reappropriation, revitalization and regeneration of these fragile and vulnerable contexts, in some cases systemically transferring the benefits to neighbouring areas as well; the projects have been entered into a relational and 'open' structured database available online, allowing the various stakeholders not only to populate it further, but also to draw on the wealth of information on the features that the (replicable) regeneration processes bring to the table.

The regeneration of open spaces, sometimes with nonlinear modes of appropriation and transformation, with reference to the definition of 'fourth nature' and 'urban nature' and the emblematic case studies of Nature Capitale (Paris, 2010), the Rotterdam Architecture Biennial entitled Urban by Nature del (Rotterdam, 2014) and the Thempelhof Urban Park (Berlin, 2013-2020), fuels the debate by highlighting how the future of the Planet does not depend abstractly on fate but on virtuous decisions and political will capable of guiding design actions that can either improve its condition or lead to the necrosis of its metabolism (Lecardane, 2023). The reflection is based on the value of land as a common good and non-renewable resource and on the assumption that orienting the ecological transition towards equity and collective well-being means rethinking the system of relations between

man and nature, according to the thesis of ‘mutual support’ (Kropotkin, 1902), but also referring to the construction of social and cultural communities from environmental issues and land resources. The aforementioned cases highlight, on the one hand, how adaptation to climate change represents the new field of inquiry for the experimentation of adaptive processes, strategies and solutions, and on the other hand, how new landscapes can take shape, consolidate or regenerate in response to specific social demands, establishing themselves as expressions of a renewed culture of public space. Some of these particular spaces today no longer qualify as public squares, places for sharing and for the community, as they are no longer suitable to meet the needs in terms of the psycho-physical well-being of the user and are far from the logic of urban ecology. This critical issue is also found in several works of authorial matrix and unquestionable architectural quality that after World War II contributed to the design of cities, but today suffer from a failure to project themselves into future transformative dynamics, resulting in spaces removed from the life cycle that their urban function requires. The discussion opened by Falzetti e Minuto (2023) is followed by the selection of specific and measurably invasive NbS strategies, deduced from the landscape of solutions and experiments that outline the state of the art both in the experimental field and in the domain of established practices in the scientific landscape, in a perspective of adaptation in an ecosystemic key with the presence of punctual elements of naturalistic value and protection of the identity and quality of the architectural space, i.e., capable of achieving a calibrated ‘genetic mutation’ that allows its actualization from ‘metaphysical’ square to ‘urban oasis’.

The debate on the Ecological Transition provides us with a cultural and operational backdrop that highlights the close relationships with the issue of energy production as well. According to the recent Energy Transition Trends Report by Deloitte (2022), production processes are becoming more efficient as more virtuous behaviours are implemented – commitment to recycling / composting (68%), reduction of energy waste and consumption of resources (54%), orientation towards means of transport with low environmental impact (36%), greater attention to the energy efficiency of homes (36%) – conditions that, in creating new value, also outline new development and sustainability scenarios. The definition of new and more competitive models is one of the objectives in both the private and public sectors and, among these, one of the most relevant is the transition to an energy system aimed at reducing consumption, production and management costs and carbon footprint through the use of eco-sustainable and recyclable materials, alternative fuels, energy production from renewable sources, unique and intelligent electricity networks, ICT, innovation and social involvement. Growth geared toward mitigating environmental impacts, or rather achieving climate neutrality by 2050, identifies Positive Energy Districts as formidable drivers, which recognize the urban area at the neighbourhood scale as the strategic framework for implementing interventions; although considered relevant and consistent with several sustainable development goals of the 2030 Agenda, first and foremost goal 7 – Affordable and Clean Energy, and the New European Green Deal (European Commission, 2019a), the implementation of PEDs remains difficult due to the fragmentation of studies, the complexity of decision-making processes and governance, and their lack of promotion among the various stakeholders, key players in the planning, implementation and management of a complex system such as an energy district. In this perspective, it is worth noting the research by Ferrante, Romagnoli and Villani (2023), which, through a systemic approach, the selection of replicable good practices rendered in suitably structured files, the identification of key factors to incentivize energy transition and the definition of the role of public and private actors, aims to organize useful information and provide contacts to support Public Administrations in the establishment of Positive Energy Districts with a view to energy efficiency and sustainability.

In the introduction, we mentioned how the scientific community does not agree that the partnership between ‘green’ and ‘blue’ can be implemented without issues or contradictions. (Floridi, 2020; Caffo, 2021). A different perspective can also be found in the essays by Canovas e De Andrés (2023) and Arquilla and Paracolli (2023): while the former studies identify three strategies at the architectural scale (energy passivity, use of local and sustainable materials, and reuse and regeneration of the built environment) as complementary and synergistic tools to activate a profound transformation of the built environment and meet the challenge regarding the need for an ecological transition, the latter, building on Anatomy of AI by Crawford e Joler (2018) – the first attempt to examine the ‘dark side’ of AI technology – examine objects with artificial intelligence, ‘cyber physical’ artefacts, proposing a methodology to analyse their concrete impact through the three main components of the ecosystem, the physical, digital and usage components, and stimulating a series of ethical, aesthetic, dialectical and cultural reflections, also in a circularity perspective.

‘Open innovation’ processes, defined as the flow of resources needed to activate an innovation process that transcends company boundaries, can play an important contribution in the ecological and digital transitions of European SMEs, provided we are able to frame the complexity of the relationships and interconnections that characterize them, i.e., we are able to transition from a linear production and economic model to a circular and regenerative one focused on eliminating waste and pollution, maintaining the efficiency of products and materials, and regenerating natural systems; with this in mind, the support of digital technologies becomes strategic in order to connect material resources, to integrate value chains, and to facilitate dialogue among actors, fostering shared processes and expediting their implementation. The European project DigiCirc (Barbero and Ferrulli, 2023) intervenes with these aims, addressing ecological and digital transitions with ‘open innovation’ processes, involving stakeholders of the quadruple helix (Universities, Companies, Society and Government) on three strategic domains: Circular Cities, Blue Economy and Bioeconomy. By identifying the main chal-

allenges encountered by companies in the use of digital technologies for the Circular Economy in the scientific literature, and taking as a reference, in particular, the work of Trevisan et alii (2023), the project aims to activate three campaigns for the involvement of 11 partners from 10 European countries, launch three acceleration programs for European SMEs, selected through three open calls, and prepare holistic content and tools to support innovation by promoting and supporting cross-sectoral dialogue between different actors, transferring knowledge both within and outside the DigiCirc ecosystem, and strengthening systemic understanding in manufacturing and service SMEs.

In parallel and with a view to knowledge dissemination, the Scoping Review by Rigillo et alii (2023) presents us with potentials and limitations of using enabling technologies to support construction and demolition waste management processes in construction, in the perspective of 'zero-waste' design in a European context. The study is based on the principle that the increasing process automation and the continuous evolution of technologies constitute multipliers for design action possibilities, thereby making it possible to prefigure virtuous life-cycle management of interventions and buildings from the early design stage. Likewise, the extension of the concept of 'urban mining' to the built environment makes it possible to define new performance objectives for the end-of-life phase of the building, and in particular to the production of Secondary Raw Material, reuse, recycling and upcycling of waste, achievable with a thorough cognitive phase on the qualification of material flows and products resulting from the intervention necessary to anticipate and manage the risks arising from technical, regulatory and economic constraints that such operations entail. The review's findings encourage a reflection on the fact that there is still a long way to go: despite the European Union's pioneering work in terms of guidelines and resources for circularity-driven economic development, construction is still a technologically backward sector, organized predominantly in SMEs with great difficulty in undertaking the digital transition to more advanced performance standards and sustainable processes; numerous constraints are holding back its wide-scale adoption; the interoperability of different digital platforms for construction is not yet fully efficient; in the face of substantial production of 'grey literature', the scientific community afferent to the disciplines of Architecture and Design in the European Union, compared to its counterparts in China, the United States, Australia and the United Kingdom, suffers from modest participation.

Among the exceptions is the contribution by Aversa et alii (2023), which aims to improve the environmental sustainability of the construction sector through a systemic, interdisciplinary and circular footprint approach with the introduction of innovative materials, with as much natural matrix as possible, and the adoption of digital manufacturing processes that optimize the amount of raw materials and facilitate their recyclability; specifically, the contribution illustrates the initial outcomes of a very promising research on geopolymers to be used in the production of building components and in particular of a vertical closure panel for dry, single-material building systems, as it consists of two outer layers of structural geopolymer enclosing an inner layer of expanded geopolymer; due to the nature of the material, which comes from the recycling of industrial waste, and the digital manufacturing process adopted, the proposed panel saves about 97 % of energy compared to porcelain stoneware. A similar purpose can be found in Santos Malaguti de Sousa et alii (2023) whose field of investigation is the validation of pruning waste from green maintenance activities in the city of São Paulo, Brazil, through design-driven, traditional and innovative technological pathways. The research is based on scientific data showing that 30% of the aforementioned waste can provide solid wood with diversified potential uses (Meira, 2010), together with the concept of 'social technology' understood as a set of transformative techniques and methodologies that are easy to use and useful for social inclusion and improved living conditions, and, to address the complexity of the issue, proposes a systemic approach marked by Circular Design, Material-driven Design, Systemic Design and Design for Social Innovation and a scalable and replicable operational methodology developed for the three missions of Universities (teaching, research and third mission).

The contribution by Baratta et alii (2023) should also be read from the perspective of 'transforming waste into a quality resource'; it returns the results of two applicative studies, developed with a view of integrating circularity in the manufacturing processes of brick blocks and concrete screeds; both pieces of research, marked by a similar experimental approach, aim to foster economies originated by geographical proximity among stakeholders, in order to incentivize the transmission of knowledge, know-how and material flows, and address the issue of admixture additives: the brick block, through waste that replaces a fraction of virgin clay with a mixture of bentonite sludge and metal residues, and concrete for screeds, whose mixture includes waste and glass residues from construction and demolition that replace natural aggregates. Still on the topic of management, this time concerning the road infrastructure of large cities, and in particular public roadway, bicycle and pedestrian pavements, it is worth mentioning the research carried out on Rome (Paris, Pennacchia and Vannini, 2023): the proposed methodology, which satisfies the two main directives of the PNRR (environmental sustainability and digitization) and supports a more efficient and sustainable design and management of urban elements by bringing together physical components with functional and use components, structures a dynamic and updatable system of road classification, starting with open-form digital maps up to the scale of technological detail informed by BIM.

A return to nature, in its wild and 'fourth nature' forms, emulating its biological processes and cycles, less land occupation, green infrastructure and nature-based solutions to mitigate the effects of climate change, but also to produce services and ensure biodiversity, regeneration of the highly vulnerable built environment, energy efficiency, flexibility of use, natural-based, sustainable materials derived from recycling and upcycling, and more generally a circular development model and increased attention and awareness toward non-renewable resources, are the most discussed topics. The paradox is

that the field of inquiry is mainly concerned with the urban domain: even though cities are considered among the main causes of climate and environmental change, they are ironically seen as the solution to the current crisis of the entire ecosystem. Such a vision calls for some considerations: first, one must ponder whether at the macroscale it is still possible to think of a 'limited' growth model and simultaneously build housing, infrastructure and services albeit with a reduced footprint on land and the environment; secondly with respect to the complexity of the issue, at the intermediate and micro scales, whether and how much nature can heal the Planet by restoring it to a condition of ecosystem balance and health such as to guarantee a future also for the next generations without considering the concept of ecology in the broadest possible sense and renewing the relationship between man, nature and living beings, overcoming the current anthropocentric approach in favour of an allocentric one.

However, the aforementioned contributions convey several certainties including the need for a multiscale nature of interventions, which guarantees effects that are induced to a broader environmental context than the one of reference, and for teams that address critical issues with a holistic and systemic inter- and transdisciplinary collaborative approach, in a sort of speciation of disciplines that modifies their traditional statutes; what emerges then is that the intangible and material tools we can deploy today are numerous also thanks to the possibilities offered by digital technologies in the different design, implementation and management phases of the process.

Ultimately, to achieve the goal of the Ecological Transition, it appears useful to refer to Formafantasma (Valenti, Trimarchi and Farresin, 2023) whose production is capable of transcending dominant narratives, breaking down barriers between species and fields of knowledge, prompting reflections on how to transcend design to enter the dimension of investigation in an era of climatic, economic and social instability, and urging all disciplines of Architecture, Urbanism and Design to observe and denounce the phenomena around us. Their entire production expresses an evolutionary conception of design that, by studying change, promotes products that people can understand and use, but also strategies capable of tracing alternative paths to achieve the goal of a healthy Planet: while projects such as Autarchy (2010), Botanica (2011), Craftica (2012), and Ore Stream (2017) represent an alternative to both mass consumerism and global industrialization, the recent Exhibition entitled Beyond the Earth – Why Wool Matters (2023) is an opportunity to better understand the real world and to raise an issue, making it manifest by staging the complexity of the relationships between materials, production techniques, and living beings, thereby overcoming the dichotomy between human and animal, product and biological matter. From this perspective, it seems crucial that the primary action to initiate the desired transition is the conscious acquisition of the problem and the absolute will to intervene in a synergistic mode, intellectually and scientifically, for the project to be charged with semiophore valences (Pomian, 1987) and, paraphrasing Timothy Morton (2018), to produce 'hyperlandscapes', 'hypercities', 'hyperarchitectures', and 'hyperobjects' that 'welcome us', 'encompass us', and 'attach to us', involving the whole ecosystem.

Reference

Accenture (2021), *The European Double Up – A twin strategy that will strengthen competitiveness*. [Online] Available at: [accenture.com/_acnmedia/PDF-144/Accenture-The-European-Double-Up.pdf](https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-144/Accenture-The-European-Double-Up.pdf) [Accessed 30 June 2023].

Arquilla, V. and Paracolli, A. (2023), "Design sull'esperienza dell'utente e sostenibilità degli oggetti con intelligenza artificiale | User experience design and sustainability of AI-infused objects", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 259-268. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13222023 [Accessed 30 June 2023].

Aversa, R. Franchino, R., Frettoloso, C., Pisacane, N. and Ricciotti, L. (2023), "Geopolimeri per l'Eco-Architettura – Approcci integrati per l'attivazione di strategie green | Geopolymers for Eco-Architecture – Integrated approaches for green strategies activation", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 237-246. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13192023 [Accessed 30 June 2023].

Balmori, D. (2010), *A Landscape Manifesto*, Yale University Press. [Online] Available at: yalebooks.yale.edu/book/9780300156584/a-landscape-manifesto [Accessed 30 June 2023].

Baratta, A. F. L., Andreotti, J., Trulli, L. and Calcagnini, L. (2023), "L'innovazione di prodotto per la transizione ecologica – Il riciclo del laterizio e del vetro | Product innovation for the ecological transition – Brick and glass recycling", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 227-236. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13192023 [Accessed 30 June 2023].

Barbero, S. and Ferrulli E. (2023), "Transizione ecologica e digitale – Il Design Sistemico nei processi di innovazione aperta delle PMI | Ecological and digital transition – Systemic Design in SMEs open innovation processes", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 269-280. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13232023 [Accessed 30 June 2023].

Basso, S., Bisiani, T., Martorana, P. and Venudo, A. (2023), "Vertical farm – Dalle forme dell'agricoltura nuove architetture e città | Vertical farm – New architectures and cities from the forms of agriculture", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 141-152. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13122023 [Accessed 30 June 2023].

Bateson, G. (1977), *Verso un'ecologia della mente*, Adelphi, Milano.

Bologna, R. and Hasanaj, G. (2023), "Modelli evoluti per la costruzione di un catalogo NbS per la resilienza e la biodiversità | Advanced models for the construction of an NbS catalogue for resilience and biodiversity – Prototyping through research and training", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 179-190. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13152023 [Accessed 30 June 2023].

Brignoni, M., Dall'Osso, G., Gasparotto, S. and Varini, R. (2023), "Mappatura dei processi design-driven per la rigenerazione delle piccole città fortificate in aree interne | Mapping design-driven processes for the regeneration of small for-

tified towns in inland areas”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 281-290. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13242023 [Accessed 30 June 2023].

Caffo, L. (2021), “Dalla carne al digitale, la svolta ecologica è impossibile senza capire quanto consumiamo”, interview by Orlando, V. E., in *La Repubblica*, 27/12/2021. [Online] Available at: repubblica.it/green-and-blue/2021/12/27/news/la_scienza_produce_solo_dati_ma_per_interpretarli_servono_i_filosofi_-331086511/ [Accessed 30 June 2023].

Canovas, A. and De Andrés, J. (2023), “Soluzioni locali per sfide globali – L’edilizia residenziale come catalizzatore della transizione ecologica | Solving global challenges locally – Collective housing as a catalyst for ecological transition”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 67-74. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1352023 [Accessed 30 June 2023].

Catalano, C., Hauck, T. E., Ahn, S. and Pasta, S. (2023), “Paesaggi senza architetti del paesaggio – La bellezza ecologica dei paesaggi urbani informali | Landscapes without landscape architects – On the ecological beauty of informal urban landscapes”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 57-66. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1342023 [Accessed 30 June 2023].

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. (eds) (2016), *Nature-based Solutions to address global societal challenges*, IUCN, Gland. [Online] Available at: portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf [Accessed 27 June 2023].

Crawford, K. and Joler, V. (2018), *Anatomy of an AI System – The Amazon Echo as an anatomical map of human labor, data and planetary resource*, Share Lab and AI Now Institute. [Online] Available at: anatomyof.ai/img/ai-anatomy-publication.pdf [Accessed 30 June 2023].

Davidová, M., Barath, S. and Dickinson, S. (2023), “Ambienti culturali con prospettive non solo umane – Prototipazione attraverso ricerca e formazione | Cultural environments with more-than-human perspectives – Prototyping through research and training”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 165-178. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13142023 [Accessed 30 June 2023].

Deloitte (2022), *Energy Transition Trends Report 2022*. [Online] Available at: www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/energy-resources/deloitte-uk-global-energy-transition-trends-2022.pdf [Accessed 30 June 2023].

Dessi, A. (2023), “Camminare nel selvatico – Per una transizione verso un paesaggio coevolutivo | Walking into the wild – A transition to a co-evolutionary landscape”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 131-140. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13112023 [Accessed 30 June 2023].

El-Hitami, H., Mahall, M. and Serbest, A. (2023), “Ecologia dello spazio – Progetto architettonico e relazioni transfrontaliere | An ecology of space – Architectural design for transboundary relationships”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 153-164. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13132023 [Accessed 30 June 2023].

European Commission (2021a), *New European Bauhaus – Shaping more beautiful, sustainable and inclusive forms of living together*. [Online] Available at: europa.eu/new-european-bauhaus/index_en [Accessed 30 June 2023].

European Commission (2021b), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Forging a Climate-Resilient Europe – The new EU Strategy on Adaptation to Climate Change*, document 52021DC0082, 82 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:52021DC0082 [Accessed 30 June 2023].

European Commission (2020), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – EU Biodiversity Strategy for 2030 Bringing nature back into our lives*, document 52020DC0380, 380 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52020DC0380 [Accessed 30 June 2023].

European Commission (2019a), *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – The European Green Deal*, document 52019DC0640, 640 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN [Accessed 30 June 2023].

European Commission (2019b), *Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Review of progress on implementation of the EU Green Infrastructure Strategy*, document 52019DC0236, 236 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2019:236:FIN [Accessed 30 June 2023].

European Commission (2014), *Building a Green Infrastructure for Europe*, Publications Office. [Online] Available at: doi.org/10.2779/54125 [Accessed 30 June 2023].

European Parliament (2020), *Next Generation EU – A European instrument to counter the impact of the coronavirus pandemic*. [Online] Available at: europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2020)652000 [Accessed 30 June 2023].

Falzetti, A. and Minuto, G. (2023), “L’anima sostenibile del passato – Imparare dal presente per rigenerare spazi urbani inattuali | The sustainable soul of the past – Learning from the present to regenerate outdated urban spaces”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 109-118. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1392023 [Accessed 30 June 2023].

Ferrante, T., Romagnoli, F. and Villani, T. (2023), “Sviluppo urbano sostenibile – Organizzazione di contenuti informativi per la transizione verso i Distretti a Energia Positiva | Sustainable urban development – Organizing information content for the transition to Positive Energy Districts”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 191-204. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13162023 [Accessed 30 June 2023].

Floridi, L. (2020), *Il verde e il blu – Idee ingenue per migliorare la politica*, Raffaello Cortina Editore, Milano.

González-Campaña, J., Lafaurie-Debany, N. and Rabazo Martín, M. (2023), “Realizzare paesaggi innovativi – Balmori Associates ridefinisce il rapporto uomo-natura per le città del futuro | Making innovative landscapes – Balmori Associates redefining the human-nature relationship for the cities of the future”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 31-42. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1322023 [Accessed 30 June 2023].

Gould, S. J. and Vrba, E. S. (1982), “Exaptation – A missing term in the science of form”, in *Paleobiology*, vol. 8, issue 1, pp. 4-15. [Online] Available at: jstor.org/stable/2400563?origin=JSTOR-pdf [Accessed 30 June 2023].

Guattari, F. (2000), *The three Ecologies* [or. ed. *Les Trois Écologies*, 1989], The Athlone Press, London.

Hunt, J. D. (1993), “Nel concetto delle tre nature”, in *Casabella*, voll. 597-598, pp. 98-101.

Ingaramo, R., Negrello, M., Khachatourian Saradehi, I. and Khachatourian Saradhi, A. (2023), “Il progetto transcalare delle nature-based solutions per l’Agenda 2030 – Innovazioni e interconnessioni | Transcalar project of nature-based solutions for the 2030 Agenda – Innovations and interconnections”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 97-108. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1382023 [Accessed 30 June 2023].

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2022), *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability – Summary for Policymakers*, Switzerland. [Online] Available at: ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_FullReport.pdf [Accessed 30 June 2023].

- Kowarik, I. (1992), “Das Besondere der städtischen Flora und Vegetation”, in *Deutscher Rat für Landespflege Schriftenreihe Heft*, n. 61, pp. 33-47. [Online] Available at: [researchgate.net/profile/Ingo-Kowarik/publication/259364097](https://www.researchgate.net/profile/Ingo-Kowarik/publication/259364097) [Accessed 30 June 2023].
- Kropotkin, P. (1902), *Mutual Aid – A Factor of Evolution*, William Heinemann, London.
- Lecardane, R. (2023), “Natura Capitale – Transizione ecologica e fenomeni di trasformazione dello spazio aperto | Nature Capital – An ecological transition and open space transformation phenomena”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 119-130. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13102023 [Accessed 30 June 2023].
- Lombardini, G., Pilogallo, A. and Tucci, T. (2023), “Innovazione rurale, servizi eco-sistemici e processi di urbanizzazione in Liguria, tra costa ed entroterra | Rural innovation, ecosystem services and urbanisation processes in Liguria, between coastal and inner areas”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 205-216. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13172023 [Accessed 30 June 2023].
- Meira, A. M. (2010), *Gestão de resíduos da arborização urbana*, Doctoral Thesis, Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’ – USP, Piracicaba. [Online] Available at: teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-19042010-103157/pt-br.php [Accessed 30 June 2023].
- Ministero dello Sviluppo Economico (2021), *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*. [Online] Available at: governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf [Accessed 30 June 2023].
- Morin, E. (1973), *Le Paradigme perdu – La nature humaine*, Le Seuil, Paris.
- Morton, T. (2018), *Iperoggetti – Filosofia ed ecologia dopo la fine del mondo*, Nero, Roma.
- Moscattelli, M. and Raffa, A. (2023), “Infrastrutture verdi in contesti aridi urbani – Ecologie in transizione oltre il Green Riyadh | Green infrastructure in arid urban contexts – Transitioning ecologies beyond Green Riyadh”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 75-86. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1362023 [Accessed 30 June 2023].
- OECD (2020), *A Territorial Approach to the Sustainable Development Goals – Synthesis Report*, OECD Urban Policy Reviews, OECD Publishing, Paris. [Online] Available at: oecd.org/cfe/a-territorial-approach-to-the-sustainable-development-goals-e86fa715-en.htm [Accessed 30 June 2023].
- Paris, S., Pennacchia, E. and Vannini, C. (2023), “Architettura delle pavimentazioni – Metodi multiscalari e digitali per una transizione ecologica | Architecture of urban pavements – Multi-scale and digital methods for an ecological transition”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 217-226. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13182023 [Accessed 30 June 2023].
- Pomian, K. (1987), *Collectionneurs, amateurs et curieux, Paris, Venise – XVIe-XVIIe siècle*, Gallimard, Paris.
- Rigillo, M., Galluccio, G. and Paragliola, F. (2023), “Digitale e circolarità in edilizia – Le KETs per la gestione degli scarti in UE | Digital and circularity in building – KETs for waste management in the European Union”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 247-258. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13212023 [Accessed 30 June 2023].
- Rousseau, J.-J. (2016), *Emilio. O dell’Educazione* [or. ed. *Émile ou De l’éducation*, 1792], Edizioni Studium, Roma.
- Santos Malaguti de Sousa, C., Queiroz Ferreira Barata, T., Dutra Profirio de Souza, C. and de Melo, F. G. (2023), “Gestione delle foreste urbane – Percorsi tecnologici design-driven per la valorizzazione dei rifiuti da potatura | Urban forests management – Design-driven technological routes for wood waste valuing”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 291-300. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13252023 [Accessed 30 June 2023].
- Sciascia, A. (2023), “Riscaldamento globale e città – L’incremento della vegetazione e la progettazione urbana tra non finito e paesaggio urbano | Global warming and cities – Increasing vegetation and urban planning between the unfinished and the urban landscape”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 43-56. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1332023 [Accessed 30 June 2023].
- Stengers, I. and Prigogine, I. (1979), *La nouvelle alliance – Métamorphose de la science*, Gallimard, Paris.
- Tesoriere, Z. (2023), “Architettura, custode della natura – Il progetto di suolo nella trasformazione delle autostrade urbane, 1962-2018 | Architecture, the guardian of nature – The project of the ground within the transformation of urban highways, 1962-2018”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 87-96. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1372023 [Accessed 30 June 2023].
- Trevisan, A. H., Lobo, A., Guzzo, D., de Vasconcelos Gomes, L. A. and Mascarenhas, J. (2023), “Barriers to employing digital technologies for a circular economy – A multi-level perspective”, in *Journal of Environmental Management*, vol. 332, article 117437, pp. 1-13. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117437 [Accessed 30 June 2023].
- UN – United Nations (1987), *Report of the World Commission on Environment and Development – Our Common Future*. [Online] Available at: sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf [Accessed 30 June 2023].
- UN Environment and IEA – International Energy Agency (2017), *Global Status Report 2017 – Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*. [Online] Available at: unep.org/news-and-stories/story/buildings-and-construction-sector-grows-time-running-out-cut-energy-use-and [Accessed 30 June 2023].
- Valenti, A. and Pasquero, C. (2021), “La seconda vita dei micro organismi – Il design bi-digitale per una nuova ecologia dello spazio e del comportamento | The second life of micro-organisms – Bio-digital design for a new ecology of space and behaviour”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 9, pp. 42-53. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/942021 [Accessed 30 June 2023].
- Valenti, A., Trimarchi, A. and Farresin, S. (2023), “Design e pensiero ecologico – Le nuove narrative del progetto contemporaneo che mettono la Terra in primo piano | Design and ecological thinking – The new narratives of contemporary design placing Earth on centre stage”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 19-30. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1312023 [Accessed 30 June 2023].
- Vukmirovic, M., Gavrilovic, S. and Stojanovic, D. (2019), “The Improvement of the Comfort of Public Spaces as a Local Initiative in Coping with Climate Change”, in *Sustainability*, vol. 11, issue 23, article 6546, pp. 1-20. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su11236546 [Accessed 30 June 2023].
- WEF – World Economic Forum (2022), *The Global Risks Report – 17th Edition – Insight Report*. [Online] Available at: weforum.org/reports/global-risks-report-2022/in-full [Accessed 30 June 2023].

INNOVABILITY
Transizione Ecologica

INNOVABILITY
Ecological Transition

ARTICLE INFO

Received	14 April 2023
Revised	21 April 2023
Accepted	22 May 2023
Published	30 June 2023

DESIGN E PENSIERO ECOLOGICO

Le nuove narrative del progetto contemporaneo che mettono la Terra in primo piano

DESIGN AND ECOLOGICAL THINKING

The new narratives of contemporary design placing Earth on centre stage

Alessandro Valenti with Andrea Trimarchi and Simone Farresin
 (Studio Formafantasma)

ABSTRACT

Trascendere il design come progetto (di un oggetto) per entrare nella dimensione dell'investigazione in un'epoca di instabilità climatica e sociale e incorporare conoscenze, osservando e mostrando i fenomeni che ci circondano dalla prospettiva del Design, sono i temi trattati dal contributo, nel tentativo di riannodare i fili di una disciplina chiamata in causa di frequente per parlare di transizione ecologica. Ricordando Buckminster Fuller, che promuoveva una pratica del Design fondata su analisi rigorose e trasparenza tra il materiale e l'utilizzatore, si è assunto come paradigma di un percorso progettuale alternativo allo status quo quello intrapreso da qualche anno da Studio Formafantasma che, attraverso sperimentazione e ricerca, ma soprattutto attraverso le loro domande, stanno provando a immaginare futuri diversi palesando il limite della creatività manierista di un certo modo di pensare il Design. In tal modo lo Studio, con piglio documentaristico, produce informazione e comunicazione, senza rassegnarsi alle narrative dominanti né ai recinti tra le specie o tra le forme del sapere.

Transcending design as a blueprint (of an object) to enter the realm of inquiry in an era of climatic and social instability, incorporating knowledge and observing and revealing the phenomena around us from a design perspective: these are all themes addressed by this paper in an attempt to reknit the frayed threads of a discipline frequently called upon to speak of the ecological transition. Recalling Buckminster Fuller, who promoted a practice of design based on rigorous analysis and transparency between both material and user, the design approach of Studio Formafantasma in recent years has been adopted as a paradigm in an alternative to the status quo. With their experimentation, research and, above all, questions, the studio attempts to imagine different futures by revealing the limits of the mannerist creativity embedded in a certain way of thinking about design. In this way, the studio with a documentary-like flair produces information and communication without resigning itself to dominant narratives, nor to the boundaries between species or forms of knowledge.

KEYWORDS

design evolutivo, design di contesto, geodesign, design ricostituente, iperoggetti

evolutionary design, contextual design, geodesign, restorative design, hyper-objects

Alessandro Valenti, Architect and PhD, is an Associate Professor of Interior Architecture at the Department of Architecture and Design, University of Genova (Italy), and a Guest Professor at BUCT University in Beijing (China). He has always dealt with new forms of living, focusing his research on the relationships between architecture, design, interiors and their cross-pollination with other forms of knowledge. He is especially fascinated by the combination between analogue and digital worlds. E-mail: alessandro.valenti@unige.it

Andrea Trimarchi and Simone Farresin are the founders of Formafantasma, a studio based in Milan (Italy) that embraces a broad spectrum of typologies and methods, from product design to spatial design, strategic planning and design consulting. The studio's entire portfolio is characterized by coherent visual language and meticulously researched results. Both designers are responsible for the GEO-Design master's program at the Design Academy Eindhoven (Netherlands). E-mail: info@formafantasma.com



La locuzione ‘transizione ecologica’ oggi in auge che, come una spia rossa accesa, ci ricorda le responsabilità dell’uomo nei confronti di una Terra degradata dagli eccessi dello sviluppo antropologico, è composta da un sostantivo femminile e da un aggettivo che l’Enciclopedia Treccani¹ definisce un neologismo. Tecnicamente sta a indicare il «[...] processo tramite il quale le società umane si relazionano con l’ambiente fisico puntando a relazioni più equilibrate e armoniose nell’ambito degli ecosistemi locali e globali [; è altresì] processo di riconversione tecnologica finalizzato a produrre meno sostanze inquinanti», un percorso necessario per tentare di raggiungere entro il 2050 l’ambita neutralità climatica e porre un freno a tutti quei fenomeni considerati, a ragione, dannosi per il Pianeta.

Per molte persone sembra quasi inevitabile provare interesse per il significato delle parole, soprattutto quelle nuove, a partire dalla loro etimologia fino al suono che producono passando per le descrizioni riportate nei dizionari e nei glossari², ma anche nei libri. Pensando alla parola ‘transizione’ le si potrebbe associare, per certi versi, un saggio di qualche anno fa scritto dal filosofo Mario Perniola (1998), intitolato *Transiti*, ambientato all’interno di una crisi che investiva tanto la tradizione quanto l’innovazione, coinvolte entrambe in un divenire che non aveva una direzione precisa.

Di quel volume, considerato un classico della provocazione filosofica, si può citare con una buona dose di libertà il legame rivendicato dall’Autore sin dalla prefazione tra il processo indagato e la concezione dinamica dell’esperienza inquadrata in un rapporto di presa diretta con il presente attraverso un movimento sincronico che tendeva a superare il concetto di collocazione definitiva. L’esatto contrario di «[...] ciò che è incapace di trasformazione, ciò che resta identico a sé stesso in uno stato di completa ed ottusa fissità» (Perniola, 1998, p. 9). Quel moto esposto – che poi è un movimento della differenza – non aveva niente a che vedere con la rivoluzione e nemmeno con il viaggio che, sempre, presuppone una partenza e un traguardo e, spesso, un’andata e un ritorno. Era piuttosto un cambiamento spontaneo che si presentava non come l’avvento di qualcosa di totalmente inedito, bensì una combinazione di elementi già presenti nella società, attivi e operanti.

Nel meccanismo descritto può rivedersi una sorta di ineluttabile necessità, qualcosa che richiama, spostandoci dalla filosofia alla biologia evolutiva, il concetto di utilità attuale: quell’adattamento degli organismi viventi che in circostanze critiche ricorrono a caratteristiche capaci di aumentare la sopravvivenza delle specie. A questi caratteri, disponibili per una cooptazione utile nei discendenti, due paleontologi nel 1982 hanno dato il nome ‘exaptations’ coniato un termine che mancava nella tassonomia della morfologia evolutiva (Gould and Vrba, 2008); si tratta, decisamente, di un interessante caso di studio evolutivista che evoca il rapporto tra strutture e funzioni tirato in causa per scongiurare l’estinzione di determinati organismi, un rischio che, palesemente, esiste anche per l’uomo.

Paola Antonelli (cit. in Croci, 2018, p. 42), curatrice della XXII Triennale di Milano intitolata *Broken Nature*, parlandone come di un vicolo cieco in cui ci saremmo cacciati da soli, ha dichiarato più di una volta, citando la teoria della Sesta Estin-

zione, di credere nella fine della nostra specie e, proprio in occasione dell’Esposizione Internazionale tenutasi nel 2019, ha sottolineato – immaginando un ipotetico lascito del genere umano – il ruolo del Design come strumento di riparazione fondamentale. Questo, di fatto, «[...] abbracciando tutte le grandezze, le applicazioni e le dimensioni, dall’architettura e l’urbanistica alle interfacce e ai videogiochi, è una delle attività umane più cariche di conseguenze» (Antonelli and Tannir, 2019, p. 18); esso può rappresentare un fattore di progresso, un driver verso un futuro più sostenibile, da conseguire attraverso un presente in cui individui e Istituzioni cooperano per il raggiungimento di una strategia di riparazione ponderata. È anche vero che, come scrive Deyan Sudjic (2000, p. 7), «Se consideriamo che la pratica del Design sia una costante lotta tra William Morris e Raymond Loewy, cioè tra il senso della funzione sociale e la creazione di forme sature di testosterone orientata al profitto, allora l’eredità di Morris oggi è in ascesa».

La questione è all’ordine del giorno e rientra nell’Agenda del Pianeta (European Commission, 2021a; IPCC, 2022a, 2022b): a fronte di azioni politico-programmatiche che sono sulla bocca di tutti, quali il Recovery Plan Europeo (European Commission, 2020) o il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – PNRR (Ministero dello Sviluppo Economico, 2021), la transizione ecologica è diventata una questione inderogabile che coinvolge anche il Design, sempre più spesso chiamato in causa direttamente.

Il Design e l’emergenza ecologica | Per parlarne e cercare di trovare delle risposte alle urgenze della cultura del progetto contemporaneo, sollecitate da iniziative quali il New European Bauhaus³ (European Commission, 2021b; European Commission, 2019; New European Bauhaus High-Level Round Table, 2021; Scalisi and Ness, 2022), che ha l’obiettivo di ripensare i nostri stili di vita e dare forma a futuri modi di vivere rispondenti a sfide più attuali, è interessante, nonché particolarmente calzante, citare il lavoro di Andrea Trimarchi e Simone Farresin, fondatori di Formafantasma, Studio di Design la cui pratica, incentrata su un approccio sia teorico ma anche militante, si basa sulla ricerca applicata a campi che spaziano dall’ecologia alla storia, dalla politica all’antropologia scandagliando la realtà che li (e ci) circonda al fine di conseguire una comprensione dei fenomeni da cui poi far scaturire possibili azioni germogliative.

Per i due progettisti, che con le loro riflessioni ci mettono davanti a nuove paure e nuovi scenari, è impossibile parlare di Design slegato dall’idea stessa della sua dimensione planetaria o dell’impatto che questo può avere sulla Terra intesa come parte di un ecosistema. Il loro pensiero – che dal campo del progetto e del Disegno Industriale si espande fino a quello dell’educazione, essendo i due a capo del master GEO-Design della Design Academy di Eindhoven – si può confrontare con le teorie di Bruno Latour (2018) che nel suo libro *Down to Earth – Politics in New Climatic Regime* scriveva che, un tempo, quando si citava la geopolitica il termine ‘geo’ era irrilevante perché si viveva in un pianeta relativamente stabile e tutto era focalizzato sulla politica. Adesso che la Terra è diventata instabile, e si fa sentire sempre di più, è impossibile pensare alla politica senza pensare parallelamente alla crisi climatica.

Sviluppato in poco più di un decennio, lungo un percorso iniziato tra i banchi della Design Academy di Eindhoven, quello di Formafantasma è senza ombra di dubbio un corpus coerente di lavori, caratterizzato da indagini materiali sperimentali e da analisi condotte sui processi produttivi con un approccio critico e scientifico alla questione della sostenibilità. L’attenzione ai temi dell’ambiente e della scarsità di risorse, evidente in tutto il loro percorso professionale (ma anche formativo), sta producendo – soprattutto negli ultimi tempi – linee di ricerca sempre più promettenti dalle quali scaturisce una vera e propria interazione con le altre specie e la natura intesa in senso ampio: da una parte i due Designer sembrano parlarle costruendo alleanze, dall’altra questa sembra rispondere con una voce (o meglio con una pluralità di voci) che oggi è impensabile non ascoltare.

Quella che emerge è una concezione evolutiva e contestuale del design che, studiando i cambiamenti (sociali, tecnologici, del costume), promuove una visione analitica del progetto tradotta in prodotti che le persone possono capire e usare, ma anche in strategie capaci di tracciare percorsi alternativi alle strade fin troppo battute dello status quo. È altresì evidente una percezione dinamica e trasformativa della disciplina del progetto che deve necessariamente aprirsi ad altre forme del sapere alla ricerca di nuove narrative che scardinino determinate certezze egocentriche ed ecocentriche descrivendo e affrontando una complessità che non può essere gestita attraverso un punto di vista univoco.

Secondo Andrea Trimarchi e Simone Farresin il concetto di transizione è interessante perché implica una situazione di perenne cambiamento, uno stato dinamico che è quello nel quale probabilmente oggi si dovrebbe vivere. La parola diventa ancora più pregnante di senso quando viene accompagnata dall’aggettivo ‘ecologico’: mentre infatti si dà ormai per assodato il termine ‘ecologia’, che palesemente rappresenta una dimensione necessaria al pensiero e alla vita contemporanei, l’idea di transizione sembra particolarmente bella perché presuppone un costante adattamento, una specie di movimento continuo che è più complesso e significativo della semplice idea di transizione intesa come passaggio da un punto a un altro.

Se si trasferisce il discorso nel campo del Design, parlare di transizione ecologica significa in primis non pensare più che la progettazione possa ancora focalizzarsi sul design del prodotto senza occuparsi di tutto quello che succede prima e dopo la creazione di un oggetto o di un sistema (estrazione, raffinazione, produzione, distribuzione, fine vita delle cose e dei materiali). È giunto il momento di sviluppare una visione che superi e vada oltre il cosiddetto User Centred Design, la cui attenzione è da sempre concentrata sulla necessità di dare risposte a un ipotetico utente.

Per i fondatori di Formafantasma, data la situazione attuale, è necessario abbracciare la complessità della realtà e comprendere che l’utente non è uno ma sono infiniti, e sono anche non umani: c’è chi produce le cose, ma ci sono anche gli animali e le specie che proprio dalla produzione vengono influenzate; c’è poi chi si occupa della distribuzione, chi della vendita e, ovviamente, c’è anche l’utente finale. Detto questo, l’aspetto da sottolineare, tornando al concetto di transizione



Figg. 1, 2 | Botanica (2011) is a project by Studio Formafantasma, commissioned by Plart, an Italian foundation dedicated to scientific research and technological innovation in the recovery, restoration and conservation of works of art and design produced in plastic. Maria Pia Incutti (the founder of Plart) and Marco Petroni (curator of the project) commissioned the studio to create their interpretation of polymeric materials. With Botanica Studio Formafantasma is giving its homage to plastic materials by investigating the history of polymers. The objects displayed in the Botanica collection are designed as if the oil-based era, in which we are living, never took place. Almost as if historians, Studio Formafantasma investigated the pre-Bakelite period, discovering unexpected textures, feelings and technical possibilities offered by natural polymers extracted from plants or animal derivatives. Concept and Design: Studio Formafantasma – A. Trimarchi and S. Farresin; Production: A. Trimarchi, S. Farresin and M. Santomaro; Curator: M. Petroni (credits: L. Lanzani).



ecologica, è il fatto che si stiano accostando ulteriori termini alla parola ecologia. È un aspetto positivo se confrontato con l'abitudine di parlare da anni di cambiamento climatico pur sapendo che non è il modo esatto di descrivere il periodo che stiamo vivendo: crisi climatica è probabilmente la locuzione che meglio si adatta alla situazione corrente; da oltre 50 anni si studiano le criticità legate al clima che oggi ci affliggono, e si è sempre parlato di ecologia. Oggi la locuzione 'transizione ecologica' esprime in modo efficace la tensione verso il cambiamento, ben venga, allora, questa parola che ci comunica che, probabilmente, qualcosa sta per succedere o sta già succedendo.

Ciò che è evidente in queste affermazioni è la critica alla dimensione antropocentrica del Design e alla logica estrattiva del capitale che ha visto il lavoro del Designer, il cui ruolo ha probabilmente bisogno di essere ridefinito da un punto di vista culturale e sociale, ridursi a «[...] una forma di styling utile a un'espansione economica in cui il cittadino è ridotto a consumatore e i bisogni umani a desideri illimitati, tanto quanto le risorse energetiche necessarie alla loro determinazione» (Formafantasma, 2021, p. 46). Non è pensabile, alla luce della gravità della crisi climatica attuale e della conseguente minaccia alla biodiversità, continuare a immaginare un'organizzazione del mondo subordinata esclusivamente al volere dell'uomo considerato un essere superiore; oggi bisogna saper operare su diverse scale: dal microbioma al cosmo, dagli oceani agli insetti includendo le comunità umane.

Servono nuove linee guida per lo sviluppo di un pensiero ecologico – inevitabilmente anche politico – che consideri la vita sulla Terra come la risultanza dell'interconnessione tra le specie. Riparare l'equilibrio tra umanità e natura è uno dei quesiti che i Designer contemporanei devono porsi, consapevoli del fatto che «[...] la vita non è che un'unità cosmica che stringe la materia della terra

in un'intimità carnale. Siamo tutti carne della stessa carne, indifferentemente dalla specie cui apparteniamo» (Coccia, 2022, p. 5). Occorre una visione inclusiva che promuova la mescolanza tra forme viventi diverse coinvolgendo l'intero mondo comune fatto di umani e non, senza enfatizzare l'eccezionalità dell'uomo, come scrive Donna Haraway (2016) a proposito dell'Antropocene: è indispensabile interessare relazioni empatiche non solo con gli esseri umani ma con i molti esseri viventi esistenti che la filosofa statunitense definisce, prendendo in prestito un termine usato dagli scienziati, critters (animali, piante, uomini, microbi, macchine).

La questione sollevata è quanto mai nodale ma, a ben vedere, appartiene alla storia delle vicende del Disegno Industriale, da sempre altalenante tra un'istanza trasformativa, tesa a migliorare il benessere dell'uomo, e un'evidente partecipazione alle politiche di consumo insensibili alle conseguenze sulla biosfera. Difficile, in questo senso, non vedere nell'Industria del Design una certa corresponsabilità nella diffusione di un modello economico bulimico, nonché cinico, diventato un vero e proprio modello culturale che regola e guida l'acquisto di beni e oggetti ideati da progettisti i quali, complici di sistemi di produzione, distribuzione e vendita non più sostenibili, hanno indirettamente promosso stili di vita che hanno contribuito a danneggiare il Pianeta.⁴

Si allontanano da questa scia i lavori e le indagini di Formafantasma che hanno origine da un pensiero ecologico che mette in crisi la visione univoca della Storia del Design moderno la quale, soprattutto, cerca di educare attraverso l'interrogativo: quale progresso scegliere per l'umanità e per la Terra?

Il Design altruistico e allocentrico | La direzione alternativa proposta dalla pratica di Formafantasma, che decostruisce il pensiero progettuale an-

tropocentrico per definire ulteriori modi in cui sviluppare il design in questo secolo alla ricerca delle opzioni meno dannose per il Pianeta, è evidente sin dalle prime sperimentazioni nelle quali lo Studio si misura con la materialità delle cose stigmatizzando il conflitto esistente tra un'economia di crescita perpetua e i limiti biofisici della Terra intesa come bacino da cui estrarre valore il più rapidamente possibile. Si tratta di azioni di senso compiuto in cui si incontrano tradizione, interpretazione e creazione di qualcosa di nuovo, nelle quali il design come attitudine si trasforma in Design come disciplina che accoglie ulteriori discipline.

Ci si riferisce a progetti come Autarchy (2010), che proponeva una ruralità contemporanea affidata a oggetti fatti a mano (low tech) con impasti di biomateriali connessi con il contesto ambientale, a Botanica (2011), che esplorava la storia dei polimeri naturali ipotizzando un mondo in assenza di petrolio (Figg. 1, 2), oppure a Craftica (2012), che è un'indagine visiva e tattile sulla pelle il cui risultato è una visione olistica (costruita su nuove alleanze) di un materiale largamente diffuso utilizzato da un tipo di industria altamente inquinante (Figg. 3, 4). La traiettoria dei lavori fin qui descritti, alternativa tanto al consumismo di massa quanto all'industrializzazione globale, è chiara e ha un evidente orientamento: alla base c'è la ricerca di nuove possibilità, di altre prospettive, di azioni differenti, nonché uno sviluppato senso critico che scaturisce dalla formazione analitica del pensiero. C'è un aspetto che, da questo punto di vista, va sottolineato: «È importante notare come Andrea Trimarchi e Simone Farresin indichino nel termine indagine l'elemento che racchiude lo spirito dell'intero progetto definendo così un passaggio fondamentale del loro modo di intendere il design. Il progetto risulta quindi un processo di conoscenza e svelamento delle criticità dei sistemi produttivi e culturali del nostro tempo» (Petroni, 2022, p. 58).

È inevitabile, rispetto a quest'ultima evidenza, chiedere a Trimarchi e Farresin come, in qualità di Designer, si relazionino con la produzione dell'ennesimo oggetto in un mondo dove il peso di tutti i manufatti artificiali realizzati dall'uomo ha da poco superato il peso complessivo di tutti gli esseri viventi del Pianeta⁵ (Elhacham et alii, 2020). Tutto ciò nella consapevolezza di essere immersi in una nuova era geologica, leggibile attraverso strati e strati di materiali artificiali che accumulandosi hanno finito per lasciare una vera e propria impronta, netta e ben distinguibile. La domanda tocca un aspetto importante, che per certi versi è cruciale per chi come Formafantasma si occupa di design. Sì, perché lavorando in questo campo i due finiscono inevitabilmente per porsi domande che, se si fossero concentrati su altro, non si sarebbero forse mai posti. È una cosa che tra loro si dicono spesso: «[...] fare design nella contemporaneità significa chiedersi il perché e il senso delle cose».

Di fatto, produrre e produrre oggetti per loro non ha solo a che vedere con il soddisfacimento dei bisogni ma anche con il fatto che come umani, e come occidentali, utilizzano la creazione di manufatti come una forma di esternalizzazione del pensiero: è come se in qualche modo rendessero oggettive idee che passano nelle loro teste, se trasformassero in innovazione la loro immaginazione. Allo stesso tempo, non senza ambiguità, sanno che, in generale, la produzione di questi oggetti oltre che ad assolvere a determinate fun-

zioni risponde a precise richieste del mercato con una dicotomia evidente: da una parte il Design risolve i problemi, dall'altra li crea. Basti pensare, ad esempio, a quando il 'design' diventa uno strumento nelle mani del capitalismo, oppure a quando favorisce la creazione di obsolescenza, producendo nuovi oggetti che rendono desueti quelli precedenti.

Nella loro pratica, in modo del tutto personale, i due Designer hanno risolto questa diatriba dedicandosi da una parte a progetti che sono di ricerca, spesso provenienti da esigenze interne allo Studio, dall'altra a progetti per l'industria. La convivenza di questi due ambiti paralleli rende particolarmente interessante e complesso il loro lavoro; questa suddivisione, peraltro, non significa che le due componenti siano necessariamente separate nelle loro rispettive ambiguità e problematicità. Anzi!

In alcuni esempi particolarmente virtuosi Trimarchi e Farresin, stando ai loro racconti, sono riusciti a trasferire alcuni risultati delle loro ricerche all'interno della produzione di oggetti commissionati; nel farlo dimostrano un ponderato equilibrio tra passione e rigore che emerge anche dalle loro parole quando, con evidente lucidità, dicono: «[...] Non crediamo che con il nostro lavoro cambieremo il mondo. E neppure siamo così idealisti da prenderci sulle spalle responsabilità che sono di altri. Quando collaboriamo con le aziende noi proponiamo delle idee: se vanno in porto ne siamo felici. Crediamo del resto che il nostro contributo, nel tempo, sarà apprezzato non tanto per gli oggetti che disegneremo nell'arco di una vita quanto piuttosto per le idee che saremo riusciti a portare avanti nella loro interezza. Ciò non signifi-

ca che sottovalutiamo l'oggetto. Ci piace progettare, ci piace lavorare con i materiali, ci piace disegnare oggetti belli sapendo che sull'aggettivo bello potremmo aprire un'altra conversazione. Non siamo estranei a questo tipo di sensibilità, però non possiamo, nella contemporaneità, fermarci lì. Sarebbe insostenibile».

E lì, in effetti, Formafantasma non si ferma: il punto di arrivo del loro lavoro non è produrre artefatti in quanto tali ma piuttosto manifestare i fenomeni politici e sociali che ci circondano, trascendere la dimensione del cosiddetto design d'autore a favore di un'azione che narra e documenta fatti attraverso progetti che sono, poi, 'iperoggetti'⁶, termine – che può essere visto come un ulteriore neologismo – presente nel titolo nel recente volume (Petroni, 2022, p. 96) a loro dedicato: «La definizione viene da Timothy Morton (2018), che ne parla come di oggetti che sono talmente grandi ed espansivi da essere praticamente inafferrabili. Non si possono descrivere e neppure percepire, sono viscosi e incomprensibili per la loro natura, eppure ci inglobano e avvolgono, ci si attaccano. L'immagine, come del resto il nome, che incrina l'idea corrente di cosa un oggetto sia, è molto efficace: per Morton, ad esempio, 'il climate change è un iperoggetto'; le scienze, a pensarci bene, molto spesso lavorano senza avere davanti un oggetto e comunque cercano di definirlo».

Formafantasma crede che alcuni di questi iperoggetti, che in fondo chiariscono bene quanto sia difficile distinguere ciò che è animato da ciò che non lo è, siano totalmente frutto dell'uomo: «[...] se prendiamo in considerazione l'esperienza di Cambio (Figg. 5-10), la Mostra-indagine sull'utilizzo del legno commissionata dalla Serpentine

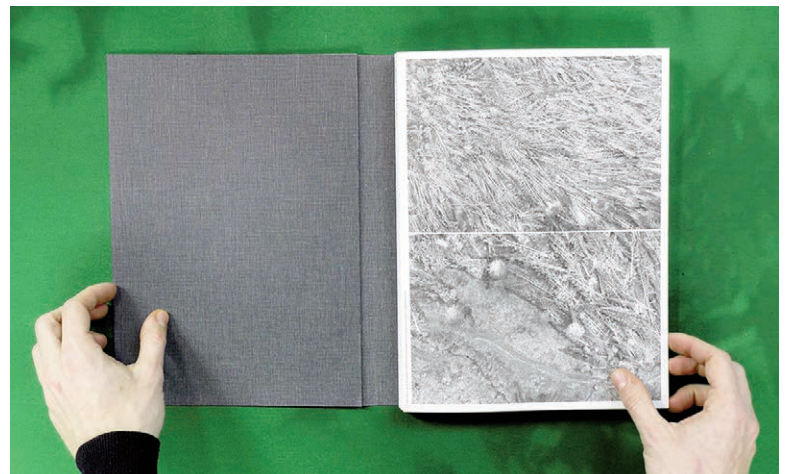
Gallery di Londra, possiamo dire che abbiamo guardato alla governance di questa industria considerandola un 'iperoggetto'. Era impossibile capire precisamente quali fossero i suoi confini, perché questa interagisce anche con elementi viventi come le foreste, quindi era – ed è – impossibile descriverla appieno. Allo stesso tempo, però, pensiamo che il Design – ma anche altri tipi di produzioni intellettuali o artistiche – possa tentare di delineare i contorni di oggetti indefinibili attraverso strutture puntiformi le quali ricordano la tecnica dell'agopuntura che cosparge un corpo di spilli al fine di comprenderlo e descriverlo. Quello che noi tentiamo di fare è porre degli spilli nelle masse informi che altro non sono che le problematiche che affrontiamo con il nostro lavoro, soprattutto quando parliamo di ecologia. Speriamo che questi diventino dei 'trigger points', punti di attivazione capaci di innescare dei processi più ampi».

Emerge l'idea di un Design critico dove il ruolo del Designer è anche quello di formulare domande oltre che cercare risposte, e dove il 'fare' diventa 'comprendere' e 'decifrare'. Particolarmente tracciante, da questo punto di vista, è per Formafantasma il progetto Ore Streams (Figg. 11-14), riflessione sul tema dei rifiuti elettronici che, temporalmente, precede di poco il prima menzionato Cambio. Rispetto a progetti già citati sembrerebbe che questo sia stato, soprattutto metodologicamente, un'anticipazione di quello che poi sarebbe diventata la mostra ospitata dalla Serpentine Gallery nel 2020: un interrogativo sulle responsabilità politiche e sociali del Design prendendo in considerazione l'intero ciclo di vita di un oggetto.

Botanica e Craftica erano sperimentazioni che riguardavano i materiali da un particolare punto di



Figg. 3, 4 | Craftica (2012) is a visual and tactile investigation into leather commissioned by Fendi. The design is driven by the symbolic connotations of leather, a material that, more than any other, represents the complex relationship between humans and nature. Leather as a material can evoke almost ancestral memories of when nature was hunted to produce food, tools and protection for the body. Searching underneath and above the sea, from the vegetal to the animal world, the installation offers a holistic view on leather as a material. For the project, Formafantasma utilised discarded leather, left over from the Fendi manufacturing processes. In addition to this, the designers selected a range of leathers obtained from fish skins discarded by the food industry, vegetal processed leather using natural substances from tree bark, cork leather extracted from cork trees, leaving them unharmed and a series of animal bladders investigated for their abilities to hold liquids. The installation displays a large variety of objects ranging from tools to furniture. Concept and Design: Studio Formafantasma – A. Trimarchi and S. Farresin; Development: F. Zorzi; Production: A. Trimarchi, S. Farresin, F. Zorzi, B. Van Nerven, Fendi, Atelier F and M. Lunardon (credits: L. Zanzani).



vista, in un preciso momento dell'attività di Formafantasma, riconducibile a una fase che potremmo definire formativa. Ore Streams è stato, diversamente, un progetto importante perché ha mostrato come fare ricerca all'interno di un'Istituzione⁷, coinvolgendola per creare un pensiero critico. Quando Formafantasma ha iniziato a misurarsi con questo lavoro, e poi successivamente con Cambio, ha trasformato l'incarico in un progetto di ricerca non più necessariamente finalizzato alla produzione di qualcosa: l'oggetto, cioè, non era il punto di arrivo e neppure quello di partenza.

Ore Streams prima, Cambio dopo e adesso Oltre Terra (Figg. 15-17), Mostra attualmente in programmazione ad Oslo commissionata allo Studio dal National Museum of Norway, hanno segnato tre momenti fondamentali che corrispondono a un altro modo di lavorare: è come se fossero venute improvvisamente alla luce potenzialità che erano rimaste inesprese. Quei temi, ma anche quelle attitudini, erano sì presenti nei progetti precedenti, ma è come se le loro implicazioni fossero diventate più programmatiche grazie a questi tre passaggi, che poi sono altrettanti modi di guardare tre settori, tre industrie, o – potremmo dire per estensione – tre 'iperoggetti' che intrecciano il micro e il macro, il vivente e il non vivente: è come se, in qualche modo, Formafantasma avesse chiarito la sua posizione: agli altri ma anche a se stesso.

E dunque vediamo più da vicino Ore Streams, progetto di denuncia che, attraverso il riciclo, trasforma lo scarto (e-waste) in risorsa a conferma del fatto che il Design può giocare la propria partita quando si discute di transizione ecologica e di futuro del Pianeta. Si tratta di un processo speculativo che, scavando a fondo in senso letterale e metaforico tra i rifiuti dei dispositivi informatici e telefonici, esempi eloquenti dell'obsolescenza programmata di determinati prodotti, visualizza lo spinoso problema dello smaltimento e dei rispettivi regolamenti attraverso una collezione di arredi

Figg. 5-10 | Cambio (2020) is an ongoing investigation conducted by Formafantasma into the governance of the timber industry. The evolution of this form of commerce over time, and its tentacular expansion across the globe, has made it difficult to regulate. It grew out of the bioprospecting that took place throughout colonial territories during the nineteenth century, becoming one of the largest industries in the world both in terms of the revenue it generates and the impact it has on the planet's biosphere. The earliest objects in the exhibition are samples of rare hardwoods first exhibited in the Great Exhibition of 1851, a few hundred metres from this building, which represent trees logged to the point of extinction. The novelties are the exhibition display furniture and seating designed by Formafantasma, all of which were made from a single tree blown over in a storm in northern Italy in 2018. Contained in every piece of wood is an archive of climatic change and the movement of natural materials around the world. Like the rings of a tree, the central spaces of the exhibition present data and research in the form of interviews, reference materials and two films made by Formafantasma in response to their research, while the perimeter spaces offer a series of case studies that provide insight how the wood is sourced and used. Cambio is a multidisciplinary exhibition that highlights the crucial role that design can play in our environment, and its responsibility to look beyond the edges of its borders. Concept and Design: Studio Formafantasma – A. Trimarchi and S. Farresin; Formafantasma Team: R. Badano, S. Ballen Botero, G. Gonella, J. Van De Gruiter, J. Seelemann and P. Sorg; Furniture Production: G. Moor (credits: G. Darrell and G. Gonella).

da ufficio realizzati con materiali che sono stati precedentemente estratti (e dunque sottratti alla Terra) per produrre computer, pc portatili, schede madri, cellulari i quali, dismessi, rappresentano adesso le scorie hi-tech del ricco Occidente.

Come scrive Angela Rui (2018, p. 94), «[...] il tema geologico, ma forse ancor di più, di un tempo geologico, è stato negli ultimi anni una costante tra le ricerche dello Studio per elaborare una posizione critica sul presente: che si vada indietro di millenni (come nei progetti De Natura Fossilium o Underground Release), o che si legga tra le righe dell'attualità, il tempo geologico equivale sempre a una piattaforma speculativa dalla quale i designer offrono visioni alternative a modelli di produzione consolidati». A tal proposito esperienze come quella di Ore Streams, che puntano i riflettori sull'anarchia nei confronti della sostenibilità che vige nel mondo dell'hi-tech e dell'elettronica, sono servite come basi per progetti a cui attualmente lo Studio sta lavorando con l'industria, campo che considerano un sistema da ripensare all'interno di una logica sistemica. Lo stesso vale per Cambio, che più che un progetto è un modo di pensare, le cui riflessioni sono approdate, tanto per dire, a idee in corso di sperimentazione coinvolgendo aziende come la finlandese Artek.

Aripista sotto molti aspetti, Cambio si fa carico di una ricerca complessa e provocatoria che riguarda i meccanismi, la storia e gli impatti della filiera del legno, messa a nudo sotto l'aspetto economico, politico, geografico e storico attraverso il contributo di diverse discipline che ne rivelano anche il lato oscuro. Ad essere indagata è un'industria – e la sua governance – che dal XIX secolo segna negativamente il Pianeta impattando prepotentemente sulla biosfera. Vera e propria inchiesta, la Mostra – il cui nome significa tanto cambiamento (dal latino 'cambium') ma anche «[...] la membrana che corre intorno al tronco degli alberi, la cui funzione è quella di produrre legno (xilema) all'interno e corteccia (floema) all'esterno» (Formafantasma, 2021, p. 18) – analizza le modalità attraverso cui il Design può e deve essere ripensato alla luce della crisi climatica in atto.

Per Formafantasma Cambio è 'un progetto di comunicazione di ricerche scientifiche che vengono condotte in ambiti che non sono soltanto quelli del design' e rappresenta un punto di non ritorno nella comprensione dei processi che portano alla trasformazione delle materie prime utili a realizzare gli oggetti della vita di tutti i giorni, il tutto con uno sguardo attento all'interdipendenza tra natura, risorse e consumi, cercando di spostare il rapporto gerarchico creato dall'uomo tra il nord e il sud del mondo, tra le specie viventi, e anche con ciò che lo circonda e lo sostiene.

Rispetto al percorso intrapreso fino a quel momento, la Mostra si pone come un progetto pionieristico che segna una nuova direzione. C'è, rispetto ai lavori precedenti, un cambio di prospettiva. Lavorando al concept di Botanica nel 2011 Formafantasma esprimeva la necessità di capire da dove provenissero le cose e come poter dare un senso alla produzione di oggetti in epoca contemporanea. In quell'occasione si trattava di comprendere come fosse cominciata la storia della plastica, andando a ritroso nel tempo fino a riguardare quel periodo ambiguo – antecedente all'utilizzo del petrolio – in cui ancora questa non esisteva. C'era, già allora, una ricerca di plasticità

che, in assenza dell'oro nero, veniva risolta con resine o polimeri di tipo naturale sia di origine animale che vegetale.

Da quell'indagine particolare che ha prodotto una serie di oggetti domestici che reinterpretavano materiali e tecniche perdute, progredendo negli anni, Trimarchi e Farresin hanno capito che la risoluzione ai problemi sui quali si interrogavano non risiedeva tanto nella ricerca materiale quanto in motivi molto più strutturali. Improvvisamente non erano più interessati alla sola questione materica, piuttosto avevano bisogno di capire, a un livello più profondo, quale fosse il problema, che evidentemente non era legato esclusivamente o necessariamente alla tecnica o all'invenzione di materiali migliori o biodegradabili, ma alla mancanza di comprensione dell'Ecologia del Design; non dunque dell'ecologia riferita alla natura ma dell'ecologia della produzione.

Oggi, non a caso, i lavori ai quali i due si dedicano operano in questa direzione. L'ultimo in ordine cronologico è la mostra Oltre Terra – Why Wool Matters, che coincide con un'importante ricerca corale condotta in Norvegia dove lo Studio si è confrontato sì di nuovo con la produzione di un'esposizione ma anche con il modo in cui il Design e la tecnica vengono spesso presentati nei musei di storia di arte applicata, o di antropologia, slegati dall'organico e quindi, ad esempio, dagli animali e dalle specie che hanno contribuito alla produzione. Ciò che a Trimarchi e Farresin è stato immediatamente chiaro, quando il Museo di Oslo li ha contattati, è che, ancora di più rispetto a Cambio, avrebbero potuto affrontare la complessità delle relazioni tra la produzione e gli esseri viventi, tema che già era stato indagato con gli alberi ma che qui diventava più problematico riguardando, nello specifico, la lana estratta da pecore, cioè da mammiferi.

Come per la Mostra londinese anche in questo caso l'attenzione di Formafantasma per la ricerca è evidente a partire dal titolo che deriva dall'etimologia della parola transumanza: una combinazione dei termini latini 'trans' (oltre) e 'humus' (terra). Le pratiche transumanti si basano sullo spostamento del bestiame da un pascolo all'altro secondo cicli stagionali e in base ai nutrienti e alle risorse disponibili. Nel contesto della mostra, il concetto di attraversare i terreni si ritrova anche nell'atteggiamento transdisciplinare che caratterizza l'esposizione, che racconta i processi non da un punto di vista unidirezionale ma come una co-evoluzione: se l'uomo ha trasformato la pecora dal punto di vista biologico, attraverso l'addomesticamento e l'allevamento selettivo, la pecora ha a sua volta plasmato potentemente il corso della storia umana, fornendo lana, nutrimento e guida nell'esplorazione del territorio, grazie alla pratica della transumanza. Materiali, tecniche ed esseri viventi sono presentati insieme per contrastare le attuali categorizzazioni che separano uomo e animale, prodotto e materia biologica.

Specificano i due Designer: «[...] la coabitazione e la prossimità tra le specie hanno creato forme importanti di convivenza e di co-dipendenza. Questo è un aspetto fondamentale perché parliamo di un animale che ha necessità di vivere con l'uomo per sopravvivere, e l'uomo se ne deve occupare. La questione solleva domande di tipo etico, perché se un animale o un'altra specie si fida a tal punto da dipendere dall'uomo è ovvio



Fig. 11-14 | Ore Streams (2017) is an investigation into the recycling of electronic waste, developed over the course of three years and commissioned by NGV Australia and Triennale Milano. The project makes use of a diversity of media (objects, video and animation) to address the topic from multiple perspectives. The goal is to offer a platform for reflection and analysis on the meaning of production and how design could be an important agent in developing a more responsible use of resources. Ore Streams sets out to identify ways in which design can be deployed to correct the flaws in the current waste-stream system. But beyond systemic improvements, design can be used to induce a subconscious attitudinal shift for the better. The objects created for Ore Streams act as a Trojan horse to initiate an exploration of ‘above-ground mining’ and of the complex role that design plays in transforming natural resources into desirable products. The range of office furniture is constructed using recycled iron and aluminium paired together with deadstock and recycled electronic components. A recurrent element is the use of gold sourced from the recycling of circuit boards to plate details of the objects. At first glance, the objects appear austere and slickly coated. Yet within moments, familiar elements begin to emerge. Concept and Design: Studio Formafantasma – A. Trimarchi and S. Farresin; Design Development: J. Van Der Gruiter; Research and Development: J. Seelemann and N. Verschaeve; Furniture edited by: Giustini/Stagetti, Rome (credits: Ikon).

che gli allevamenti intensivi sono un abominio». La Mostra parte da queste premesse e mette in relazione l’evoluzione tecnica della produzione della lana con l’evoluzione delle specie che si dividono e diventano più efficaci per produrre la lana in un certo modo, piuttosto che il latte o la carne. Seguendo il percorso espositivo si comincia a capire che l’interconnessione tra uomo e animale è molto più complessa di quello che pensiamo e che la tecnica è totalmente collegata al mondo organico e va raccontata insieme, altrimenti non riusciremo mai a produrre pensiero ecologico. «[...] Non si può fare una maglia in lana senza sapere

cosa significhi», affermano Trimarchi e Farresin.

La ricerca, che mette in scena tanto la teoria quanto la pratica, è stata intrapresa attraverso conversazioni e collaborazioni con una varietà di professionisti diversi come designer, artisti, antropologi, evolucionisti, esperti legali, curatori, pastori e agricoltori. Per Formafantasma è l’ennesima tessera di un mosaico dinamico che promuove in maniera manifesta un Design che non è più strumento di immagine, che è libero, contestuale, inclusivo e carico di promesse all’interno di un percorso che appare dichiaratamente ostinato al fine di produrre trasformazioni reali. Davvero, possiamo affermare,

«[...] è il progetto che pensa, che vive il mondo producendo conoscenza» (Petroni, 2022, p. 6).

Il Design come espressione di un agire responsabile | E proprio la conoscenza, nell’accezione di nuovo orizzonte di ricerca in grado di sviluppare una prospettiva olistica, diventa la variabile che può fare la differenza se parliamo di transizione ecologica, una conoscenza che si fa indagine (e perfino denuncia), aperta ad altri sguardi, altre sensibilità e specificità, veicolata attraverso un Design in grado, teoricamente e praticamente, di mostrare grazie a scelte più informate

alternative non soltanto all'eredità efficientista del disegno industriale, ma anche alla cultura dell'uomo e dei suoi paradigmi. Un Design il cui ruolo va oltre la definizione della forma e il soddisfacimento della funzione, capace di influenzare il domani di un Pianeta, visto come vivente tra i viventi, che non può più essere considerato un forziere da scassinare e deprezare.

Concorrono a ricordarcelo, insieme all'urgenza di una responsabilità di azione, le idee radicali di Formafantasma che spostano l'attenzione dagli oggetti ai contesti, dagli artefatti ai fenomeni che ci circondano inquadrando il Design in un campo più ampio. Le loro esplorazioni sono portavoce di una nuova coscienza etica e ambientale del progetto inteso come scommessa ma anche come arte conoscitiva del possibile, come motore di processi virtuosi capaci di cambiare lo stato delle cose dove il Design, che torna a essere un atto politico, diventa garante di un utilizzo più efficiente delle risorse.

Ogni occasione è buona per comprendere meglio il mondo reale, per sollevare un problema, per renderlo manifesto. «[...] Ovviamente, rendere meno antropocentrico il pensiero progettuale è un esercizio di natura teorica e quindi totalmente impossibile da attuare, ma interrogarsi sulla sua decostruzione ci può aiutare a definire per chi e in che modo dovrebbe essere sviluppato il design di questo secolo» (Studio Formafantasma, 2020, p. 46). In questo contesto, appare improcrastinabile domandarsi non tanto cosa sia il design, ma piuttosto come questo dovrebbe essere in un futuro non ancora scritto e tuttavia impellente.

The Italian expression 'transizione ecologica' (lit. 'ecological transition') is in vogue; like a flashing red warning light, it reminds us of mankind's responsibilities to an Earth degraded by the excesses of anthropological development, is composed of a feminine noun and an adjective that the *Treccani Encyclopedia*¹ calls a neologism. Technically, it indicates the process by which human societies relate to the physical environment, striving for more balanced and harmonious relationships within local and global ecosystems [; it is also] a process of technological reversion aimed at producing fewer pollutants – a roadmap necessary to attempt to achieve the highly-sought goal of climate neutrality by 2050, putting a stop to all those behaviours which are rightly considered harmful to the planet.

For most, it seems inevitable to be interested in the meaning of words, especially new ones, beginning from their etymology to the sound they produce and the descriptions given in dictionaries and glossaries², not to mention their usage in books. Thinking about the word 'transition', then, one might associate it, in some ways, with an essay entitled *Transiti*, written not long ago by philosopher Mario Perniola (1998) and set within a crisis affecting tradition and innovation – both of which continue to evolve with no precise direction.

From that volume, considered a classic of philosophical provocation, one can – rather freely – reference the link made by the author from the preface onward between the process investigated and the dynamic notion of experience framed in a direct relationship with the present through a

synchronic movement which tended to overcome the concept of definitive collocation. The exact opposite of that which is incapable of transformation, that which remains identical to itself in a state of complete and obtuse fixity (Perniola, 1998). That manifested motion – which is really a motion of difference – had nothing to do with the revolution or even the journey that invariably presupposes a starting point and a destination and, often, a departure and a return. It was instead a spontaneous change that presented itself not as the advent of something completely original, but rather as a combination of active and operational elements already present in society.

In the mechanism described, we can see a kind of inescapable necessity – something that recalls, moving from philosophy to evolutionary biology, the concept of actual utility: that adaptation of living organisms which in critical circumstances resort to existing characteristics capable of increasing species survival. Available for useful cooptation in descendants, two palaeontologists gave these traits the name 'exaptations' in 1982, coining a term that was missing from the taxonomy of evolutionary morphology (Gould and Vrba, 2008). It is an interesting evolutionary case study that evokes the relationship between structures and functions brought into play to stave off the extinction of certain organisms – a risk that patently exists for humans as well.

Citing the theory of the Sixth Extinction, Paola Antonelli (cit. in Croci, 2018, p. 42), curator of the XXII Triennale di Milano entitled *Broken Nature*, has stated more than once that she believes in the end of our species, speaking of it as a dead end we might lead ourselves into. On the occasion of the International Exhibition held in 2019, she underlined design's role as a fundamental tool for repair, imagining a hypothetical legacy of humankind. Design, in fact, encompassing all magnitudes, applications and dimensions, from architecture and urbanism to interfaces and video games, is one of the most consequence-ridden human activities (Antonelli and Tannir, 2019); it can also be a driver of progress, a facilitator towards a more sustainable future, to be achieved through a present in which individuals and institutions cooperate to reach a thoughtful restorative strategy. Meanwhile, it is also true, as Deyan Sudić (2000) writes that if we consider the practice of design to be a constant struggle between William Morris and Raymond Loewy, that is between the sense of social function and the creation of testosterone-soaked, profit-driven forms, then Morris' legacy today is on the rise.

The issue is now an everyday concern and part of the Planet Agenda (European Commission, 2021a; IPCC, 2022a, 2022b): in the face of the political-planning actions that everyone is talking about, including the European Recovery Plan (European Commission, 2020) or the National Recovery and Resilience Plan – PNRR (Ministero dello Sviluppo Economico, 2021), the ecological transition has become an unavoidable issue that also involves design, which is increasingly called upon directly.

Design and the ecological emergency | To discuss this, and to try to find answers to the pressing matters of contemporary design culture, prompted by initiatives like the New European Bauhaus³

(European Commission, 2021b; European Commission, 2019; New European Bauhaus High-Level Round Table, 2021; Scalisi and Ness, 2022), which aims to rethink our lifestyles and shape future ways of living that respond to more current challenges, it is interesting – not to mention particularly fitting – to cite the work of Andrea Trimarchi and Simone Farresin, founders of Formafantasma. The design studio's practice, centred on an approach both theoretical and activist, is based on research applied to fields that range from ecology to history, politics and anthropology, probing the reality that surrounds them – and us – in order to reach an understanding of the phenomena from which to then trigger potential generative actions.

For the two designers, whose reflections place them before new concerns and situations, it is impossible to speak of design removed from the idea of its own planetary dimension or from the impact that it might have on Earth, understood as part of an ecosystem. Their thinking (which from the field of design and industrial design has expanded to education, given that the duo heads the GEO-Design master's program at the Design Academy in Eindhoven) can be compared with the theories of Bruno Latour (2018), who wrote in his book *Down to Earth – Politics in the New Climatic Regime* that not too long ago, when referencing geopolitics, the term 'geo' was irrelevant because we all lived on a relatively stable planet and everything was focused on politics. Now that the Earth has become unstable, and continues to grow more and more so, it is impossible to think of politics without thinking about the climate crisis in the same breath.

Maturing over the course of more than a decade, beginning at the desks of the Design Academy in Eindhoven, Formafantasma has undeniably developed a coherent body of work, characterized by experimental material investigations and analyses conducted around productive processes with a critical and scientific approach to the question of sustainability – the topic that underlies this paper. Their attention to environmental issues and resource scarcity, evident throughout their professional (but also educational) career, has produced – especially in recent times – increasingly promising lines of research springing forth real interaction with other species and nature understood in a broad sense: on one hand, the two designers seem to speak to it by constructing alliances, and on the other hand it seems to respond with a voice (or rather a plurality of voices) that today is unthinkable to ignore.

What emerges is an evolutionary and contextual conception of design that, studying the social, technological and customary changes, promotes an analytical vision of the subject translated into products that people can understand and use, but also into strategies capable of tracing alternative routes to the overly-trodden paths of the status quo. A dynamic and transformative perception of the discipline of design is also evident, which must open itself up to other forms of knowledge in search of new narratives unhinging several egocentric and ecocentric certainties by describing and addressing a complexity that cannot be managed through a singular point of view.

According to Andrea Trimarchi and Simone Farresin, the concept of transition is interesting be-



Fig. 15-17 | *Oltre Terra* (2023) is a design exhibition that investigates the development of the extraction, production and distribution of wool products in relation to the biological evolution of sheep. *Oltre Terra* aims to redesign how materials, objects and technologies are presented in exhibition-making by including the other-than-human beings that equally contribute to their production. Around 11,000 years ago, hunter-gatherers began to follow and cull flocks of sheep instead of killing them wholesale. This form of game management led to an intricate and unwitting process of co-domestication, creating the first example of livestock and, over the course of hundreds of years, the domestic sheep as we know it today. The effects of this process, however, have never been solely unidirectional, i.e. from humans towards animals. Rather, a complex co-evolution has taken place: if mankind transformed sheep biologically, through domestication and selective breeding, sheep have in turn powerfully shaped the course of human history by providing wool, nourishment and guidance in territorial exploration, thanks to the practice of transhumance. The wider installation of *Oltre Terra*, meanwhile, is a critical take on the display mode of the diorama. Commonly used in natural history museums to represent a static scene from nature, here the diorama is exploded, containing six life-size reproductions of different sheep breeds, as well as documents, films, by-products of production processes and various types of organic matter. Materials, techniques and living creatures are presented together to counteract the current categorisations that separate human and animal, product and biological matter. Concept and Design: Studio Formafantasma – A. Trimarchi and S. Farresin; Formafantasma Team: S. Barilli, A. Celli, G. Gonella; Supported by: Fondazione In Between Art Film, cc-tapis, Manteco (credits: A. Celli and G. Gonella).

cause it implicates a situation of perpetual change – a dynamic state that we should probably live in today. The word becomes even more significant when accompanied by the adjective ‘ecologic’: while the term ‘ecology’ – which clearly represents a dimension for contemporary thought and life – is now taken for granted, the idea of transition seems particularly appealing because it presupposes a constant adaptation, a kind of continuous movement that is more complex and significant than the simple idea of transition understood as a passage from one point to another.

If we transfer this discourse to the field of design, speaking of ecological transition means first and foremost no longer thinking that design can focus on the product without worrying about everything that comes before and after the creation of an object or system (extraction, refinement, production, distribution, end of life and materials).

The time has come to develop a vision that goes beyond so-called ‘user-centred design’, whose focus has always been on providing answers to a hypothetical user.

Given the current situation, for the founders of Formafantasma, it is necessary to embrace the complexity of reality and to understand that the user is not singular but infinite and that they are also non-human: some produce things, but also animals and species that are influenced by that production; then some deal with distribution, those who deal with sales; and, of course, there is the final user. Having said this, the aspect to underscore, returning to the concept of the ecological transition, is that more terms are being attached to the word ecology. This is a positive aspect when compared to the habit of talking for years about ‘climate change’, even when fully aware that it is not the correct way to describe the current period.

‘Climate crisis’ is perhaps the most fitting expression. For more than 50 years, people have studied the climate-related critical issues that plague us today, and they have always talked about ecology. Today, the expression ‘ecological transition’ effectively expresses the push toward change. We welcome this term, then, which communicates something is likely to happen or is already underway. What is clear from these affirmations is the critique of the anthropocentric dimension of design and the extractive logic of capital that has seen the work of the designer – whose role likely needs to be redefined from a cultural and social point of view – relegated to the role of styling to benefit economic expansion, whereby citizens become mere consumers and human needs are transformed into uncontrolled desires, as unrestrained as the energy resources required to deliver them (Formafantasma, 2021). It is unthink-

able, in light of the severity of the current climate crisis and the consequent threat to biodiversity, to continue to imagine an organization of the world subordinated exclusively to the will of mankind, considered a superior being. Today we must learn how to operate on various scales: from the microbiome to the cosmos, and from oceans to insects – including human communities.

We need new guidelines for the development of ecological – and inevitably political – thinking, which considers life on Earth as the outcome of interconnection between species. Repairing the balance between humanity and nature is one of the issues that contemporary designers must address, aware that life is but a cosmic unity that clutches earthly matter in carnal intimacy; we are all flesh of the same flesh, regardless of the species to which we belong (Coccia, 2022). What is needed is an inclusive vision that promotes intermixing between various living forms, engaging the entire world made of humans and non-humans, without emphasizing, as Donna Haraway (2016) writes about the Anthropocene, the exceptionality of humans: it is essential to weave empathic relationships not only with humans but with the many existing living beings that the American philosopher calls *critters* (animals, plants, humans, microbes, machines), borrowing a term used by scientists.

The question raised is as crucial as ever but, on closer inspection, it belongs to the history of the vicissitudes of industrial design, which has always oscillated between a transformative impetus aimed at improving human wellbeing, and a clear participation in consumer policies callous to their consequences on the biosphere. It is difficult, in this sense, to not see in the design industry a certain co-responsibility for the spread of a bulimic – and cynical – economic model, which has become a true cultural model regulating and guiding the purchase of goods and objects conceived by designers who, complicit in production, distribution and sales systems that are no longer sustainable, have indirectly promoted lifestyles that contribute to damaging the planet.⁴

Moving away from this, the works and investigations of Formafantasma originate from an ecological thinking that challenges the one-dimensional view of modern design history, which, above all, seeks to educate through a question: what kind of progress should we choose for humanity and the Earth?

Altruistic and allocentric design | The alternative course proposed by Formafantasma's practice – which deconstructs anthropocentric design thinking to define ulterior ways in which design can be developed in this century to seek the least harmful options for the planet – is evident from the studio's very first experiments exploring the materiality of things, stigmatizing the existing conflict between an economy of perpetual growth and the biophysical limits of the Earth, understood as a reservoir from which to extract value as quickly as possible. These are complete actions where tradition, interpretation and the creation of something new meet, in which design as an aptitude is transformed into the design as a discipline embracing other disciplines.

We are referring to projects like *Autarchy* (2010), which proposed a contemporary rurality entrusted to objects made by hand (low tech) with

biomaterial blends connected to the environmental context; *Botanica* (2011), which explored the history of natural polymers by hypothesizing a world without oil (Figg. 1, 2); or *Craftier* (2012), a visual and tactile investigation of leather resulting in a holistic vision (built on new alliances) of a widely distributed material used by a highly polluting industry (Figg. 3, 4). The trajectory of the works described so far – an alternative to both mass consumerism and global industrialization – is clear and has an obvious focus: at its foundation, we find the study of new possibilities, other perspectives and different actions, not to mention a developed critical sense arising from the analytical formation of thought. There is an aspect that, from this point of view, should be underlined: according to Petroni (2022), it is important to note how Andrea Trimarchi and Simon Farresin, with the term *investigation*, indicate the element that encapsulates the spirit of the entire project, defining a fundamental step in their approach to understanding design; it, therefore, emerges as a process of learning and revealing criticalities of the productive and cultural systems of our time.

It is inevitable, then, with respect to this last piece of evidence, to ask Trimarchi and Farresin how, as designers, they relate to the production of yet another object in a world where the weight of all man-made artefacts has recently exceeded that of all living things on the planet⁵ (Elhacham et alii, 2020). All this with the knowledge that we find ourselves in a new geological era, legible through layers and layers of artificial materials that, by accumulating, have wound up leaving a real footprint that's distinct and clearly identifiable. The question touches on an important aspect, which in some ways is crucial for those like Formafantasma who deal with design. Working in this field, the two inevitably end up asking themselves questions that, had they focused on something else, they might never have asked. It's something they often say to each other: «[...] designing in the contemporary world means asking yourself the why and the meaning of things».

In fact, making and producing objects for them has not only to do with satisfying needs but also with the fact that as humans – and Westerners – they use the creation of artefacts as a form of externalizing thought; it is as if they somehow objectify ideas that pass through their heads, as if they turned their imagination into innovation. At the same time, and not without ambiguity, they know that in general the production of these objects, in addition to fulfilling certain functions, responds to precise market demands with a clear dichotomy: on the one hand, design solves problems, and on the other it creates them. Just think, for example, of when 'design' becomes a tool in the hands of capitalism, or when it encourages the creation of obsolescence by producing new objects that make the previous one obsolete.

Within their practice, in a very personal way, the two designers have resolved this diatribe by dedicating themselves both to projects that are research-based – often stemming from internal studio needs – and those for the industry. The coexistence of these two parallel fields makes their work particularly interesting and complex. This division, however, does not mean that the two components are necessarily separated in their respective ambiguities and problems. On the contrary!

In several particularly virtuous examples, Trimarchi and Farresin have managed to transfer some of the results of their research into the production of commissioned objects. In doing so, they demonstrate a thoughtful balance between passion and precision that emerges even in their words when, without missing a beat, they quip, «[...] We do not believe that we will change the world with our work. Nor are we so idealistic as to take on the responsibilities of others. When we collaborate with companies, we propose ideas: if they succeed, we are happy. After all, we believe that our contribution, over time, will be appreciated not so much for the objects we design in our lifetime but rather for the ideas we were able to bring forth in their entirety. That doesn't mean that we undervalue the object. We like to design, we like to work with materials, and we like to design beautiful objects knowing that we could start a whole new conversation on the adjective beautiful. We aren't strangers to this kind of sensibility, but we cannot, in contemporary times, stop there. It would be unsustainable».

And they don't stop there: the end game for their work is not to produce artefacts in and of themselves, but rather to manifest the political and social phenomena that surround us, transcending the dimension of so-called signature design in favour of an action that narrates and documents facts through projects considered 'hyper-objects'⁶, a term – which can also be seen as another neologism – present in the title of the recent volume dedicated to the duo. According to Petroni (2022), the definition comes from Timothy Morton (2018), who speaks of them as objects that are so large and expansive that they are virtually elusive; they cannot be described or even perceived, they are viscous and incomprehensible by their very nature, and yet they encompass and envelop us, attach themselves to us; the image, just like the name, which undermines the current idea of what an object is, is very effective: for Morton, for example, 'climate change is a hyper-object'; the sciences, come to think of it, often work without having an object in front of them and yet they still try to define it.

Formafantasma believes that some of these hyper-objects, which ultimately make it clear how difficult it is to distinguish what is animate from what is not, are used entirely by mankind: «[...] if we take into consideration the experience of *Cambio* (Figg. 5-10), the exhibition-survey on the use of wood commissioned by the Serpentine Gallery in London, we can say that we looked at the governance of this industry by considering it a 'hyper-object'. It was impossible to understand precisely what its boundaries were, because it also interacts with living elements like forests, so it was – and is – impossible to fully describe it. At the same time, however, we think that design – but also other types of intellectual or artistic productions – can attempt to delineate the contours of indefinable objects through pointed structures which recall the acupuncture technique of dotting a body with pins in order to understand it and describe it. What we attempt to do is place pins in the formless masses that are nothing more than the issues we address through our work, especially when we talk about ecology. We hope that these will become 'trigger points', or points of activation capable of triggering broader processes».

What emerges is the idea of a critical design where the role of the designer is also to formulate questions in addition to seeking answers, and where 'making' becomes 'understanding' and 'deciphering'. For Formafantasma, what's particularly revealing from this point of view is the Ore Streams project (Figg. 11-14), a reflection on the issue of electronic waste that, temporally, slightly precedes the previously mentioned Cambio. Compared to the projects already mentioned, it would seem that this was – especially methodologically – an anticipation of what would later become the exhibit hosted by the Serpentine Gallery in 2020: an interrogative regarding the political and social responsibility of design that takes the entire lifecycle of an object into consideration.

Botanica and Craftica were experiments re-examining the materials from a particular point of view, in a precise moment within Formafantasma's practice, traceable to a phase we might call formative. Ore Streams, by contrast, was an important project because it showed how to perform research within an institution⁷, engaging it to spur critical thought. When Formafantasma began to take on this work, and then later Cambio, it transformed the task into a research project no longer necessarily aimed at the production of something. In other words, the object wasn't the endpoint or even the starting point.

Ore Streams came first, then Cambio, and now Oltre Terra (Figg. 15-17), an exhibition currently on view in Oslo that corresponds to another way of working, where the potential that had remained unexpressed suddenly came to light. The themes, and also the attitudes, were present in the previous projects, but it is as if their implications had become more programmatic thanks to these three steps, which are three ways of looking at three sectors, three industries, or – we might say by extension – three 'hyper-objects' that interweave the micro and the macro, the living and the non-living. It is as if, somehow, Formafantasma has clarified its position – to others but also to themselves.

And so we take a closer look at Ore Streams, a project and a denunciation that, through recycling, transforms waste (e-waste) into a resource confirming the fact that design can play its own game when discussing the ecological transition and the future of the planet. It is a speculative process that, by digging deep in a literal and metaphorical sense among the waste of computer and telephone devices – eloquent examples of the programmed obsolescence in certain products – visualizes the tricky problem of disposal and respective regulations through a collection of office furnishings. Made with materials that were previously mined (and thus removed from the Earth) to produce computers, laptops, motherboards and cell phones, these discarded materials now represent the hi-tech waste of the wealthy West.

According to Angela Rui (2018), the geological theme, but perhaps even more so, of a geological time, has in recent years been a constant among the studio's pursuits to elaborate a critical stance on the present: whether going back millennia (as in the projects *De Natura Fossilium* or *Underground Release*) or reading between the lines of current events, geological time always amounts to a speculative platform from which designers offer alternative visions to established production mod-

els. In this regard, experiences like Ore Streams, which shine a spotlight on the anarchy of sustainability that prevails in the world of hi-tech and electronics, have served as a basis for the projects that the studio is currently working on with the industry – a field that they consider a system to rethink within a systemic logic. The same is true for Cambio, which more than a project is a way of thinking, whose reflections have led to testing ideas while engaging companies like Finland's Artek.

A trailblazing project in many respects, Cambio takes on a complex and provocative study concerning the mechanisms, history and impacts of the timber supply chain, laid bare under economic, political, geographic and historical perspectives through the contribution of various disciplines that also reveal its dark side. The subject of the investigation is an industry – and its governance – which has negatively affected the planet since the 19th century by overwhelmingly impacting the biosphere. As a full-fledged inquiry, the exhibition – whose name means change (from the Latin 'cambium') but also the membrane that runs around the trunk of trees, whose function is to produce wood (xylem) on the inside and bark (phloem) on the outside (Formafantasma, 2021) – analyses how design can and should be rethought in light of the current climate crisis.

For Formafantasma, Cambio is 'a project to communicate scientific research that is conducted in fields extending beyond that of design', representing a point of no return in understanding the processes that lead to the transformation of raw materials useful for making everyday objects. This all unfolds with a careful eye on the interdependence between nature, resources and consumption, seeking to shift the hierarchical relationship created by mankind between the North and South, between living species, and also with what surrounds and sustains it.

Compared to their previous works, the exhibition stands as a pioneering project marking a new course and a change in perspective. Working on the concept of Botanica in 2011, Formafantasma expressed the need to understand where things came from and how we could make sense of the production of objects in contemporary times. On that occasion it was about understanding how the history of plastics began, going back in time to look at that ambiguous period – before the use of petroleum – when they didn't yet exist. There was, even then, a search for plasticity that, in the absence of the black gold, was solved with the use of resins or polymers of a natural variety from both plant and animal origins.

From that particular investigation producing a series of domestic objects reinterpreting lost materials and techniques progressing over the years, Trimarchi and Farresin realized that the answers to the problems they were exploring lay not in material research but rather in much more structural matters. Suddenly, they were no longer interested in materialistic questions alone, they needed to understand the problem on a deeper level, which was clearly not related exclusively or necessarily to technique or to the invention of better or biodegradable materials, but to a lack of understanding the ecology of design. In other words, ecology does not refer to nature but to production.

Today, then, the duo's work operates in this direction. The latest in chronological order is the

Oltre Terra – Why Wool Matters exhibition, which coincides with relevant collective research conducted in Norway, where the studio tackled, once again, the production of an exhibition, but also with the world in which design and technique are often presented in museums of applied art history or anthropology, untethered from the organic and thus, for example, from the animals and the species that have contributed to their production. What was immediately clear to Trimarchi and Farresin when the National Museum contacted them, was that even more than in Cambio, they would be able to address the complexity of relationships between manufacturing and living things – a theme that had already been explored with the trees but became more problematic here by dealing with wool extracted from sheep, meaning mammals.

Just like the exhibition in London, here Formafantasma's focus on research is made clear beginning from the title, which is derived from the etymology of the world transhumance: a combination of the Latin terms 'trans' (beyond) and 'humus' (earth). Transhumant practices are based on moving livestock from one pasture to another according to seasonal cycles and based on the nutrients and resources available. In the context of the exhibit, the concept of traversing the land is also found in the transdisciplinary attitude that characterizes the exhibition, which recounts the processes not from a unidirectional viewpoint but as a co-evolution: if humans transformed the sheep biologically, through domestication and selective breeding, the sheep in turn powerfully shaped the course of human history, providing wool, nourishment and guidance in exploring the land, thanks to the practice of transhumance. Materials, techniques and living beings are presented together to contrast the current categorizations that separate human and animal, or product and biological matter.

As the two designers explain, [...] cohabitation and proximity between species have created important forms of co-existence and co-dependence. This is a key issue because we are talking about an animal that needs to live with humans to survive, and humans have to take care of it. This issue raises ethical questions because if an animal or another species relies on us so much that it is dependent on humans, it is obvious that intensive farming is an abomination». The exhibit starts from this premise and connects the technical evolution of wool production to the evolution of species that are divided and that become more efficient at producing wool in a certain way, rather than milk or meat. Following the exhibition, we begin to understand that the interconnection between humans and animals is much more complex than previously thought and that technique is entirely connected to the organic world and must be recounted together as a whole, otherwise we will never be able to produce ecological thinking: «[...] You can't knit wool without knowing what it means», confirm Trimarchi and Farresin.

The research, which stages theory as much as practice, was undertaken through conversations and collaborations with a variety of professionals, including designers, artists, anthropologists, evolutionists, legal experts, curators, pastors and farmers. For Formafantasma, it is yet another piece to the dynamic puzzle that manifestly promotes a design that is no longer a tool of im-

age, but that is free, contextual, inclusive and full of promise on its path, appearing unabashedly set on producing real transformations. Truly, according to Petroni (2022), it is a design that thinks and experiences the world by producing knowledge.

Design as an expression of responsible action

| It is precisely knowledge, seen as a new horizon of research capable of developing a holistic perspective, that becomes the variable ready to make a difference when we talk about the ecological transition – a knowledge that becomes an inquiry (or even denunciation) open to other viewpoints, other sensibilities and specificities, conveyed through a design capable, theoretically and practically, of showing alternatives to both the efficient-minded legacy of industrial design and the

culture of mankind and its paradigms thanks to more informed choices. It's a design whose role goes well beyond the definition of form and the satisfaction of function, influencing the future of the planet, which is seen as living among the living, and that can no longer be considered a chest to be broken into and plundered.

Helping to remind us of this, along with the urgency of responsibility for action, are Formafantasma's radical ideas shifting attention from objects to contexts – from artefacts to the phenomena that surround us – by framing design in a broader field. Their explorations represent a new ethical and environmental consciousness of design understood as a gamble but also as a cognizant act of the possible, as an engine of virtuous processes capable of changing the state of things where de-

sign, which is once again a political act, becomes a guarantee for more efficient use of resources.

Every opportunity is a good one to better understand the real world, raise a problem and make it manifest. According to Studio Formafantasma (2020), of course, making design thinking less anthropocentric is a theoretical exercise and totally impossible to implement, but exploring its deconstruction can help us define for whom and how the design of this century ought to be developed. In this context, it seems imperative not so much to ask what design is, but rather what it should look like in a still unwritten and yet compelling future.

Acknowledgements

The text is based on an interview conducted with Andrea Trimarchi and Simone Farresin (Studio Formafantasma); therefore, the contribution should be attributed equally to all Authors.

Notes

1) For the definition of 'ecological transition', consult the web page: treccani.it/vocabolario/ricerca/Transizione-ecologica/ [Accessed 17 May 2023].

2) On the subject of dictionaries and glossaries, we recommend consulting Thoreau (2017).

3) Referring to how design is called upon today, as a discipline, to respond institutionally and politically to the questions and problems arising from the current climate crisis, three phases envisioned by the New European Bauhaus are cited: Design, Delivery and Dissemination. It is also indicative of how 100 years after the Bauhaus, a movement that profoundly influenced Western art, design and architecture, the European Commission has launched the NEB to rethink our lifestyles and to shape future ways of living that respond to the broader current challenges. The cornerstones of the project are accessibility, inclusion and sustainability.

4) According to Paola Antonelli, design has existed for just as long as humanity and has most likely always been anthropocentric, just as it has always been dedicated to adapting and domesticating the universe for the benefit of our species. There is irony in the idea that what is defined as 'human-centred design' is generally considered a positive achievement of the 20th century. Defined by IDEO, the company that popularized it, as a creative approach to problem-solving that starts with people and ends with innovative solutions that are tailor-made to suit their needs, in its rush to optimize the 'consumer experience' it may well be considered synonymous with corporate-centred design. Given the consumer rush of the past 120 years, perhaps the most narcissistic era in human history, human-centred design actually reflects an antiquated and anthropocentric vision of reality. It is time to remedy this with a good dose of altruistic and allocentric design (Antonelli and Tannir, 2019).

5) Elhacham et alii (2020) start with the assumption that the total material production due to human activities compares to the total natural biomass: it is a comparison between the anthropogenic mass and the Earth's living biomass. The answer estimates that in 2020 the former has evidently exceeded the latter.

6) For more information, refer to Morton (2018).

7) In 2017, Studio Formafantasma was invited to the National Gallery of Victoria in Melbourne to participate in the first Triennial of Art and Design. They did so with Ore Streams, a study and project concerning the processing and

disposal of e-waste. In 2019, Ore Streams was exhibited as part of the XII Triennale in Milan.

References

Antonelli, P. and Tannir A. (eds) (2019), *Broken Nature – XXII Triennale di Milano*, Electa, Milano.

Coccia, E. (2022), *Metamorfosi – Siamo un'unica sola vita*, Einaudi, Torino

Croci, V. (2018), "Quando il design è sopravvivenza umana | When Design means Human Survival", in *Domus*, n. 1022, pp. 40-47.

Elhacham, E., Ben-Uri, L., Grozovski, J., Bar-On, Y. M. and Milo, R. (2020), "Global human-made mass exceeds all living biomass", in *Nature*, vol. 588, pp. 442-444. [Online] Available at: doi.org/10.1038/s41586-020-3010-5 [Accessed 17 May 2023].

European Commission (2021a), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Forging a Climate-Resilient Europe – The new EU Strategy on Adaptation to Climate Change*, document 52021DC0082, 82 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:52021DC0082 [Accessed 17 May 2023].

European Commission (2021b), *New European Bauhaus – Beautiful, Sustainable, Together*. [Online] Available at: europa.eu/new-european-bauhaus/index_en [Accessed 17 May 2023].

European Commission (2020), *Recovery Plan for Europe*. [Online] Available at: ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_en [Accessed 17 May 2023].

European Commission (2019), *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – The European Green Deal*, document 52019DC0640, 640 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN [Accessed 17 May 2023].

Formafantasma (ed.) (2021), *Cambio*, Nero, Roma.

Gould, S. J. and Vrba, E. S. (2008), *Exaptation – Il bricolage dell'evoluzione*, Bollati Boringhieri, Torino.

Haraway, D. J. (2016), *Staying with the Trouble – Making Kin in the Chthulucene*, Duke University Press, London

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2022a), *Climate Change 2022 – Mitigation of Climate Change*, Switzerland. [Online] Available at: report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_FinalDraft_FullReport.pdf [Accessed 17 May 2023].

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2022b), *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability – Summary for Policymakers*, Switzerland.

[Online] Available at: ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_FullReport.pdf [Accessed 17 May 2023].

Latour, B. (2018), *Down to Earth – Politics in New Climatic Regime*, Polity Press, Cambridge.

Ministero dello Sviluppo Economico (2021), *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*. [Online] Available at: governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf [Accessed 17 May 2023].

Morton, T. (2018), *Iperoggetti – Filosofia ed ecologia dopo la fine del mondo*, Nero, Roma.

New European Bauhaus High-Level Round Table (2021), *New European Bauhaus Concept Paper, NEB High-Level Round Table, 30 June*. [Online] Available at: europa.eu/new-european-bauhaus/high-level-roundtable-visions_en [Accessed 17 May 2023].

Perniola, M. (1998), *Transiti – Filosofia e perversione*, Castelveccchi, Roma.

Petroni, M. (2022), *Studio Formafantasma – Il design degli iperoggetti*, Postmedia, Milano.

Rui, A. (2018), "Studio Formafantasma Ore Streams", in *Domus*, n. 1021, pp. 92-99.

Scalisi, F. and Ness, D. (2022), "Simbiosi tra vegetazione e costruito – Un approccio olistico, sistemico e multilivello | Symbiosis of greenery with built form – A holistic, systems, multi-level approach", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 26-39. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1122022 [Accessed 17 May 2023].

Studio Formafantasma (2020), "In evoluzione", in *Domus*, n. 1047, p. 46.

Sudijc, D. (2020), "Design – È troppo tardi per salvare il mondo? | Design – Is it too late for design to save the world?", in *Domus*, n. 1045, p. 7.

Thoreau, H. D. (2017), *Dizionario portatile di ecologia*, Donzelli, Roma.

ARTICLE INFO

Received	02 May 2023
Revised	05 May 2023
Accepted	05 June 2023
Published	30 June 2023

REALIZZARE PAESAGGI INNOVATIVI

Balmori Associates ridefinisce il rapporto uomo-natura per le città del futuro

MAKING INNOVATIVE LANDSCAPES

Balmori Associates redefining the human-nature relationship for the cities of the future

Javier González-Campaña, Noemie Lafaurie-Debany, Marta Rabazo Martin

ABSTRACT

Nell'ambito del corrente dibattito scientifico sull'emergenza ambientale ed ecologica il contributo presenta l'attività dell'architetto paesaggista Diana Balmori e dello Studio Balmori Associates che si è imposto tra i più visionari e innovativi nella lotta al cambiamento climatico e nella creazione di città più vivibili. La descrizione di alcuni lavori realizzati dallo Studio è utile a illustrare gli elementi fondanti e rappresentativi che caratterizzano l'attività di progettazione, ma soprattutto le strategie da mettere in campo per rispondere con successo alle attuali criticità ambientali. Il lavoro di Diana Balmori è un raro compendio di interventi fondati sulla ricerca scientifica e capaci di influenzare silenziosamente ma costantemente la nostra attuale visione dell'Architettura del Paesaggio, ponendo solide basi per uno spazio urbano più vivibile, sostenibile, equo e accessibile e per la creazione di paesaggi 'operativi' che aiutano a definire un nuovo rapporto tra la città del XXI secolo e la natura.

In the context of the current scholarly debate on environmental and ecological emergency, the contribution presents the work of landscape architect Diana Balmori and Balmori Associates, which has emerged as one of the most visionary and innovative in combating climate change and creating more liveable cities. The description of some of the work carried out by the Firm helps illustrate the foundational and representative elements that characterise its design work, but more importantly, the strategies to be deployed in order to successfully respond to current critical environmental issues. Diana Balmori's work is a rare compendium of interventions grounded in scientific research and capable of silently but steadily influencing our current vision of Landscape Architecture, laying solid foundations for a more liveable, sustainable, equitable and accessible urban space and for the creation of 'operational' landscapes that help define a new relationship between the 21st-century city and nature.

KEYWORDS

Balmori Associates, paesaggi innovativi, paesaggi attivi, dati, quantificazione dei benefici

Balmori Associates, innovative landscapes, active landscapes, data, benefit quantification

Javier González-Campaña, a partner in Balmori Associates (USA), holds a Master's degree in Urban Ecology from Yale University and a Bachelor's degree in Agricultural Engineering from Universidad Nacional de La Plata, Argentina. He joined Balmori Associates in 1998 and has been responsible for managing and reviewing plantings and developing planting guidelines for several of the office's projects. E-mail: jgonzalez-campana@balmori.com

Noemie Lafaurie-Debany, a partner at Balmori Associates (USA), helped establish the Bal/Lab, coordinated Balmori teams on several major projects, and worked closely with Diana Balmori on numerous publications, including A Landscape Manifesto (2010), Groundwork – Between Landscape and Architecture (2011), and Drawing and Reinventing Landscape (2014). E-mail: nlafaurie-debany@balmori.com

Marta Rabazo Martin, Architect and PhD from the Universidad Politécnica de Madrid (Spain) and University of Roma 'Tre' (Italy), is an Independent Researcher in Landscape Architecture and Coordinator of the OPEN Level II Master's Degree 'Architecture and Landscape Representation' (Department of Architecture, University of Roma 'Tre'). She joined Balmori Associates in 2008 and has collaborated on several important projects. E-mail: marta.rabazomartin@uniroma3.it



Ogni periodo della storia ha avuto le proprie battaglie da combattere, le proprie transizioni da operare, i propri limiti da superare e le proprie sfide da affrontare. Dopo diversi decenni di incuranza del rapporto città-natura e di cementificazione dei suoli naturali, ci troviamo di fronte alla necessità di riconsiderare la relazione tra il costruito e gli elementi naturali (in particolare l'acqua, la terra e l'aria), tra paesaggio e architettura. È noto che circa il 75% della superficie delle nostre città è pavimentata, con materiali che limitano la permeabilità del suolo e generano le isole di calore, e che entro il 2050 oltre il 68% della popolazione mondiale vivrà nelle città le quali già oggi consumano il 75% delle risorse non rinnovabili del nostro Pianeta, anche se coprono solo il 3% della superficie terrestre (UN, 2019); dati questi già allarmanti, ma nulla in confronto ad altre stime che prevedono una richiesta di 230 miliardi di metri quadrati di nuove costruzioni entro il 2060, il che equivarrebbe ad aggiungere al Pianeta una superficie pari a quella del Giappone ogni anno fino al 2060 (UN Environment and IEA, 2017).

Se le citate previsioni possono costituire una seria minaccia alla biodiversità, al clima e al principio di equità (per i soggetti più vulnerabili), solo una loro lettura 'integrata' può spingerci con sollecitudine a rivedere il rapporto tra uomo e natura e frenare il modello di crescita basato sull'urbanizzazione e sull'occupazione indiscriminata di suolo. È ironico che le città siano spesso viste come la soluzione al cambiamento climatico e ambientale anziché la loro principale causa a cui contribuisce una prassi fondata sull'opposizione tra artificiale e naturale (Scalisi and Ness, 2020). Il modo in cui abbiamo considerato la natura si è costantemente evoluto nel tempo; inizialmente la natura era intesa come il mondo materiale stesso (Williams, 1988), successivamente ha preso corpo una visione pittoresca e romantica di natura statica e immutabile dalla quale la società doveva trarre insegnamento per il suo costruito; questa visione, che ha prevalso fino alla metà del Novecento e ha determinato una netta separazione tra l'uomo e la natura, viene superata con la Teoria della Selezione Naturale di Darwin (Eiseley, 1959).

Ernst Haeckel, che ha contribuito a sviluppare e fare affermare la teoria darwiniana, sostiene che l'evoluzione sia un fenomeno universale riferibile tanto alla materia inorganica quanto all'uomo (Levit and Hossfeld, 2017); nella prima parte del primo volume *Generelle Morphologie*, Haeckel dapprima descrive l'obiettivo principale della Morfologia individuandolo non in una mera descrizione delle forme organiche, ma nello studio delle 'leggi della natura' e poi formula una serie di 'leggi naturali' per 'living and inert natural bodies on Earth' (Levit and Hossfeld, 2019); questa scienza naturale è divisa (in senso molto ampio) in fisica o 'dinamica' da un lato, e in morfologia o 'statica' dall'altro, a partire dalla constatazione che ogni corpo naturale è in uno stato di equilibrio o in uno stato di cambiamento/movimento.

Nel 1866 Haeckel conia il termine 'ecologia' rendendo nuovamente l'uomo parte della natura (Balmori, 2010), avvia i presupposti affinché la scienza venga sviluppata dagli anni '40 agli anni '60 e consolida l'assunto che la natura è un insieme di specie correlate, ciascuna incarnata in un biotopo (Balmori, 2010) in equilibrio stabile. Solo dopo diversi anni matura una nuova idea di

natura 'mutevole' che lascia spazio ai fattori esterni e si iniziano a valutare le sue implicazioni rispetto alla sostenibilità ambientale, mentre sempre più si tende a dissociarla dall'estetica, percepita dagli scienziati come qualcosa da evitare, un capriccio dell'uomo che deforma il naturale (Balmori, 2010). La ricerca della bellezza è considerata però un aspetto importante della sostenibilità, come dichiarato nel manifesto del New European Bauhaus (Scalisi and Ness, 2020) ed è qui che il ruolo del paesaggio diventa essenziale: «[...] landscape design is the art that engages with all aspects of a sustainable world: elemental forces, materials, humans, and other living beings» (Balmori, 2010, p. 11), per rendere piacevole e desiderabile l'esperienza della sostenibilità impiegando principi, tecnologie e forme con valenze estetiche (Dal Falco, Veneziano and Carlomagno, 2022).

Nel 1987 la Commissione Brundtland delle Nazioni Unite (UN, 1987) ha raccomandato la transizione verso uno sviluppo sostenibile, definendo la sostenibilità una crescita capace di soddisfare 'i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni'¹. Per realizzare l'auspicato cambiamento nella nostra società la transizione ecologica non può prescindere da un processo di innovazione tecnologica che rispetti stringenti criteri di sostenibilità ambientale. Il termine 'transizione ecologica' è comparso per la prima volta nel Rapporto Meadows del 1972 nel quale si sottolineava la necessità di una 'transizione da un modello di crescita a uno di equilibrio globale' e si evidenziavano i rischi ecologici indotti da una crescita economica e demografica 'senza limiti' (Meadows et alii, 1972; Perchinunno et alii, 2023).

Oggi la natura è percepita come multiforme – 'modificata nel tempo a causa delle nostre azioni, dei nostri pensieri e della nostra arte' (Balmori, 2010) – e capace di instaurare relazioni intime tra l'uomo e gli altri sistemi viventi per rigenerare con vigore le nostre città (Xing, Jones and Donnison, 2017) e guidare verso un modello di crescita e di gestione delle risorse non rinnovabili più efficiente, inclusivo e sostenibile (Favre et alii, 2017). Il verde dei nostri paesaggi urbani, come afferma Gausa (2022), è uno scenario relazionale, complesso, dinamico e diversificato, una superficie attiva e reattiva che costituisce un autentico potenziale strutturante per le città del futuro, e non più una semplice 'categoria' o un 'topic': «Architettura e paesaggio, paesaggio e architettura, confermeranno nuovi contratti ibridi con la natura attraverso due categorie a lungo estranee e oggi in sinergia» (Gausa, 2022, p. 16); ciò porta a una definizione più programmatica del paesaggio e a un suo ruolo da protagonista sulla scena urbana, mentre il concetto di natura diventa sempre più ibrido, fluido, sintetico e/o biologico, e la città diventa sempre più un sistema ambientale e meso-ambientale (D'Arienzo and Younés, 2018).

Tuttavia, sebbene a un simile approccio si sono già riferiti alcuni professionisti che si sono occupati di sostenibilità cercando di 'imitare' il funzionamento degli elementi naturali nelle città, oggi non possiamo più prescindere dal recuperare le buone pratiche di questi pionieri e trasformarle in prassi, valutando contestualmente come stiamo agendo per fronteggiare l'emergenza climatica e adottando un approccio più scientifico fondato su

numeri e dati per supportare le azioni e combattere il negazionismo.

All'interno del corrente dibattito scientifico, che promuove una visione dell'ambiente in cui l'uomo è 'una parte' dell'ecosistema, il contributo presenta il lavoro dell'architetto paesaggista Diana Balmori e dello Studio Balmori Associates e nello specifico quei progetti più visionari e innovativi fondati su attività di ricerca e approcci sensibili alla sostenibilità ambientale che hanno reso lo Studio pioniere nella lotta al cambiamento climatico e nella creazione di città più vivibili. I tre casi studio (Prairie Waterway, Long Island Green City e Silvercup Studios, GrowOnUs) che si illustreranno dimostrano la lunga esperienza dello Studio nelle 'soluzioni basate sulla natura' maturata a partire dal 1996, ancor prima che il termine fosse coniato, e fanno comprendere come le nuove ecologie urbane si siano evolute nel tempo. I tre progetti metteranno in luce l'importanza dei progetti pilota per paesaggi sostenibili e delle relazioni tra ricerca teorica e sperimentale, tra raccolta dati scientifici e loro impiego per misurare i benefici delle soluzioni adottate; infine si illustrerà come lo Studio affronta la transizione ecologica e caratterizza la sua produzione in termini di sostenibilità, nel senso più ampio del termine.

Diana Balmori | Diana Balmori e lo Studio Balmori Associates possono essere considerati dei pionieri la cui produzione si fonda sul concetto di natura come infrastruttura che organizza e articola l'ambiente costruito, e sull'impiego di sistemi ingegnerizzati che ne imitano il funzionamento. Con una lunga e prolifica carriera professionale, Diana Balmori è stata anche una pioniera nella quantificazione dei benefici, valutati solitamente con il supporto delle Università, generati dai suoi progetti: questo approccio scientifico al paesaggio ha prodotto soluzioni innovative che dovrebbero essere prese come riferimento per affrontare l'attuale emergenza climatica e la transizione ecologica.

Dopo aver fondato nel 1977 lo Studio Pelli Associates con Cesar Pelli e Fred Clarke, con cui ha coordinato numerosi piani urbanistici e progetti di architettura del paesaggio e collaborato alla realizzazione di vari edifici, nel 1990 Diana Balmori apre il proprio studio e da allora l'attività professionale produce numerosi progetti di differente tipo e scala, in contesti vari e in aree geografiche diverse. Parallelamente a una brillante carriera accademica presso la Yale University, Diana Balmori istituisce nel 2010, con chiare finalità sperimentali, il Ballab, una sezione del Balmori Associates dedicata a collaborazioni interdisciplinari, linee di ricerca su tecnologie emergenti, progetti concettuali, installazioni temporanee, tecniche di rappresentazione del paesaggio e alla produzione di saggi.

Principi di progettazione | La produzione scientifica di Diana Balmori è piuttosto ampia² ma la sua opera più rappresentativa è certamente *A Landscape Manifesto*, un volume in cui sono riportati i principi e la filosofia dei numerosi progetti di architettura del paesaggio dello Studio sviluppati in oltre tre decenni di attività professionale in ambito nazionale e internazionale. In questa sede si illustreranno solo quegli elementi fondanti e rappresentativi dell'approccio al progetto che si completano e si sovrappongono, integrandosi a livelli diversi nei vari progetti complessi che la sapiente



mano di Diana Balmori riempie di bellezza e significato: lo studio del limite, la ricerca dell'eterogeneità funzionale ed ecosistemica, la connessione e la continuità, l'importanza di fare dello spazio pubblico il vero protagonista urbano, la creazione di paesaggi 'operativi' e l'invenzione di nuove forme ecologiche che aiutano a definire un nuovo rapporto tra la città del XXI secolo e la natura.

Lo studio del limite e la sua smaterializzazione è uno dei temi ricorrenti nell'opera di Diana Balmori, sia a livello teorico che nelle realizzazioni, e copre tutte le scale: alla più piccola tra materiali diversi, alla scala intermedia con una nuova lettura del recinto e alla scala del territorio con il superamento dei limiti geografici. Per Diana Balmori (2014) 'ogni paesaggio comprende un insieme di sistemi interconnessi', una visione questa che smaterializza i limiti fisici dei suoi progetti situandoli in un contesto geografico molto più ampio e collegandoli a sistemi naturali molto diversi; la geologia, l'orografia, l'idrografia e la botanica fanno sì che una specifica area prescindano quasi completamente i propri limiti amministrativi se osservata attraverso tali sistemi. Questo punto di vista globale e inclusivo ha caratterizzato e conferito un alto valore al lavoro di Balmori i cui paesaggi sono interconnessi con il contesto, in uno scambio continuo e reciproco che promuove l'eterogeneità.

L'eterogeneità è una delle caratteristiche più ricercate da Diana Balmori in termini di spazi, utenti, funzioni e soluzioni ambientali; in relazione al focus del presente saggio la varietà botanica ed ecologica assume un importante ruolo nel promuovere un nuovo tipo di relazione tra città e natura poiché una grande eterogeneità di elementi vegetali richiama un'altrettanto eterogeneità di presenze faunistiche. In questo senso alcune soluzioni di intervento ereditate dal passato, come il prato³ o le siepi, vengono valutate diversamente poiché la natura raramente assume forme rigorosamente omogenee. Quanto maggiore è la biodiversità, tanto maggiore è la ricchezza 'naturale' che caratterizza gli ecotoni, le zone in cui due sistemi riescono a ibridarsi; gli ecotoni possono ridefinire il concetto di limite non più come linea ma come fascia, una linea porosa e 'spessa' funzionale che attiva la relazione tra entità diverse.

Per Diana Balmori la natura è sempre stata il modello da seguire superando la tradizionale visione del XVIII e XIX secolo secondo la quale la natura poteva essere inserita in ambito urbano come semplici tessere in ordine sparso e indipendenti l'una dall'altra: per uscire da questa condizione di 'isolamento' e diventare il filo conduttore nella lettura della città la Balmori prende a prestito i modelli ecologici esistenti in natura facendoli diventare infrastrutture delle città, in altre parole costruisce la città nella natura piuttosto che inserire la natura nelle città. Il paesaggio e lo spazio pubblico assumono il ruolo di attori principali della scena urbana, non solo come destinazione d'uso ma come principio che governa la pianificazione della città. Con un sistema adeguato di spazi pubblici a verde, la destinazione d'uso degli edifici non incide sulla qualità della vita urbana, si supera l'i-

Fig. 1-3 | Prairie Waterway (1996): Aerial view of detention pond; Aerial view of 'park place' combined with designing diagram; General aerial view of detention pond of intervention (credits: Balmori Associates).

dea di una città statica nella quale sono presenti grandi landmark e la capacità della natura di evolversi nel tempo rende il paesaggio un'entità in continua evoluzione, presentandosi di volta in volta come nuova agli utenti.

Casi studio | Alcuni progetti del Balmori Associates sono emblematici di una progettazione del paesaggio improntata alla ricerca di interazione con la natura per soluzioni sostenibili. Il primo progetto, redatto in collaborazione con il Design Center for American Landscape dell'Università del Minnesota, è Prairie Waterway (1996) a Farmington, in un sobborgo di Minneapolis dove la Sienna Development Corporation aveva pianificato di costruire circa 500 case su un'area pianeggiante con un'alta falda freatica che aveva causato frequenti inondazioni e riversato grandi quantità d'acqua piovana nei fiumi vicini; a tali criticità si sarebbero aggiunte quelle generate dalla realizzazione del progetto e delle sue nuove superfici impermeabili, strade, parcheggi e coperture. Subito dopo la grande alluvione del 1993 Diana Balmori presenta una proposta all'Amministrazione locale, interessata a valutare soluzioni alternative ai tradizionali tubi di drenaggio, che dimostra la propria efficacia durante le alluvioni del 1998 e del 2001 quando la falda freatica rimane al di sotto del fiume Mississippi per oltre tre mesi senza arrecare danni ai territori limitrofi.

In alternativa ai tradizionali tubi interrati che immettono violentemente l'acqua nei corsi vicini, erodendone gli argini e nuocendo alla flora terrestre e alla fauna acquatica, il progetto prevede un sistema di drenaggio a cielo aperto: l'acqua piovana che non riesce a essere smaltita dalla rete fognaria viene convogliata in una rete di piccoli stagni collegati tra loro e in aree con vegetazione in grado di assorbirla e filtrarla. Il progetto Balmori modifica alcune soluzioni che la Sienna Development Corporation aveva in corso di realizzazione: sono state ridotte la larghezza delle strade asfaltate e la profondità dei passi carrabili per ridurre l'impermeabilità dei suoli mentre sono state previste bioswales con vegetazione al centro di tutti gli assi stradali principali e aree comuni leggermente depresse al centro degli isolati per raccogliere all'inizio della primavera quell'acqua che sarà assorbita dagli alberi (principalmente delle zone umide) e poi rilasciata per evapotraspirazione. Ogni porzione del Parco con il suo corso d'acqua costituisce un'unità con piantagioni autoctone diverse (Figg. 1-3).

Il successo del progetto è stato tale che la seconda fase di realizzazione è stata completata 5 anni prima del previsto, sebbene la mancanza di fondi abbia limitato le piantumazioni rimandando di circa 10 anni la messa a dimora di salici, bagolari, susini e frassini che oggi popolano l'area. Soprannominata Park Place dai residenti, l'area è diventata parte integrante della comunità, una infrastruttura locale per la fruizione pubblica di ampi prati, campi da gioco e piste ciclabili e pedonali, le cui zone umide hanno favorito la creazione di un habitat adatto per la fauna selvatica della regione e, in generale, la biodiversità locale. Balmori Associates ha quindi creato un paesaggio fatto di sistemi naturali, un 'parco produttivo' che ha definito lo standard per uno sviluppo suburbano responsabile.

Durante la fase di progettazione sono state presentate al Comune e alla Sienna Development

Corporation due proposte alternative di bacini di ritenzione: mentre il primo schema si caratterizza per forme più organiche, il secondo propone una serie di stagni geometrici a imitazione degli impianti di coltivazione del mirtillo rosso; è stato scelto il primo schema per i suoi attributi più naturalistici, sebbene entrambi gli interventi avessero lo stesso grado di artificiosità. Diana Balmori, che ha sempre preferito il secondo schema per una questione di 'sincerità formale', invitava spesso a riflettere sul fatto che la preferenza per una forma più 'organica' dovrebbe spingerci a ripensare la nostra percezione romantica del paesaggio. Al di là della soluzione scelta, riuscire a realizzare un sistema di drenaggio così innovativo per l'epoca è stata già una vittoria per Balmori Associates.

Il secondo progetto, che si caratterizza per l'impiego di coperture a verde, evidenzia le potenzialità del paesaggio come infrastruttura e l'importanza della raccolta di dati scientifici attraverso azioni di monitoraggio. La proposta di Balmori Associates per Long Island Green City (2006) è avviata nei Bal/Lab e presentata in occasione di una conferenza tenuta da Diana Balmori nel giugno 2002 intitolata Green Case Studies in New York City. La Long Island del periodo offre un terreno propizio alla sperimentazione perché culturalmente attiva grazie al Moma PS1 e al Queens Plaza Arts and Development, ma anche alla presenza diffusa di edifici industriali bassi e con tetto piano (complessivamente circa 110 ettari) e di una estesa rete ferroviaria i cui ponti forniscono un punto di osservazione privilegiato sulla 'quinta chiusura' a verde.

Se i benefici prodotti dalle coperture a verde sono già evidenti per il singolo edificio, il loro impiego su tutta Long Island City determina una vera e propria infrastruttura urbana con benefici tangibili per la città e la salute pubblica, una 'rete ecologica' che, in sinergia con le altre infrastrutture urbane, contribuisce allo sviluppo di strategie economiche e per la salvaguardia ambientale (Figg. 4, 5). Il progetto è reso possibile da una partnership pubblico-privata tra Balmori Associates, Silvercup Studios, Long Island City Business Development Corporation (LICBDC) e Clean Air Communities.

Balmori Associates nei progetti ha sempre tenuto conto degli effetti che l'aumento della popolazione urbana determina sull'ambiente: le superfici pavimentate si moltiplicano (dal 10% delle aree naturali al 75-100% delle aree urbanizzate), aumentano le temperature per effetto delle isole di calore e si presentano ulteriori necessità di regimentazione delle acque piovane, soprattutto quando piovosità eccezionali mettono in crisi il sistema di smaltimento fognario. Nel 2005 per contrastare questi effetti lo Studio progetta, per il Silvercup Studio, il primo grande tetto verde di New York City monitorato per la raccolta di dati scientifici; nel decennio successivo lo stesso intervento è stato replicato più volte a Long Island City realizzando la 'rete ecologica' citata in precedenza e promuovendo infrastrutture urbane intelligenti e una nuova tipologia paesaggistica da sviluppare per fasi successive.

Il progetto prevede circa 3.250 metri quadrati di piantumazione estensiva e venti diverse varietà di sedum, con sfumature di verde e trame di foglie differenti messe a dimora in contenitori quadrati che, combinati, generano figure geometriche più grandi e dal colore variegato: l'immagine perce-

pita cambia costantemente man mano che i sedum fioriscono nei toni del giallo, del rosso e del rosa in momenti diversi dalla primavera all'autunno (Figg. 6, 7).

Per la prima volta a New York City Balmori Associates attiva il monitoraggio dell'intervento con la raccolta dati per quantificarne i benefici. Con il supporto di EarthPledge, un'Organizzazione senza scopo di lucro che si occupa di valutare e promuovere le tecnologie più indicate per la sostenibilità del progetto, sul tetto del Silvercup Studio viene installata una stazione di ricerca in moduli sia vegetati che artificiali e allestita una stazione meteorologica per il rilevamento delle condizioni ambientali. I dati, raccolti dal dicembre 2005 al dicembre 2006 e analizzati con l'aiuto del Dr. Robert D. Berghage della Pennsylvania State University e di Christopher Wark della Green Roof Innovations / SHADE Consulting LLC, confortano sui benefici attesi dal progetto: oltre che mitigare l'impatto paesaggistico, aumentare l'efficienza energetica del tetto e favorire lo stoccaggio di anidride carbonica e di altri inquinanti atmosferici, la strumentazione rileva un miglioramento della qualità dell'aria esterna, dell'umidità e della temperatura e la riduzione del deflusso delle acque piovane nell'infrastruttura fognaria di Long Island City in sofferenza.

Sperimentazione e monitoraggio sono due tappe necessarie per testare una teoria prima di applicarla su larga scala: divenuto pratica corrente l'inverdimento dei tetti ha finito per conformare una seconda natura sugli edifici di tutta New York City e, non ultimo, per costituire una buona pratica da replicare in ambito internazionale; per Sejong, la nuova città governativa della Corea del Sud, Balmori ha ulteriormente sviluppato il progetto dei tetti verdi assegnandogli un importante ruolo come spazio urbano aperto ed elemento di connessione.

L'ultimo caso studio è GrowOnUs (2015), progetto del Bal/Lab; si tratta di un paesaggio galleggiante con una chiara funzione ecologica che agisce come spugna per filtrare e pulire l'acqua nel Gowanus Canal di Brooklyn, uno dei canali più inquinati degli Stati Uniti (Fig. 8). Tra agosto e settembre 2015 Balmori Associates ha progettato, realizzato e installato un giardino galleggiante di 4,3 x 3 x 3 metri; il progetto ha trasformato in fiorente le condutture metalliche dell'impianto fognario, le stesse che vengono utilizzate per trasportare le acque grigie e quelle piovane nel canale durante le piogge intense. Ciascuna di queste condutture ospita diverse specie vegetali (più di 30 piante selezionate per la fitodepurazione, la creazione di habitat e la produzione di tinture naturali) ed è dotata di differenti sistemi di trattamento dell'acqua tra cui la fitodepurazione e la desalinizzazione.

GrowOnUs è costruito con un'ampia varietà di materiali 'galleggianti' tra cui fibre di cocco, bambù, micelio e plastica da riuso (Figg. 9-11), si configura come un laboratorio sperimentale all'aperto capace di rispondere contemporaneamente alle necessità di uno spazio pubblico di qualità e di un habitat per la fauna in continua evoluzione. Il giardino galleggiante è un'espressione tangibile delle ecologie urbane emergenti e un esempio di come i progetti sperimentali possono contribuire a plasmare, migliorandola, la città (Fig. 12).

La filosofia di Balmori Associates | Lo Studio ha evidenziato in più occasioni quanto l'Architet-



Figg. 4, 5 | Long Island Green City (2002): Collage of green as infrastructure; Diagram of the proposal (credits: Balmori Associates; photo: M. Dye).

tura del Paesaggio sia una disciplina critica e quale debba essere la sua rilevanza in un mondo caratterizzato da una urbanizzazione rapida e spesso indiscriminata: essa è infatti essenziale per conformare paesaggi e spazi pubblici polifunzionali, resilienti, vivibili e sostenibili e per superare la diffusa prassi dell'inverdimento con finalità esclusivamente estetiche, ma è anche cruciale per mitigare gli effetti del cambiamento climatico e dell'azione antropica sul nostro Pianeta. Una tale visione è riportata nel volume A Landscape Manifesto (Balmori, 2010) e in particolare nel:

– Manifesto 3) «All things in nature are constantly changing; landscape artists need to design to allow for change, while seeking a new course that enhances the coexistence of humans with the rest of nature»;

– Manifesto 14) «Landscape artists can reveal the forces of nature underlying cities, creating a new urban identity from them»;

– Manifesto 21) – «Landscape can bridge the line between ourselves and other parts of nature, between ourselves and a river»;

– Manifesto 25) – «We must put the twenty-first-century city in nature rather than put nature in the city; to put a city in nature will mean using engineered systems that function as those in nature and deriving form from them».

È possibile riassumere la filosofia dello Studio attraverso una serie di parole chiave: consapevolezza, infrastrutture verdi, impatto ambientale, sperimentazione, tecnologie innovative, monitoraggio. Il primo principio fondante dei progetti del Balmori Associates è la 'consapevolezza', ritenuta un elemento strategico per un futuro migliore. Un modo per acquisirla è valutare l'impatto dei progetti sull'ecosistema circostante: lo Studio progetta in armonia con i sistemi naturali promuovendo così la biodiversità, ad esempio prevedendo specie vegetali autoctone che si adattano meglio all'ambiente locale o l'uso del *Trifolium* nei prati per ridurre l'uso di fertilizzanti chimici. Ma la 'consapevolezza' va anche promossa educando le comunità, i committenti e i collaboratori sulla indivisibilità degli elementi di un paesaggio (suolo, aria, acqua, microclima, flora, fauna selvatica e persone) e su come non sia possibile mantenere in salute l'intero sistema se anche uno solo di questi elementi è ignorato.

Balmori Associates ha una visione chiara su come raggiungere la sostenibilità ambientale dei

suoi interventi attraverso le due strategie di progettazione a basso impatto e di progettazione rigenerativa a basso impatto, che mirano a ridurre i potenziali effetti dannosi dell'intervento sull'ambiente; nello specifico quella rigenerativa mira a migliorare la salute e la resilienza degli ecosistemi compromessi, integrando i sistemi edilizi esistenti nel paesaggio. Entrambe le strategie assegnano un ruolo importante allo spazio pubblico e aperto, necessario per promuovere nella comunità un forte senso di appartenenza al luogo e dare un'impronta ecologica.

Le 'infrastrutture verdi' sono ritenute strategie che non solo perché forniscono servizi che invitano le comunità all'interazione ma anche perché contribuiscono a connotare l'intervento attraverso le più recenti tecnologie e le scienze naturalistiche che garantiscono rispettivamente longevità alla realizzazione e biodiversità riducendo al minimo gli impatti ambientali indesiderati. Per Balmori Associates paesaggio, architettura e infrastrutture quindi non sono più viste come entità separate ma costituiscono un sistema dall'alto potenziale che può contribuire a risolvere la questione ambientale, conformare nuove soluzioni spaziali e sviluppare tecniche innovative.

Rispetto al tema dell'innovazione Balmori Associates fa riferimento al Bal/Lab, una sezione che Lafaurie-Debany ha coordinato fin dalla sua istituzione: in questi incubatori di idee, in continua evoluzione e di natura ludica, si elaborano soluzioni innovative e sperimentali spesso testate e trasferite in progetti dello Studio mentre altre volte diventano progetti a sé. Anche gli strumenti informatici hanno costituito un campo di sperimentazione rivoluzionando il modo in cui i progettisti si avvicinano alla pianificazione, al progetto e alla comunicazione; lo Studio utilizza il CAD, ma anche e soprattutto i software BIM, sebbene ancora poco diffusi per l'architettura del paesaggio, e Rhinoceros 3D non solo per analizzare lo spazio, i suoi elementi e le relative prestazioni nelle loro molteplici dimensioni ma soprattutto per prendere decisioni informate sull'intero paesaggio ottimizzando sostenibilità ed efficienza ecologica.

Tecnologie innovative sono anche quelle che lo Studio impiega per la raccolta e l'analisi dei dati durante le attività di ricerca sperimentale e per monitorare le sue realizzazioni. Valga come esempio il sistema d'irrigazione intelligente con sensori per raccogliere dati sull'umidità del suolo e, tra-

mite connessione internet, acquisire informazioni sulle condizioni meteorologiche per stabilire quando e quanto innaffiare le piante, ottimizzando così l'uso dell'acqua. Le potenzialità della smart city possono quindi essere trasferite alla progettazione del paesaggio per rendere gli interventi più efficienti, connessi e sostenibili attraverso l'analisi dei dati o l'impiego di tecnologie come l'IoT e la IA, ottimizzando le risorse naturali non rinnovabili, migliorando i servizi pubblici e promuovendo l'innovazione.

Conclusioni | Secondo Balmori Associates la collaborazione è cruciale per la realizzazione di paesaggi di successo: lo Studio ritiene che l'Architettura del Paesaggio sia una disciplina che richiede il contributo di diverse professionalità (architetti, ingegneri, agronomi, botanici, artisti ed esperti di mobilità) il cui lavoro sinergico può creare paesaggi non solo belli ma anche funzionali, sostenibili e resilienti e favorire la sperimentazione di nuovi materiali. È il caso della pavimentazione del Parco Campa de los Ingleses a Bilbao (Spagna) che, sviluppata in collaborazione con l'Università di Granada e realizzata interamente con scarti industriali, contiene un additivo chiamato GeoSilex® capace di stoccare la CO₂ o del più recente progetto sviluppato in Medio Oriente, in collaborazione con un docente dell'Università di Yale, che studia materiali intelligenti basati su un idrogel per la stampa 3D. con la collaborazione della Yale University, nel quale si stanno sperimentando materiali intelligenti a base di un idrogel da stampare in 3D. Innovazioni di questo tipo possono essere certamente utili per fronteggiare diverse criticità ambientali ma non possono prescindere dal ricorso anche a pratiche vernacolari radicate nella cultura e nelle tradizioni locali, come nel citato caso del giardino galleggiante.⁴

Quando si parla di sostenibilità e di prefigurare gli scenari su come la stessa sarà in grado di modellare le nostre città è impossibile non menzionare il Rebuilt by Design, un concorso di progettazione bandito dalla Hurricane Sandy Rebuilding Task Force governativa per la ricostruzione a seguito dei danni causati dall'uragano Sandy nel nord-est degli Stati Uniti, il cui obiettivo è acquisire progetti innovativi finalizzati a proteggere le comunità locali da eventi futuri simili e a migliorare le condizioni di vita delle comunità colpite; tra queste la Hoboken del New Jersey, particolarmente vul-

nerabile alle inondazioni dovute alle alte maree e agli allagamenti causati dall'inefficienza del sistema fognario durante i periodi di piovosità eccezionale e dall'aumento delle superfici impermeabili generate da un incontrollato sviluppo urbano. I progetti vincitori presentano alcune delle migliori pratiche di gestione dell'acqua sperimentate nell'ultimo decennio, distinguendosi per la composizione del gruppo multidisciplinare e per le soluzioni transcalari proposte, capaci di superare il concetto di limite/confine e di aprire a una visione del progetto come insieme di sistemi e processi interconnessi (Figg. 13-16). Tuttavia scala e confini arbitrari rappresentano una sfida significativa per la sostenibilità con cui l'Architettura del Paesaggio deve confrontarsi e mentre Balmori Associates propone approcci globali e prende in esame un contesto geografico e sociale più ampio possibile, la realizzazione del progetto è limitata a un'area piuttosto ridotta.

Per oltre trent'anni i progetti di Balmori Associates si sono dedicati a risolvere le criticità generate dall'acqua e a migliorare le condizioni di vita delle comunità urbane o delle aziende. Alcuni dei progetti degni di nota sono il Beale Street Landing Park a Memphis (2015), il Master Plan Abandoibarra di 30 ettari a Bilbao (1997-2016) e il citato Stormwater Park nel sobborgo di Minneapolis, ma altri come quello presentato per il concorso Rebuild by Design Store Resist Delay Discharge per Hoboken (2015), il Piano di 14 ettari per l'East Lake City Urban Ecological Park a Dong Mai (2021-2022; redatto con The Collaborative Architecture Lab di Gabriel Calatrava) e The Aspinwall Riverfront Park a Pittsburgh che si sviluppa lungo 2,4 Km (2018-2020 e in fase di realizzazione) sono forse i lavori che meglio esprimono un nuovo approccio alla rigenerazione di una città attraverso l'Architettura del Paesaggio (Figg. 17-19).

Diverse sono le strategie messe in campo a seconda delle specificità dei luoghi di intervento: in prossimità dei waterfront sono previsti nuovi parchi e bioswales che filtrano l'acqua piovana prima che entri nel sistema fognario; nelle zone più

interne vengono impiegate cisterne, bacini di ritenzione e aree depresse e umide che raccolgono l'acqua piovana in eccesso che il sistema fognario non riesce a smaltire. Per Balmori Associates l'elemento innovativo di un progetto non è rintracciabile nelle particolari soluzioni tecnologiche che gli architetti del paesaggio e gli ingegneri idrici hanno sviluppato negli ultimi 15 anni per fronteggiare inondazioni e mareggiate, quanto piuttosto nell'integrazione dei vari sistemi adottati che fanno capo all'idrologia, all'ingegneria ambientale, alla botanica e all'architettura per strutturare linee guida di supporto alle politiche urbane e fronteggiare il ripetersi di eventi calamitosi ed eccezionali.

Diana Balmori ha sempre difeso la 'sincerità estetica', puntando sulla sinergia tra bellezza e sostenibilità; la bellezza ha un ruolo importante nel coinvolgimento dell'utente ed è fondamentale per generare in lui consapevolezza e attivare la partecipazione e, quindi, garantire il successo di un progetto: per la fondatrice del Balmori Associates «[...] aesthetic expertise is needed to enable the transforming relations between humans and the rest of nature to break through into public spaces» (Balmori, 2010, p. 29). In questo senso la Balmori ha inteso l'Architettura del Paesaggio come una forma d'arte che cerca di instaurare connessioni emotive tra l'uomo e la natura e fornire un'esperienza inedita, unica e memorabile dello spazio all'utente piuttosto che realizzare una semplice scena in cui posizionare oggetti. Una tale visione della bellezza ha caratterizzato tutta la produzione dello Studio, sia i progetti che le sperimentazioni, svolgendo un importante ruolo nella prefigurazione di scenari desiderabili per le città del futuro. La speranza è che il 'ministry of all living things' immaginato da Balmori Associates diventi presto realtà.

Each period in history has had its own battles to fight, its own transitions to operate, its own limits to overcome and its own challenges to face. After

several decades of neglecting the city-nature relationship and cementing natural soils, we are faced with the need to reconsider the relationship between the built and natural elements (especially water, land and air), between landscape and architecture. It is well known that about 75% of the surface of our cities is paved, with materials that limit soil permeability and generate heat islands, and that by 2050 more than 68% of the world's population will live in cities which already consume 75% of our Planet's non-renewable resources, even though they cover only 3 per cent of the Earth's surface (UN, 2019); figures that are already alarming, but nothing compared to other estimates that predict a demand for 230 billion square meters of new construction by 2060, which would be equivalent to adding an area equal to that of Japan to the Planet every year until 2060 (UN Environment and IEA, 2017).

If the aforementioned predictions can pose a serious threat to biodiversity, climate, and the principle of equity (for the most vulnerable), only an 'integrated' reading of them can prompt us with solicitude to revisit the relationship between humans and nature and curb the growth model based on urbanisation and indiscriminate land occupation. Ironically, cities are often seen as the solution to the climate and environmental change rather than their main cause to which a practice based on the opposition between artificial and natural contributes (Scalisi and Ness, 2020).

The way we have viewed nature has steadily evolved over time; at first, nature was understood as the material world itself (Williams, 1988), later a picturesque and romantic view of static and unchanging nature took shape from which society was to learn for its own construction; this view, which prevailed until the mid-twentieth century and resulted in a clear separation between man and nature, is overcome with Darwin's Theory of Natural Selection (Eiseley, 1959).

Ernst Haeckel, who helped to develop and establish Darwinian theory, argued that evolution is a universal phenomenon referable as much to in-



Fig. 6, 7 | Silvercup Studios (2005): Aerial view; Planting detail with fabric (credits Balmori Associates; photos: M. Dye).



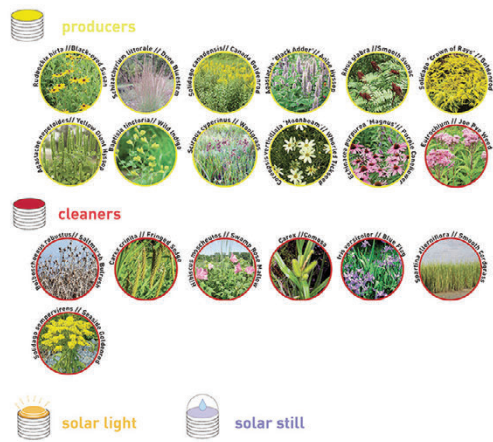
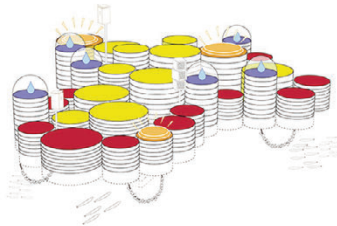
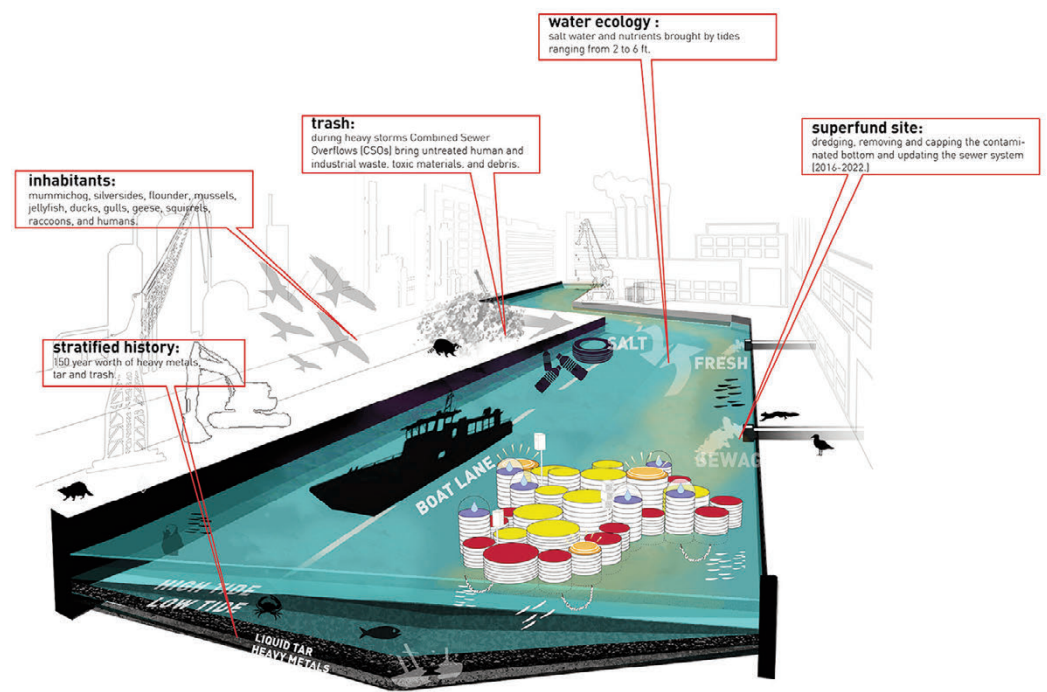


Fig. 8-11 | GrowOnUs (2015): Picture of launch; Diagram of site conditions; Diagram of elements; Drawing of possible aggregations (credits: Balmori Associates).



organic matter as to humans (Levit and Hossfeld, 2017); in the first part of the first volume *Generelle Morphologie*, Haeckel first describes the main goal of Morphology by identifying it not in a mere description of organic forms, but in the study of the 'laws of nature' and then formulates a set of 'natural laws' for 'living and inert natural bodies on Earth' (Levit and Hossfeld, 2019); this natural science is divided (in a very broad sense) into physics or 'dynamics' on the one hand, and morphology or 'statics' on the other, starting from the observation that every natural body is in a state of equilibrium or a state of change/movement.

In 1866 Haeckel coined the term 'ecology' again making humans part of nature (Balmori, 2010) and setting the stage for the science to be developed from the 1940s to the 1960s: he consolidates the assumption that nature is a collection of related species, each embodied in a biotope (Balmori, 2010) in stable equilibrium. It is only after several years that a new idea of 'changeable' nature matures, leaving room for external factors, and its implications with respect to environmental sustainability begin to be evaluated, while there is

an increasing tendency to dissociate it from aesthetics, perceived by scientists as something to be avoided, a human whim that deforms the natural (Balmori, 2010). However, the pursuit of beauty is considered an important aspect of sustainability, as stated in the manifesto of the New European Bauhaus (Scalisi and Ness, 2020), and this is where the role of landscape becomes essential: «[...] landscape design is the art that engages with all aspects of a sustainable world: elemental forces, materials, humans, and other living beings» (Balmori, 2010, p. 11), to make the experience of sustainability pleasant and desirable by employing principles, technologies, and forms with aesthetic values (Dal Falco, Veneziano and Carlomagno, 2022).

In 1987 the Brundtland Commission of the United Nations (UN, 1987) recommended the transition to sustainable development, defining sustainability as growth capable of meeting 'the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs'¹. To bring about the desired change in our society, the ecological transition cannot be sepa-

rated from a process of technological innovation that meets stringent environmental sustainability criteria. The term 'ecological transition' first appeared in the 1972 Meadows Report in which it emphasised the need for a 'transition from a growth model to one of global equilibrium' and highlighted the ecological risks induced by 'unlimited' economic and population growth (Meadows et alii, 1972; Perchinunno et alii, 2023).

Today, nature is perceived as multifaceted – 'changed over time due to our actions, thoughts, and art' (Balmori, 2010) – and capable of establishing intimate relationships between humans and other living systems to vigorously regenerate our cities (Xing, Jones and Donnison, 2017) and drive toward a more efficient, inclusive and sustainable model of growth and management of non-renewable resources (Favre et alii, 2017). The greenness of our urban landscapes, as Gausa (2022) states, is a relational, complex, dynamic and diverse scenario, an active and responsive surface that constitutes a genuine structuring potential for the cities of the future, and no longer a mere 'category' or 'topic': «Architecture and landscape, landscape

and architecture, would confirm new hybrid contracts with nature through two categories long estranged and now in synergy» (Gausa, 2022, p. 16); this leads to a more programmatic definition of landscape and its leading role on the urban scene, as the concept of nature becomes increasingly hybrid, fluid, synthetic and/or biological, and the city becomes more and more an environmental and meso-environmental system (D'Arienzo and Younés, 2018).

However, although such an approach has already been referred to by some sustainability practitioners who have tried to 'mimic' the functioning of natural elements in cities, today we can no longer disregard retrieving the good practices of these pioneers and turning them into practices, contextually assessing how we are acting to cope with the climate emergency and adopting a more scientific approach based on numbers and data to support actions and combat denialism.

Within the current scholarly debate, which promotes a vision of the environment in which humans are 'a part' of the ecosystem, the paper will present the work of landscape architect Diana Balmori and Balmori Associates and specifically those more visionary and innovative projects based on research activities and sensitive approaches to environmental sustainability that have made the Firm a pioneer in combating climate change and creating more liveable cities. The three case studies (Prairie Waterway, Long Island Green City and Silvercup Studios, GrowOnUs) that will be illustrated demonstrate the Firm's long experience in 'nature-based solutions' gained since 1996, even before the term was coined, and give insight into how new urban ecologies have evolved over time. The three projects will highlight the importance of pilot projects for sustainable landscapes and of the relationships between theoretical and experimental research, between scientific data collection and their use to measure the benefits of the solutions adopted; finally, it will be illustrated how the Firm addresses the ecological transition and characterises its production in terms of sustainability, in the broadest sense of the term.

Diana Balmori | Diana Balmori and Balmori Associates can be considered pioneers whose output is based on the concept of nature as an infrastructure that organises and articulates the built environment, and on the use of engineered systems that mimic its functioning. With a long and prolific professional career, Diana Balmori has also been a pioneer in quantifying the benefits, usually assessed with the support of universities, generated by her projects. This scientific approach to the landscape has produced innovative solutions that should be taken as a reference in addressing the current climate emergency and ecological transition.

After founding Pelli Associates with Cesar Pelli and Fred Clarke in 1977, where she coordinated numerous urban plans and landscape architecture projects and collaborated on the construction of various buildings, Diana Balmori opened her own office in 1990, and since then her professional activity has produced numerous projects of different types and scales, in various contexts and different geographical areas. Parallel to a distinguished academic career at Yale University, Diana Balmori created Bal Lab in 2010 with clear exper-

imental aims, a section of Balmori Associates dedicated to interdisciplinary collaborations, lines of research on emerging technologies, conceptual projects, temporary installations, landscape representation techniques, and the production of essays.

Design Principles | Diana Balmori's scholarly production is quite extensive² but her most representative work is certainly *A Landscape Manifesto*, a volume in which the principles and philosophy of the firm's numerous landscape architecture projects developed over more than three decades of professional activity in the national and international arena are reported. Only those foundational and representative elements of the project approach that complement and overlap, integrating at different levels in the various complex projects that Diana Balmori's skilful hand fills with beauty and meaning will be illustrated here: the study of the limit, the search for functional and ecosystemic heterogeneity, connection and continuity, the importance of making public space the true urban protagonist, the creation of 'operational' landscapes and the invention of new ecological forms that help define a new relationship between the 21st-century city and nature.

The study of the limit and its dematerialisation is one of the recurring themes in Diana Balmori's work, both at the theoretical level and in the realisations, and it covers all scales: at the smallest among different materials, at the intermediate scale with a new reading of the enclosure, and at the scale of the territory with the overcoming of geographical limits. For Diana Balmori (2014) 'every landscape comprises a set of interconnected systems' a view this dematerialises the physical limits of her projects by situating them in a much broader geographical context and linking them to very different natural systems; geology, orography, hydrography, and botany mean that a specific area almost completely prescind its administrative limits when viewed through such systems. This comprehensive and inclusive viewpoint has characterised and given high value to Balmori's work whose landscapes are interconnected with the contended in a continuous and mutual exchange that promotes heterogeneity.

Heterogeneity is one of Diana Balmori's most sought-after characteristics in terms of spaces, users, functions and environmental solutions; in relation to the focus of this essay, botanical and ecological variety assumes an important role in promoting a new kind of relationship between city and nature since a great heterogeneity of plant elements recalls an equally great heterogeneity of faunal presences. In this sense, some intervention solutions inherited from the past, such as the meadow³ or hedges, are valued differently since nature rarely takes strictly homogeneous forms. The greater the biodiversity, the greater the 'natural' richness that characterises ecotones, the areas where two systems manage to hybridise; ecotones can redefine the concept of boundary no longer as a line but as a strip, a porous and 'thick' functional line that activates the relationship between different entities.

For Diana Balmori, nature has always been the model to follow, overcoming the traditional 18th- and 19th-century view according to which nature could be inserted into the urban sphere as mere

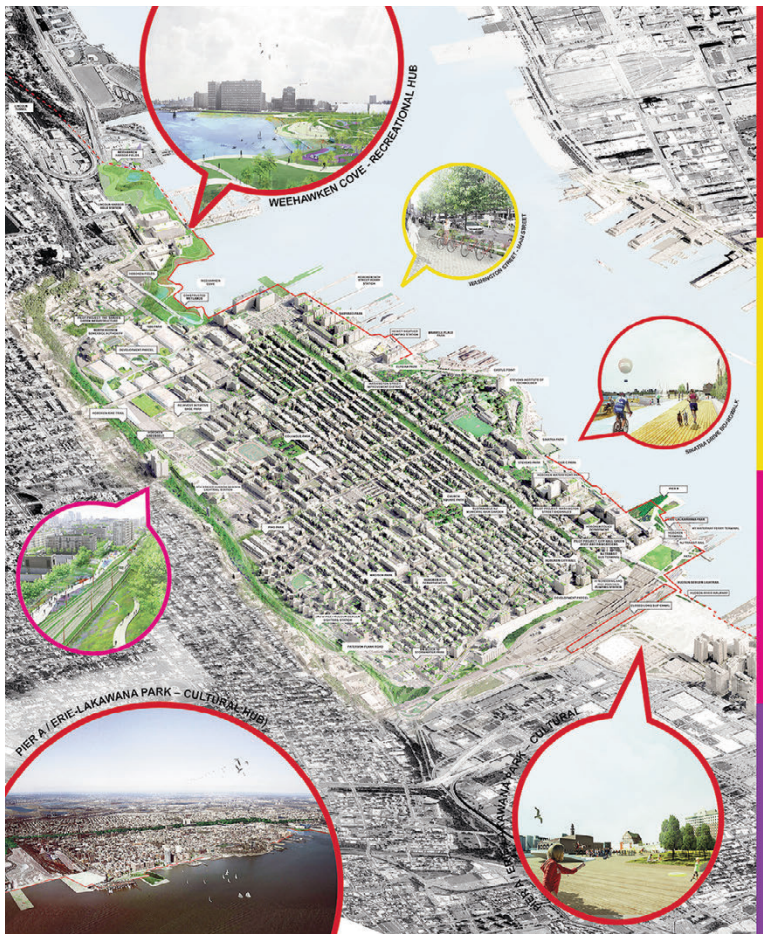
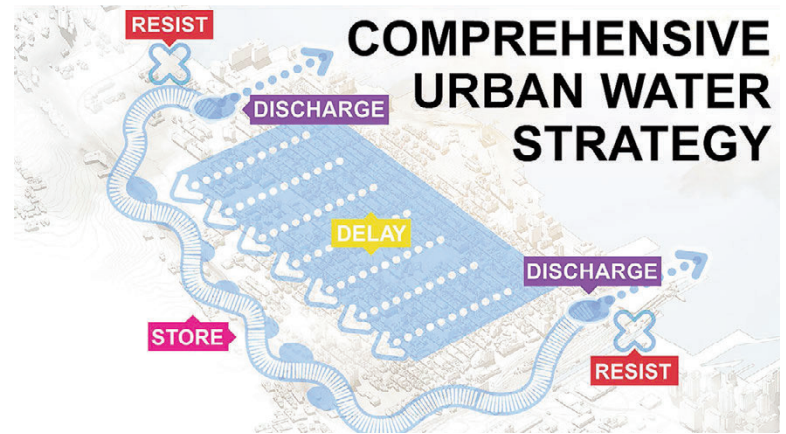
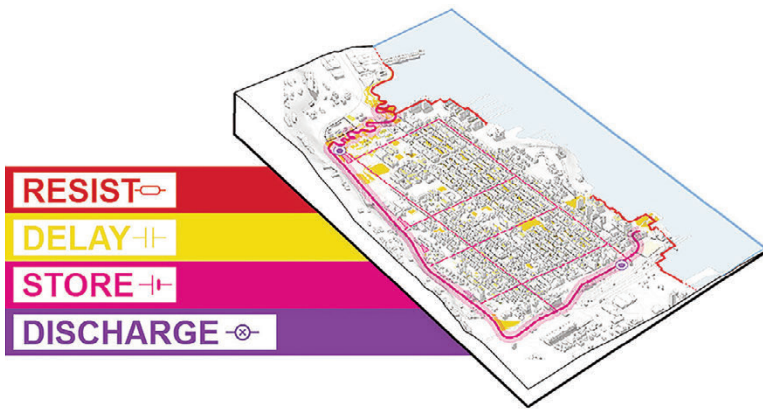


Fig. 12 | GrowOnUs (2015): Picture of a device (credit: Balmori Associates).

tiles in a scattered order and independent of each other: in order to break out of this condition of 'isolation' and become the guiding thread in reading the city, Balmori borrows the ecological patterns existing in nature by making them become the infrastructure of cities, in other words, she builds the city in nature rather than inserting nature into cities. Landscape and public space take on the role of major players in the urban scene, not only as a use but as a principle governing city planning. With an appropriate system of green public spaces, the intended use of buildings does not affect the quality of urban life, the idea of a static city in which large landmarks are present is overcome, and nature's ability to evolve over time makes the landscape an ever-changing entity, presenting itself as new to users from time to time.

Case Studies | Some of Balmori Associates' projects are emblematic of a landscape design focused on seeking interaction with nature for sustainable solutions. The first project, drafted in collaboration with the Design Center for American Landscape at the University of Minnesota, is *Prairie Waterway* (1996) in Farmington, a suburb of Minneapolis where the Sienna Development Corporation had planned to build about 500 homes on a flat area with a high water table that had caused frequent flooding and poured large amounts of stormwater into nearby rivers; these critical issues would have been compounded by those generated by the construction of the project and its new impervious surfaces, roads, parking lots and roofs. Balmori's proposal came soon after the great floods of 1993 and for this reason, the Administration was interested in considering alternative solutions to traditional drainage pipes. The success of the *Prairie Waterway* project was demonstrated after the 1998 and 2001 floods when the Mississippi River remained above its water table for over three months.

The landscape design aimed to solve these natural human-caused ecological problems by propos-



OMA AMO HRA Royal HaskoningDHV EFLUORE

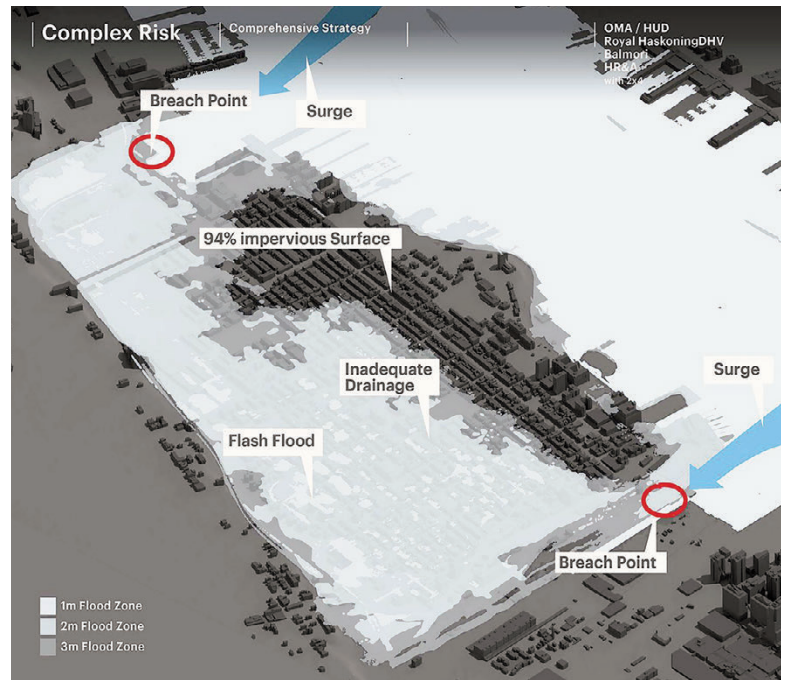


Fig. 13, 14 | Hoboken (2015): Diagram of comprehensive strategy; Masterplan (credits: Balmori Associates).

Fig. 15, 16 | Hoboken (2015): Diagram of comprehensive urban water strategy; Diagram of flood areas (credits: Balmori Associates).

ing an open-air water drainage system to replace the traditional underground pipes that violently flow into nearby streams, eroding riverbanks, leaving rocky beds, and damaging plant and aquatic life. In this case, excess runoff water is channelled into a system of small, connected ponds, areas planted with vegetation that absorb and filter rainwater. Efforts were also made to correct some layout configurations like the width of paved roads, shorter driveways near roads to reduce imperviousness, the addition of bioswales in planted median on all major axis or the creation of slightly depressed communal spaces in the centre of the blocks to collect water in early spring; water that will be absorbed by the trees (specific to wetlands), and then lost through evapotranspiration. Each portion of the park with a stream area is a vegetation unit with distinct native plantings (Fig. 1-3).

The success of the project was such that the second phase of implementation was completed five years ahead of schedule, although lack of funds limited planting by delaying for about 10 years the planting of willows, hackberry, plum and ash trees that now populate the area. Nicknamed Park Place by residents, the area has become an integral part of the community, a local infrastructure for public enjoyment of extensive lawns, playgrounds, and bicycle and pedestrian paths, whose wetlands have fostered the creation of suitable habitat for the region's wildlife and local biodiversity in general. Balmori Associates thus created a landscape made of natural systems, a 'productive park' that set the standard for responsible suburban development.

During the design phase, two alternative proposals for retention ponds were presented to the

city and the Sienna Development Corporation: while the first scheme is characterised by more organic forms, the second proposes a series of geometric ponds in imitation of cranberry harvesting; the first scheme was chosen for its more naturalistic attributes, although both interventions had the same degree of artificiality. Diana Balmori, who always preferred the second scheme as a matter of 'formal sincerity,' often invited us to reflect that the preference for a more 'organic' form should prompt us to rethink our romantic perception of the landscape. Beyond the solution chosen, being able to realise such an innovative drainage system for the time was already a victory for Balmori Associates.

The second project, which features green roofs, highlights the potential of landscape as infrastructure and the importance of scientific data

collection through monitoring actions. Balmori Associates' proposal for Long Island Green City (2006) is initiated in Bal/Lab and presented at a lecture given by Diana Balmori in June 2002 titled Green Case Studies in New York City. The Long Island of the period offers a conducive terrain for experimentation because it is culturally active thanks to Moma PS1 and Queens Plaza Arts and Development, but also because of the widespread presence of low, flat-roofed industrial buildings (about 110 hectares in total) and an extensive railroad network whose bridges provide a vantage point for observation of the green 'fifth enclosure'.

While the benefits produced by green roofs are already evident for the individual building, their deployment throughout Long Island City results in a true urban infrastructure with tangible benefits for the city and public health, an 'ecological network' that, in synergy with other urban infrastructure, contributes to the development of economic and environmental protection strategies (Fig. 4, 5). The project is made possible by a public-private partnership between Balmori Associates, Silvercup Studios, Long Island City Business Development Corporation (LICBDC), and Clean Air Communities.

Balmori Associates in its projects has always taken into account the effects that increasing urban population brings about on the environment: paved surfaces multiply (from 10% of natural areas to 75-100% of urbanised areas), temperatures increase due to heat islands, and additional needs for rainwater regimentation arise, especially when exceptional rainfall puts the sewage system in crisis. In 2005, to counter these effects, the Silvercup Studio designs New York City's first large green roof monitored for scientific data collection; over the next decade, the same intervention was replicated several times in Long Island City by creating the 'ecological network' mentioned earlier and promoting smart urban infrastructure and a new landscape typology to be developed in phases.

The project includes about 3,250 square meters of extensive planting and twenty different varieties of sedum, with shades of green and different leaf textures planted in square containers that, when combined, generate larger geometric figures with varied colours: the perceived image constantly changes as the sedums bloom in shades of yellow, red and pink at different times from spring to fall (Fig. 6, 7).

For the first time in New York City, Balmori Associates activates monitoring of the intervention with data collection to quantify its benefits. With the support of EarthPledge, a nonprofit organisation that evaluates and promotes technologies best suited for project sustainability, a research station in both vegetated and man-made modules is installed on the roof of the Silvercup Studio and a weather station is set up to survey environmental conditions. The data, collected from December 2005 to December 2006 and analysed with the help of Dr Robert D. Berghage of Pennsylvania State University and Christopher Wark of Green Roof Innovations / SHADE Consulting LLC, confirm the expected benefits of the project: in addition to mitigating landscape impacts, increasing rooftop energy efficiency, and aiding in the storage of carbon dioxide and other air pollutants, the instrumentation detects improved outdoor air quality, humidity and temperature, and

reduced stormwater runoff into Long Island City's failing sewer infrastructure.

Experimentation and monitoring are two necessary steps to test a theory before applying it on a large scale: having become current practice, greening roofs ended up conforming to a second nature on buildings throughout New York City and, not least, constituting a good practice to be replicated internationally; for Sejong, South Korea's new governmental city, Balmori further developed the green roof design by assigning it an important role as an urban open space and connecting element.

The latest case study is GrowOnUs (2015), a project by Bal/Lab; it is a floating landscape with a clear ecological function that acts as a sponge to filter and clean water in Brooklyn's Gowanus Canal, one of the most polluted canals in the United States (Fig. 8). Between August and September 2015, Balmori Associates designed, fabricated and installed a floating garden measuring 4.3 x 3 x 3 meters; the project transformed the sewer system's metal pipes, the same pipes that are used to transport graywater and rainwater into the canal during heavy rains, into planters. Each of these pipes houses different plant species (more than 30 plants selected for phyto-purification, habitat creation and natural dye production) and is equipped with different water treatment systems including phyto-purification and desalination.

GrowOnUs is constructed with a wide variety of 'floating' materials including coconut fibres, bamboo, mycelium, and reusable plastic (Fig. 9-11), it is configured as an outdoor experimental laboratory capable of simultaneously meeting the needs of quality public space and an evolving wildlife habitat. The floating garden is a tangible expression of emerging urban ecologies and an example of how experimental projects can help shape, and improve, the city (Fig. 12).

The philosophy of Balmori Associates | The Firm has highlighted on several occasions how Landscape Architecture is a critical discipline and what its relevance should be in a world characterised by rapid and often indiscriminate urbanisation: indeed, it is essential to conform multifunctional, resilient, liveable and sustainable landscapes and public spaces and to overcome the widespread practice of greening for purely aesthetic purposes, but it is also crucial to mitigate the effects of climate change and anthropogenic action on our Planet. Such a vision is reported in the volume A Landscape Manifesto (Balmori, 2010) and in particular in:

- Manifesto 3) «All things in nature are constantly changing; landscape artists need to design to allow for change, while seeking a new course that enhances the coexistence of humans with the rest of nature».
- Manifesto 14) «Landscape artists can reveal the forces of nature underlying cities, creating a new urban identity from them».
- Manifesto 21) «Landscape can bridge the line between ourselves and other parts of nature, between ourselves and a river».
- Manifesto 25) «We must put the twenty-first-century city in nature rather than put nature in the city; to put a city in nature will mean using engineered systems that function as those in nature and deriving form from them».

It is possible to summarise the Firm's philosophy through a number of keywords: awareness, green infrastructure, environmental impact, experimentation, innovative technologies, and monitoring. The first founding principle of Balmori Associates' projects is 'awareness,' considered a strategic element for a better future. One way to acquire it is to assess the impact of projects on the surrounding ecosystem: the Firm designs in harmony with natural systems thus promoting biodiversity, for example by providing for native plant species that are better adapted to the local environment or the use of Trifolium in lawns to reduce the use of chemical fertilisers. But 'awareness' should also be promoted by educating communities, developers and collaborators about the indivisibility of the elements of a landscape (soil, air, water, microclimate, flora, wildlife and people) and how it is not possible to keep the whole system healthy if even one of these elements is ignored.

Balmori Associates has a clear vision of how to achieve environmental sustainability of its interventions through the two strategies of low-impact design and low-impact regenerative design, which aim to reduce the potential harmful effects of the intervention on the environment; specifically, the regenerative one aims to improve the health and resilience of compromised ecosystems by integrating existing building systems into the landscape. Both strategies assign an important role to public and open space, which is necessary to foster in the community a strong sense of place and give an ecological footprint.

'Green infrastructure' is considered strategic not only because it provides services that invite communities to interact but also because it helps to connote the intervention through the latest technologies and wildlife science that ensure longevity to the realisation and biodiversity, respectively, while minimizing unwanted environmental impacts. For Balmori Associates landscape, architecture and infrastructure are therefore no longer seen as separate entities but constitute a system with high potential that can help solve the environmental issue, conform new spatial solutions and develop innovative techniques.

With respect to the theme of innovation, Balmori Associates refers to the Bal/Lab, a section that Lafaurie-Debany has coordinated since its inception: in these constantly evolving and playful incubators of ideas, innovative and experimental solutions are developed that are often tested and transferred to the Firm's projects while at other times become projects in their own right. Information technology tools have also been a field of experimentation, revolutionizing the way designers approach planning, design and communication; the Office uses CAD, but also and especially BIM software, although still not widely used for landscape architecture, and Rhinoceros 3D not only to analyse space, its elements and related performance in their multiple dimensions but especially to make informed decisions about the entire landscape optimizing its sustainability and ecological efficiency.

Innovative technologies are also what the Firm employs to collect and analyse data during experimental research activities and to monitor its achievements. The smart irrigation system with sensors to collect data on soil moisture and, via an Internet connection, acquire information on weather con-



ditions to determine when and how much to water plants, thus optimizing water use, is a good example. The potential of the smart city can then be transferred to landscape design to make interventions more efficient, connected and sustainable through data analytics or the use of technologies such as IoT and AI, optimizing non-renewable natural resources, improving public services and promoting innovation.

Conclusions | According to Balmori Associates, collaboration is crucial to the creation of successful landscapes: the Firm believes that Landscape Architecture is a discipline that requires the contribution of different professionals (architects, engineers, agronomists, botanists, artists, and mobility experts) whose synergistic work can create landscapes that are not only beautiful but also functional, sustainable, and resilient, and encourage experimentation with new materials. This is the case of the paving of the Campa de los Ingleses Park in Bilbao (Spain), which, developed in collaboration with the University of Granada and made entirely from industrial waste, contains an additive called GeoSilex[®] capable of storing CO₂ or the more recent project developed in the Middle East, with the collaboration of a professor from Yale University studying intelligent materials based on a hydrogel are being tested for 3D printing. Innovations of this kind can certainly be useful in dealing with various critical environmental issues, but they cannot be separated from the use also of vernacular practices rooted in local culture and traditions, as in the aforementioned case of the floating garden.⁴

When talking about the real challenges in sustainability and attempting to predict how it will shape our cities, it is impossible not to mention Rebuilt by Design, organised by the Hurricane Sandy Rebuilding Task Force, is a large design competition aiming to develop innovative projects that protect and enhance communities affected by Hurricane Sandy that impacted the Northeast of the US in 2012. One such community is Hoboken, New Jersey, which is vulnerable to both flash floods and storm surges due to traditional stormwater management, increased impervious surfaces from development, and climate change. The different winning solutions presented some of the best water management practices of the last decade, a new way of developing multidisciplinary teams and trans-scalar solutions, which can no longer be defined by a perimeter but rather as a group of interrelated systems and processes (Fig. 13-16). Scale and arbitrary boundaries pose a significant challenge to sustainability in landscape design. While the Firm aims to develop comprehensive approaches and begin its projects by analysing the larger geographical and social context they are working in, the design will ultimately be implemented on a limited site.

For over 30 years, Balmori Associates' projects have focused on solving critical issues generated by water and improving the living conditions of urban communities or businesses. Some

Fig. 17-19 | Dong Mai in Vietnam (2022): Master plan for East Lake City Urban Ecological Park; Collage of Iris collection area; Collage of marsh area (credits: Balmori Associates).

of the noteworthy projects are the Beale Street Landing Park in Memphis (2015), the 30-hectare Abandoibarra Master Plan in Bilbao (1997-2016), and the aforementioned Stormwater Park in the suburb of Minneapolis, but others such as the one submitted for the Rebuild by Design Store Resist Delay Discharge competition for Hoboken (2015), the 14-hectare Plan for the East Lake City Urban Ecological Park in Dong Mai (2021-2022; in collaboration with Gabriel Calatrava's The Collaborative Architecture Lab), and the 2.4 kilometer long The Aspinwall Riverfront Park in Pittsburgh (2018-2020 and under construction) are perhaps the works that best express a new approach to regenerating a city through Landscape Architecture (Figg. 17-19).

Different strategies are deployed depending on the specifics of the intervention sites: new parks and bio-swales are planned near waterfronts that filter rainwater before it enters the sewer system; cisterns, retention basins, and constructed wet-

lands are used in more inland areas to collect excess rainwater that the sewer system cannot dispose of. For Balmori Associates, the innovative element of a project is not to be found in the particular technological solutions that landscape architects and water engineers have developed over the past 15 years to cope with floods and storm surges, but rather in the integration of the various systems adopted that draw on hydrology, environmental engineering, botany and architecture to structure guidelines to support urban policies and cope with the recurrence of calamitous and exceptional events.

Diana Balmori has always defended 'aesthetic sincerity', focusing on the synergy between beauty and sustainability; beauty plays an important role in user engagement and is crucial to generate consciousness and activate user participation and, thus, ensure the success of a project: for the founder of Balmori Associates «[...] aesthetic expertise is needed to enable the transforming relations be-

tween humans and the rest of nature to break through into public spaces» (Balmori, 2010, p. 29). In this sense, Balmori understood Landscape Architecture as an art form that seeks to establish emotional connections between humans and nature and provide an unprecedented, unique and memorable experience of space for the user rather than simply creating a scene in which to place objects. Such a vision of beauty has characterised the Office's entire output, both projects and experiments, playing an important role in pre-figuring desirable scenarios for future cities. The hope is that the 'ministry of all living things' that Balmori Associates envisions will soon become a reality.

Acknowledgements

The text is based on an interview conducted by M. Rabazo Martin with N. Lafaurie-Debany and J. González-Campaña, partners of Balmori Associates. However, the introductory paragraph, 'Diana Balmori', 'Design principles' and 'Works' have to be attributed to M. Rabazo Martin, while 'The philosophy of Balmori Associates' and 'Conclusions' have to be attributed to M. Rabazo Martin, N. Lafaurie-Debany and J. González-Campaña.

Notes

1) For more information see the webpage: un.org/en/academic-impact/sustainability [Accessed 20 May 2023].

2) Diana Balmori's scientific production is quite extensive with important volumes like: *Trails for the Twenty-First Century – Planning, Design, and Management Manual for Multi-Use Trails* (Island Press, 1993); *Saariinen House and Garden – A Total Work of Art* (Abrams, 1995); *Beatrix Farrand's American Landscapes, Her Gardens & Campuses* (Sagapress, 1985); *Transitory Gardens, Uprooted Lives* (Yale University Press, 1993); *Redesigning the American Lawn – A Search for Environmental Harmony* (Yale University Press, 2001); *Just in Time – Mapping in the Age of Digital Media*, *The Yale Symposium* (Wiley Academy, 2003); *Land and Natural Development (LAND) – Code, Guidelines for Sustainable Land Development* (Hoboken, John Wiley & Sons, 2007); *Tra Città e Fiume, Paesaggi, Progetti e Principi* (Bollati Boringhieri, 2009); *A Landscape Manifesto* (Yale University Press, 2010); *Groundwork – Between Landscape and Architecture* (Monacelli Press, 2011); *Drawing and Reinventing Landscape* (Wiley, 2014) and a myriad of essays and other collaborations.

3) The English lawn has an enormous ecological impact, not only in terms of water consumption necessary for its maintenance, but also in terms of pesticides needed for its preservation. The lawn, as a homogeneous and predominant 'crop', is capable of putting an end to the biological richness of large urban and peri-urban areas. To study further, please read *Redesigning the American Law – A Search for Environmental Harmony* (Yale University Press, 1993).

4) Floating landscapes have their roots and inspiration in the Mesoamerican Chinampas: a sort of floating raft covered with vegetable soil dedicated to agriculture in lakes and swamps. Not only did they allow for a fair amount of territorial expansion, but because they were better irrigated and rich in land, chinampas allowed for large harvests (up to three per year) while supporting a dense population.

References

- Balmori, D. (2014), *Drawing and reinventing landscape*, Wiley, Chichester.
- Balmori, D. (2010), *A Landscape Manifesto*, Yale University Press. [Online] Available at: yalebooks.yale.edu/book/9780300156584/a-landscape-manifesto [Accessed 20 May 2023].
- D'Arienzo, R. and Younès, C. (eds) (2018), *Synergies Urbaines – Pour un métabolisme collectif des villes*, Metiss Press, Paris.
- Dal Falco, F., Veneziano, R. and Carlomagno, M. (2022), "Collaborazione tra natura e artificio – Processi simbiotici tra scienze, arti e design | Natural and artificial interaction – Symbiotic processes between science, art and design", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 274-287. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11252022 [Accessed 20 May 2023].
- Eiseley, L. C. (1959), "Charles Darwin, Edward Blyth, and the theory of Natural Selection", in *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 103, issue 1, pp. 94-158. [Online] Available at: [jstor.org/stable/985383](https://www.jstor.org/stable/985383) [Accessed 20 May 2023].
- Faivre, N., Fritz, M., Freitas, T., Boissezon, B. and Vandewoestijne, S. (2017), "Nature-based solutions in the EU – Innovating with nature to address social, economic and environmental problems", in *Environmental Research*, vol. 159, pp. 509-518. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.032 [Accessed 20 May 2023].
- Gausa, M. (2022), "Topologie verdi e paesaggi oltre il paesaggio – 30 anni di ricerche avanzate sulla ibridizzazione del verde | Green topologies and landscapes beyond the land – A 30-years research on green hybridization", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 14-25. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1112022 [Accessed 12 March 2023].
- Levit, G. S. and Hossfeld, U. (2019), "Ernst Haeckel in the history of biology", in *Current Biology Magazine*, vol. 29, issue 24, R1276-R1284. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.cub.2019.10.064 [Accessed 20 May 2023].
- Levit, G. S. and Hossfeld, U. (2017), "Major research traditions in twentieth-century evolutionary biology – The relations of Germany's Darwinism with them", in Delisle, R. (ed.), *The Darwinian Tradition in Context*, Springer Nature, Cham, pp. 169-193. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-319-69123-7_8 [Accessed 20 May 2023].
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. and Behrens III, W. W. (1972), *The limits to Growth – A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*,

UNiverse Books, New York. [Online] Available at: donelameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf [Accessed 20 May 2023].

Perchinunno, P., Massari, A., L'Abbate, S. and Mongelli, L. (2023), "Ecological transition and sustainable development – A multivariate statistical analysis to guide the policies of the national recovery and resilience plan", in *Social Indicators Research | An International and Interdisciplinary Journal for Quality-of-Life Measurement*, pp. 1-15. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s11205-023-03078-w [Accessed 20 May 2023].

Scalisi, F. and Ness, D. (2022), "Simbiosi tra vegetazione e costruito – Un approccio olistico, sistemico e multilivello | Symbiosis of greenery with built form – A holistic, systems, multi-level approach", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 26-39. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1122022 [Accessed 20 May 2023].

UN – United Nations (2019), *World Population Prospects 2019 – Highlights*. [Online] Available at: population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf [Accessed 20 May 2023].

UN – United Nations (1987), *Report of the World Commission on Environment and Development – Our Common Future*. [Online] Available at: sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf [Accessed 20 May 2023].

UN Environment and IEA – International Energy Agency (2017), *Global Status Report 2017 – Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*. [Online] Available at: worldgbc.org/wp-content/uploads/2022/03/UNEP-188_GABC_en-web.pdf [Accessed 20 May 2023].

Williams, R. (1988), *Keywords – A vocabulary of culture and society*, Fourth Estate Ltd. [Online] Available at: [harpercollins.co.uk/products/keywords-a-vocabulary-of-culture-and-society-raymond-williams?variant=40147304513614](https://www.harpercollins.co.uk/products/keywords-a-vocabulary-of-culture-and-society-raymond-williams?variant=40147304513614) [Accessed 20 May 2023].

Xing, Y., Jones, P. and Donnison, I. (2017), "Characterisation of nature-based solutions for the built environment", in *Sustainability*, vol. 9, issue 1, article 149, pp. 1-20. [Online] Available at: [mdpi.com/2071-1050/9/1/149](https://www.mdpi.com/2071-1050/9/1/149) [Accessed 20 May 2023].

ARTICLE INFO

Received	31 January 2023
Revised	14 March 2023
Accepted	10 May 2023
Published	30 June 2023

RISCALDAMENTO GLOBALE E CITTÀ

L'incremento della vegetazione e la progettazione urbana, tra non finito e paesaggio urbano

GLOBAL WARMING AND CITIES

Increasing vegetation and urban planning, between the unfinished and the urban landscape

Andrea Sciascia

ABSTRACT

Il contributo mette a fuoco l'interazione fra la progettazione urbana e le strategie per il contenimento del riscaldamento globale costruendo un ragionamento che partendo dall'eredità del Movimento Moderno, include gli esiti delle ricerche più recenti. Da tale base di partenza scientifica emerge come protagonista la tesi fondata sull'aumento della vegetazione in ambito urbano, come strumento indispensabile alla mitigazione delle temperature. Tale proposta trova, nel corso dell'approfondimento, una verifica sperimentale attraverso alcune concrete esperienze di progettazione che coniugano l'obiettivo ambientale avendo cura, al contempo, della qualità degli spazi dell'abitare. I progetti dimostrano come il duplice obiettivo (contenimento del riscaldamento globale e qualità degli spazi dell'abitare) rimanga costante, indipendentemente dalle scale di intervento, a testimonianza di una complessiva trasformazione culturale che prende corpo dall'architettura degli interni al territorio.

The paper focuses on the relationship between urban planning and global warming mitigation strategies by constructing an argument that, starting from the legacy of the Modern Movement, includes the outcomes of more recent research. The thesis founded on the increase of vegetation in urban areas as an indispensable tool for temperature mitigation emerges as the protagonist from this scientific starting point. In the course of this in-depth study, this proposal finds an experimental verification through some concrete design experiences that combine the environmental objective while taking care of the quality of living spaces. The projects demonstrate how the twofold objective (containment of global warming and quality of living spaces) remains constant regardless of the scales of intervention, testifying to an overall cultural transformation that takes shape from interior architecture to the territory.

KEYWORDS

transizione ecologica, cambiamenti climatici, città, architettura, natura

ecological transition, climate change, cities, architecture, nature



Andrea Sciascia, Architect and PhD, is a Full Professor of Architectural and Urban Composition at the Department of Architecture, University of Palermo (Italy), of which he was Director from 2015 to 2021. He is the President of the ProArch National Scientific Society of Teachers of Architectural Design for the three years 2021-2024. His studies focus, mainly, on contemporary architecture, architecture for the liturgy and the interaction between the theory and practice of architectural design. Mob. +39 328/544.77.88 | E-mail: andrea.sciascia@unipa.it

Si sceglie di inquadrare gli effetti del riscaldamento globale sull'abitare dell'uomo sulla terra recuperando alcune considerazioni di Colin Rowe e Fred Koetter (1981, p. 50) formulate in *Collage City*. In particolar modo si rimanda ai contenuti del capitolo intitolato *La Crisi dell'Oggetto e la Superficie Instabile* che inizia con un esergo costituito da tre diverse affermazioni di Ralph Waldo Emerson, Thomas Jefferson e José Ortega y Gasset: «Le città forzano la crescita e rendono gli uomini loquaci e brillanti, ma li rendono artificiali»; «Credo che i nostri governi resteranno virtuosi finché saranno soprattutto agricoli»; «Ma come può l'uomo ritirarsi dai campi? Dove andrà, se la terra è uno sterminato campo senza confini? È molto semplice: delimiterà una porzione di questi campi con delle mura che stabiliscono uno spazio finito di contro allo spazio amorfo e senza limiti giacché in verità la definizione più pertinente dell'urbs e della polis somiglia molto alla definizione comica del cannone: prendete un buco, avvolgetelo strettamente di fil di ferro e avrete un cannone. Allo stesso modo l'urbs e la polis sono all'inizio uno spazio vuoto [...] e tutto il resto non è che uno strumento per fissare questo spazio, per segnare confini [...] La piazza [...] Questo campo addomesticato che si separa da quello sconfinato e che si tiene da parte, è uno spazio sui generis di tipo inusitato e straordinario in cui l'uomo si libera dalla consuetudine con le piante gli animali [...] e crea un riparo che è soltanto umano, uno spazio civile».

Le frasi di Emerson, Jefferson e Ortega y Gasset preparano il lettore, in modo progressivo, alla dialettica città-campagna e a intravedere in che modo si contrappongono, rispetto alla possibile presenza della vegetazione, la città tradizionale e le ipotesi urbane dell'architettura moderna. Tale confronto, proposto da Rowe e Koetter, si sviluppa dalla comparazione della pianta del nucleo antico di Parma e la planimetria di Le Corbusier per Sant Dié (Fig. 1) ponendo in evidenza due concezioni opposte in merito alla costruzione dello spazio urbano. Nel primo caso la città si staglia dalla cosiddetta 'ingens sylva' (Paci, 2007) e lo spazio urbano emerge come scavato nella compattezza dei volumi; nel secondo, declinato in modi differenti da Le Corbusier, la episodicità delle architetture, e senza contraddizioni in altri casi la continuità dei 'redan', fa prevalere il vuoto permettendo, almeno su un piano potenziale, una possibile osmosi tra città e mondo naturale.

A circa quarant'anni dalla pubblicazione di *Collage City* e usando Parma e Sant Dié – la prima in rappresentanza dei Centri storici e la seconda come sintesi di alcune ipotesi urbane del XX secolo – ci si trova, almeno in Europa, nella condizione in cui le due realtà convivano. Molte città, infatti, sono degli unicum in cui a nuclei antichi e compatti corrispondono, attraverso un tessuto, quasi sempre per isolati, otto-novecentesco, delle frange urbane che, con una certa frequenza, sono una eco, per quanto sbiadita, della Carta di Atene (Le Corbusier, 1943).

Negli ultimi decenni il rapporto tra città e vegetazione si è modificato generando ricerche volte a definire nuove possibilità di incontro fra le due parti. Prima che tali studi si sviluppasse l'eredità del Movimento Moderno è stata passata al vaglio dal Team X. «Si può intravedere un primo punto di rottura rispetto al pensiero sulla città del Movimento Moderno e del Funzionalismo nel rovescia-

mento di approccio promosso da un atteggiamento realista e situazionale. Si tratta del compimento di un lungo percorso del rifiuto dell'urbanistica del CIAM, che passa prima per le proposte di Aldo van Eyck di adattare il progetto a una precisa situazione urbana, anziché lavorare con un sistema di dati matematici, e poi degli altri membri del Team X, e oltrepassando le pratiche dell'Internazionale Situazionista e quelle fenomenologiche» (Repishti, 2012, p. 37).

Rispetto a tale premessa il presente contributo riflette sulla verifica dell'interazione e la compatibilità fra le azioni progettuali volte al contenimento del riscaldamento globale e quelle che hanno a cuore le qualità degli spazi dell'abitare. Tale obiettivo si delinea progressivamente perché può essere distortivo per il futuro delle città porre come preminente la quantità del verde da aggiungere senza tenere in considerazione gli effetti che tale componente produrrà sulla forma e sugli spazi della città.

Inoltre sarà precisato, partendo dalla disamina di alcuni esiti di ricerche nazionali e internazionali, quanto l'attenuazione del riscaldamento globale interessi gli spazi abitati dall'uomo e in particolare le città e quale parte della questione debba essere inquadrata in una ottica planetaria, riservando particolare attenzione a quelle porzioni della Terra sostanzialmente prive di segni di antropizzazione. Per quanto attiene l'ambito urbano si presenteranno alcune esperienze progettuali di ricerca che, nel loro insieme, dimostrano quanto il cambio di paradigma culturale, dovuto alla maggiore attenzione al rapporto tra natura e città, determini un'attitudine indipendente dalla scala di intervento.

Le città tra Covid-19, riscaldamento globale e la tesi di Stefano Mancuso

Le ricerche avviate dal Team X e su quelle successive in discontinuità con il Movimento Moderno hanno avuto un peso decisivo gli effetti del virus SARS-CoV-2 e del Covid-19 producendo, per la prima volta dopo circa duecento anni, un movimento centrifugo in opposizione a un inurbamento costante. La nuova dispersione si manifesta dopo che da qualche anno a questa parte il numero degli abitanti della città ha superato quello dei residenti in campagna (Sciascia, 2022). Contemporaneamente le città – a prescindere dalle azioni dell'uomo – si stanno trasformando in luoghi solo apparentemente più naturali dove gli uccelli, ad esempio, trovano più facilmente il cibo rispetto a quanto riuscissero a fare nei loro luoghi d'origine (Sciascia, 2017). «Da quando il mondo contadino è scomparso quasi del tutto nei nostri Paesi avanzati, sostituito da una industria agricola pervasiva che ha lasciato solo qualche residuo dei vecchi ambienti agricoli e delle vecchie usanze, sembra spetti alla città, paradossalmente, di attrarre a sé qualcosa di quel mondo e così talvolta si possono vedere a Milano degli stormi di uccelli prendere possesso di certi grandi alberi sopravvissuti» (Nicolin, 2012a, p. 42).

A queste condizioni si aggiunge il riscaldamento globale i cui dati principali sono stati più volte presentati da Stefano Mancuso nelle sue pubblicazioni (Mancuso and Viola, 2013; Mancuso, 2018, 2019, 2020, 2021; Capra and Mancuso, 2021) e nelle sue lezioni presenti su youtube¹. Riassumendo: sempre nel 2070 il 18% delle terre non sarà abitabile contro lo 0,89% del 2020; nel 2070 due miliardi di persone non potranno vivere

nei luoghi dove oggi abitano; le città occupano nel mondo una percentuale di superficie che va dall'1,7 al 2,7%, ma producono il 75% dell'anidride carbonica e il 75% dei rifiuti, consumando circa il 70% delle risorse; per ridurre il riscaldamento globale, sempre secondo le stime effettuate da Mancuso, bisognerebbe piantare mille miliardi di alberi.

Mille miliardi di alberi, ma dove? Per quanto l'ipotesi di piantumazione del docente di Arboricoltura Generale ed Etologia Vegetale dell'Università di Firenze abbia suscitato alcune perplessità (Sottile, 2022) questa posizione è assunta, nella presente riflessione, come un possibile indirizzo di intervento per il contenimento del riscaldamento globale. Rispetto a tale rotta si ritiene, però, che sia necessario sviluppare, città per città, alcune ipotesi di progetto. È differente sostenere che bisogna piantumare quanti più alberi in assoluto o mettere a dimora quanti più alberi è possibile in relazione alle peculiarità del disegno urbano; e poi perché solo alberi. Se si procedesse solo in termini quantitativi tornerebbe in auge, come progetto concreto e non come trovata pubblicitaria, la réclame televisiva dei primi anni '90 del XX secolo della Barilla, in cui le parti più significative di città italiane, ad esempio Roma e Venezia, erano state rivestite da una fitta vegetazione, una sorta di patina verde continua (Sciascia, 1994).

I fautori di quest'ultimo indirizzo si pongono sulla sponda opposta di quei sostenitori che vorrebbero utilizzare qualsiasi lembo di campagna per impianti di pannelli fotovoltaici e di pale eoliche come l'esclusiva soluzione al crescente fabbisogno energetico. Le due posizioni estreme si elidono reciprocamente senza per questo indicare la strada grazie alla quale una cospicua presenza vegetale possa opporsi al riscaldamento globale avendo cura delle ragioni fondative delle città di pietra.

È di tutta evidenza come il tema del riscaldamento globale vada ben oltre la questione urbana coinvolgendo ambiti territoriali ben più vasti per l'individuazione dei quali è opportuno riferirsi ai dati della ricerca condotta da Jason Riggio et alii (2020): gli elementi forniti da tale approfondimento sono indispensabili per comprendere quanto cospicuo sia il lavoro da svolgere a livello mondiale in quelle parti del globo poco o per nulla antropizzate se l'obiettivo è preservare almeno alcuni ecosistemi ancora integri. Infatti la ricerca guidata da Riggio dimostra come circa la metà della superficie terrestre ha una presenza umana relativamente bassa e offre opportunità per azioni di conservazione proattive atte a mantenere gli ultimi ecosistemi intatti del pianeta. Tuttavia, sebbene l'abbondanza relativa delle aree ecosistemiche a bassa influenza umana vari ampiamente a seconda del bioma, la conservazione di queste ultime aree intatte dovrebbe essere una priorità assoluta prima che vadano completamente perdute.

Da questa sintesi si comprende come l'inquadramento complessivo del tema possa includere le possibilità operative estese dal paesaggio urbano alla progettazione architettonica e urbana solo all'interno di un condiviso cambio di paradigma culturale che coinvolge quelle parti dove la presenza e quindi l'influenza umana è ridotta o inesistente. Tornando alla scala urbana, immaginare che la natura possa penetrare le città convertendole tout court contro il riscaldamento globale diviene una risposta valida su un piano me-

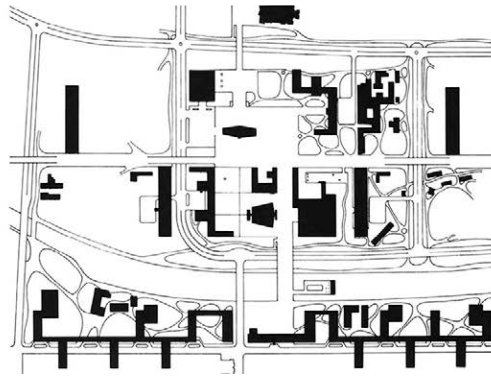
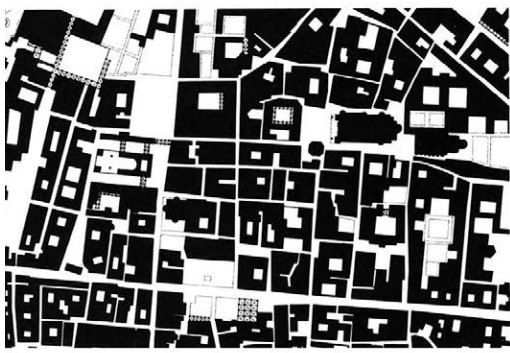


Fig. 1 | City plans of the Old Town of Parma and the project for Saint-Dié by Le Corbusier, 1945 (source: Rowe and Koetter, 1978).

ramente quantitativo, eludendo i problemi posti da una realtà molto complessa. Inoltre è troppo generico riferirsi alla natura nella sua totalità senza comprendere che quest'ultima si manifesta con varie articolazioni tanto da permettere una distinzione per tipi.

Prima, seconda, terza, quarta e quinta natura

Le citate differenze si basano su alcune proposizioni contenute in un saggio di Johnny Dixon Hunt (1993) nel quale lo storico del paesaggio ha individuato una terza natura coincidente con quella dei giardini, una seconda, il cosiddetto 'paesaggio culturale', cioè il sistema dell'agricoltura al quale si aggiungono tutte le opere dell'uomo che danno forma al paesaggio come strade e canali e, in ultimo, una prima natura coincidente con la natura selvaggia. «[...] Seguono la 'quarta natura' letteraria descritta da John Dixon Hunt come spazio simbolico e ideale, e la 'quinta natura' di cui parla l'ecologo del paesaggio Ingo Kowarik, rappresentata dalle dinamiche evolutive e dalle piante spontanee che allignano nelle aree dismesse e nei vuoti abbandonati della città post-industriale. Kowarik, inoltre, riscrive l'intera sequenza delle quattro nature nella prospettiva di ricerca dell'ecologia del paesaggio, per offrire una scansione della varietà di situazioni e di tipologie di strutture vegetali presenti nei territori urbani contemporanei. A queste, volendo procedere nella sequenza, possiamo aggiungere una quinta categoria, la natura ad alta dominanza tecnologica coltivata, ad esempio, in alcuni sistemi di giardini verticali o di sky garden» (Lambertini, 2013, pp. 13-14).

Dalla iniziale classificazione di Dixon Hunt la necessità di piantare alberi, e in generale la volontà di aumentare la presenza della vegetazione nelle città, trova una progressiva messa a fuoco orientando, almeno in prima battuta, i progetti fra la seconda e la terza natura, preservando o potenziando la 'wilderness' laddove esiste e cogliendo, se presenti, le peculiarità della quarta natura così come descritta da Kowarik. In realtà molto significativi sono quei casi in cui una porzione di prima natura si insinua, ad esempio sotto forma di nuovi boschi, ai margini delle città o come definizione di grandi aree da recuperare sviluppando una specifica dialettica tra città e natura selvaggia.

A questo proposito si ricorda come l'interazione tra città e foresta ha un passaggio fondamentale nel *Traité du Beau* del 1772 di Denis Diderot (1995), il quale afferma che se fosse toccato a lui di progettare la piazza di Luigi XV nel punto

in cui si trova, si sarebbe ben guardato dall'abbattere la foresta, essendo sua intenzione mostrarne l'oscura profondità tra le colonne di un grande peristilio; sempre secondo Diderot gli architetti non hanno fantasia e non sanno che cosa sono le idee accessorie risvegliate dall'ambiente e dagli oggetti circostanti. Le considerazioni di Diderot portano alla mente la conclusione del saggio introduttivo di Aldo Rossi alla edizione italiana di *Architecture – Essai sur l'Art* di Etienne-Louis Boullée. Rossi, dopo avere citato il brano di Diderot dedicato alla Place de la Concorde, scrive: «La grande piazza di Diderot-Boullée, il colonnato immenso di questi monumenti urbani aperti sulla profondità del bosco fanno crescere e saldano il filo dell'architettura nel quadro generale che le è proprio; la natura, l'uomo, la costruzione della città» (Rossi, 1967, p. 24).

Diderot, Boullée e Rossi avvalorano un rapporto tra architettura, città e natura in cui prevalgono gli aspetti poetici di tale relazione; quella tensione figurativa che anima su questo stesso tema molti dipinti del Quattrocento e del Cinquecento nei quali le architetture formano un limite tangibile senza formare una barriera invalicabile tra la scena sacra e la natura. Questa può essere prevalentemente acqua come per *La Allegoria Sacra* di Giovanni Bellini (Fig. 2), o divenire delle rigogliose fronde di alberi come nell'*Annunciazione* di Vittore Carpaccio (Fig. 3) o i fondali verdi che si aprono oltre le finestre poste alle due estremità del San Girolamo nello studio di Antonello da Messina (Fig. 4). L'apertura con l'infisso a croce posta sul lato sinistro del quadro di Antonello, in particolare modo, sembra richiamare in miniatura il grande vetro che conclude il soggiorno, aperto sul giardino, della casa di Luis Barragán (Sciascia, 2014).

L'abitazione nel quartiere Tacubaya di Città del Messico trasforma le parole di Diderot e la porzione del San Girolamo in una sensazione corporea fortissima, quasi una pulsione che lega in un unico ritmo vivente architettura e natura. La rigogliosa vegetazione – da una certa data in poi lasciata crescere senza più alcun intervento di potatura da parte del maestro messicano – diviene un elemento con il quale il piano terreno della casa dialoga con continuità, una componente sensuale e vivente la cui flessuosità è misurata e posta in risalto dalla presenza geometrica e simbolica della croce.

La positiva interazione tra natura e architettura cercata da Barragán nella sua casa e, soprattutto, nel *Pedregal* di San Angel, accomuna questo agire architettonico all'armonia dei dipinti sopra richia-

mati. Paragonando tali eleganti equilibri a ciò che è stato prodotto dopo la seconda metà del XX, a discapito della natura circostante, dalle espansioni della maggior parte delle città contemporanee è di tutta evidenza che l'elegante dialettica è andata in frantumi. All'atteggiamento predatorio dovrebbe sostituirsi, come previsto nell'ipotesi di Mancuso, una opposta traccimazione della vegetazione nei confronti della città. L'onda verde deve essere cauta nei Centri storici perché se avvenisse, come realizzato nella pubblicità, eliminerebbe qualsiasi distinzione tra limes e limen, cancellando, tornando alla metafora pittorica, la scena dell'*Allegoria Sacra* di Bellini, dell'*Annunciazione* di Carpaccio e dello studio di San Girolamo.

Una nuova forma di vegetazione – alberi, prati, cespugli e fiori – invece, se inserita nel tessuto contemporaneo può rilevarsi una grande opportunità a condizione che questa operazione sappia contemplare l'apporto della sintesi clorofilliana senza dimenticare quell'orizzonte dell'oscura profondità tra le colonne di un grande peristilio immaginata dall'autore della *Encyclopédie* (Diderot, 1995). Quanti spazi irrisolti, quante vie sovradimensionate e tradite da una ripetizione di prospetti sgraziati potrebbero trovare forma e significato con delle opportune immissioni vegetali se tale processo fosse guidato da una accorta progettazione senza la quale si perderebbe la direzione della trasformazione.

Progetti e realizzazioni tra possibilità normative ed esempi paradigmatici

La tensione figurativa restituita da Diderot sembra essere estranea alle priorità delle iniziative governative come il bando pubblicato nel 2022 dal Ministero per la Transizione Ecologica – e la successiva assegnazione – per i progetti di forestazione nelle città metropolitane da finanziare con 330 milioni di euro nell'ambito del PNRR (Ministero dello Sviluppo Economico, 2021). L'obiettivo è quello di piantare 6,6 milioni di alberi entro il 2024 nelle quattordici Città metropolitane italiane. Di fatto l'impulso ministeriale, con molta concretezza, si scontra con la questione iniziale: in che modo – con maggiore chiarezza con quale forma – la transizione ecologica, attraverso una più consistente presenza vegetale, migliorerà l'abitare senza compromettere quelle prerogative per cui la stessa città è sorta? La presente riflessione cercherà di mettere a fuoco le specificità di tale incontro presentando alcune realizzazioni e delle dirette, per quanto minute, esperienze di progetto sviluppate a Palermo.

Il bando del Ministero consolida una tendenza in atto e cioè quella che vede, a partire dagli ultimi due decenni, un destino 'verde' per gli spazi pubblici. Tale orientamento se, da una parte può essere scambiato come un passaggio di testimone fra i temi di progettazione architettura e urbana che si sono susseguiti nel corso degli anni, dall'altra tale sostituzione ha assunto un carattere strutturale. Gli aspetti legati all'ecologia, alla sostenibilità e, conseguentemente, alla reintroduzione della vegetazione in ambiente urbano costituiscono, nel loro insieme, un tema conduttore. A questa impostazione si aggiunge una forma risarcitoria rispetto a quanto la città ha sottratto, nella sua crescita impetuosa, alla campagna e, più in generale, al mondo rurale.

Fra gli esempi che si possono richiamare, rispetto alla prospettiva critica assunta, ha rilevanza

il confronto fra realizzazioni che articolano il tema di fondo a prescindere dalla dimensione degli interventi. Nella interazione tra 'piccolo e grande', infatti, si trova significativo mettere in rapporto il lotto urbano trapezoidale del Lafayette Greens Urban Garden, realizzato a Detroit, nel 2011 da Kenneth Weikal Landscape Architecture e il progetto di Michel Desvigne per la riva destra del fiume Garonne a Bordeaux (2000-2004) e ancora paragonare il ristorante milanese Erba Brusca (2010-2011) di Raffaele Azzarelli e Giuliano Iamele e il progetto di Peter Latz per il Parco di Duisburg nord nell'area industriale di Emschr nella Ruhr (1990-1999).

Si tratta di esempi noti e molto differenti fra loro ma utili per capire come ci sia un filo comune che lega esperienze diametralmente opposte. Come si può porre una relazione fra un ristorante e una ex area industriale o fra il lembo di un isolato e il margine di un fiume? Gli esempi ricordati, forse più di altri, permettono di constatare come la componente 'verde' sia diventata un *modus operandi* trasversale che emerge come una condizione 'naturale' nel bonificare un territorio vasto come quello della Ruhr e nel trovare applicazione nei pochi metri quadrati di un ristorante. Di quest'ultimo esempio si potrebbe ribaltare il motto 'la forma segue la funzione' sostenendo che 'la funzione segue la forma': il verde che connota lo spazio diviene l'elemento costitutivo del menù del locale.

Ciononostante, gli esempi richiamati pur avvalorando la tesi di fondo del diffuso 'desiderio di natura' – comprovato da una pubblicistica sconfinata – sbiadiscono nel momento in cui si passa dalla ricognizione critica all'azione progettuale. In altri termini lasciano immutato il dilemma posto da Matisse di fronte al dipingere una rosa. «Nulla è più difficile per un vero pittore di dipingere una rosa perché prima di poterlo fare deve dimenticare tutte le rose che sono state dipinte, scriveva il pittore nel 1953, un anno prima di morire» (Matisse cit. in Sooke, 2014, p. 24). Per 'dipingere la rosa' il ragionamento a carattere generale plana su una specifica realtà urbana che può essere inquadrata da una prospettiva a volo d'uccello. La parte principale di questo disegno dovrebbe essere una delle sue periferie caratterizzata, molto probabilmente, da un quartiere di edilizia residenziale pubblica. Questo ha quasi sempre un grado di incompletezza che riguarda tanto l'edilizia quanto la componente vegetale la cui importanza è stata complessivamente trascurata; sminuire il ruolo della parte verde ha svilito quella peculiarità che contribuiva a differenziare i quartieri pubblici dalla città compatta.

Il 'non finito' e l'Urban Landscape | Il ritorno a un rapporto con la natura, nei quartieri di edilizia residenziale pubblica, contribuiva ad affermare una realtà urbana alternativa a quella del nucleo antico che era interpretato, come rappresentativo, solo delle classi egemoni. Al di là della forte impostazione ideologica che caratterizzava questo tipo di visione rimane incontrovertibile il fatto che le periferie, in larga misura, aspettino consistenti interventi di manutenzione. Tale cura deve riguardare molti quartieri disposti sui margini delle città coinvolgendo la vegetazione e le opere di urbanizzazione secondaria. In realtà questi ultimi due elementi prima di essere oggetto di una attenta manutenzione devono, in molti casi, ancora essere

realizzati. La vegetazione, in particolar modo, oltre che contribuire a definire i quartieri, in una logica d'intervento coerente con le potenzialità dei corridoi ecologici (Schilleci, 2008), trova proprio nelle periferie i nodi di relazione tra natura e città.

Quindi è bene specificare che incrementare la presenza vegetale nelle periferie – oltre che contribuire al contenimento del riscaldamento globale – risponde a due obiettivi specifici: completare le parti verdi mancanti e, in un'ottica più ampia, immaginare delle saldature con quella flora esistente posta oltre le frange urbane. L'attenzione alla componente vegetale deve essere però accompagnata da quelle realizzazioni architettoniche in grado di invertire la tendenza che obbliga gli abitanti di tali quartieri a un pendolarismo verso quelle attrezzature di cui le periferie sono cronicamente prive.

Questa necessità vale a prescindere da quello che si pensa della progettazione architettonica e urbana e della sua capacità di generare il ground. A tal proposito Nicolini sostiene che: «Da quando è comunemente accettato che l'architettura della città si realizzi tramite una sequela di oggetti indipendenti abbandonando definitivamente l'illusione di determinare attraverso una morfologia urbana il ground (la terra, il terreno, il suolo, la base, il fondo), l'azione del nuovo paesaggista è chiamata a un vasto compito integrativo e ormai anche progettuale della città e non soltanto, come nella tradizione, indirizzata a configurare gli spazi complementari dei parchi e dei giardini. Col venir meno dell'architettura della città si dissolve anche la possibilità di stabilire una relazione tra natura e insediamento come indicata dal binomio paese/paesaggio e si apre il campo delle pratiche dell'Urban Landscape con la sostanza edilizia ridotta a skyline, a semplice fondale della nuova scena urbana. Superata la fase del townscape e i suoi tentativi di fare del pittoresco nel corpo della città esistente strada per strada, ciascuna intesa come una composizione singola, un'immagine particolare, il nuovo Urban Landscape si candida a modellare attraverso l'azione paesistica, ormai integrata da una componente ecologica, gli innumerevoli spazi privi di senso della città e sovente caratterizzati da un caotico intreccio di infrastrutture [vedi l'Olympic Sculpture Park a Seattle di Weiss/Manfredi] assumendo i connotati di una pratica urbanistica complessiva alla cui leadership competono ugualmente urbanisti architetti e paesaggisti» (Nicolini, 2012b, pp. 77-78).

L'Urban Landscape costituisce uno strumento estremamente attuale nelle strategie di intervento urbane ma per la complessità delle periferie probabilmente non rappresenta l'unico modo di interpretare e affrontare quelle assenze strutturali di attrezzature o quei lacerti di spazio scaturiti dalle difficili interazioni tra infrastrutture e abitazioni. Il ragionamento da fare – a prescindere dal pensare all'architettura della città come a una 'sequenza di oggetti indipendenti' o in grado di generare un vero progetto di suolo – è quella di avviare dei progetti che sappiano distinguere fra le necessità dei differenti luoghi urbani. Negli esiti raggiunti dai progetti palermitani è ben definito il limite fra ciò che può essere 'completato' con la componente vegetale e quello che spetta all'architettura, senza l'illusione che il nuovo bisogno di natura possa supplire d'embellée alle molte carenze stratificate dei luoghi urbani. In altri termini

è bene guardare al grande tema del non finito da una nuova prospettiva che coinvolga il paesaggio urbano senza aspettarsi che questo sia l'unica risposta ai molti interrogativi posti dalla città contemporanea.

Il quartiere ZEN 2 di Palermo | Se le periferie sono il territorio da prediligere quando il cuore della ricerca è nella nuova relazione tra vegetazione e spazio urbano allora, in quest'ottica, ha una sua

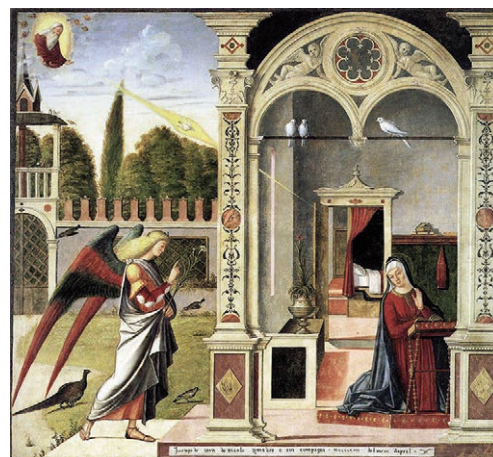
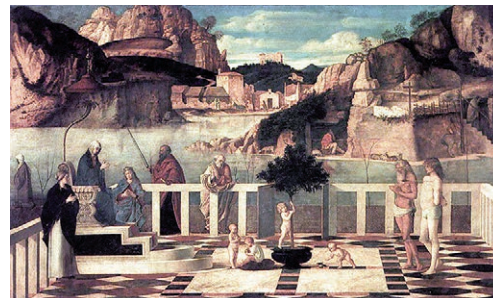


Fig. 2 | Giovanni Bellini, 'Holy Allegory' (1490-1500), oil on panel, 73x119 cm, Uffizi Gallery, Florence.

Fig. 3 | Vittore Carpaccio, 'Annunciation' (1504), oil and tempera on panel, 130x140 cm, Franchetti Gallery at Ca'd'Oro, Venice.

Fig. 4 | Antonello da Messina, 'St. Jerome in His Study' (1474-1475), oil on panel, 45.7x36.2 cm, National Gallery, London.



Fig. 6 | San Vincenzo Creek Agricultural Park Edge Project on Corso Italia in Carini, designed by Laura Marino, Filippo Di Vito and Paolo Rizzo with Rachele Facciola (source: Sciascia, 2014).

rilevanza la porzione più a nord della Piana dei Colli di Palermo (Di Cristina, 1980). Tale ambito urbano si presenta come uno speciale laboratorio urbano² (La Duca, 1978) perché si concentrano attorno al quartiere Zona Espansione Nord (ZEN) rinominato – senza troppa fortuna – San Filippo Neri, molti e differenti modi di abitare. In particolare l'ultima parte del quartiere – cioè quella realizzata più di recente – il cosiddetto ZEN 2, progettato da Franco Amoroso, Salvatore Bisogni, Vittorio Gregotti, Hiromichi Matsui e Franco Purini, è diventato un riferimento confrontabile negli anni Settanta con alcuni dei più significativi insediamenti internazionali (Lovero, 1982) per stigmatizzare il fallimento dell'architettura moderna. Tale sbrigativa valutazione negativa si deve, non ultima, a una realizzazione lacunosa aggravata da una generalizzata occupazione abusiva delle abitazioni e alla estromissione dei progettisti dalla direzione dei lavori.

Contro le facili critiche, tanto superficiali quanto ipocrite, si rimanda agli esiti di un'attività di studio perseguita con continuità dai primi anni Novanta del XX secolo che ha avuto modo di esaminare i progetti presentati al concorso bandito dall'IACP di Palermo nel 1969, le varianti del progetto vincitore e le ragioni della costruzione parziale (Sciascia, 2003, 2012). In questa occasione il quartiere si presenta contemporaneamente come figura e sfondo del ragionamento che si vuole proporre; ci si concentra sulle tracce, ormai sempre più isolate, di vegetazione che si trovano intorno allo ZEN e se queste diventeranno protagoniste, il punto di vista con cui osservare tale periferia cambierà in modo radicale.

Il presupposto del progetto per lo ZEN 2 era: «Abbiamo preferito [...] costruire una griglia di misurazione del fatto naturale entro la quale gli elementi del territorio, collocandosi, si costituissero punto per punto come struttura di orientamento, a partire dall'interno del quartiere, e si qualificassero per rapporto alla griglia stessa. Questo modo di leggere e utilizzare progettualmente la natura è ri-

scontrabile all'interno del quartiere nella decisa presa di posizione per una preminenza dell'aspetto murato della città, nell'utilizzazione della materia naturale come materiale da collocare all'interno del fatto urbano, a differenza della consuetudine anglosassone del costruito immerso nella natura. Questa procedura ha una tradizione in tutta la storia dell'architettura siciliana e consente una giusta economia (non solo in senso pratico) del rapporto con il bene naturale, con il sole, con la luce, con lo spazio libero, inabitato» (Gregotti, 1998, pp. 31-32).

A distanza di più di cinquant'anni dal progetto originario il rapporto con l'intorno – un tempo una distesa ininterrotta di agrumeti – si è capovolto. Pure in una realizzazione incompleta la chiarezza planimetrica dello ZEN 2 rimane cristallina, anche se i suoi dintorni sono ormai una congerie di volumi. Questi hanno aggredito le ville sette-ottocentesche e le relative borgate storiche di Pallavicino, Cardillo, Tommaso Natale e Partanna Mondello, restituendo un insieme eterogeneo nel quale la palazzina condominiale, convive con le case unifamiliari, a volte incluse in residence elitari, con interventi in cooperativa e con il grande centro commerciale Conca d'Oro. Scrivere soltanto delle 'abitazioni' e dello shopping mall tace un'altra grande questione che ne è, invece, parte integrante: qualsiasi descrizione veritiera dell'area nord di Palermo deve includere le incisioni prodotte sul territorio dal disegno delle infrastrutture stradali.

Procedendo nella trattazione, dal quartiere verso l'esterno, si notano nell'ordine: il vallo provocato dalla circonvallazione del quartiere, di cui è parte integrante – per un lungo tratto – la via Giuseppe Lanza di Scalea che si estende da sud a nord; il sistema di via Venere e di via dell'Olimpo che hanno dato vita all'asse realizzato per i mondiali di calcio del Novanta tra l'autostrada Palermo-Trapani e il Parco de La Favorita; la strada statale n. 113 e ancora più ad ovest l'autostrada Palermo-Trapani-Mazara del Vallo. Questo sistema di arterie ha frantumato in tessere di varia grandezza un'area prevalentemente agricola in

cui le uniche separazioni erano quelle segnate dalle differenti proprietà.

In relazione al puzzle dalle infrastrutture stradali è stata sviluppata una ricerca PRIN³ nella quale il tema della transizione ecologica è stato posto in modo preminente per ristabilire un nuovo possibile equilibrio fra natura e città. Fra questi progetti si ricorda quello del gruppo di Laura Marino e Manuela Festa: «L'idea di progetto può essere schematizzata in due parti: il reticolo delle insulae e il bordo verde. L'insula con le stecche interne ed esterne e i cortili interni diventa l'elemento misuratore. Al nucleo edificato si contrappongono le insulae verdi: sono delle tracce nel terreno, sono le impronte delle insulae che dovevano o che potevano essere costruite e che non sono state realizzate. L'impronta, come se fosse il piano di posa delle fondazioni, diventa il luogo degli orti. Il tessuto delle insulae è avvolto dal verde pensato come bordo e non come margine perché non vuole essere un elemento che chiude il quartiere rispetto alle borgate limitrofe, ma ne vuole ricostruire il limite rafforzandone la continuità» (Sciascia, 2012, p. 532; Fig. 5).

Un modus operandi simile è stato messo in atto in una successiva ricerca PRIN⁴ (Fig. 6) nella quale la riflessione di Giuseppe Samonà (1976), su 'la città in estensione' ha posto in una prospettiva diversa il rapporto fra alcuni nuclei urbani che punteggiano il territorio ad ovest di Palermo e la campagna. Soprattutto in questa esperienza di ricerca, che può considerarsi a tutti gli effetti la prosecuzione della precedente, si trasformano porzioni quasi invisibili di territorio – pronte ad essere aggredite dalle espansioni urbane – in parchi, campi agricoli, orti urbani dando alla vegetazione una presenza determinante nella costruzione di nuove forme dell'abitare.

A progetti di ricerca non costruiti rimandano due altre riflessioni che hanno prodotto delle concrete realizzazioni: tali esperienze, pur con le loro contenute dimensioni, si pongono in coerenza nei confronti del ragionamento sviluppato, la prima

riguarda un'area dello ZEN 2, la seconda si riferisce allo spazio esterno del Dipartimento di Architettura dell'Università di Palermo, in viale delle Scienze.

Il G124 e i Trenta alberi per lo ZEN 2 | La prospettiva a volo d'uccello richiamata per inquadrare in modo generico le caratteristiche delle periferie urbane se tracciata allo ZEN 2 evidenzerebbe con immediatezza la distanza tra quanto realizzato e il progetto originario seppure modificato dalle varianti. Oltre a tali differenze si noterebbero, con altrettanta rapidità, i molti spazi lasciati all'incuria fra cui spicca la vasta area centrale nella planimetria del quartiere, compresa tra la seconda e la terza fascia di insulae, posta ad est in continuità con la Chiesa di San Filippo Neri. Su tale luogo incompiuto si è rivolta l'attenzione del gruppo G124⁵ formato da Andrea Sciascia, nella qualità di Responsabile Scientifico del Dipartimento di Architettura dell'Università di Palermo, e dagli architetti Antonino Alessi, Flavia Oliveri, Marina Viola e Angela Veronica Valenti.

L'iniziale scelta dell'area si è scontrata con un problema insormontabile perché a più di cinquant'anni dal concorso per il completamento del

quartiere, i terreni non sono stati espropriati. Tale circostanza rendeva vana qualsiasi proposta di trasformazione dell'area essendo ancora di alcuni privati e quindi al di fuori del raggio d'azione del Comune e dell'Istituto Autonomo Case Popolari di Palermo. Scartata la prima ipotesi si è ritenuto di potere utilizzare un rettangolo di circa nove metri per settanta con il lato più lungo posto parallelamente alla testata della insula 1F.

Il perimetro dell'area è compreso tra le vie Fausto Coppi e Antonino Cannatella e tra la via Primo Carnera e la via Sandro Pertini, Presidente della Repubblica a cui è intitolata una parte della circoscrizione del quartiere. La striscia di terra era una discarica abusiva che si presentava come uno dei tanti interstizi, rimasti casualmente 'impigliati e dimenticati' fra le abitazioni e le strade del quartiere, dando piena dimostrazione che i tessuti della periferia sono frequentemente costituiti soltanto da questi due elementi: 'case e strade', nulla di più. Si tratta di una porzione del quartiere molto contenuta eppure di una misura sufficiente per dimostrare l'efficacia del modus operandi voluto da Renzo Piano che ha inventato nel suo ruolo di Senatore a vita il G124 utilizzando, per sostenere l'iniziativa, lo stipendio della sua carica pubblica.

Da circa dieci anni Piano riunisce gruppi di giovani progettisti al suo studio sede della RPWB (Renzo Piano Workshop Building), lungo la litoranea che collega Genova ad Arenzano, e nella sua stanza numero centoventiquattro posta al primo piano di Palazzo Giustiniani (da questa collocazione prende spunto la sigla G124) per ragionare insieme sul rammento delle periferie. I vari gruppi di lavoro innestano dei semi di cambiamento combattendo il degrado delle periferie; i progetti, per quanto minuti e distribuiti in varie città italiane – nell'edizione 2020/21 insieme a Palermo erano presenti Padova (Tutor Edoardo Narne) e Modena (Tutor Matteo Agnoletto) – possono formare un'azione complessiva di rigenerazione urbana.

Parte integrante del modo di agire guidato da Piano è il coinvolgimento dei cittadini e delle parti che più si preoccupano della vita del quartiere; in armonia con questa impostazione gli architetti selezionati dal Dipartimento di Architettura hanno preso contatto con le associazioni Handala e ZEN Insieme, e con i dirigenti dell'Istituto Comprensivo Giovanni Falcone e dell'Istituto Comprensivo Leonardo Sciascia: con le prime si è stabilito un dialogo sin dalla elaborazione dei primi disegni, senza che questa modalità di interazione si riducesse

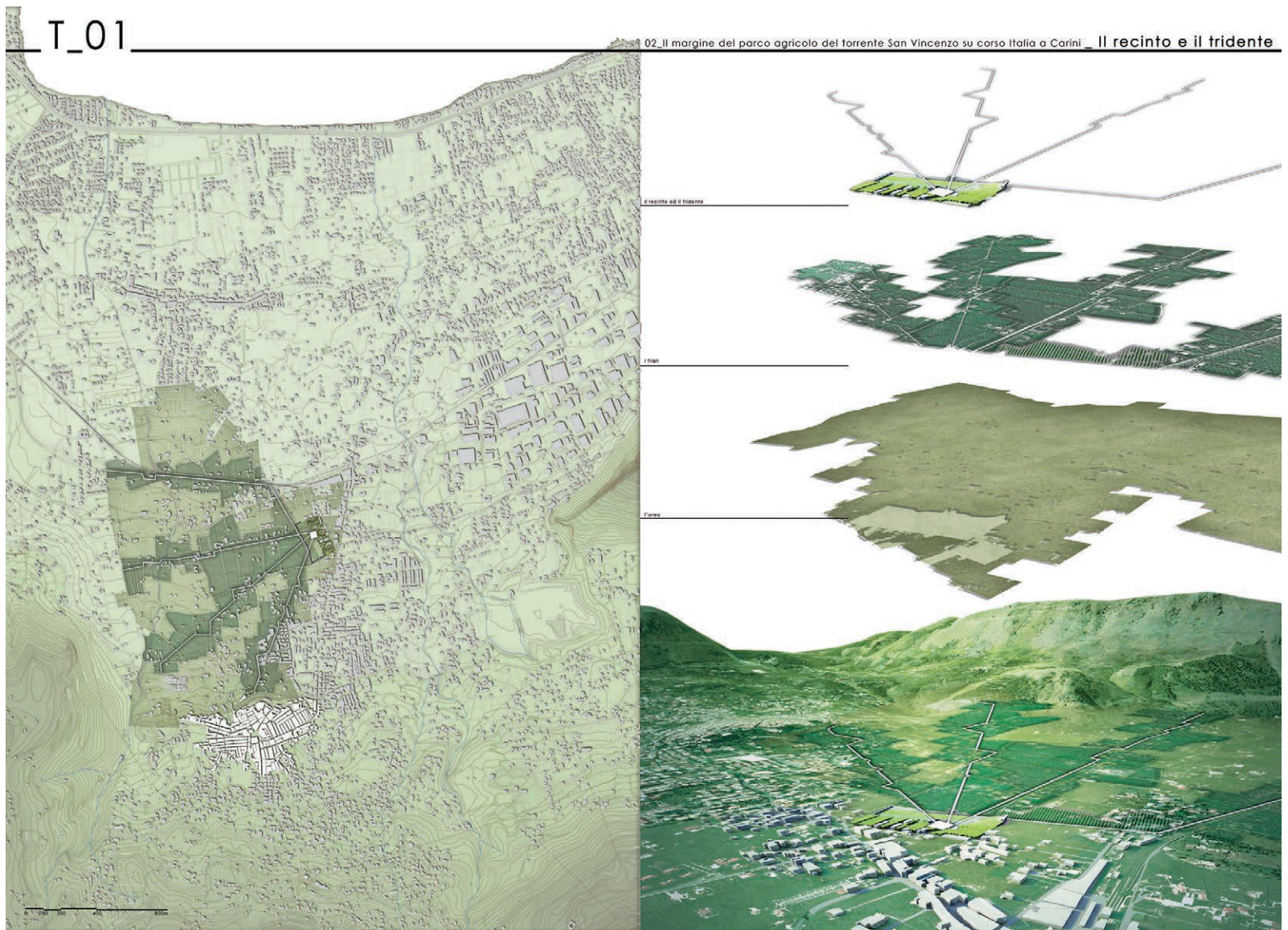
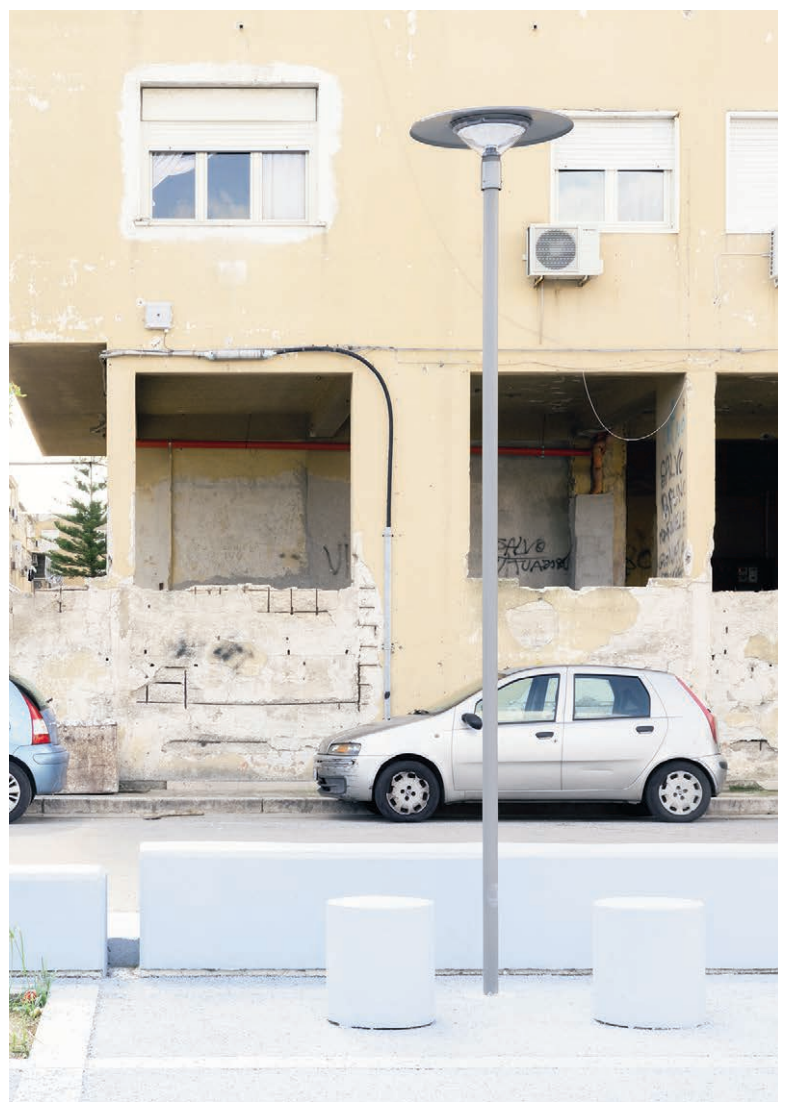


Fig. 6 | San Vincenzo Creek Agricultural Park Edge Project on Corso Italia in Carini, designed by Laura Marino, Filippo Di Vito and Paolo Rizzo with Rachele Facciola (source: Sciascia, 2014).



Figg. 7-11 | G124/2020-21 – Working group conceived by Renzo Piano for the University of Palermo: Andrea Sciascia (tutor), Antonino Alessio, Flavia Oliveri, Veronica Angela Valenti and Marina Viola (fellows), Thirty Trees for Zen 2 (credit: A. Lana, 2021 and V. A. Valenti, 2021).

alla ricerca di un consenso apriori sulle scelte da affrontare; con le scolaresche l'occasione di una serie di visite guidate ha permesso di trasformare la fase del cantiere in una fase divulgativa per spiegare ai bambini delle elementari e ai ragazzi delle medie le ragioni fondative del progetto. La realizzazione dell'opera si deve a un protocollo d'intesa tra Università di Palermo e Comune; quest'ultimo, bisogna riconoscerlo, ha messo a disposizione tut-

te le energie economico-finanziarie facendo intervenire i tecnici e gli operai del CO.I.ME. che hanno portato a compimento l'opera.

Il titolo di questa è Trenta Alberi per lo ZEN 2 perché sono ventotto 'Schinus Terebinthifolius' (pepe rosa), disposti su due filari paralleli, completati nella parte terminale – in prossimità della via Pertini, dopo un'area giochi – da due 'Schinus Molle' (falso pepe), dalla chioma più larga a dare

forma all'insieme. La piazza alberata è definita nei suoi confini da un basso muro perimetrale che costituisce una lunga seduta perimetrale interrotta solo per pochi tratti per rafforzare alcune relazioni con l'insula più prossima e per accogliere i flussi pedonali di attraversamento; fra le aiuole sono disposte delle sedute cilindriche che a coppie punteggiano sui bordi la figura del rettangolo. Il celeste disteso uniformemente su tutte le superfici

verticali e orizzontali connota la piazza alberata dandole un carattere cromatico che si legge per differenza rispetto al nero delle sovradimensionate infrastrutture stradali e del marrone grigio della prossima grande area irrisolta sulla quale inizialmente il gruppo G124 di Palermo si era soffermata. Tale scelta cromatica evidente di giorno lo è altrettanto la sera grazie a un impianto di illuminazione donato dalla ditta iGuzzini (Figg. 7-11).

Il giardino del Darch | La sede del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Palermo è stata progettata da Pasquale Culotta, Giuseppe Laudicina, Giuseppe Leone e Tilde Marra (Palazzotto and Sciascia, 2007). L'opera, incompleta, è composta da un corpo centrale e da un edificio di bordo che cinge una piazza scavata. Tali elementi sorgono lungo l'asse di viale delle Scienze, in una posizione baricentrica rispetto alla città universitaria e strategica per la prossimità, a nord ovest, con la fossa della Garofala (antico alveo del fiume Kemonia) e a sud est con i quartieri di edilizia residenziale pubblica a ridosso del fiume Oreto. La configurazione e la dimensione degli spazi collettivi – esterni e interni – sono l'esito di uno sguardo ampio e inclusivo da parte dei progettisti.

Il giardino, realizzato nell'ambito di un complessivo piano di manutenzione condotto fra il 2015 e il 2021, rende ancora più esplicito il valore urbano del Dipartimento⁶. La pedonalità della piazza scavata (8 metri circa più in basso del livello circostante) era stata tradita dall'uso a parcheggio e dalla presenza di pietrame irregolare distribuito nelle due ampie superfici in prossimità della sede universitaria. La sostituzione del pietrame con la terra vegetale e la messa a dimora del prato ('*Stenotaphrum secundatum*') e di circa novanta alberi ('*Populus nigra* L.') hanno trasformato la parte esterna del Dipartimento in un giardino pensato come estensione della hall interna. La scelta dei pioppi permette di avere i prospetti ombreggiati nei mesi estivi e irraggiati dal sole in quelli invernali mentre il verde degli alberi e del tappeto erboso colora gli sfondi prospettici percepiti nel rapporto fra interno ed esterno. I filari, allineati agli interassi della maglia strutturale dell'edificio di bordo, registrano alcune eccezioni puntuali in corrispondenza della vegetazione preesistente e laddove alcune radure permettono di attrezzare il giardino per attività all'aperto.

La rampa carrabile, che costituisce il limite a sud, prima di via Ernesto Basile, è stata definita da un rampicante di edera ('*Hedera helix* L.') che muta il significato dello scabro muro di contenimento e, dalla parte opposta, da alcuni agrumi ('*Citrus* spp.') ed erbe aromatiche. Nei pressi dell'ingresso, dove la rampa raggiunge la quota stradale esterna, sono presenti degli alberi di '*Ginkgo biloba* L.', olivo ('*Olea europaea* var. *sativa*') e carubo ('*Ceratonia siliqua* L.'). Tale scelta consentirà, in futuro, di raffrescare la parete ovest del corpo centrale confermando l'integrazione tra giardino e architettura. Un filare di oleandri ('*Nerium oleander* L.') completa il margine a sud, alla quota della piazza pedonale (Figg. 12-15).

Conclusioni | Le descrizioni dei progetti si sono soffermate sui fatti spaziali e cromatici ai quali è necessario aggiungere l'azione del tempo come componente indispensabile. D'altra parte, se protagonista dei vari esempi è la vegetazione l'aspetto

del tempo è consustanziale. È di tutta evidenza che, ad esempio, non vi può essere definizione della forma degli alberi, senza considerare la sequenza cronologica della loro crescita tenendo presente la radicale differenza fra una specie sempre verde o caducifolia. Indubbiamente banalità quando si è spettatori; eppure, tutto cambia se bisogna prevedere l'aspetto definitivo che assumeranno le varie essenze piantumate in relazione agli obiettivi che il progetto vuole raggiungere. Clima, luce, qualità del terreno, disponibilità dell'acqua e della manodopera costituiscono fattori specifici con cui si deve misurare il rinnovato desiderio di natura anche quando questo rischia di assumere le sembianze di uno stile internazionale verde.

Pur con alcuni inevitabili fattori di moda, si assiste a una tardiva reazione a un disfacimento dell'ecosistema il cui sintomo ha preso le sembianze da un motivo solo apparentemente contingente come il Covid-19 e da una tendenza presente da diversi decenni come il riscaldamento globale. Questi due fenomeni hanno messo definitivamente in discussione la fallace coincidenza tra sviluppo e progresso, dando consistenza al rinnovato rapporto tra uomo e natura. Tale relazione si è manifestata con grande concretezza nella interazione tra città e vegetazione trovando una parziale rappresentazione nelle considerazioni espresse e nei progetti presentati.

Le scale differenti delle esperienze presentate e scaturite da esigenze profondamente diverse dimostrano nel loro insieme il radicale cambio di approccio nell'ambito della progettazione da quella degli interni a quella del paesaggio senza potere distinguere alcuna soluzione di continuità. Infatti volendosi limitare al macrosetto 08/D1, quello della Progettazione Architettonica, le esperienze poste in evidenza comprovano quanto fragili siano i limiti esistenti fra la composizione architettonica e urbana, l'architettura del paesaggio e l'architettura degli interni.

La trasversalità della direzione progettuale intrapresa trova una ulteriore conferma nel fatto che questo tipo di interventi si siano diffusi nel mondo a prescindere dalle condizioni economiche e dalle posizioni geografiche dei Paesi in cui trovano attuazione. Cosa cambia rispetto al passato? Alla qualità tipica dei giardini, che secondo Roberto Burle Marx (cit. in Walker and Simo, 2001 p. 4) consiste nel «[...] dare all'uomo il piacere delle forme e dei colori delle piante che crescono», si accompagna una consapevolezza ecologica all'interno della quale la mitigazione della condizione climatica odierna è un effetto importante ma non unico. Nel caso degli orti, che nel corso dei decenni sono realmente diventati 'volanti' – secondo una definizione di Leberecht Migge (Ingersoll, 2012) – la produzione di ortaggi, ma anche di frutta o di fiori a chilometro zero si congiunge con una nuova condizione urbana in cui gli aspetti sociali scaturiscono da una 'naturale' collaborazione nella coltivazione. Tale ultimo aspetto trova un'ottima sintesi nel documentario dal titolo *God Save the Green* di Michele Mellara e Alessandro Rossi.⁷

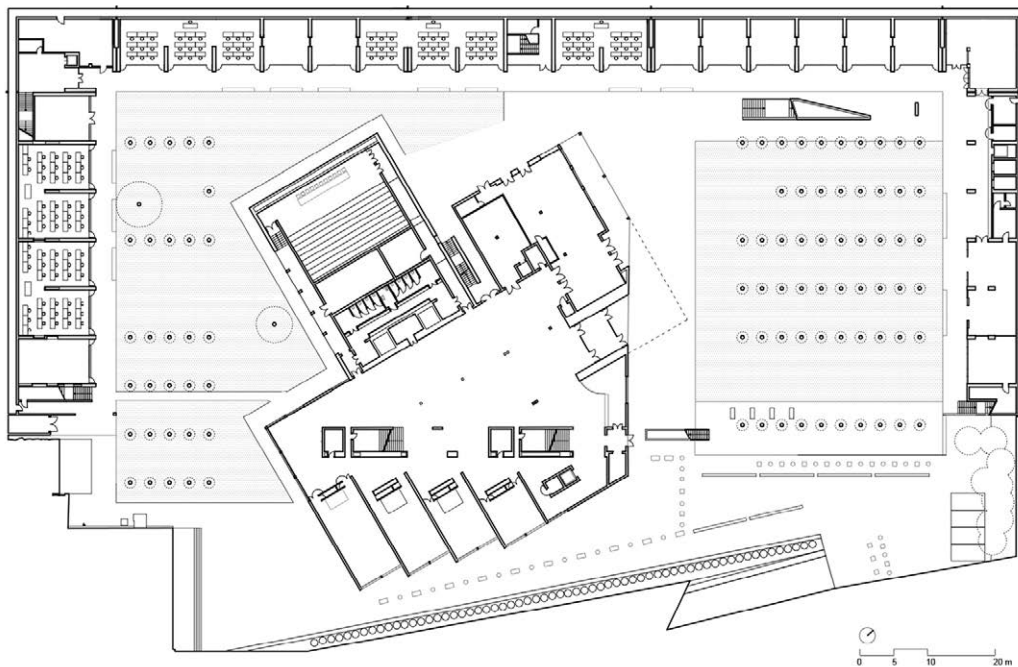
In effetti la rotta culturale intrapresa per quanto possa procedere tra accelerazioni improvvise e momenti di stasi sembra determinare insieme a nuove forme urbane anche dei comportamenti umani differenti. La velocità e il ritmo frenetico della vita contemporanea sembrano essere sostituiti da una lentezza che favorisce la socialità che si svi-

luppa lasciando sullo sfondo il fragore del traffico veicolare. Il silenzio e la lentezza possono essere l'effetto di un complessivo progetto scaturito dall'inedito incontro tra città e vegetazione all'interno del quale saranno più accettabili le temperature, migliore la qualità dell'area e soprattutto permetterà all'uomo di tornare ad abitare quegli spazi che oggi si limita ad attraversare con rapidità.

We choose to frame the effects of global warming on human habitation on earth by retrieving some of the considerations of Colin Rowe and Fred Koetter (1978, p. 50) made in *Collage City*. In particular, please refer to the contents of the chapter titled *The Crisis of the Object and the Unstable Surface*, which begins with an exergue consisting of three different statements by Ralph Waldo Emerson, Thomas Jefferson and José Ortega y Gasset: «Cities force growth and make men talkative and entertaining but they make men artificial»; «I think that our governments will remain virtuous as long as they are chiefly agricultural»; «But [...] how can man withdraw himself from the field? Where will he go, since the earth is one huge unbounded field? Quite a sample: he will mark off a portion of this field by means of walls, which set up an enclosed finite space over against amorphous, limitless space [...] For in truth the most accurate definition of the urbs and the polis is very like the comic definition of a cannon. You take a hole, wrap some steel wire tightly around it, and that's your cannon. So the urbs or polis starts by being empty space [...] and all the rest is just a means of fixing that empty space, of limiting its outlines [...] The square [...] This lesser rebellious field which secedes from the limitless one, and keeps to itself, is a space sui generis of the most novel kind in which man frees himself from the community of the plant and the animal [...] and creates an enclosure apart which is purely human, a civil space».

The phrases of Emerson, Jefferson and Ortega y Gasset prepare the reader, progressively, for the city-countryside dialectic and to glimpse how the traditional city and the urban hypotheses of modern architecture contrast with respect to the possible presence of vegetation. This comparison, proposed by Rowe and Koetter, develops from the comparison of the plan of the ancient core of Parma and Le Corbusier's plan for Sant Dié (Fig. 1) highlighting two opposing conceptions regarding the construction of urban space. In the first case the city stands out from the so-called '*ingens sylva*' (Paci, 2007) and the urban space emerges as carved out in the compactness of volumes; in the second, declined in different ways by Le Corbusier, the episodicality of the architectures, and without contradiction in other cases the continuity of the '*redan*', makes the void prevail allowing possible osmosis between the city and the natural world at least on a potential level.

Some forty years after the publication of *Collage City* and using Parma and Sant Dié – the former representing Old Towns and the latter as a synthesis of some 20th-century urban hypotheses – we find ourselves, at least in Europe, in the condition in which the two coexist. Many cities, in fact, are unicums in which compact ancient cores correspond, through a fabric, almost always by



blocks, of nineteenth- and twentieth-century urban peripheries that, with some frequency, are an echo, albeit faded, of the Athens Charter (Le Corbusier, 1943).

In recent decades, the relationship between city and vegetation has shifted, generating research aimed at defining new possibilities for the two sides to meet. Before such studies were developed, the legacy of the Modern Movement was scrutinised by Team X. «It is possible to discern a first point of rupture with respect to the ideas of the city held by the Modern Movement and functionalism in the reversal of approach promoted by a realist and situational attitude. This was the conclusion of a long journey from the rejection of the CIAM's city planning, which passed first through the proposals of Aldo van Eyck to adapt the project to a precise urban situation instead of working with a set of mathematical data, and then of the

other members of Team 10, and then the practices of the Situationist International and the phenomenological ones» (Repishti, 2012, p. 42).

Compared to this premise, this paper reflects on the verification of the interaction and compatibility between design actions aimed at containing global warming and those that care about the qualities of living spaces. This objective is outlined progressively because it can be distorting for the future of cities to make the quantity of greenery to be added pre-eminent without taking into account the effects that this component will produce on the form and spaces of the city.

In addition, the degree to which the mitigation of global warming affects human-inhabited spaces, and cities in particular, will be clarified, starting with an examination of some national and international research findings, and what part of the issue should be framed from a planetary perspective,

paying particular attention to those portions of the Earth substantially devoid of signs of anthropisation. As far as the urban sphere is concerned, several research design experiences will be presented that, taken together, demonstrate how much the cultural paradigm shift, due to increased attention to the relationship between nature and the city, determines an independent attitude on the scale of intervention.

Cities amid Covid-19, global warming, and the Stefano Mancuso's thesis |

On the research initiated by Team X and subsequent research in discontinuity with the Modern Movement, the effects of SARS-CoV-2 and Covid-19 have played a decisive role by producing a centrifugal movement as opposed to a steady urbanisation for the first time in about two hundred years. The new dispersion occurs after the number of urban dwellers has exceeded the number of rural residents for the past few years (Sciascia, 2022). At the same time, cities – regardless of human actions – are turning into only seemingly more natural places where birds, for example, find food more easily than they were able to do in their places of origin (Sciascia, 2017). According to Nicolini (2012a), since the peasant world has disappeared almost completely in our advanced countries, replaced by a pervasive agricultural industry that has left only a few remnants of the old agricultural environments and customs, it seems to be up to the city, paradoxically, to attract something of that world to itself, and so sometimes flocks of birds can be seen in Milan taking possession of certain large surviving trees.

These conditions are compounded by global warming, the main data of which have been repeatedly presented by Stefano Mancuso in his publications (Mancuso and Viola, 2013; Mancuso, 2018, 2019, 2020, 2021; Capra and Mancuso, 2021) and in his lectures featured on youtube¹. To summarise: in 2070 18% of the earth will be uninhabitable compared to 0.89% in 2020; in 2070 two billion people will not be able to live in the places where they live today; cities occupy 1.7 to 2.7% of the world's land area, but they produce 75% of carbon dioxide and 75% of waste, consuming about 70% of resources; to reduce global warming, again according to estimates made by Mancuso, a trillion trees would need to be planted.

A trillion trees, but where? As much as the planting hypothesis of the professor of General Arboriculture and Plant Ethology at the University of Florence has raised some perplexities (Sottile, 2022) this stance is taken, in the present reflection, as a possible course of action for the containment of global warming. With respect to this course, however, it is considered necessary to develop some project hypotheses, city by city. It is very different to argue that we need to plant as many trees absolutely, or plant as many trees as possible in relation to the peculiarities of urban planning; moreover, why only trees? If one were to proceed only in quantitative terms, it would make a comeback, as a concrete project and not as a publicity stunt, to Barilla's television advertisement of the early 1990s, in which the most significant parts of Italian cities, for example, Rome and Venice, were covered with dense vegetation, a kind of continuous green patina (Sciascia, 1994). Proponents of the latter direction stand on the opposite shore of

those advocates who would like to use any patch of countryside for photovoltaic panel installations and wind turbines as the exclusive solution to growing energy needs. The two extreme positions cancel each other out without thereby pointing the way by which a conspicuous plant presence can oppose global warming by taking care of the founding reasons of stone cities.

It is quite evident how the issue of global warming goes far beyond the urban issue involving much larger spatial areas for the identification of which it is appropriate to refer to the data of the research conducted by Jason Riggio et alii (2020): the elements provided by this in-depth study are indispensable to understand how conspicuous the work to be done globally in those parts of the globe with little or no anthropisation if the goal is to preserve at least some ecosystems that are still intact. Indeed, Riggio-led research shows how about half of Earth's land surface has relatively low human influence and offers opportunities for proactive conservation actions to keep the planet's last ecosystems intact. However, although the relative abundance of low human-influenced ecosystem areas varies widely by biome, conserving these last intact areas should be a top priority before they are completely lost.

This summary shows how the overall framing of the issue can include the operational possibilities extended from the urban landscape to architectural and urban planning only within a shared cultural paradigm shift that involves at the same time those parts where human presence and therefore human influence is reduced or nonexistent. Returning to the urban scale, imagining that nature can penetrate cities by converting them tout court against global warming becomes a valid answer on a merely quantitative level, evading the problems posed by a very complex reality. Moreover, it is too general to refer to nature in its totality without understanding that the latter manifests itself with various articulations so as to allow a distinction by types.



First, second, third, fourth, and fifth nature | The differences mentioned are based on certain propositions contained in an essay by Johnny Dixon Hunt (1993) in which the landscape historian identified a third nature coinciding with that of gardens, a second, the so-called 'cultural landscape', i.e., the system of agriculture to which are added all the works of man that shape the landscape such as roads and canals, and, finally, a first nature coinciding with the wilderness. According to Lambertini (2013) this is followed by the literary 'fourth nature' described by John Dixon Hunt as a symbolic and ideal space, and the 'fourth nature' spoken of by landscape ecologist Ingo Kowarik, represented by the evolutionary dynamics and wild plants that thrive in the brownfields and abandoned voids of the post-industrial city; Kowarik, moreover, rewrites the entire sequence of the four natures from the research perspective of landscape ecology to offer a scan of the variety of situations and types of plant structures found



Fig. 12-15 | The Garden of the Department of Architecture in Palermo, designed by Andrea Sciascia with Francesco Sottile and Luciana Macaluso in collaboration with Rosolino Meli, 2021.

in contemporary urban areas; in addition to these, if we wish to proceed in the sequence, we can add a fifth category, the technology-dominant nature cultivated, for example, in some vertical or sky garden systems.

From Dixon Hunt's initial classification, the need to plant trees and, in general, the desire to increase the presence of vegetation in cities finds a progressive focus by orienting, at least in the first instance, projects between second and third nature, preserving or enhancing 'wilderness' where it exists and seizing, if present, the peculiarities of fourth nature as described by Kowarik. In fact, those cases in which a portion of first nature creeps in, for example in the form of new forests, on the edges of cities or as defining large areas to be reclaimed by developing a specific dialectic between city and wilderness are very significant.

In this regard, one is reminded of how the interaction between city and forest has a key passage in Denis Diderot's 1772 *Traité du Beau* (1995), which states that if it had fallen to him to design Louis XV's square where it stands, he would have been very careful not to cut down the forest, his intention being to show its obscure depth between the columns of a large peristyle; again according to Diderot, architects have no imagination and do not know what the accessory ideas awakened by the surroundings and objects are. Diderot's remarks bring to mind the conclusion of Aldo Rossi's introductory essay to the Italian edition of Etienne-Louis Boullée's *Architecture – Essai sur l'Art*. Rossi (1967), after quoting Diderot's passage devoted to the Place de la Concorde, writes that the great Diderot-Boullée square, the immense colonnade of these urban monuments opening onto the depths of the forest make the thread of architecture grow and weld into the general framework that is proper to it; nature, man, the construction of the city.

Diderot, Boullée and Rossi corroborate a relationship between architecture, city and nature in which the poetic aspects of that relationship prevail; that figurative tension enlivens many paintings of the fifteenth and sixteenth centuries on this same theme in which architectures form a tangible boundary without forming an insurmountable barrier between the sacred scene and nature. This may be predominantly water as in Giovanni Bellini's *Holy Allegory* (Fig. 2), or become lush tree foliage as in Vittore Carpaccio's *Annunciation* (Fig. 3) or the green backdrops that open beyond the windows at either end of the *St. Jerome* in Antonello da Messina's study (Fig. 4). The cross-framed opening located on the left side of Antonello's painting, especially, seems to recall, in miniature, the large glass window that concludes the living room, open to the garden, of Luis Barragán's house (Sciascia, 2014).

The dwelling in Mexico City's Tacubaya neighbourhood transforms Diderot's words and the portion of the San Girolamo into a very strong bodily sensation, almost a drive that binds architecture and nature into a single living rhythm. The lush vegetation – from a certain date onward left to grow without any further pruning by the Mexican master – becomes an element with which the ground floor of the house converses with continuity, a sensual and living component whose suppleness is measured and emphasised by the geometric and symbolic presence of the cross.

The positive interplay between nature and architecture sought by Barragán in his house and, above all, in the Pedregal de San Angel, likens this architectural action to the harmony of the paintings mentioned above. Comparing such elegant balances to what has been produced since the second half of the 20th century, to the detriment of the surrounding nature, by the expansions of most contemporary cities, it is abundantly clear that the elegant dialectic has been shattered. The predatory attitude should be replaced, as envisioned in Mancuso's hypothesis, by an opposite overflow of vegetation toward the city. The green wave must be cautious in the Old Towns because if it occurred, as realised in the advertisement, it would eliminate any distinction between limes and limen, erasing, returning to the pictorial metaphor, the scene of Bellini's *Holy Allegory*, Carpaccio's *Annunciation*, and St. Jerome in His study.

A new form of vegetation – trees, lawns, bushes and flowers – on the other hand, if inserted into the contemporary fabric can prove to be a great opportunity provided that this operation knows how to contemplate the contribution of chlorophyll synthesis without forgetting that horizon of the dark depth between the columns of a great peristyle imagined by the author of the *Encyclopédie* (Diderot, 1995). How many unresolved spaces, how many oversized streets betrayed by a repetition of ungainly elevations could find form and meaning with appropriate plant inputs if such a process were guided by a careful planning without which the direction of transformation would be lost.

Projects and realisations between regulatory possibilities and paradigmatic examples | The figurative tension returned by Diderot seems to be alien to the priorities of government initiatives such as the call for projects published in 2022 by the Ministry for Ecological Transition – and subsequent allocation – for reforestation projects in metropolitan cities to be funded with €330 million under the PNRR (Ministry of Economic Development, 2021). The goal is to plant 6.6 million trees in Italy's fourteen Metropolitan Cities by 2024. In fact, the ministerial impulse, with much concreteness, runs up against the initial question: how – with greater clarity in what form – will the ecological transition, through a more substantial plant presence, improve living without compromising those prerogatives for which the city itself arose? The present reflection will attempt to focus on the specifics of that encounter by presenting some achievements and direct, albeit minute, project experiences developed in Palermo.

The Ministry's call consolidates an ongoing trend, namely that which sees, since the last two decades, a 'green' destiny for public spaces. This orientation if, on the one hand, it can be mistaken as a passing of the baton between the architectural and urban planning themes that have succeeded each other over the years, on the other hand, this substitution has taken on a structural character. Aspects related to ecology, sustainability, and, consequently, the reintroduction of vegetation into the urban environment together constitute a leading theme. Added to this approach is a form of compensation with respect to what the city has taken away, in its impetuous growth, from the countryside and, more generally, from the rural world.

Among the examples that can be recalled, with respect to the critical perspective taken, the comparison between realisations that articulate the underlying theme regardless of the size of the interventions has relevance. In the interplay between 'small and large,' in fact, one finds it significant to relate the trapezoidal urban plot of the Lafayette Greens Urban Garden, built in Detroit, Pa, in 2011 by Kenneth Weikal Landscape Architecture and Michel Desvigne's design for the right bank of the Garonne River in Bordeaux (2000-2004), and again comparing the Milanese restaurant Erba Brusca (2010-2011) by Raffaele Azarelli and Giuliano Iamele and Peter Latz's design for the North Duisburg Park in the Emschr industrial area in Ruhr (1990-1999).

These are well-known examples that are very different from each other but useful in understanding how there is a common thread linking opposed experiences. How can a relationship be posited between a restaurant and a former industrial area or between the edge of a city block and the edge of a river? The examples recalled, perhaps more than others, make it possible to see how the 'green' component has become a transversal *modus operandi* that emerges as a 'natural' condition in reclaiming an area as vast as the Ruhr and in finding application in the few square meters of a restaurant. Of the latter example, one could overturn the motto 'form follows function' by arguing that 'function follows form': the greenery that connotes the space becomes the building block of the restaurant's menu.

Nevertheless, the examples recalled while corroborating the basic thesis of the widespread 'desire for nature' – proven by boundless publicity – fade as one moves from critical reconnaissance to design action. In other words, they leave unchanged the dilemma posed by Matisse when faced with painting a rose. «Nulla è più difficile per un vero pittore di dipingere una rosa perché prima di poterlo fare deve dimenticare tutte le rose che sono state dipinte, scriveva il pittore nel 1953, un anno prima di morire» (Matisse cit. in Sooke, 2014, p. 24). In order to 'paint the rose,' the reasoning with a general character glide over a specific urban reality that can be framed from a bird's eye perspective. The main part of this picture should be one of its suburbs characterised, most likely, by a public housing district. This almost always has a degree of incompleteness concerning both the building and the plant component whose importance has been neglected overall. Downplaying the role of the green part has debased that distinctiveness that helped differentiate public neighbourhoods from the compact city.

The 'unfinished' and the Urban Landscape |

The return to a relationship with nature, in public housing neighbourhoods, helped to assert an alternative urban reality to that of the old core that was interpreted, as representative, only of the hegemonic classes. Beyond the strong ideological approach that characterised this type of vision, it remains incontrovertible that the suburbs, to a large extent, await substantial maintenance interventions. Such care must cover many neighbourhoods arranged on the edges of cities involving vegetation and secondary urbanisation works. In fact, the latter two elements before they are subject to careful maintenance have, in many cases,

yet to be implemented. Vegetation, in particular, in addition to helping define neighbourhoods, in a logic of intervention consistent with the potential of ecological corridors (Schilleci, 2008), precisely finds the nodes of the relationship between nature and the city in the suburbs.

Therefore, it is good to specify that increasing the vegetal presence in the suburbs – in addition to contributing to the containment of global warming – meets two specific objectives: to complete the missing green parts and, in a broader perspective, to imagine welds with that existing flora placed beyond the urban peripheries. This attention to the plant component, however, must be accompanied by those architectural achievements capable of reversing that trend that forces the inhabitants of such neighbourhoods to commute to those amenities that the suburbs chronically lack.

This need applies regardless of what one thinks of architectural and urban design and its ability to generate the ground. In this regard, Nicolini (2012b) argues that since it has been commonly accepted that the architecture of the city is realised through a sequence of independent objects, definitively abandoning the illusion of determining the ground (the earth, the soil, the base, the bottom) through an urban morphology, the action of the new landscape architect is called to a vast integrative and now also design task of the city and not only, as in the tradition, directed to configure the complementary spaces of parks and gardens; as the architecture of the city disappears, the possibility of establishing a relationship between nature and settlement as indicated by the townscape/landscape pair also dissolves, and the field of Urban Landscape practices opens up with the building substance reduced to a skyline, to a mere backdrop of the new urban scene; having surpassed the townscape phase and its attempts to make picturesque in the existing city body street by street, each understood as an individual composition, a particular image, the new Urban Landscape bids to shape through landscape action, now supplemented by an ecological component, the innumerable meaningless spaces of the city and often characterised by a chaotic intertwining of infrastructure – see Weiss/Manfredi's Olympic Sculpture Park in Seattle – taking on the connotations of an overall urban planning practice to whose leadership urban architects and landscape architects equally compete.

The Urban Landscape constitutes an extremely topical tool in urban intervention strategies, but for the complexity of suburbs it is probably not the only way to interpret and address those structural absences of equipment or those gaps of space arising from the difficult interactions between infrastructure and housing. The reasoning to be done – regardless of thinking of the architecture of the city as a 'sequence of independent objects' or capable of generating a true ground plan – is to initiate projects that can distinguish between the needs of different urban places. In the outcomes achieved by the Palermo projects, the boundary between what can be 'completed' with the plant component and what is up to architecture is well defined, without the illusion that the new need for nature can make up for the many stratified deficiencies of urban places d'embellée. In other words, it is good to look at the great theme of the unfinished from a new perspective

involving the urban landscape without expecting this to be the only answer to the many questions posed by the contemporary city.

The ZEN 2 neighbourhood of Palermo | If the suburbs are the preferred areas when the heart of the research is in the new relationship between vegetation and urban space then, from this perspective, the northernmost portion of Palermo's Piana dei Colli (Di Cristina, 1980) has its relevance. Such an urban area presents itself as a special urban laboratory² (La Duca, 1978) because many different ways of living are concentrated around the neighbourhood Zona Espansione Nord (ZEN) renamed – without much luck – San Filippo Neri. In particular, the last part of the district – that is, the most recently built part – the so-called ZEN 2, designed by Franco Amoroso, Salvatore Bisogni, Vittorio Gregotti, Hiromichi Matsui and Franco Purini, became a reference comparable in the 1970s with some of the most significant international settlements (Lovero, 1982), to scapegoat the failure of modern architecture. This rapid negative transition is due, among many causes, to a deficient realisation aggravated by widespread squatting of housing and the ousting of the designers from directing the project.

Against the easy criticisms, as superficial as they are hypocritical, we refer to the results of a study activity pursued continuously since the early 1990s which has had the opportunity to examine the projects submitted to the competition announced by the IACP of Palermo in 1969, the variants of the winning project and the reasons for the partial construction (Sciascia, 2003, 2012). On this occasion, the neighbourhood is presented simultaneously as a figure and background of the reasoning that is to be proposed. We focus on those traces of vegetation found around the ZEN and are now increasingly isolated. If these become protagonists, the point of view with which to observe such a suburb will change radically.

According to Gregotti (1998), the assumption of the design for ZEN 2 was to construct a grid of measurement of the natural fact within which the elements of the territory, by placing themselves, would be constituted point by point as a structure of orientation, starting from the interior of the neighbourhood, and would qualify themselves by relation to the grid itself; this way of reading and planning the use of nature can be seen within the neighbourhood in the decisive stance for a pre-eminence of the walled aspect of the city, in the use of natural matter as a material to be placed within the urban fact, in contrast to the Anglo-Saxon custom of the building immersed in nature; this procedure has a tradition throughout the history of Sicilian architecture and allows a just economy (not only in a practical sense) of the relationship with the natural good, with the sun, with light, with free, uninhabited space.

More than fifty years after the original design, the relationship with the surroundings – once an uninterrupted expanse of citrus groves – has been reversed. Even in an incomplete realisation, the planimetric clarity of ZEN 2 remains crystal clear, even though its surroundings are now a clutter of volumes. These have assaulted the eighteenth- and nineteenth-century villas and related old hamlets of Pallavicino, Cardillo, Tommaso Natale, and Partanna Mondello, returning a heterogeneous

whole in which the condominium building, coexists with single-family homes, sometimes included in elite residences, with cooperative interventions, and with the large Conca d'Oro shopping mall. Writing only about 'housing' and the shopping mall evades another major issue that is, instead, an integral part of it. And that is, any truthful description of the northern area of Palermo must include the incisions produced on the land by the design of the road infrastructure.

Proceeding in the narrative, from the neighbourhood outward, one notices in order: the valley caused by the neighbourhood's ring road of which is an integral part – for a long stretch – the Via Giuseppe Lanza di Scalea that stretches from south to north; the system of Via Venere and Via dell'Olimpo that gave rise to the axis created for the 1990 World Cup between the Palermo-Trapani highway and La Favorita Park; State Road No. 113; and still further west the Palermo-Trapani-Mazara del Vallo highway. This system of arteries shattered into tiles of varying sizes in a predominantly agricultural area in which the only separations were those marked by different properties.

In relation to the puzzle from the road infrastructure PRIN³ research was developed in which the theme of ecological transition was prominently placed to re-establish a possible new balance between nature and the city. These projects include that of the group of Laura Marino and Manuela Festa; the project idea can be schematised in two parts: the network of insulae and the green border. The insula with the inner and outer slats and inner courtyards becomes the measuring element. The built core is contrasted with the green insulae: these are traces in the ground, they are the footprints of the insulae that were to be or could have been built and were not. The footprint, as if it were the laying plane of foundations, becomes the site of vegetable gardens. The fabric of the insulae is enveloped by greenery thought of as an edge and not as a margin because it does not want to be an element that closes the neighbourhood with respect to the neighbouring townships but wants to reconstruct its limit by reinforcing its continuity (Sciascia, 2012; Fig. 5).

A similar *modus operandi* was enacted in a later PRIN⁴ research (Fig. 6) in which Giuseppe Samonà's (1976), reflection on 'the city in extension' placed the relationship between some urban cores dotting the area west of Palermo and the countryside in a different perspective. Especially in this research experience, which can be considered to all intents and purposes the continuation of the previous one, almost invisible portions of the area – ready to be attacked by urban expansions – are transformed into parks, agricultural fields, and urban gardens giving vegetation a decisive presence in the construction of new forms of living.

Two other considerations that have produced concrete realisations are recalled from unbuilt research projects. These experiences, although small in size, stand in coherence with respect to the reasoning developed. The first concerns an area of ZEN 2, and the second refers to the outdoor space of the Department of Architecture of the University of Palermo, in Viale delle Scienze.

The G124 and the Thirty Trees for ZEN 2 | The bird's-eye perspective recalled to frame the char-

acteristics of the urban suburbs generically if drawn at ZEN 2 would highlight with immediacy the distance between what has been realised and the original project albeit modified by the variants. In addition to these differences, one would notice, just as quickly, the many spaces left to neglect among which stands out the vast central area in the district plan, between the second and third bands of insulae, located to the east in continuity with the Church of San Filippo Neri. Such an unfinished site had attracted the attention of the G124⁵ group formed by Andrea Sciascia, in his capacity as Scientific Head of the Department of Architecture of the University of Palermo, and architects Antonino Alessi, Flavia Oliveri, Marina Viola and Angela Veronica Valenti.

The initial choice of the area ran into an insurmountable problem because more than fifty years after the competition to complete the neighbourhood, the land had not been expropriated. This circumstance rendered vain any proposal to transform the area as it still belonged to some private individuals and therefore outside the reach of the city and the Istituto Autonomo Case Popolari di Palermo. Having discarded the first hypothesis, it was deemed possible to use a rectangle of about nine meters by seventy with the longest side placed parallel to the head of insula 1F.

The perimeter of the area is between Fausto Coppi and Antonino Cannatella streets and between Primo Carnera Street and Sandro Pertini Street, President of the Republic for whom a part of the district's ring road is named. The strip of land was an illegal dump that appeared as one of the many interstices, accidentally left 'entangled and forgotten' between the houses and streets of the neighbourhood, giving full proof that the fabrics of the suburbs are frequently made up of only these two elements: 'houses and streets,' nothing more. This is a very small portion of the neighbourhood and yet a sufficient measure to demonstrate the effectiveness of the *modus operandi* sought by Renzo Piano, who, in his role as Senator for Life, invented the G124 using the salary of his public office to support the initiative.

For the past ten years or so, Piano has been bringing together groups of young designers at his RPWB (Renzo Piano Workshop Building) headquarters studio along the coastal road that connects Genoa to Arenzano, and in his room number one hundred and twenty-four located on the second floor of Palazzo Giustiniani (the acronym G124 takes its cue from this location) to reason together about the mending of the suburbs. The various working groups graft seeds of change by combating the degradation of the suburbs. The projects, however small distributed in various Italian cities – in the 2020/21 edition along with Palermo were Padua (Tutor Edoardo Narne) and Modena (Tutor Matteo Agnoletto) – can form an overall action of urban regeneration.

An integral part of the Piano-led way of acting is the involvement of citizens and the parties most concerned about neighbourhood life. Consistent with this approach, the architects selected by the Department of Architecture made contact with the Handala and ZEN Insieme associations, and with the heads of the Giovanni Falcone Comprehensive Institute and the Leonardo Sciascia Comprehensive Institute. A dialogue was established with the former right from the elaboration of the first draw-

ings, without this mode of interaction being reduced to the search for apriori consensus on the choices to be addressed; with the schoolchildren, the occasion of a series of guided tours made it possible to transform the construction site phase into a popularisation phase to explain to elementary school children and middle schoolers the foundational reasons for the project. The realisation of the work is due to a memorandum of understanding between the University of Palermo and the Municipality; the latter, it must be acknowledged, provided all the economic-financial energies by bringing in the technicians and workers of CO.I.ME. who completed the work.

The title of this one is Thirty Trees for ZEN 2 because they are twenty-eight 'Schinus Terebinthifolius' (pink pepper), arranged in two parallel rows, completed in the terminal part – near Pertini Street, after a playground area – by two 'Schinus Molle' (false pepper), with wider foliage to give shape to the whole. The tree-lined square is defined in its boundaries by a low perimeter wall that forms a long perimeter seat interrupted only for a few stretches to reinforce some relationships with the nearest insula and to accommodate pedestrian crossing flows. Cylindrical seats are arranged between the flower beds, which in pairs punctuate the rectangular figure on the edges. The light blue spread evenly over all vertical and horizontal surfaces connotes the tree-lined plaza giving it a chromatic character that reads as a difference from the black of the oversized road infrastructure and the grey-brown of the next large unresolved area on which the G124 group in Palermo initially dwelt. This chromatic choice evident during the day is equally so in the evening thanks to a lighting system donated by the iGuzzini company (Fig. 7-11).

The Darch Garden | The headquarters of the Department of Architecture at the University of Palermo was designed by Pasquale Culotta, Giuseppe Laudicina, Giuseppe Leone and Tilde Marra (Pallazotto and Sciascia, 2007). The incomplete project consists of a central body and an edge building surrounding an excavated square. These elements rise along the axis of Viale delle Scienze, in a barycentric position with respect to the university city and strategic because of its proximity, to the northwest, with the Garofala ditch (ancient bed of the Kemonia River) and to the southeast with the public housing neighbourhoods abutting the Oreto River. The configuration and size of the collective spaces – outdoor and indoor – are the outcome of a broad and inclusive look by the designers.

The garden, created as part of an overall maintenance plan conducted between 2015 and 2021, makes the Department's urban value even more explicit⁶. The pedestrianisation of the excavated plaza (about 8 meters lower than the surrounding level) had been betrayed by its use as a parking lot and the presence of irregular stones distributed in the two large areas near the university building. The replacement of the rubble with topsoil and the planting of lawn ('*Stenotaphrum secundatum*') and about ninety trees ('*Populus nigra* L.') transformed the exterior part of the Department into a garden designed as an extension of the interior lobby. The choice of poplars allows the elevations to be shaded in the summer months and bathed in sunlight in the winter, while the green of the trees and turf colours the perceived perspec-

tive backgrounds in the relationship between interior and exterior. The rows, aligned with the interaxes of the structural mesh of the edge building, record some punctual exceptions at pre-existing vegetation and where some clearings allow the garden to be equipped for outdoor activities.

The driveway ramp, which forms the southern boundary, before Ernesto Basile Street, has been defined by an ivy creeper ('*Hedera helix* L.') that changes the significance of the rough retaining wall and, on the opposite side, by some citrus trees ('*Citrus* spp.') and herbs. Near the entrance, where the ramp reaches the outside road level, there are trees of '*Ginkgo biloba* L.', olive ('*Olea europaea* var. *sativa*') and carob ('*Ceratonia siliqua* L.'). This choice will allow, in the future, to cool the west wall of the central body, confirming the integration of garden and architecture. A row of oleanders ('*Nerium oleander* L.') completes the southern edge at the level of the pedestrian plaza (Fig. 12-15).

Conclusions | The descriptions of the projects dwelt on the spatial and chromatic facts to which it is necessary to add the action of time as an indispensable component. On the other hand, if the protagonist of the various examples is vegetation the aspect of time is consubstantial. It is abundantly clear that, for example, there can be no definition of the form of trees without considering the chronological sequence of their growth bearing in mind the radical difference between an evergreen or deciduous species. Undoubtedly trivialities when one is a spectator; yet, everything changes if one has to foresee the final appearance that the various planted essences will take in relation to the objectives that the project wants to achieve. Climate, light, soil quality, availability of water and labour constitute specific factors against which the renewed desire for nature must be measured even when it threatens to take on the appearance of a green international style.

While there are some unavoidable fashionable factors, we are witnessing a belated reaction to an ecosystem breakdown whose symptom has taken the form of only seemingly contingent reasons such as Covid-19 and a trend that has been present for several decades such as global warming. These two phenomena have definitively challenged the fallacious coincidence between development and progress, giving substance to the renewed relationship between man and nature. This relationship was manifested with great concreteness in the interaction between cities and vegetation finding partial representation in the considerations expressed and projects presented.

The different scales of the experiences presented and arising from profoundly different needs, demonstrate as a whole the radical change of approach in the field of design from that of interiors to that of landscape without being able to distinguish any solution of continuity. In fact, wanting to limit themselves to the Architectural Design macro-sector (08/D1), the experiences highlighted prove how fragile the boundaries are between architectural and urban composition, landscape architecture and interior architecture.

The transversality of the design direction taken finds further confirmation in the fact that these types of interventions have spread around the world regardless of the economic conditions and geograph-

ical locations of the countries in which they find implementation. What changes from the past? The typical quality of gardens, which according to Roberto Burle Marx (cit. in Walker and Simo, 2001) consists of 'giving man the pleasure of the shapes and colours of growing plants', is accompanied by an ecological awareness within which mitigation of today's climatic condition is an important but not unique effect. In the case of vegetable gardens, which over the decades have become 'flying' – according to a definition by Leberecht Migge (Ingersoll, 2012) – the production of vegetables, but also fruit or flowers with local producers is joined with a

new urban condition in which social aspects arise from a 'natural' collaboration in cultivation. This last aspect finds an excellent synthesis in the documentary titled *God Save the Green* by Michele Mellara and Alessandro Rossi.⁷

Indeed, the cultural route undertaken, however much it may proceed between sudden accelerations and moments of stagnation, seems to determine, along with new urban forms, also different human behaviours. The speed and frenetic pace of contemporary life seem to be replaced by a slowness that fosters sociality that develops while leaving the roar of vehicular traffic in the back-

ground. Silence and slowness may be the effect of an overall project arising from the unprecedented encounter between city and vegetation within which temperatures will be more acceptable, the quality of the area better and, above all, it will allow humans to return to inhabit those spaces that today they merely pass through with rapidity.

Notes

1) For more information, see: [youtube.com/results?search_query=stefano+mancuso](https://www.youtube.com/results?search_query=stefano+mancuso) [Accessed 11 March 2023].

2) Initially, according to Rosario La Duca (1978, pp. 131, 134), the area of the Piana dei Colli, north of the ancient core, was preferred, for urban development, because it was the least valuable as an agricultural exploitation, both because of the presence of numerous abandoned stone quarries and because of the absence of springs necessary for irrigation, also taking into account that the considerable depth of the water table and the lack, at that time, of appropriate technical means for raising water, did not allow a rational transformation of crops. The land, therefore, of little income was better used for building purposes.

3) PRIN 2009 National Research titled 'Riqualificazione e aggiornamento del patrimonio di edilizia pubblica – Linee guida per gli interventi nei quartieri innovativi IACP nell'Italia centromeridionale' (lit. Redevelopment and Upgrading of Public Housing Stock – Guidelines for Interventions in Innovative IACP Neighbourhoods in Central and Southern Italy); National Research Program Coordinator: Prof. B. Todoraro, 'Sapienza' University of Rome; Scientific Heads of Research Units: Prof. G. Ascarelli (University of L'Aquila); Prof. C. A. Manzo (Second University of Naples); Prof. L. Ramazzotti ('Tor Vergata' University of Rome); Prof. A. Sciascia (University of Palermo).

4) PRIN 2009 National Research titled 'Dalla campagna urbanizzata alla città in estensione – Le norme compositive dell'architettura del territorio dei centri minori' (lit. From the urbanised countryside to the city in extension – The compositional norms of the architecture of the territory of minor centres); National Coordinator of the Research Program: Prof. L. Ramazzotti, 'Tor Vergata' University of Rome; Scientific Managers of the Research Units: Prof. C. A. Manzo (Second University of Naples), Prof. A. Margagliotta (University of Palermo), Prof. F. Rispoli ('Federico II' University of Naples), Prof. A. Sciascia (University of Palermo), Prof. G. Strappa ('Sapienza' University of Rome).

5) G124 is the Working Group, established by Renzo Piano 'on the suburbs and the city that will be'. For more details, see: [renzopianog124.com](https://www.renzopianog124.com) [Accessed 11 March 2023].

6) Contributing to the creation of the DARCH Garden were F. Sottile, Professor of General Arboriculture and Cultivation, and L. Macaluso, Professor of Architectural and Urban Composition, both delegates of DARCH Director A. Sciascia, to the management of the Department's spaces and furnishings.

7) *God Save the Green* is a 72-minute documentary film, produced by I. Malaguti for Mammot Film; subject and screenplay by M. Mellara and A. Rossi; Photography by M. Mensa and M. Mellara; Editing by M. Duretti; Music by M. Zamboni; Narration voice by A. Baraldi.

References

Capra, F. and Mancuso, S. (2021), *Discorso sulle erbe* –

Dalla botanica di Leonardo alle reti vegetali, Aboca, Sansepolcro.

Di Cristina, U. (ed.) (1980), *Progetto speciale per l'area metropolitana di Palermo – Piano per la riqualificazione della fascia periferica del sistema urbano di Palermo*, CO.GRA.S., Palermo.

Diderot, D. (1995), *Trattato sul bello* [orig. ed. *Traité du Beau*, 1772], Abscondita, Milano.

Gregotti, V. (1998), *Racconti di Architettura*, Skira, Milano.

Hunt, J. D. (1993), "Nel concetto delle tre nature", in *Casabella*, voll. 597-598, pp. 98-101.

Ingersoll, R. (2012), "Urban Agriculture – Il paesaggio degli orti urbani", in *Lotus International*, n. 149, pp. 105-117.

La Duca, R. (1978), "... E la città divenne caos", in *La città perduta – Cronache palermitane di ieri e di oggi*, Edizioni e Ristampe Siciliane, Palermo, pp. 131-134.

Lambertini, A. (2012), *Urban beauty! Luoghi prossimi e pratiche di resistenza estetica*, Compositori, Bologna.

Le Corbusier (1943), *La Charte d'Athènes*, La Librairie Plon, Paris.

Lovero, P. (1982), "La generazione dello Z.E.N. Evora, Vitoria, Palermo – Tre quartieri a confronto | The Z.E.N. Generation. Evora, Vitoria, Palermo – Three Quarters Compared", in *Lotus International*, n. 36, pp. 20-45.

Mancuso, S. (2021), *Botanica – Viaggio nell'universo vegetale*, Aboca, Sansepolcro.

Mancuso, S. (2020), *La pianta del mondo*, Laterza, Bari-Roma.

Mancuso, S. (2019), *La Nazione delle Piante*, Laterza, Bari-Roma.

Mancuso, S. (2018), *L'incredibile viaggio delle piante*, Laterza, Roma-Bari.

Mancuso, S. and Viola, A. (2013), *Verde brillante – Sensibilità e intelligenze del mondo vegetale*, Giunti, Firenze.

Marino, L. and Festa, M. (2012), "Il quartiere ZEN e la Piana dei Colli – Un parco attorno al quartiere", in Sciascia, A., *Periferie e Città Contemporanea*, Caracol, Palermo, pp. 532-535.

Ministero dello Sviluppo Economico (2021), *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*. [Online] Available at: [governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf](https://www.governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf) [Accessed 11 March 2023].

Nicolin, P. (2012a), "Il bello dell'agricoltura urbana", in *Lotus International*, vol. 149, pp. 42-46.

Nicolin, P. (2012b), "Urban Landascape", in *Lotus International*, n. 150, pp. 76-81.

Paci, E. (2007), "Il cuore della città" [orig. ed. 1954], in *Aut-Aut*, vol. 333, pp. 7-15.

Palazzotto, E. and Sciascia, A. (2007), *La sede della Facoltà di Architettura di Palermo – Gli spazi della didattica e della ricerca*, L'Epos, Palermo.

Repishti, F. (2012), "Dalla prassi alla teoria nel Landscape urbanism | From Practice to Theory in Landscape Urbanism", in *Lotus International*, n. 150, pp. 36-45.

Riggio, J., Baillie, J. E. M., Brumby, S., Ellis, E., Kennedy, C. M., Oakleaf, J. R., Tait, A., Tepe, T., Theobald,

D. M., Venter, O., Watson, J. E. M. and Jacobson A. P. (2020), "Global human influence maps reveal clear opportunities in conserving Earth's remaining intact terrestrial ecosystems", in *Global Change Biology*, vol. 26, issue 8, pp. 4344-4356. [Online] Available at: doi.org/10.1111/gcb.15109 [Accessed 11 March 2023].

Rossi, A. (1967), "Introduzione", in Boullée, É.-L. (ed.), *Architettura – Saggio sull'arte* [orig. ed. *Essai sur l'art*, 1772], Marsilio, Venezia, pp. 7-24.

Rowe, C. and Koetter, F. (1981), *Collage City*, Il Saggiatore, Milano.

Rowe, C. and Koetter, F. (1978), *Collage City*, The MIT Press, Cambridge-London. [Online] Available at: monoskop.org/images/2/23/Rowe_Colin_Koetter_Fred_Collage_City_1978.pdf [Accessed 11 March 2023].

Samonà, G. (1976), *La città in estensione – Conferenza tenuta presso la Facoltà di Architettura di Palermo il 25 maggio 1976*, STASS, Palermo.

Schilleci, F. (2008), *Visioni metropolitane – Uno studio comparato tra l'Area metropolitana di Palermo e la Comunidad de Madrid*, Alinea, Firenze.

Sciascia, A. (2022), "Introduction – Dwelling and Covid-19", in Campisi, G., Moccio Li Destri, A. and Amenta, C. (eds), *Covid-19 and Communities – The University of Palermo's Voices and Analyses During the Pandemic*, Università degli Studi di Palermo, Sperling & Kupfer, Milano, pp. 87-91. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-030-88622-6_9 [Accessed 11 March 2023].

Sciascia, A. (2014), "Il rumore del tempo e la patina dell'architettura", in Carlotti P., Nencini D. and Posocco, P. (eds), *Mediterranei Traduzioni della modernità*, FrancoAngeli, Milano, pp. 147-155.

Sciascia, A. (2017), "Alteram naturam", in Falzetti, A. (ed.), *La città in estensione*, Gangemi Editore, Roma, pp. 66-79.

Sciascia, A. (2012), *Periferie e Città Contemporanea – Progetti per i quartieri Borgo Uliviva e Zen a Palermo*, Caracol, Palermo.

Sciascia, A. (2003), *Tra le modernità dell'architettura – La questione del quartiere ZEN 2 di Palermo*, L'Epos, Palermo.

Sciascia, A. (1994), "Il taralluccio in città", in *Il Giornale dell'Architettura*, vol. 5, p. 3.

Sooke, A. (2014), *Henri Matisse – Una seconda vita*, Electa, Milano.

Sottile, F. (2022), "Contro il cambio climatico piantare miliardi di alberi non basta se non cambiamo stile di vita", in *la Repubblica*, 13/01/2022. [Online] Available at: [repubblica.it/green-and-blue/2022/01/13/news/contro_il_cambio_climatico_piantare_miliardi_di_alberi_non_basta_se_non_cambiamo_stile_di_vita-333710488/](https://www.repubblica.it/green-and-blue/2022/01/13/news/contro_il_cambio_climatico_piantare_miliardi_di_alberi_non_basta_se_non_cambiamo_stile_di_vita-333710488/) [Accessed 11 March 2023].

Walker, P. and Simo, M. (2001), "Burle Marx, Barragán, Noguchi", in *Lotus Navigator*, n. 2, pp. 2-21.

ARTICLE INFO

Received	30 April 2023
Revised	07 May 2023
Accepted	08 May 2023
Published	30 June 2023

PAESAGGI SENZA ARCHITETTI DEL PAESAGGIO

La bellezza ecologica dei paesaggi urbani informali

LANDSCAPES WITHOUT LANDSCAPE ARCHITECTS

The ecological beauty of informal urban landscapes

Chiara Catalano, Thomas E. Hauck, Susann Ahn, Salvatore Pasta

ABSTRACT

Per la progettazione e manutenzione delle infrastrutture verdi urbane le Pubbliche Amministrazioni seguono modelli e archetipi estetici di decoro urbano accettati dalla cittadinanza, mentre i paesaggisti cercano di riprodurre isole di vegetazione a elevata 'naturalità', anche quando le condizioni ambientali delle aree urbane non lo permettono. A lungo termine, in entrambi i casi, i diversi obiettivi e le differenti visioni delle infrastrutture verdi urbane comportano inutili costi di manutenzione poiché ciò che definisce l'identità di un'area verde è l'uso prevalente che si fa della vegetazione. L'obiettivo di questo contributo è analizzare la composizione floristica e il significato ecologico degli habitat stradali nel caso studio della Città Metropolitana di Catania (Italia), insistendo sul valore estetico delle aree verdi stagionali a basso costo (spontanee) e biodiverse.

Regarding the maintenance of urban green infrastructure, most stakeholders prefer achieving an oversimplified aesthetic archetype of cleanliness and order at the cost of high maintenance, whilst landscape architects try to reproduce islands of near-natural vegetation even where the environmental factors typical of urban areas do not allow it. In the long term, the struggle between these two opposite ways of conceiving the look and the role of green infrastructure appears pointless: in the end, what decides the identity of most urban green infrastructure is the 'vegetation by use', that is, the daily people's use of these spaces (whether accessible). By analysing the aesthetic value, the species composition, and the ecological meaning of the vegetation of some roadside habitats close to the city of Catania (Sicily), the Authors shed light on the possibility of enjoying low-cost, biodiverse and beautiful seasonally green areas.

KEYWORDS

infrastrutture verdi, soluzioni basate sulla natura, vegetazione spontanea, leggere le tracce, microhabitat urbani

green infrastructure, nature-based solutions, spontaneous vegetation, trace reading, urban microhabitats

Chiara Catalano, Architect and PhD, is a Researcher at the Zurich University of Applied Sciences (Switzerland) and at the CNR (Italy), where she investigates the role of spontaneous vegetation in designed habitats, the implementation and evaluation of NBS and the bio-receptive buildings. E-mail: cata@zhaw.ch; chiara.catalano@cnr.it

Thomas E. Hauck, Landscape Architect and PhD, holds a joint Professorship in Landscape Architecture and Landscape Planning with Susann Ahn at TU Wien (Austria). E-mail: thomas.hauck@tuwien.ac.at

Susann Ahn, PhD, is a Landscape Architect, Urban planner and Mediator; she holds a joint Professorship in Landscape Architecture and Landscape Planning with Thomas E. Hauck at TU Wien (Austria). She specialised in the nexus of landscape architecture and communication, focusing on participative, conflict-resolving and co-creative methods. E-mail: susann.ahn@tuwien.ac.at

Salvatore Pasta, Naturalist and PhD in Plant Systematics and Ecology, is a Researcher at the CNR, Institute of Biosciences and BioResources (IBBR), Palermo (Italy). His research focuses on conserving and monitoring plant species and habitats, urban ecology and landscape history. E-mail: salvatore.pasta@ibbr.cnr.it



A causa della continua crescita urbana e infrastrutturale e della conseguente pressione sugli ecosistemi e perdita della biodiversità, anche nei contesti urbani la protezione degli habitat è diventata una necessità (Kowarik and von der Lippe, 2018; Lepczyk et alii, 2017; Puppim de Oliveira et alii, 2011). Nelle città, tra ciò che resta dei paesaggi naturali e culturali ma anche degli altri biotopi di valore, gli habitat abbandonati, non pianificati o meno curati acquistano importanza nella conservazione della biodiversità; alcuni di essi, come i bordi delle strade, i binari ferroviari, le aree dismesse e altri frammenti urbani 'aperti' rientrano nella categoria dei 'paesaggi informali' (Rupprecht and Byrne, 2014), dei 'nuovi ecosistemi' (Kowarik, 2011) e del 'terzo paesaggio' (Clément, 2004). Colonizzati dalle piante e utilizzati dalle persone in modi e intensità diverse, gli habitat negletti offrono nuovi spunti (spesso a basso costo) per la progettazione di aree verdi urbane biodiverse, sfruttando la capacità delle specie spontanee di adattarsi alle condizioni locali (Kühn, 2006).

Laddove non soggetti ad attività di manutenzione periodica, questi habitat sono visti dalla maggior parte degli osservatori come 'messy' (Nassauer, 1995) o addirittura 'scary' (Filibeck, Petrella and Cornelini, 2016), pertanto le modalità di gestione della vegetazione urbana possono giocare un ruolo cruciale per educare la percezione dei cittadini e stimolare l'accettazione di biotopi urbani meno curati ma biodiversi (Clément, 2004; Kowarik, 2011; Kühn, 2006; Nassauer, 1995; Rupprecht and Byrne, 2014). In genere, le Pubbliche Amministrazioni (PA) e i privati progettano il paesaggio urbano e ne attuano la manutenzione in modo che risponda a una certa idea di pulizia e ordine. Questo bisogno di controllare la componente biotica anche in ambiente urbano deriva sia da una visione contraddittoria che le società occidentali hanno della natura selvaggia (Burke, 1958; Cronon, 1996) sia da un'accezione estetica dell'igiene cittadina (Shane, 2013; Szczygiel and Hewitt, 2000).

Anche se la porzione dei bilanci pubblici destinata alla manutenzione delle aree a verde tende a ridursi, si continua a fare ricorso a potature, trinciature, falciature e aspirazioni in quanto prassi consolidate di gestione del territorio (Bell, 1995). Nella maggior parte dei casi la manutenzione si concentra nei luoghi centrali e di rappresentanza per rispondere all'esigenze del mercato immobiliare, per garantire la sicurezza del traffico stradale ma anche, più semplicemente, per ripulire le aiuole, spesso usate come discariche, dalla vegetazione spontanea indesiderata, confermandone così il carattere indefinito (Pellegrini and Baudry, 2014; Argüelles and March, 2022; Hard, 1998).

Le conseguenze di questo tipo di manutenzione sono il ricorso all'uso massiccio di mezzi meccanici per lo sfalcio e la pacciamatura, con il risultato di una omogeneizzazione e un impoverimento specifico dei prati urbani (Ignatieva and Ahn, 2013), ma anche a una diffusa impermeabilizzazione del suolo con asfalto e cemento. Queste azioni, pur essendo più dispendiose in termini di tempo rispetto al mantenimento estensivo della vegetazione, sono spesso esternalizzate a ditte con personale non specializzato, data la relativa semplicità degli interventi effettuati senza tenere conto delle specificità dei luoghi.

Osservando i risultati delle attività di gestione

del verde appare evidente che gli aspetti funzionali, ecologici e climatici non sono ritenuti prioritari rispetto a quelle valenze estetiche fortemente radicate nella tradizione paesaggistica occidentale (Birmingham, 1986; Trepl, 2012) il cui obiettivo è ricreare giardini scenografici attraverso una cura intensiva. A seconda delle preferenze 'sociali' per questi modelli consolidati prendono così corpo 'giardini paesaggistici' con prati e arbusti o 'parterre' con piantumazioni ornamentali e tappezzanti (Ignatieva, 2010) privi di quella consapevolezza storica e stilistica che li ha originati, ma che continuano a essere considerati sinonimo di pulizia e ordine.

Alla luce di quanto premesso, il presente contributo attiva una disamina sul ruolo della vegetazione spontanea e della variabile antropica nella progettazione del verde urbano a supporto della biodiversità e presenta un caso studio volto a evidenziare la bellezza ecologica, funzionale e paesaggistica della vegetazione di aree neglette e poco gestite.

Vegetazione autoctona e natura selvaggia urbana | Gli approcci e i framework progettuali come il Low Impact Urban Design and Development (Ignatieva et alii, 2008; Ignatieva, Meurk and Stewart, 2008) o il Biodiversity Sensitive Urban Design (Garrard et alii, 2018; Ikin et alii, 2015), ma anche la programmazione di Enti preposti alla conservazione della natura in ambito urbano, mirano alla selezione di specie vegetali a elevata funzionalità ecologica (Tzortzi and Lux, 2022). In quest'ottica la selezione delle specie vegetali in città deve favorire l'uso di piante autoctone (Threlfall et alii, 2016, 2017) ed essere coerente con la vegetazione potenziale (Chiarucci et alii, 2010; Loidi and Fernández-González, 2012), nonché costituire foraggio per la fauna (possibilmente per le specie più rare), imitando la vegetazione dei paesaggi culturali tradizionali, con le loro antiche forme di coltivazione e manutenzione (prati e frutteti con interventi di manutenzione tardo-primaverile ed estiva), oppure prendendo come riferimento gli habitat naturali della stessa regione biogeografica in termini di composizione delle specie e diversità strutturale, secondo il riferimento dell'"habitat template" (Ignatieva, Meurk and Newell, 2000; Itani et alii, 2020; Lundholm and Richardson, 2010). Tuttavia i predetti approcci non tengono conto della vegetazione spontanea dei siti fortemente antropizzati, tipici dei contesti urbani.

La mancata valutazione delle reali condizioni di un sito o l'ambizione di modificarle verso altre prossime alla naturalità, ignorando la presenza di specie esotiche, spesso nasconde una sovrastima delle reali capacità di manutenzione sia delle PA sia dei privati e un'idealizzazione della vegetazione potenziale di un sito che diventa velleitaria: una volta che la manutenzione viene sospesa cambiano anche le comunità vegetali di riferimento dominate da specie via via sempre più competitive.

Un esempio di progettazione ecologica basata sulla successione dinamica e sulla vegetazione spontanea è la '(nuova) natura selvaggia urbana' (Kowarik, 2018), che tiene conto del disturbo dei siti dovuto all'alterazione e alla contaminazione del suolo, delle condizioni climatiche urbane e della presenza di neofite; restano escluse dai processi ecosistemici e dalla progettazione sia la partecipazione attiva che il tipo di fruizione dei luoghi

da parte delle persone. L'obiettivo è quindi proteggere, ma anche identificare spazi aperti dove un alto livello di autoregolazione dei processi ecosistemici, comprese le dinamiche di popolazione di specie autoctone e non autoctone sotto forma di comunità vegetali aperte, può avvenire senza un considerevole intervento umano (Kowarik, 2018). In tal senso lo scopo non è mirare allo stadio finale di una particolare comunità vegetale potenziale, ma attivare un processo dinamico nel quale la vegetazione subisca poche interferenze e quindi sia la più 'naturale' possibile. Ciò si riflette anche nei nuovi approcci conservazionistici: dalla protezione di determinate tipologie di paesaggi e biotopi a un approccio più dinamico, che consente al 'naturale' di proliferare indisturbatamente (Kirchhoff, 2020).

Vegetazione determinata dall'uso | Un approccio che integra la vegetazione spontanea e l'uso di un determinato luogo che ne fanno gli utenti è stato sviluppato a partire dagli anni Settanta dal *Gebrauchsorientierte Freiraumplanung* (lett. 'pianificazione degli spazi aperti orientata all'uso') della *Gesamthochschule Kassel* (l'attuale Università di Kassel). Il concetto di *Gebrauchsvegetation* (lett. 'vegetazione determinata dall'uso') coniuga principi fitosociologici e applicativi per la produzione e manutenzione della vegetazione urbana (Böse, 1981; Hüllbusch, Knittel and Wegmann, 1994) che possono essere riassunti come segue:

- l'uso (e non la manutenzione) degli spazi aperti determina la vegetazione spontanea;
- la possibilità di fruire le aree verdi è resa possibile dall'esistenza di superfici sia favorevoli per le piante (permeabilità dell'acqua) che adatte al calpestio e al gioco (superfici impermeabili, ecc.);
- la zonizzazione degli spazi aperti si basa sul loro uso che ne determina le dimensioni e la dinamica della vegetazione; la manutenzione è ottenuta principalmente dall'uso evitando l'elaborata cura tipica dell'orticoltura di specie ornamentali;
- la manutenzione degli spazi aperti consiste solo nella rimozione di rifiuti, se necessario, nella rimozione della biomassa per arrestare la dinamica naturale e mantenere la vegetazione a un determinato livello 'desiderabile'; ad esempio, lo sfalcio della vegetazione erbacea una volta all'anno o la ceduazione di arbusti e alberi;
- i problemi di accettazione e di manutenzione a lungo termine derivano da interventi di manutenzione irregolari e dal lavoro 'contro' la vegetazione spontanea.

Le comunità vegetali spontanee ricoprono quindi un ruolo centrale in questo approccio (Körner et alii, 2002), ma non si tratta di idealizzare la vegetazione ruderale o di sviluppare una natura selvaggia, come proposto da Ignatieva (2010) e Ignatieva et alii (2008). Piuttosto tale approccio, alquanto pragmatico, si basa sull'influenza dinamica reciproca tra la vegetazione spontanea e l'uso antropico che di fatto rappresenta il tipo di gestione auspicabile.

Leggere le tracce | Gli esseri umani svolgono un ruolo fondamentale nel plasmare i paesaggi urbani; infatti l'intensità e la frequenza delle azioni dei visitatori abituali hanno un forte effetto sia sulla composizione delle specie che sulla struttura-fisognomica (altezza, percentuale di copertura, ecc.) della vegetazione. Gli ecologi urbani sono in

ID	Type	Coordinates [lat., long.]	Size [sqm]	No. of Species	Evidence of Planting
1	Traffic island	37.56868, 15.0084	10	26	-
2	Roundabout	37.56881, 15.00852	80	21	Woody
3	Traffic island	37.56898, 15.0084	50	15	Woody
4	Traffic island	37.56869, 15.00868	20	34	Woody
5	Traffic island	37.56835, 15.00901	40	29	Woody
6	Roundabout	37.5682, 15.00919	10	15	-
7	Traffic island	37.56855, 15.00901	60	25	-
8	Traffic island	37.57033, 15.00334	20	23	-
9	Roundabout	37.57047, 15.00345	80	10	Woody
10	Traffic island	37.57032, 15.00346	20	20	Woody
11	Traffic island	37.57049, 15.00366	20	21	-
12	Roundabout	37.54083, 15.0558	1770	74	Woody

Tab. 1 | Case studies: coordinates refer to the barycentre of the area, in grey the plots on roundabouts (credits: C. Catalano, 2023).

grado di identificare e misurare gli effetti diretti del disturbo (inquinamento atmosferico, calpestio, sfalcio, irrigazione, apporto di sostanze nutritive, ecc.) e di valutare se e in quale misura tali attività, insieme all'impatto delle infrastrutture, influiscono sui fattori di stress già in atto (l'aumento della traspirazione delle piante a causa del traffico veicolare, l'ombra o l'isolamento dovuti alla forma e alla posizione degli edifici, ecc.).

Per comprendere la genesi della vegetazione urbana, tuttavia, non è sufficiente analizzarla solo in termini ecologici; i fattori che determinano il tipo di sviluppo della vegetazione, definiti con accezione negativa 'disturbi', includono fattori 'non disciplinari', che trascendono cioè il quadro di riferimento scientifico e non sono interpretabili univocamente: secondo Gerhard Hard (1995) per comprendere la natura nella città, bisogna riuscire a vedere non solo l'aspetto ecologico tangibile, ma anche quello economico e simbolico.

Pertanto, per analizzare un tipo di comunità vegetale fortemente influenzata dalle azioni umane, la Scuola di Kassel ha sviluppato una teoria e una pratica di 'lettura delle tracce' (Hard, 1995; Lührs, 1994); secondo questa Scuola, per comprendere la vegetazione urbana e, se necessario, prendere delle decisioni sul tipo di disturbo utile, è necessario adottare un'analisi a più livelli: da un lato uno strettamente scientifico-ecologico, dall'altro uno legato alle attività e agli usi antropici. Sempre secondo Hard (1995) in una prospettiva ecologica la vegetazione appare come 'significante', 'indicatore', 'espressione sintetica' (ecc.) delle condizioni del sito (calore, acqua, luce, fattori chimici e meccanici, comprese le interazioni tra gli organismi); nella prospettiva culturale-ecologica, essa appare soprattutto come 'significante', 'indicatore', 'espressione sintetica' (ecc.) delle condizioni di vi-

ta e dello stile di vita dell'uomo, delle valorizzazioni e delle appropriazioni, degli usi del suolo, delle attività economiche e lavorative.

Se i pianificatori fossero in grado di 'leggere' la risposta delle piante e delle comunità vegetali alle attività umane (tracce), potrebbero prevedere, manipolare o addirittura supportare le dinamiche della vegetazione in atto, imitando la risposta degli ecosistemi attraverso la messa a dimora di una serie di specie vegetali locali (a basso costo e capaci di auto-seminarsi), sviluppando procedure standard di gestione estensiva e consapevole. A tal proposito, Hüllbusch, Knittel e Wegmann (1994) hanno proposto due fasi metodologiche: 1) l'analisi della vegetazione di luoghi e contesti rappresentativi (interpretazione delle cause e degli effetti sulla vegetazione) deducendone la stabilità e il tipo di gestione; 2) la traduzione delle conoscenze e dell'esperienza in una manutenzione generalizzata che può essere prima testata e controllata su casi esemplari.

Indagini sul campo e casi studio | Il contributo presenta gli habitat stradali della Città Metropolitana di Catania (Sicilia) come caso studio esemplificativo dei paesaggi informali con lo scopo di evidenziare sia le loro valenze ecologiche ed estetiche che il loro significato evocativo attraverso la lettura delle tracce. Il lavoro sul campo (per un totale di 12 rilievi vegetazionali) si è svolto nel marzo 2023 su 4 rotonde e 8 isole di traffico le cui dimensioni variavano da 10 a 80 metri quadrati (Tab. 1; Figg. 1, 2). Le aree investigate sono state esplorate verificando il numero e l'identità delle specie vegetali coesistenti, ma anche eventuali discontinuità evidenti, strutture lineari e altre emergenze territoriali leggibili anche in assenza di specifiche competenze botaniche.

L'identificazione e la classificazione delle piante è stata eseguita con l'ausilio della seconda edizione di Flora d'Italia (Pignatti, Guarino and La Rosa, 2017-2019): si è fatto riferimento a questo lavoro anche per ottenere informazioni sul periodo di fioritura, sulla forma biologica, sull'indigenato, sulla strategia di dispersione e sulle esigenze ecologiche di ciascuna specie vegetale. L'interpretazione e la classificazione delle comunità vegetali citate nel testo seguono la nomenclatura fitosociologica proposta da Mucina et alii (2016).

Il primo gruppo di rilievi della vegetazione (Tab. 1, aree di rilevamento 1-11) è stato effettuato nel Comune di Camporotondo Etneo (2 rotonde e 9 isole spartitraffico); entrambe le rotonde (aree 2 e 9) sono state costruite nello stesso periodo utilizzando lo stesso substrato ricco di argilla e adottando le medesime tecniche di costruzione. Invece le isole spartitraffico (Tab. 1, aree di rilevamento 1, e 3-8) sono state realizzate con un sottile strato di pietrisco calcareo e/o una miscela di calcare e lapillo vulcanico su un telo sintetico pacciamante nero. I casi studio erano circondati da aree verdi soggette a disturbo antropico ma estremamente ricche di specie (consorzi vegetali eterogenei che hanno colonizzato la colata lavica etnea del 1669 e gli uliveti abbandonati), esposte a una forte radiazione solare, su substrati sottili, drenanti e relativamente poveri di nutrienti. Tra i fattori di disturbo antropico si citano l'inquinamento atmosferico dovuto al traffico veicolare, rifiuti solidi e deiezioni animali a cui si aggiungono i lavori di manutenzione ordinaria e di sfalcio generalmente svolti in primavera inoltrata.

Il secondo gruppo di rilievi è stato eseguito su un'unica rotonda di circa 1.700 mq ricadente nel comune di San Giovanni Galermo (Tab. 1, area di rilevamento 12), realizzata circa 10 anni fa (Fig. 2). Non si conoscono né la profondità né l'origine del terreno utilizzato, ma l'area è stata progettata per ospitare alberi e arbusti e non si può escludere che all'inizio sia stata seminata una miscela di specie erbacee da tappeto erboso. Il substrato tra le fitte siepi di 'Teucrium fruticans' si presentava sottile, sabbioso e sciolto a differenza del settore con coperture arboree irregolari (per lo più 'Schinus molle' con qualche 'Olea europaea') il cui substrato era più profondo e grossolano.

Il sistema di irrigazione tra le siepi è ancora presente ma non più in uso, mentre sotto la chioma degli alberi (circa il 40% della superficie) il terreno è più umido e più ricco di nutrienti prevalentemente grazie all'accumulo di lettiera (materiale vegetale secco accumulatosi dagli anni precedenti) e di deiezioni degli animali domestici e randagi. Antichi frutteti e uliveti colonizzati dalla vegetazione spontanea costituiscono le tessere a maggior grado di naturalità di un mosaico ambientale caratterizzato dall'infrastruttura stradale e dal tessuto urbano, mentre la vegetazione della rotonda vive gli stessi fattori di stress ambientale dei paesaggi informali descritti in precedenza.

Cosa ci dicono le piante: comunità, microhabitat ed ecotoni | In generale entrambe le aree di studio (San Giovanni Galermo e Camporotondo Etneo) si sono rivelate molto ricche di specie vegetali: sono stati osservati circa 70 taxa crescere in ciascuna di esse, per un totale di oltre cento specie (considerando le specie in comune); di queste le leguminose (Fabaceae), le graminacee

(Poaceae) e le composite (Asteraceae) rappresentano quasi la metà dell'intera flora rilevata. Alcune delle piante osservate sono risultate localmente rare, come 'Linaria simplex', e più di un terzo di esse potrebbe essere classificato come 'utile' e persino d'interesse multifunzionale (tintoria, medicinale, commestibile); inoltre sono state censite soltanto due specie esotiche ('Oxalis pes-caprae' e alcuni individui di 'Erigeron bonariensis').

Le indagini sul campo condotte a San Giovanni Galermo hanno portato a identificare almeno tre comunità vegetali 'auto-organizzate' (Fig. 3), la cui composizione, distribuzione, struttura e dinamica sono il risultato della complessa interazione tra stress ambientale, fattori di disturbo e la composizione floristica delle aree circostanti (che costituisce gran parte del cosiddetto 'pool' di specie): 1) prati annuali semi-ruderali ricchi di vegetazione, dominati da 'Stipa capensis' e da 'Hypochaeris achyrophorus' (classe 'Stipo capensis-Trachynietea distachyae'); 2) nuclei di prateria perenne in prossimità del ciglio della strada (classe 'Lygeo sparti-Stipetea tenacissimae'); 3) comunità ipernitrofila con erbe ruderali annuali e perenni, per lo più comuni sotto la chioma degli alberi ma che formano anche nuclei sparsi lungo il ciglio della strada (classe 'Chenopodietea albi').

Nelle piccole aree censite a Camporotondo Etneo la scarsità di risorse e la dimensione ridotta, nonché la presenza di habitat donatori limitrofi più ricchi di specie, hanno 'spinto' piante con requisiti ecologici molto diversi tra loro a coesistere (Fig. 4). Qui è stato possibile individuare gli stessi nuclei di prateria perenne con 'Hyparrhenia hirta' e/o 'Asphodelus fistulosus' e i prati annuali ricchi di specie dominati da 'Stipa capensis', 'Hypochaeris achyrophorus' e/o 'Trachynia distachya', nonché molte leguminose annuali azotofissatrici, cioè 'Lotus' sp. pl., 'Medicago' sp. pl. e 'Trifolium' sp. pl.

Sebbene non si abbiano informazioni dettagliate sull'origine e la composizione del suolo né sulla 'banca di semi' iniziale (quella contenuta in suoli di riporto non sterili), è evidente il ruolo fondamentale svolto dalla diversa profondità, tessitura e tenore di nutrienti del substrato in entrambe le aree di studio. Inoltre è interessante notare che sono state osservate poche specie esotiche, probabilmente grazie alla presenza degli habitat donatori circostanti (principalmente 'sciare' e cave di pietra lavica) ricchi di specie adatte a colonizzare le nicchie ecologiche degli ambienti stradali.

Le aree verdi oggetto dell'indagine sul campo hanno evidenziato la vitalità delle dinamiche locali in termini di vegetazione, mostrando l'importante ruolo svolto dal tempo e dai fattori ecologici locali nel distribuire le specie e plasmare la composizione floristica delle aree stesse. In definitiva più dell'intenzione progettuale, molti fattori ambientali,

come le dimensioni, il contesto geografico (ad esempio gli habitat donatori presenti nei dintorni), il regime di disturbo antropico e l'inquinamento atmosferico insieme alla manutenzione finalizzata a garantire la sicurezza dei conducenti hanno svolto un ruolo chiave nel modellare il paesaggio

e indirizzare le dinamiche della vegetazione locale: indipendentemente dall'origine e dalla posizione, gli spazi verdi considerati hanno risposto a determinate dinamiche naturali.

A seconda dell'età di impianto, in assenza di disturbi eccessivi (in termini di intensità e/o di fre-



Fig. 1 | Case Studies: Camporotondo Etneo, photos 1 to 11; San Giovanni Galermo, photo 12 (credits: C. Catalano, 2023).

Fig. 2 | Roundabout of San Giovanni Galermo: (on the left) satellite view dated August 2019 by Google Earth Pro; (on the right) view taken between the hedgerows towards the tree plantation – to notice a dog on a leash as a recurrent disturbance factor and the trace of the previously existing irrigation system visible because of the different dominant grasses forming almost parallel stripes (credits: C. Catalano, 2023).



quenza), queste superfici verdi hanno ospitato alcune specie perenni che forniscono utili spunti d'interpretazione delle reali potenzialità della vegetazione del territorio. Ciò pone una domanda rilevante per i paesaggisti: la vegetazione dovrebbe essere cristallizzata in una determinata fase? Probabilmente no. Inoltre anche se è difficile interpretarli da un punto di vista fitosociologico perché non ospitano comunità vegetali stabili, gli ecotoni possono rappresentare una grande fonte di ispirazione progettuale, liberando i progettisti dalla costrizione di ricostruire 'comunità naturali tipiche', sfruttando specie più comuni che danno origine a comunità più 'reali' (non potenziali) con esigenze ecologiche più ampie.

Kalós kai agathós: aggiornando il paradigma della bellezza

Per valutare il grado di accettazione degli spazi informali, non è sufficiente sottoporre i cittadini a test visivi attraverso foto o filmati poiché dovrebbero essere invitati a fermarsi sul sito per vedere l'elegante movimento delle erbe alte al vento, le loro sfumature di verde, così come lo spettro colorato delle piante annuali in fiore. Questi habitat sono eccezionalmente ricchi di specie; non sono seminati, non sono artificiali, anzi la loro struttura e composizione sono il risultato di processi totalmente spontanei.

La letteratura disponibile sulla percezione del paesaggio nel contesto mediterraneo è ancora esigua soprattutto quella relativa a contesti urbani e periurbani; un fattore determinante è senza dubbio la percezione della naturalità (Ode et alii, 2009), quella 'vera' determinata dalla capacità della vegetazione di colonizzare il sito senza alcun intervento umano. La percezione positiva della vegetazione degli habitat stradali studiati potrebbe anche essere influenzata dall'ampio spettro cromatico delle piante in fiore (Figg. 5-7), dal tasso di copertura e dalla distribuzione sorprendentemente uniformi delle specie più comuni, fattore che dà un senso di omogeneità agli habitat fram-

mentati. Quest'ultimo aspetto spaziale è un chiaro sintomo della forte competizione tra le piante che coesistono con i vincoli ambientali locali (substrati poveri, sottili e fortemente drenanti).

Inoltre se sottoposto contemporaneamente a test 'oggettivi' (cioè basati sulla percezione immediata, legata ad archetipi ed emozioni) e 'soggettivi' (cioè filtrati dalla razionalità e dalla formazione degli utenti-osservatori), lo stesso paesaggio può essere valutato qualitativamente in maniera diversa (Jahani, Saffariha and Ghiyasi, 2019) e lo stesso avviene somministrando test psicofisici anziché psicologici (Serrano Giné, Pérez Albert and Palacio Buendía, 2021). Indubbiamente, il 'fascino' di un paesaggio è fortemente influenzato dalle differenze di cultura, genere, età, provenienza geografica e sociale (Daniel, 2001; Swanwick, 2009; Vanderheyden et alii, 2014); tuttavia il concetto, il culto e il rispetto della bellezza di uno specifico paesaggio possono essere valorizzati e trasmessi sensibilizzando le persone e cercando di definire la bellezza dei paesaggi locali oltre i canoni (estetici e funzionali) tradizionali.

Il paesaggio non gestito ma 'disturbato' della rotonda di Camporotondo, ad esempio, è più che bello perché sta evolvendo, acquisendo gradualmente un aspetto semi-naturale, cosicché una parte potrebbe essere considerata una variante di habitat di interesse prioritario secondo la Direttiva UE 92/43¹ ('6220*' = pseudo-steppa con erbe e annuali dei 'Thero-Brachypodietea'). Inoltre vale la pena sottolineare l'elevato numero di specie di leguminose registrato nelle aree studiate; soprattutto su terreni poveri di nutrienti queste piante azotofissatrici svolgono un ruolo chiave nel sostenere la funzione dell'ecosistema e l'evoluzione del suolo, favorendo lo sviluppo della vegetazione durante le prime fasi della successione ecologica. Un altro notevole servizio 'gratuito' fornito da ecosistemi così piccoli è la produzione di foraggio per impollinatori e altri artropodi (Figg. 8, 9); ciò dovrebbe scoraggiare lo sfalcio precoce

che purtroppo avviene in gran parte delle rotonde e isole stradali di molte città metropolitane.

Riflessioni conclusive: il meno è meglio? | I casi studio mostrano quanto sia velleitaria l'ambizione di ricondurre gli spazi a verde ai canoni della tradizione paesaggistica occidentale, mentre si dovrebbe favorire la 'vegetazione spontanea dovuta all'uso' che, nel caso studio specifico, è legata sia a quello che ne fanno i visitatori sia alla manutenzione funzionale necessaria a garantire la sicurezza stradale. L'intento progettuale del prato irrigato, del boschetto e delle siepi sagomate permane solo in parte (Fig. 2) e fornisce un esempio aneddotico per i Paesi mediterranei e subtropicali nei quali risorse preziose come l'acqua devono essere risparmiate e gestite saggiamente. In genere gli interventi dovrebbero essere commisurati alle risorse disponibili, nel paesaggio locale, e resilienti: ecosistemi autosufficienti (Catalano, Pasta and Guarino, 2021; Guarino et alii, 2021) progettati seguendo un approccio multi-specie (Canepa et alii, 2022).

In molti casi c'è solo bisogno di cambiare paradigma e abbracciare nuovi modelli: non si possono gestire i prati annuali mediterranei sfalcian-doli, come se fossero dei prati inglesi, semplicemente perché differiscono in termini di composizione, fisionomia (prevalenza di specie annuali nel Mediterraneo e di erbe e perenni nell'Europa temperata) e ciclo vitale (tra autunno e primavera per le piante mediterranee, tra la primavera e l'autunno nell'Europa centrale). Inoltre lo sfalcio ripetuto all'inizio della primavera compromette gravemente il ciclo riproduttivo della maggior parte delle piante annuali, molte delle quali hanno un indubbio valore estetico ed ecologico; il picco dell'attività di fioritura, che è a maggio in entrambi i siti esaminati (Fig. 5), è ostacolato dallo sfalcio che riduce quindi la capacità delle comunità vegetali di rigenerarsi da seme, favorendo le specie che si propagano vegetativamente.

Analizzando un sito e le 'tracce' della vegetazione che si sviluppa in risposta alle attività umane si potrebbero mettere in atto soluzioni basate sulla natura, andando oltre le siepi potate (anche se di arbusti autoctoni), boschetti di specie legnose ornamentali (anche se compatibili con terreni aridi) o tappeti erbosi che richiedono acqua. Un'osservazione più attenta del contesto, dell'uso che le persone fanno dei luoghi e delle specie vegetali spontanee ci può suggerire scenari futuri di colonizzazione che si prestano con investimenti minori a essere integrati nella progettazione del paesaggio.

L'uso crea modelli, discontinuità ed ecotoni: in una delle aree di studio la prevalenza di vegetazione nitrofila sotto la chioma degli alberi e vicino ai bordi delle strade è dovuta all'effetto combinato del maggiore apporto di nutrienti, legato al frequente passaggio dei cani al guinzaglio e dei loro proprietari, e della copertura arborea, con la sua manutenzione (ombra, accumulo di rifiuti, caduta e rimozione di rami e tronchi). I paesaggisti dovrebbero quindi mettere in pratica in maniera sistemica le conoscenze botaniche in relazione alle condizioni ambientali, all'ampio spettro di 'forme di vita' e 'forme di crescita' delle piante nonché alla fenologia stagionale, legandole strettamente all'uso di uno specifico luogo. L'elevato potenziale ecologico ed estetico della vegetazione spontanea potrebbe così essere utilizzato non solo per



Fig. 3 | Main vegetation-habitat units surveyed in the roundabout of San Giovanni Galermo: (on the left) the annual grass '*Trachynia distachya*', typical of annual swords referred to the class 'Stipo-Trachynietea distachyae'; (in the middle) the hemicryptophyte '*Asphodelus fistulosus*' perennial forb framed into the grasslands included in the class 'Lygeo sparti-Stipetea tenacissimae'; (on the right) '*Calendula arvensis*', annual herb typical of the ruderal communities referred to 'Chenopodietea albi' (credits: C. Catalano, 2023).



Fig. 4 | Traffic islands in Camporotondo Etneo: (on the left) '*Trifolium stellatum*', '*Calendula arvensis*', '*Lobularia maritima*' and '*Silene colorata*'; (on the right) '*Trifolium stellatum*', '*Crupina crupinastrum*', '*Stipa capensis*', '*Medicago*' sp., '*Lotus edulis*' (credits: C. Catalano, 2023).

realizzare progetti di inverdimento più economici, fattibili e sostenibili, ma anche per educare i cittadini a cogliere e apprezzare la bellezza di un 'verde' informale a 'costo zero'.

Because of the continuous urban and infrastructure growth, the consequent pressure on ecosystems and the decline of biodiversity, interest has grown in the opportunity, and the urgent need, to protect habitats in cities (Kowarik and von der Lippe, 2018; Lepczyk et alii, 2017; Puppim de Oliveira et alii, 2011). Among relics of natural and traditional cultural landscapes and other valuable urban biotopes, the neglected, unplanned, or less-maintained habitats that fall under the category of informal landscapes (Rupprecht and Byrne, 2014) novel ecosystems (Kowarik, 2011), and 'third landscape' (Clément, 2004), such as roadsides, railroad tracks, brownfields, and other habitat fragments are gaining importance for biodiversity conservation. These habitats are colonised by plants and used by people in different ways and intensities and offer new (and often low-cost) inspiration for the design of urban biodiverse patches, exploiting the ability of spontaneous species to fit the local context (Kühn, 2006).

However, these habitats are viewed by most observers as 'messy' or even 'scary' unless they show signs of intentional maintenance (Filibeck, Petrella and Cornelini, 2016; Nassauer, 1995). Therefore, the way how urban vegetation is handled and maintained plays a crucial role in educating the citizen perception and increasing the acceptance of less maintained but biodiverse urban biotopes (Clément, 2004; Filibeck, Petrella and Cornelini, 2016; Kowarik, 2011; Kühn, 2006; Nassauer, 1995; Rupprecht and Byrne, 2014). In practice, municipalities and other owners of large open spaces put much effort into creating and maintaining urban vegetation so that it suggests specific ideas of cleanliness and order. The desire to control the living environment as well as nature arises from the ambivalent aesthetic relationship of Western societies with wilderness (Burke, 1958; Cronon, 1996) and a normative notion of hygiene in the city (Shane, 2013; Szczygiel and Hewitt, 2000). Thus, maintenance goals involve cleaning up litter and dog excrement, ensuring traffic safety, and removing weeds – the spontaneously occurring vegetation (Argüelles and March, 2022; Hard, 1998).

Even though public budgets are shrinking, maintaining public green spaces is considered necessary in the governance of cities, and tidying up is done by mowing, cutting, chopping, blowing, scything, and vacuuming (Bell, 1995). When looking at the results of these tidying efforts, it becomes evident that the open spaces' use and ecological and climatic functions are not in the foreground, but primarily scenic ambitions are pursued deriving from a deeply anchored scenic landscape tradition (Bermingham, 1986; Trepl, 2012). Here, the aim is

to refine urban open spaces by creating trivialised garden-artistic images through intensive care. Depending on social preference, this is expressed in 'landscape gardens' with lawns and clumps of shrubs or in 'parterres' with extensive ornamental and ground cover plantings (Ignatieva, 2010). Awareness of the stylistic origins of these vegetation patterns has been lost, and they are now regarded as vegetation forms without alternatives, representing cleanliness and order.

The great effort required to produce and maintain the desired vegetation is limited to central and prestigious places, motivated by city marketing (often in roundabout areas), to customer-oriented the real estate industry. In most cases, maintenance is oriented to ensuring traffic safety and cleaning areas from unwanted spontaneous vegetation, which is often littered, thus confirming its negative nimbus (Pellegrini and Baudry, 2014). The consequences of this excessive maintenance demand are harsh mechanical maintenance regimes, especially mowing/mulching and the homogenisation of vegetation to species-poor lawns (Ignatieva and Ahmé, 2013) and mulched meadows, and the consistent soil sealing, for example by asphalt and concrete. As a result, the surfaces become a matter for city cleaning and can be swept by machine and the vegetation areas mulched by machine in a similar maintenance logic. Although this is more time-consuming than site-differentiated, more extensive maintenance regimes, it can be carried out by external maintenance companies with unskilled labour, given the simplicity and location independence of the work.

Native vegetation and urban wilderness | Design concepts and frameworks such as Low Impact Urban Design and Development (Ignatieva et alii, 2008; Ignatieva, Meurk, and Stewart, 2008) or Biodiversity Sensitive Urban Design (Garrard et alii, 2018; Ikin et alii, 2015) but also nature conservation organisations and authorities strive to select plant species in cities with high ecological functionality (Tzorzi and Lux, 2022). The vegetation should serve as a food resource for (preferably rare) animals, and only native plants should be used (Threlfall et alii, 2016, 2017). The design objectives either follow the guiding idea of 'potential natural vegetation' (Chiarucci et alii, 2010; Loidi and Fernández-González, 2012), mimic the vegetation of traditional cultural landscapes, with their old forms of cultivation and maintenance, such as the meadows mowed twice a year and the orchard meadows; or as in the case of the 'habitat template' approach, take natural habitats of the

same biogeographic region as models in terms of species composition and structural diversity (Ignatieva, Meurk and Newell, 2000; Itani et alii, 2020; Lundholm and Richardson, 2010).

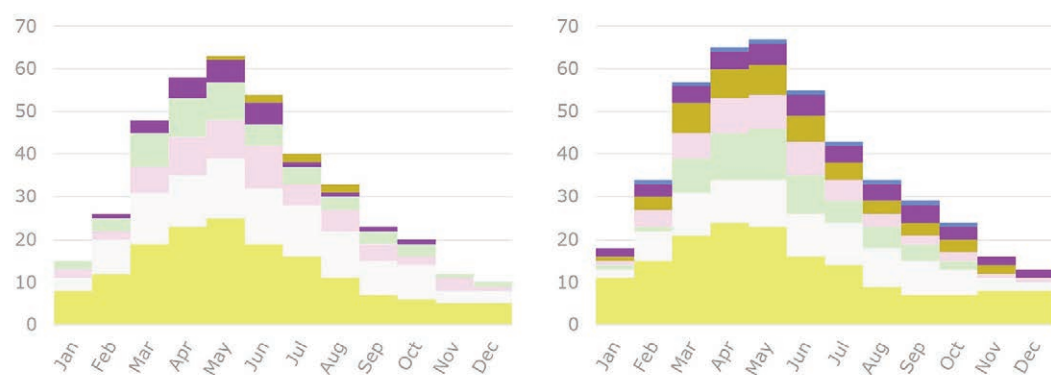
However, these approaches do not consider the spontaneous vegetation on heavily used (disturbed) and nitrified sites, typical for infrastructural and urban contexts. The disregard of the real site conditions or the ambition to change them towards near-natural ones, also ignoring the presence of neophytes in several urban sites, often overestimates the real maintenance capacities of many municipalities and landowners and leads to an unachievable idealisation of the potential naturalness of a site. The accomplishment of such ideal 'natural' vegetation requires demanding maintenance regimes that, when cessed, result after some time in the displacement of the desired vegetation patterns by more competitive plants.

A concept of ecological design based on succession and spontaneous vegetation is the '(novel) urban wilderness' (Kowarik, 2018), where the disturbance of the sites due to soil alteration and contamination, urban climate conditions and the occurrence of neophytes are included. However, active participation and human use remain excluded in the ecosystem processes and design. Here, the aim is to protect and identify open spaces where a high level of self-regulation in ecosystem processes, including population dynamics of native and non-native species with open-ended community assembly (Kowarik, 2018) can occur without significant human intervention.

In contrast to design approaches oriented towards potential natural vegetation, the aim here is not achieving a specific end-state in the form of a particular plant community but the most undisturbed and, therefore, 'natural' process of vegetation development possible. This concept also reflects changes in the guiding principles of nature conservation – from the protection of specific typologies of landscapes and biotopes to a more dynamic conservation approach that allows natural processes to take place as undisturbed as possible (Kirchhoff, 2020).

Vegetation by use | An approach that integrates spontaneous urban vegetation and human use has been developed since the 1970s by the Gebrauchsorientierte Freiraumplanung (lit. 'use-oriented open space planning') at the Gesamthochschule Kassel (today's University of Kassel). The concept of Gebrauchsvegetation (lit. 'vegetation by use') formulates phytosociological and application-oriented principles for the production and

Fig. 5 | Monthly variation of the blooming activity (no. of species) and the colour spectrum (progressive bottom-up order, from the most to the least frequent) of the vascular plants observed in the surveyed areas of San Giovanni Galermo and Camporotondo Etneo (credits: C. Catalano, 2023).



maintenance of urban vegetation (Böse, 1981; Hüllbusch, Knittel and Wegmann, 1994). These can be summarised as follows:

- The use (and not the maintenance) of the open spaces determines the spontaneous vegetation;
- Vegetation and use are made possible by surfaces that are suitable for vegetation and water infiltration and, at the same time, can be walked and played on (water-bound surfaces, etc.);
- The zoning of the open spaces is based on their use, which determines their size and vegetation dynamics; maintenance is primarily obtained by the use and the elaborate horticultural care of decorative vegetation is avoided;
- Maintenance consists only of cleaning the open spaces from the litter and, if necessary, removing biomass to stop natural dynamics and maintain vegetation at a given, 'desirable' step; this can be, for example, mowing of herbaceous vegetation once a year or coppicing of shrubs and trees;
- Acceptance and longer-term maintenance problems arise from erratic maintenance interventions and working 'against' the spontaneous vegetation.

Spontaneous vegetation plays a central role in this concept (Körner et alii, 2002); still, it is not about idealising ruderal vegetation or developing wilderness, as presented by Ignatieva (2010) and Ignatieva et alii (2008). Instead, the concept is quite pragmatic about understanding the dynamic mutual influence between the spontaneous vegetation and human use acting as a kind of management.

Reading traces | Humans play a key role in shaping urban landscapes. In fact, the regime (i.e., intensity plus frequency) of their daily practices strongly affects both the species composition and the struc-

ture-physiognomy (e.g., height, cover rate) of local vegetation. Urban ecologists can identify and measure the direct effects of many disturbance-management activities (e.g., air pollution, trampling, mowing, irrigating, nutrient intake) and evaluate whether and to which extent such activities and man-made infrastructure exacerbate the impact of local stress factors (e.g., increased plant transpiration due to vehicular traffic, shade or insulation due to buildings' shape and position).

To understand the genesis of urban vegetation, however, it is not enough to analyse it merely in terms of natural science and ecology. In particular, the factors for vegetation development, pejoratively called 'disturbance' in ecology, include 'non-disciplinary' elements, transcending the natural scientific frame of reference, that cause analytical confusion. «To understand nature(s) in the city ecologically, one must come to see not only the real ecology but also the economic realities and the symbolism, one might say, of the symbolic-ecological fog that renders makes the realities largely invisible» (Hard, 1995, pp. 12-13). Therefore, to analyse vegetation strongly influenced by human actions, the Kassel School has developed a theory and practice of vegetation-related trace reading (Hard, 1995; Lühns, 1994).

According to this School, to understand urban vegetation and, if necessary, to derive actions for vegetation development, it is essential to adopt a multi-layered analysis: on the one hand, strictly scientific-ecological, on the other, related to human activities and uses. Regarding «[...] the ecological perspective, it [the vegetation] appears as a 'signifier', 'indicator', 'synthetic expression' (etc.) of site conditions (heat, water, light, chemical and mechanical factors, including the interactions between organisms); in the cultural-ecological perspective, it appears primarily as a 'signifier', 'indicator', 'synthetic expression' (etc.) of human living conditions and lifestyle, valorisations and appropriations, land uses, economic and working practices» (Hard, 1995, p. 22).

If planners could 'read' the response of plants and plant communities to human activities (traces), they could predict, manipulate, or even support local vegetation dynamics, mimicking and replicating local ecosystems by using local (low-cost, self-sown) plant species pools; they could develop competent and labour extensive maintenance routines for these vegetation units. Hüllbusch Knittel and Wegmann (1994) proposed two methodological steps for this purpose: 1) Analysis of vegetation of specific sites and situations (interpretation of causes and effects of vegetation) predictions on stability and maintenance; 2) Translation of knowledge and experience into generalised maintenance that can first be tested and controlled on typical examples.

Field survey and study cases | In this paper, we took roadside habitats as examples of informal landscapes to highlight both their ecological and aesthetic values and their evocative meaning (by reading traces). The fieldwork (a total of 12 vegetation surveys) took place in March 2023 in the metropolitan city of Catania (Sicily, southern Italy) on 4 roundabouts and 8 traffic islands whose size ranged between 10 to 80 square metres (Tab. 1; Fig. 1, 2). The target areas were explored checking for the number and the identity of the co-oc-

curing plant species, but also for any evident discontinuity, linear feature, or landmark that could be evident also without any specific botanical skills. Plant identification and classification were performed with the help of the second edition of Flora d'Italia (Pignatti, Guarino and La Rosa, 2017-2019). Reference was made to this work also to obtain information about the flowering time, the life form, the native vs non-native status, the dispersal strategy, and the ecology of each plant species. The interpretation and the classification of the plant communities cited in the text follow the phytosociological nomenclature proposed by Mucina et alii (2016).

The first group of vegetation surveys (plots 1-11) was carried out in the Municipality of Camprotondo Etneo (2 circular roundabouts and 9 traffic islands). Both roundabouts (plots 2 and 9) were built in the same period using the same substrate (incl. clay-rich soil) and adopting the same construction techniques. Instead, the traffic islands (plots 1 and 3-8) were built with a thin layer of calcareous stones and/or a mixture of limestone and volcanic lapillus on a synthetic black mulching mat. All the green areas were surrounded by disturbed yet extremely species-rich surrounding areas (heterogeneous plant assemblages colonising the Etnean lava flow of 1669 and abandoned olive groves), exposed to intense solar radiation and wind, on a highly shallow, drained and relatively nutrient-poor substrate. The surveyed sites are subject to vehicular traffic in transit (e.g., exhaust gases), abandonment of solid waste and routine maintenance work (generally late spring mowing) as main disturbance factors. The second group of vegetation surveys took place on a single roundabout of about 1,700 sqm in the Municipality of San Giovanni Galermo (plot 12), built about 10 years ago (Fig. 2).

Neither the depth nor the origin of the soil used is known, but the area was designed to host trees and shrubs, and it cannot be ruled out that a mixture of grass species was sown at the beginning (turf grass). The sector with dense hedgerows of 'Teucrium fruticans' is now colonised by grasses and forbs on a thin, sandy, and loose substrate, whilst in the sector with irregular tree covers (mostly 'Schinus molle' with a few 'Olea europaea') the substrate consists of deeper and coarser material. The irrigation system between the hedgerows is still in place but no longer in use; at the same time, while under the tree canopy (about 40% of the area) the soil is moister due to shade and richer in nutrients due to litter accumulation. Species-rich old orchards and olive groves surround the study area but are highly fragmented by the nearby highway infrastructure. This area shares the same main environmental stress factors as the previous one surveyed, such as the intense solar radiation and the wind, as well as the disturbance factors derived from the vehicular traffic in transit (exhaust gases, abandonment of solid waste), but also daily citizens' activities (i.e., dropping, trampling, excavation connected to dogs and their owners), regular maintenance work (late-spring mowing of the herbaceous cover; removal of branches and trunks; seasonal hedge pruning).

What plants tell us: communities, microhabitats and ecotones | The study areas proved to be very species-rich: in fact, around 70 different



Fig. 6 | Flowering and fruiting plant: (on the left) 'Tragopogon porrifolius', fruiting and (on the right) flowering (credits: C. Catalano, 2023).

Fig. 7 | Closely related plants with similar habitus: (on the left) 'Linaria simplex' and (on the right) 'Misopates orontium' (credits: C. Catalano, 2023).



Fig. 8 | Flowers with visiting bees: (on the left) '*Galactites tomentosus*'; (on the right) '*Reseda alba*' – both annual forbs of the '*Chenopodietea*', weed segetal and ruderal community typical of man-made habitats (credits: C. Catalano, 2023).

Fig. 9 | Flowers with visiting insects: (on the left) '*Lotus ornithopodioides*' with bee and seven-spot ladybird larvae; (on the right) '*Convolvulus althaeoides*' with seven-spot lady (credits: C. Catalano, 2023).

plant taxa were observed growing in each of them, and a total of more than one hundred species considering both areas, with legumes (fam. Fabaceae), annual grasses (fam. Poaceae) and composites (fam. Asteraceae) accounting for nearly half of the whole vascular flora. Some of the plants observed were locally rare, like '*Linaria simplex*'; more than one-third could be classified as 'useful' and even multipurpose (e.g., dyeing, medicinal, edible) plants. Only two alien plant species ('*Oxalis pes-caprae*' and a couple of individuals of '*Erigeron bonariensis*') were observed.

The field investigations carried out in San Giovanni Galermo led to identify at least three 'self-organised' plant communities (Fig. 3), whose composition, distribution pattern, structure and dynamics are the results of the complex interaction between local stress, disturbance factors and the surrounding species pool: 1) species-rich semi-ruderal annual swards dominated by '*Stipa capensis*' and '*Hypochaeris achyrophorus*' (class '*Stipo-Trachynietea distachyae*'); 2) perennial grassland nuclei close to the roadside (class '*Lygeo sparti-Stipetea tenacissimae*'); 3) hypernitrophilic community with annual and perennial ruderal herbs, mostly common under tree canopy but also forming scattered nuclei along the roadside (class '*Chenopodietae albi*').

In the tiny areas surveyed in Camporotondo Etneo, resource shortage, space-limitation but species-richer surrounding habitats (larger species pool available) 'push' species with quite different ecological requirements to co-occur (Fig. 4). Here it was possible to detect the same perennial grassland nuclei with '*Hyparrhenia hirta*' and/or '*Asphodelus fistulosus*', and the species-rich annual swards dominated by '*Stipa capensis*', '*Hypochaeris achyrophorus*' and/or '*Trachynia distachya*', as well as many nitrogen-fixing yearly legumes, namely '*Lotus*' spp., '*Medicago*' spp. and '*Trifolium*' spp.

Many factors affecting plant dispersal may be overlooked, such as wind regime, ant nests or the presence and distance of uncultivated areas as species donors/sources. Although we have yet to get detailed information on the origin of the soil in

both study areas (affecting the species assemblage issuing from the soil seed bank), it is evident the fundamental role played by the different depths, textures and nutrient content of the substrate. Interestingly, in both the study areas, we found only a few alien plant species, probably because of the species-rich surrounding area serving as a species pool; in fact, under the same climatic conditions, just a few kilometres away, along the road verges in the city of Catania, several exotic invasive plants, such as '*Washingtonia filifera*', '*Cenchrus setaceus*' and '*Lantana camara*' subsp. '*aculeata*' are spreading.

The green areas targeted during our field survey pointed out the vitality of local vegetation dynamics, showing the critical role of time and driving factors in shaping the plots' distribution and species composition. In the end, far more than the initial design program and intent, many local environmental factors, like the size, the geographic context (e.g., potential donor habitats occurring in the surroundings), disturbance regime linked to citizens' daily use and public management interventions (e.g., seasonal mowing, mostly aimed at improving the drivers' safety), the soil-climatic stress, played a key role in shaping the landscape and driving local vegetation dynamics. Green spaces respond to specific natural dynamics regardless of origin and location.

Depending on the age of construction, in the absence of excessive (i.e., too intensive and/or too frequent) disturbance, these green surfaces will host some perennial species that provide useful hints about the real potential of the vegetation of the territory. This poses a relevant question to landscape architects: should the vegetation be stopped at a given 'steady' step? Probably not (see introduction). For this purpose, our study cases have shown that, between habitat patches, species which usually do not live together can co-exist, exploiting the edge effect provided by ecotones. Even if it is difficult to interpret them from a plant sociological viewpoint because they do not host steady species assemblages, such ecotones may represent a great source of inspiration for landscape architects, who shall not feel constrained

to reconstruct 'typical natural communities' but can also exploit more common species that give rise to more 'realistic' communities with wider ecological requirements.

Kalós kai agathós: upgrading the paradigm of beauty

To assess the degree of acceptance of informal spaces, it is not enough to subject citizens to visual tests through photos or films; they should be invited to stop by the site to see the elegant movement of tall grasses under the wind, their shades of green, as well as the colourful spectrum of annual wildflowers. These habitats are exceptionally rich in species; they are not sown or artificial, yet their intrinsically beautiful structure and composition result from spontaneous processes.

The literature on landscape perception in the Mediterranean context still needs to be explored, particularly in urban and peri-urban settings. A crucial factor is undoubtedly the perceived naturalness (Ode et alii, 2009), which in the case of our study areas corresponds to 'true' naturalness, considering that the local vegetation was able to colonise the site with no human intervention. Our positive perception of the vegetation of the studied roadside habitats might also have been influenced by the broad colour spectrum of the flowering plants (Fig. 5-7) and by the strikingly uniform cover rate and distribution of the most common species (giving a sense of homogeneity among the fragmented habitats). This latter spatial pattern is a clear symptom of the intense competition between the plants co-occurring under local environmental constraints (poor, thin and strongly draining substrates).

Also, when subjected to evaluation through 'objective' (i.e., based on immediate perception, linked to archetypes and emotions) and 'subjective' tests (i.e., filtered by rationality and by the knowledge background of the users-observers), the same landscape can receive a different qualitative evaluation (Jahani, Saffariha and Ghiyasi, 2019), and the same occurs by applying psychophysical instead of psychological tests (Serrano Giné, Pérez Albert and Palacio Buendía, 2021).

Undoubtedly, the ‘appeal’ of a landscape is strongly affected by differences in culture, gender, age, geographical and social origin (Daniel, 2001; Swanwick, 2009; Vanderheyden et alii, 2014). Nonetheless, the concept, worship of – and respect for – the beauty of a given landscape can be taught and transmitted, raising people’s awareness and trying to define the beauty of local landscapes beyond the Central European (aesthetic and functional) canons.

The unmanaged yet disturbed landscape of the roundabout of Camporotondo is more than beautiful: it is also ‘good’ because it is evolving, gradually acquiring a semi-natural habit; part of it could even be considered as a variant of the habitat of priority interest according to the 92/43¹ EU Directive (6220* = pseudo-steppe with grasses and annuals of the ‘Thero-Brachypodietea’).

Moreover, it is worth emphasising the high number of legume species recorded in the studied areas; especially on nutrient-poor soils, nitrogen-fixing plants play a key role in sustaining ecosystem function, supporting soil evolution and favouring vegetation dynamics during the early stages of succession. Another remarkable free service such tiny ecosystems provide is their forage production for pollinators and other arthropods (Figg. 8, 9). This shall discourage the early mowing, which is, unfortunately, taking place in many roundabouts and road islands of many metropolitan cities all over Italy.

Conclusive remarks: the less, the better | The case studies show (in an ideal-typical way) the failure of the garden-artistic ambitions of green space maintenance and the development of a ‘vegetation by use’, which is characterised by the

spontaneous vegetation of the local species pool, the daily use by the urban residents and the minimal maintenance measures to secure the road traffic. The image of street greenery initially envisioned by the planners, with lawns (irrigated) and the historic quotation of a ‘bosquet’ of trimmed hedges and trees, can now only be seen in a few traces (Fig. 2), providing an anecdotal example for Mediterranean and subtropical countries, where resources like water are scarce and shall be more wisely spared and managed.

As a thumb rule, the interventions should be proportionate to the available resources, fit in the local landscape, and aim at creating self-sustaining ecosystems (Catalano, Pasta and Guarino, 2021; Guarino et alii, 2021) by following a multi-species approach (Canepa et alii, 2022). Well-adapted alien plants are not evil, but why shall we use them if we have plenty of alternatives? If it is probably pointless to fight against the invasion process affecting the streets of many cities, we could at least restrain from growing and planting them elsewhere.

In many cases, we need to change paradigms and embrace new models. For example, we cannot manage Mediterranean annual swords just by mowing them, pretending they were British lawns, simply because they differ in terms of species composition (no species in common), physiognomy (prevalence of annual species in the Mediterranean vs perennial herbs and grasses in temperate Europe) and life cycle (between autumn and spring for Mediterranean plants, between spring and autumn in mid-Europe). Moreover, repeated early spring mowing severely compromises the reproductive cycle of most of the annual plants, many of which are of undoubted aesthetic and ecologi-

cal value. In fact, as the peak of blooming activity is in May in both the surveyed sites (Fig. 5), mowing prevents flowering and hampers the seed dispersal of most of the species growing in local plant communities.

Landscape architects can develop nature-based solutions by reading the site and its vegetation-related traces in response to human activities, more than pruned hedgerows made of water-demanding ornamental woody species. With less investment and with more careful observation of biological facts and the everyday use by residents, spontaneous plant species tell us which of them might be better adapted to local conditions or eventually colonise on their own a given place.

Use creates patterns, discontinuities, and ecotones. For instance, the observed prevalence of nitrophilous vegetation under the tree canopy and close to the roadsides is due to the combined effect of a more excellent supply of nutrients, the disturbance due to the frequent passing by of dogs and their owners (droppings, trampling, digging) and to the presence and management of the tree cover (shade, litter accumulation, fall and removal of branches and logs). Finally, landscape architects should ‘awake’ and apply their knowledge of the wide spectrum of colours and growth and life forms co-occurring to build local plant species assemblages. The high ecological and aesthetic potential of spontaneous vegetation could be used to develop cheaper, feasible and sustainable greening projects and educate other citizens to see, appreciate and cherish the ‘free’ beauty of informal greening.

Acknowledgements

This paper is a collective work resulting from the mutual exchange and the co-Authors’ shared opinions. However, the choice of the topic, as well as the search and the selection of the study sites, shall be attributed to C. Catalano (Corresponding Author), who analysed the botanical data, prepared the figures and graphs, and led the final editing of the whole manuscript; S. Pasta carried out the botanical survey. The introductory paragraph and ‘Native vegetation and urban wilderness’ were led by T. E. Hauck and integrated by C. Catalano; the ‘Vegetation by use’ shall be attributed to T. E. Hauck and S. Ahn; ‘Reading traces’ was led by T. E. Hauck and integrated by S. Pasta; ‘Field survey and study cases’ and ‘What plants tell us: communities, microhabitats and ecotones’ shall be attributed to S. Pasta and integrated by C. Catalano. Finally, ‘Kalós kai agathós: upgrading the paradigm of beauty’ and ‘Conclusive remarks: the less, the better’ were led by S. Pasta and C. Catalano and integrated by T. E. Hauck. All the co-Authors revised, shared and accepted the final version of the manuscript. C. Catalano acknowledges the support received from the NBFC, funded by the Italian Ministry of University and Research, PNRR, Missione 4 Componente 2, ‘Dalla ricerca all’impresa’, Investimento 1.4, project CN000000033.

Notes

1) Council Directive 92/43/EEC 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and wild fauna and flora is available at the webpage: data.europa.eu/eli/dir/1992/43/oj [Accessed 29 April 2023].

References

- Argüelles, L. and March, H. (2022), “Weeds in action – Vegetal political ecology of unwanted plants”, in *Progress in Human Geography*, vol. 46, issue 1, pp. 44-66. [Online] Available at: doi.org/10.1177/03091325211054966 [Accessed 29 April 2023].
- Bell, B. (1995), *Fifty Years of Garden Machinery*, Farming Press Books, Ipswich.
- Birmingham, A. (1986), *Landscape and Ideology – The English Rustic Tradition – 1740-1860*, University of California Press, Los Angeles.
- Böse, H. (1981), *Die Aneignung von städtischen Freiräumen – Beiträge zur Theorie und sozialen Praxis des Freiraums*, GhK, Kassel.
- Burke, E. (1958), *A Philosophical Enquiry into the Origin of Our Ideas of the Sublime and Beautiful*, Routledge and Kegan Paul, London.
- Canepa, M., Mosca, F., Barath, S., Changenet, A., Hauck, T. E., Ludwig, F., Roccotiello, E., Pianta, M., Selvan, S. U., Vogler, V. and Perini, K. (2022), “Ecolopes, oltre l’inverdimento – Un approccio multi-specie per lo spazio urbano | Ecolopes, beyond greening – A multi-species approach for urban design”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 238-245. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11212022 [Accessed 29 April 2023].
- Catalano, C., Pasta, S. and Guarino, R. (2021), “A Plant Sociological Procedure for the Ecological Design and Enhancement of Urban Green Infrastructure”, in Catalano, C., Andreucci, M. B., Guarino, R., Bretzel, F., Leone, M. and Pasta, S. (eds), *Urban Services to Ecosystems – Green In-*

frastructure Benefits from the Landscape to the Urban Scale, Springer International Publishing, Cham, pp. 31-60. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-030-75929-2_3 [Accessed 29 April 2023].

Chiarucci, A., Araújo, M. B., Decocq, G., Beierkuhnlein, C. and Fernández-Palacios, J. M. (2010), “The concept of potential natural vegetation – An epitaph?”, in *Journal of Vegetation Science*, vol. 21, issue 6, pp. 1172-1178. [Online] Available at: doi.org/10.1111/j.1654-1103.2010.01218.x [Accessed 29 April 2023].

Clément, G. (2004), *Manifeste du Tiers Paysage*, Sujet-Objet, Montreuil.

Cronon, W. (1996), “The Trouble with Wilderness – Or, Getting Back to the Wrong Nature”, in *Environmental History*, vol. 1, issue 1, pp. 7-28. [Online] Available at: doi.org/10.2307/3985059 [Accessed 29 April 2023].

Daniel, T. C. (2001), “Whither scenic beauty? Visual landscape quality assessment in the 21st century”, in *Landscape and Urban Planning*, vol. 54, issues 1-4, pp. 267-281. [Online] Available at: [doi.org/10.1016/S0169-2046\(01\)00141-4](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(01)00141-4) [Accessed 29 April 2023].

Filibbeck, G., Petrella, P. and Cornelini, P. (2016), “All ecosystems look messy, but some more so than others – A case-study on the management and acceptance of Mediterranean urban grasslands”, in *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 15, pp. 32-39. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ufug.2015.11.005 [Accessed 29 April 2023].

Garrard, G. E., Williams, N. S. G., Mata, L., Thomas, J. and Bekessy, S. A. (2018), “Biodiversity Sensitive Urban Design”, in *Conservation Letters*, vol. 11, issue 2, e12411, pp. 1-10. [Online] Available at: doi.org/10.1111/conl.12411 [Accessed 29 April 2023].

- Guarino, R., Andreucci, M. B., Leone, M., Bretzel, F., Pasta, S. and Catalano, C. (2021), "Urban Services to Ecosystems – An Introduction", in Catalano, C., Andreucci, M. B., Guarino, R., Bretzel, F., Leone, M. and Pasta, S. (eds), *Urban Services to Ecosystems – Green Infrastructure Benefits from the Landscape to the Urban Scale*, Springer International Publishing, Cham, pp. 1-10. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-030-75929-2_1 [Accessed 29 April 2023].
- Hard, G. (1998), *Ruderalvegetation – Ökologie und Ethnoökologie, Ästhetik und Schutz*, Arbeitsgemeinschaft Freiraum und Vegetation, Kassel.
- Hard, G. (1995), *Spuren und Spurenleser – Zur Theorie und Ästhetik des Spurenlesens in der Vegetation und anderswo*, Universitätsverlag Rasch, Osnabrück.
- Hüllbusch, K. H., Knittel, J. and Wegmann, A. (1994), "Untersuchung zum 'Umgang mit Wildwuchs' auf öffentlichen Verkehrsflächen", in *Notizbuch 34 der Kasseler Schule*, Arbeitsgemeinschaft Freiraum und Vegetation, Kassel, pp. 33-146. [Online] Available at: zobodat.at/pdf/Notizbuch-Kasseler-Schule_34_1994_0001-0216.pdf [Accessed 29 April 2023].
- Ignatieva, M. (2010), "Design and Future of Urban Biodiversity", in Müller, N., Werner, P. and Kelcey, J. G. (eds), *Urban Biodiversity and Design*, Wiley-Blackwell, Chichester, pp. 118-144. [Online] Available at: doi.org/10.102/9781444318654.ch6 [Accessed 29 April 2023].
- Ignatieva, M. and Ahrné, K. (2013), "Biodiverse green infrastructure for the 21st century – From 'green desert' of lawns to biophilic cities", in *Journal of Architecture and Urbanism*, vol. 37, issue 1, pp. 1-9. [Online] Available at: doi.org/10.3846/20297955.2013.786284 [Accessed 29 April 2023].
- Ignatieva, M., Meurk, C. D. and Newell, C. (2000), "Urban biotopes – The typical and unique habitats of city environments and their natural analogues", in Stewart, G. H. and Ignatieva, M. (eds), *Urban Biodiversity and Ecology as a Basis for Holistic Planning and Design – Proceedings of a Workshop Held at Lincoln University*, Wickliffe Press, Christchurch, pp. 46-53. [Online] Available at: dspace.lincoln.ac.nz/handle/10182/58 [Accessed 29 April 2023].
- Ignatieva, M., Meurk, C., Roon, M. V., Simcock, R. and Stewart, G. (2008), *How to Put Nature into Our Neighbourhoods – Application of Low Impact Urban Design and Development (LIUDD) Principles, with a Biodiversity Focus, for New Zealand Developers and Homeowners*, Manaaki Whenua Press, Landcare Research New Zealand Ltd, Lincoln.
- Ignatieva, M., Meurk, C. and Stewart, G. (2008), "Low Impact Urban Design and Development (LIUDD) – Matching urban design and urban ecology", in *Landscape Review*, vol. 12, issue 2, pp. 61-73. [Online] Available at: researcharhive.lincoln.ac.nz/bitstream/handle/10182/617/lr_2008_1_2_2_61.pdf?sequence=1&isAllowed=y [Accessed 29 April 2023].
- Ikin, K., Le Roux, D. S., Rayner, L., Villaseñor, N. R., Eyles, K., Gibbons, P., Manning, A. D. and Lindenmayer, D. B. (2015), "Key lessons for achieving biodiversity-sensitive cities and towns", in *Ecological Management & Restoration*, vol. 16, issue 3, pp. 206-214. [Online] Available at: doi.org/10.1111/emr.12180 [Accessed 29 April 2023].
- Itani, M., Al Zein, M., Nasralla, N. and Talhouk, S. N. (2020), "Biodiversity conservation in cities – Defining habitat analogues for plant species of conservation interest", in *PLoS ONE*, vol. 15, issue 6, article e0220355, pp. 1-25. [Online] Available at: doi.org/10.1371/journal.pone.0220355 [Accessed 29 April 2023].
- Jahani, A., Saffariha, M. and Ghiyasi, S. (2019), "Evaluating the aesthetic quality of the landscape in the environment – A Review of the Concepts and Scientific Developments in the World", in *International Journal of Environmental Science and Bioengineering*, vol. 12, pp. 35-43. [Online] Available at: researchgate.net/publication/339428560_Evaluating_the_aesthetic_quality_of_the_landscape_in_the_environment_A_Review_of_the_Concepts_and_Scientific_Developments_in_the_World [Accessed 29 April 2023].
- Kirchhoff, T. (2020), "Prozessschutz – Geschichte und Typologie", in Duttmann, R., Kühne, O. and Weber, F. (eds), *Landschaft als Prozess*, Springer Fachmedien, Wiesbaden, pp. 513-535. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-658-30934-3_24 [Accessed 29 April 2023].
- Körner, S., Heger, T., Hadbawnik, K., Jäger, K. and Vincenzotti, V. (2002), "Stadtökologie und Freiraumnutzung – Freiräume an der Universität Gesamthochschule Kassel", in *Stadt und Grün*, vol. 9, pp. 33-43. [Online] Available at: researchgate.net/publication/265206550_Stadtökologie_und_Freiraumnutzung_Freiraume_an_der_Universitat_Gesamthochschule_Kassel [Accessed 29 April 2023].
- Kowarik, I. (2018), "Urban wilderness – Supply, demand, and access", in *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 29, pp. 336-347. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ufug.2017.05.017 [Accessed 29 April 2023].
- Kowarik, I. (2011), "Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation", in *Environmental Pollution*, vol. 159, issues 8-9, pp. 1974-1983. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.envpol.2011.02.022 [Accessed 29 April 2023].
- Kowarik, I. and von der Lippe, M. (2018), "Plant population success across urban ecosystems – A framework to inform biodiversity conservation in cities", in *Journal of Applied Ecology*, vol. 55, issue 5, pp. 2354-2361. [Online] Available at: doi.org/10.1111/1365-2664.13144 [Accessed 29 April 2023].
- Kühn, N. (2006), "Intentions for the Unintentional – Spontaneous Vegetation as the Basis for Innovative Planting Design in Urban Areas", in *Journal of Landscape Architecture*, vol. 1, issue 2, pp. 46-53. [Online] Available at: doi.org/10.1080/18626033.2006.9723372 [Accessed 29 April 2023].
- Lepczyk, C. A., Aronson, M. F. J., Evans, K. L., Goddard, M. A., Lerman, S. B. and MacIvor, J. S. (2017), "Biodiversity in the City – Fundamental Questions for Understanding the Ecology of Urban Green Spaces for Biodiversity Conservation", in *BioScience*, vol. 67, issue 9, pp. 799-807. [Online] Available at: doi.org/10.1093/biosci/bix079 [Accessed 29 April 2023].
- Loidi, J. and Fernández-González, F. (2012), "Potential natural vegetation – Reburying or reborning?", in *Journal of Vegetation Science*, vol. 23, issue 3, pp. 596-604. [Online] Available at: doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01387.x [Accessed 29 April 2023].
- Lundholm, J. T. and Richardson, P. J. (2010), "Habitat analogues for reconciliation ecology in urban and industrial environments", in *Journal of Applied Ecology*, vol. 47, issue 5, pp. 966-975. [Online] Available at: doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01857.x [Accessed 29 April 2023].
- Lührs, H. (1994), *Die Vegetation als Indiz der Wirtschaftsgeschichte – Dargestellt Am Beispiel Des Wirtschaftsgrünlandes Und Der Grasackerbrachen – Oder Von Omas Wiese Zum Queckengrasland Und Zurück*, Dissertation Arbeitsgemeinschaft Freiraum und Vegetation, Kassel.
- Mucina, L., Bültmann, H., Dierßen, K., Theurillat, J.-P., Raus, T., Čarni, A., Šumberová, K. et alii (2016), "Vegetation of Europe – Hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities", in *Applied Vegetation Science*, vol. 19, issue S1, pp. 3-264. [Online] Available at: doi.org/10.1111/avsc.12257 [Accessed 29 April 2023].
- Nassauer, J. I. (1995), "Messy Ecosystems, Orderly Frames", in *Landscape Journal*, vol. 14, issue 2, pp. 161-170. [Online] Available at: doi.org/10.3368/lj.14.2.161 [Accessed 29 April 2023].
- Ode, Å., Fry, G., Tveit, M. S., Messager, P. and Miller, D. (2009), "Indicators of perceived naturalness as drivers of landscape preference", in *Journal of Environmental Management*, vol. 90, issue 1, pp. 375-383. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.10.013 [Accessed 29 April 2023].
- Pellegrini, P. and Baudry, S. (2014), "Streets as new places to bring together both humans and plants – Examples from Paris and Montpellier (France)", in *Social & Cultural Geography*, vol. 15, issue 8, pp. 871-900. [Online] Available at: doi.org/10.1080/14649365.2014.974067 [Accessed 29 April 2023].
- Pignatti, S., Guarino, R. and La Rosa, M. (eds) (2017-2019), *Flora d'Italia*, voll. 1-4, New Business Media and Edagricole, Milano-Bologna.
- Puppim de Oliveira, J. A., Balaban, O., Doll, C. N. H., Moreno-Peñaranda, R., Gasparatos, A., Iossifova, D. and Suwa, A. (2011), "Cities and biodiversity – Perspectives and governance challenges for implementing the convention on biological diversity (CBD) at the city level", in *Biological Conservation*, vol. 144, issue 5, pp. 1302-1313. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.biocon.2010.12.007 [Accessed 29 April 2023].
- Rupprecht, C. D. D. and Byrne, J. A. (2014), "Informal Urban Green-Space – Comparison of Quantity and Characteristics in Brisbane, Australia and Sapporo, Japan", in *PLoS ONE*, vol. 9, issue 6, e99784, pp. 1-17. [Online] Available at: doi.org/10.1371/journal.pone.0099784 [Accessed 29 April 2023].
- Serrano Giné, D., Pérez Albert, M. Y. and Palacio Buendía, A. V. (2021), "Aesthetic assessment of the landscape using psychophysical and psychological models – Comparative analysis in a protected natural area", in *Landscape and Urban Planning*, vol. 214, article 104197, pp. 1-9. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104197 [Accessed 29 April 2023].
- Shane, D. G. (2013), "Urban Patch Dynamics and Resilience – Three London Urban Design Ecologies", in Pickett, S. T. A., Cadenasso, M. L. and McGrath, B. (eds), *Resilience in Ecology and Urban Design – Linking Theory and Practice for Sustainable Cities*, Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 131-161. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-94-007-5341-9_7 [Accessed 29 April 2023].
- Swanwick, C. (2009), "Society's attitudes to and preferences for land and landscape", in *Land Use Policy*, vol. 26, pp. S62-S75. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.08.025 [Accessed 29 April 2023].
- Szczygiel, B. and Hewitt, R. (2000), "Nineteenth-Century Medical Landscapes – John H. Rauch, Frederick Law Olmsted, and the Search for Salubrity", in *Bulletin of the History of Medicine*, vol. 74, issue 4, pp. 708-734. [Online] Available at: jstor.org/stable/44444779 [Accessed 29 April 2023].
- Threlfall, C. G., Mata, L., Mackie, J. A., Hahs, A. K., Stork, N. E., Williams, N. S. G. and Livesley, S. J. (2017), "Increasing biodiversity in urban green spaces through simple vegetation interventions", in *Journal of Applied Ecology*, vol. 54, issue 6, pp. 1874-1883. [Online] Available at: doi.org/10.1111/1365-2664.12876 [Accessed 29 April 2023].
- Threlfall, C. G., Williams, N. S. G., Hahs, A. K. and Livesley, S. J. (2016), "Approaches to urban vegetation management and the impacts on urban bird and bat assemblages", in *Landscape and Urban Planning*, vol. 153, pp. 28-39. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.04.011 [Accessed 29 April 2023].
- Trepl, L. (2012), *Die Idee der Landschaft – Eine Kulturgeschichte von der Aufklärung bis zur Ökologiebewegung*, Transcript Verl, Bielefeld.
- Tzortzi, J. N. and Lux, M. S. (2022), "Rinverdire i centri storici – Il ruolo dello spazio pubblico nell'infrastruttura verde di Milano | Renaturing historical centres – The role of private space in Milan's green infrastructures", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 226-237. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11202022 [Accessed 02 May 2023].
- Vanderheyden, V., Van der Horst, D., Van Rompaey, A. and Schmitz, S. (2014), "Perceiving the Ordinary – A Study of Everyday Landscapes in Belgium", in *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, vol. 105, issue 5, pp. 591-603. [Online] Available at: doi.org/10.1111/tesg.12066 [Accessed 29 April 2023].

ARTICLE INFO

Received 18 April 2023
 Revised 23 May 2023
 Accepted 28 May 2023
 Published 30 June 2023

SOLUZIONI LOCALI PER SFIDE GLOBALI

L'edilizia residenziale come catalizzatore della transizione ecologica

SOLVING GLOBAL CHALLENGES LOCALLY

Collective housing as a catalyst for ecological transition

Andrés Cánovas, Javier De Andrés

ABSTRACT

Di fronte all'evidenza del cambiamento climatico, l'architettura può – e deve – svolgere un ruolo importante nel mitigare le conseguenze dannose di questo fenomeno; in questo senso, l'edilizia residenziale (soprattutto quella pubblica) inizia a muovere i primi passi nella ridefinizione di un nuovo paradigma energetico e di strategie finalizzate a rispondere alla sfida della necessità di una transizione ecologica. Si individuano quindi tre requisiti imprescindibili: la passività energetica, l'impiego di materiali locali e il riuso e la rigenerazione, intesi come strumenti complementari per attivare una profonda trasformazione del costruito. Tale obiettivo richiede anche la complicità di tre fattori (o attori) fondamentali legati al settore abitativo: il settore immobiliare, la legislazione e gli utenti.

Confronted with the evidence of climate change, architecture can – and must – play an important role in minimising the harmful consequences of this phenomenon; in this sense, collective housing (especially public housing) is beginning to take its first steps in redefining a new energy paradigm and strategies aimed at responding to the challenge posed by the ecological transition. Three indispensable requirements are thus identified: energy passivity, the use of local materials, and reuse and regeneration, conceived as complementary tools to activate a thorough transformation of the built environment. This goal also requires the complicity of three key factors (or actors) related to the housing sector: the real estate sector, the legislation, and the users.

KEYWORDS

clima, energia, materiali locali, riuso, edilizia collettiva

climate, energy, local materials, reuse, collective housing

Andrés Cánovas, Architect and PhD, is a Professor at the Departamento de Proyectos Arquitectónicos, Escuela Técnica Superior de Arquitectura – Universidad Politécnica de Madrid (Spain) of which he is currently The Head. He has taught as Visiting Professor at more than sixty Universities around the world. In 1987 he started a Design Studio with Atxu Amann and Nicolás Maruri, winning numerous prizes in international and national competitions and awards; the Studio's designs have been published in more than three hundred magazines and books worldwide. Email: andres.canovas@upm.es

Javier De Andrés is an Associate Professor at the Departamento de Proyectos Arquitectónicos, Escuela Técnica Superior de Arquitectura – Universidad Politécnica de Madrid (Spain) and a member of the Research Group in Collective Housing (GIVCO). As a partner of Ayllón Paradelas De Andrés Arquitectos, his research and professional work have received several awards, in public and private competitions. E-mail: jav@upm.es



Senza alcun dubbio i radicali mutamenti epocali in atto in questa prima metà del XXI secolo trovano pieno riscontro in quattro questioni sostanziali. La prima è la crisi ecologica che minaccia seriamente il futuro del pianeta, e quindi delle specie che lo popolano, come lo conosciamo (Catalano and Balducci, 2022); la seconda interessa le trasformazioni (Lauria and Azzalin, 2021) e le sfide sociali (Scalisi and Ness, 2022), in particolare la presenza egualitaria delle donne come stimolo al cambiamento (Amann Accocer, 2011); la terza riguarda la digitalizzazione e le riflessioni etiche che la sua velocità di trasformazione produce con ricadute sulla libertà individuale, sulle dinamiche di controllo delle grandi corporazioni e sull'intrusione nella vita privata delle persone (Ingaramo and Stepanovic, 2021); il quarto punto è collegato al trans-umanesimo che ci induce a pensare che non siamo più i 'padroni' del pianeta, suggerendo una maggiore coesistenza con i sistemi naturali piuttosto che posizioni di dominio e predazione (Sposito, 2022).

A tal proposito, è opportuno richiamare Bruno Latour (2021) secondo il quale il termine 'Terra' è il 'nome proprio' dell'ambiente nel quale gli esseri 'agenti' – ossia coloro che i biologi chiamano organismi viventi – contribuiscono, con la loro continua interazione, alla costruzione del proprio 'habitat'. Tuttavia gli effetti generati dalle loro azioni – e dell'uomo in particolare – si traducono, quasi sempre, in deleterie scorie residuali esito di un agire inconsapevole, frutto di 'errori di valutazione'.

Le quattro questioni individuate, che definiscono le sfide da fronteggiare nel nostro tempo, si inseriscono pienamente nel dibattito culturale e ideologico dell'Architettura contemporanea. Il rapporto con il pianeta Terra assume rilevanza particolare poiché percepiamo una minaccia alla nostra sopravvivenza: secondo Cunningham (1998), infatti, siamo alle porte di quello che potrebbe essere definito un 'ecocidio'¹ globale del pianeta per mano dell'essere umano. Siamo nell'era dell'Antropocene (Crutzen and Stoemer, 2000) e se è condivisa la necessità di non raggiungere le condizioni limite di irreversibilità, generatrici di sicuri collassamenti generalizzati dell'intero sistema (Diamond, 2006; Gates, 2021), è pur certo che l'indagine scientifica ha da tempo evidenziato d'esserci spinti, in taluni ambiti, a queste condizioni limite.

Autorevoli studi dimostrano che l'eccesso di CO₂ dovuto all'effetto serra è uno dei principali responsabili delle mutazioni eco-ambientali e climatiche dell'intero pianeta: il rilascio di anidride carbonica e di altri gas, che assorbono le radiazioni infrarosse riflesse dalla superficie terrestre, contribuiscono anch'essi al riscaldamento globale (Borasi and Zardini, 2007). D'altra parte, le fonti di energia fossile – la cui combustione e il cui consumo eccessivo hanno contribuito, in larga misura, al riscaldamento globale – si stanno esaurendo, con il risultato di spostare l'attenzione, in merito allo sfruttamento estrattivo, verso i fondali marini e le regioni polari, con conseguente ulteriore rischio per l'equilibrio ecologico del pianeta (Attenborough, 2020).

Allo stesso modo la deforestazione di vaste aree boschive e la perdita di un'alta percentuale di barriere coralline nelle regioni sottomarine hanno fatto sì che i livelli di generazione di ossigeno e di stoccaggio del carbonio da parte delle piante sia-

no oggi complessivamente più bassi rispetto a qualche decennio fa, con una preoccupante tendenza alla diminuzione di tali indici. Lo dimostrano sia la ricerca di Daniel G. Boyce, Marlon R. Lewis e Boris Worm (2010) per la rivista *Nature*, che mette in evidenza come la massa di plancton marino sia diminuita dell'1% all'anno negli ultimi decenni, sia quella di Richard H. Waring e Steven W. Running (2007) dal titolo *Forest Ecosystems – Analysis at Multiple Scales* le cui conclusioni rivelano che in alcune zone dell'Indonesia, della Nuova Guinea, dell'Africa sudorientale e in gran parte del Sud America le piante (polmoni del pianeta) stoccano 20 tonnellate in meno di CO₂ per kmq/anno.

Il circolo vizioso è servito: l'emissione di CO₂ aumenta la temperatura globale, fenomeno che incrementa l'aridità della superficie terrestre e la temperatura di superficie dell'acqua marina, con conseguente riduzione della massa globale di vegetazione terrestre e marina, diminuendo così la loro attività e la loro capacità di stoccaggio di CO₂, proprio nel momento di maggior eccesso di questo gas. Questo aumento fa sì che la radiazione riflessa dalla calotta terrestre non riesca a passare attraverso lo strato invisibile di monossido di carbonio, rimanendo nell'atmosfera, aumentando il riscaldamento globale e innescando una drammatica spirale di distruzione senza ritorno.

Le statistiche dimostrano che il settore edilizio è uno dei maggiori responsabili dell'inquinamento del nostro pianeta: secondo un recente Report (United Nations Environment Programme, 2022) il 39% delle emissioni totali di CO₂ emesse nell'atmosfera, il 30% dei rifiuti solidi e il 20% dell'inquinamento idrico sono legati a tale attività, sia sotto forma di manutenzione degli edifici sia come risultato della loro costruzione e/o demolizione. E ancora, secondo il Centre for British Studies Chatham House (2018) il settore dell'industria del cemento è responsabile di circa l'8% delle emissioni mondiali di CO₂: se questo settore produttivo equivallesse a un Paese sarebbe superato in termini di emissioni solo da Cina e Stati Uniti; lo stesso rapporto indica come al trasporto dei materiali da costruzione sia imputabile circa il 7% delle emissioni totali di CO₂.

Nel giugno 2010 la Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea ha pubblicato la Direttiva 2010/31/UE (European Parliament and the Council, 2010) sulla prestazione energetica nell'edilizia mettendo in evidenza che il 40% dell'energia finale consumata nell'Unione Europea proviene dagli edifici; in Spagna è circa il 30% (Ministerio de Transición Ecológica y el reto demográfico, Gobierno de España, n.d.). Questo dato, nonostante l'avanzata obsolescenza di gran parte del patrimonio edilizio, soprattutto nei Paesi dell'Europa meridionale dimostra che il clima più mite del sud contribuisce a un maggior risparmio energetico rispetto ai Paesi nordici, anche se a distanza di anni la situazione è peggiorata. Durante il vertice COP25² sul clima di Madrid del 2019 con lo slogan 'time for action' gli esperti hanno fornito ulteriori dati significativi come il fatto che gli edifici continuano a contribuire al 56% dell'inquinamento nelle nostre città mentre solo il 13% proviene dalle emissioni delle automobili: il dibattito mediatico oggi è concentrato più sul ruolo delle automobili nelle città che sulla necessità della revisione di gran parte del patrimonio edilizio esistente.

Secondo Toni Kotnik (2016) gli edifici nel loro

complesso incidono direttamente su oltre il 40% di tutta l'energia consumata nei Paesi sviluppati: gli impianti di climatizzazione e di illuminazione artificiale assorbono circa un terzo di tutta l'energia utilizzata. La costruzione di edifici, compresa la fase di produzione e trasporto di materiali, componenti e prodotti per l'edilizia, assorbe quasi la metà dell'energia consumata a livello mondiale; la percentuale rimanente è da imputarsi alla realizzazione delle infrastrutture di supporto, tra cui strade o sistemi idrici e fognari, reti di distribuzione dell'elettricità, ecc.

Alla luce dei dati statistici citati risulta complesso determinare l'esatta incidenza del settore edile in termini di emissioni globali di CO₂, sia dirette che indirette; ciò che è certo è che si tratta di una quota consistente corrispondente, secondo gli studi citati, a circa il 40% del totale. Tutti questi dati, nel loro insieme, confortano sul fatto che il settore delle costruzioni può – e deve – svolgere un ruolo importante nel ridurre drasticamente gli effetti nefasti del cambiamento climatico. In tale ottica è di fondamentale importanza attivare pragmatiche strategie di efficientamento energetico del costruito e, conseguentemente, del sistema produttivo industriale di riferimento.

Prima di proporre possibili soluzioni occorre prendere atto che il boom demografico del XX secolo e la crescita esponenziale e incontrollata del settore industriale e dei centri urbani, spinti da una società consumistica priva della consapevolezza sui limiti delle risorse non rinnovabili del pianeta, sono le cause principali dell'emergenza climatica che stiamo vivendo. Allo stesso tempo è importante rilevare che, per quanto riguarda il modello energetico, la progettazione architettonica realizzata nell'ultimo secolo ha aggravato il problema: le idee meccanicistiche e il cieco affidamento alla tecnologia che hanno caratterizzato gran parte dell'architettura degli ultimi 100 anni, insieme alla crescita esponenziale della popolazione, hanno determinato un aumento sostanziale dell'impatto del settore edilizio sul consumo energetico globale (Prieto, 2019).

Assumere la corresponsabilità della disciplina architettonica è, quindi, il primo passo verso un cambiamento di mentalità che porterà a una transizione ecologica capace di contribuire all'irrinunciabile necessità di invertire la crescita delle temperature terrestri, da cui dipenderà il futuro esistenziale del nostro pianeta. Pertanto la definizione di un nuovo modello energetico e la drastica riduzione delle emissioni di CO₂ del settore edilizio dovrebbero essere due dei principali obiettivi dell'architettura del XXI secolo; queste sfide iniziano ad essere affrontate, con consapevolezza, nell'edilizia residenziale pubblica (Sposito, 2012) mentre quella privata, che mira prevalentemente al raggiungimento di sempre maggiori vantaggi economici, tende a un uso strumentale del concetto di eco-sostenibilità, banalizzandone il significato, piuttosto che definire una serie di strategie pragmatiche di facile applicazione.

In ogni caso, anche se poco fruttuosi per i fondi di investimento immobiliare, è possibile enunciare alcuni principi che possono contribuire a far sì che l'edilizia residenziale colga la sfida della trasformazione ecologica; questi paradigmi devono diventare strumenti per una profonda trasformazione del progetto delle residenze, che a volte sono già obsolete dopo la loro realizzazione.



Figg. 1, 2 | 530 Collective Housing Grand Parc Burdeos (France), designed by Lacaton & Vassal, Frédéric Drout Architecture and Christophe Hutin Architecture, 2014-2018 (credit: P. Ruault, 2018).

Edilizia passiva | È possibile individuare una serie di esperienze progettuali contemporanee che ci consentono di riflettere sulla cura del pianeta e sul tema centrale del risparmio energetico, contribuendo così a svelare alcune qualità che definiscono i paradigmi che dovrebbero caratterizzare le abitazioni del XXI secolo. In primo luogo è possibile descrivere una certa 'condizione di passività energetica', legata alle variabili delle condizioni atmosferiche (Moe, 2014; Ribera, Del Regno and Cucco, 2018); in altri termini questa condizione si potrebbe chiamare 'consapevolezza climatica', che altro non è che un adattamento dell'architettura alle specificità geografiche; essa ha contribuito alla produzione della migliore architettura residenziale di carattere popolare la quale, letta in termini contemporanei, produce una nuova qualità progettuale. A volte si ricorre a consumati luoghi comuni, ma l'assunzione di consapevolezza rispetto all'improrogabile avvio del processo di salvaguardia del pianeta non può essere trasformata in stereotipi conformisti, vuoti di reali contenuti, o in una pura ed effimera ennesima 'tendenza' dell'architettura, deve piuttosto stimolare risposte concrete a una sfida sostanziale che fa già parte della coscienza del nostro tempo.

L'architettura residenziale, liberata dalla pura speculazione, può essere efficacemente legata a parametri di prossimità e di basso impatto ambientale senza abbandonare le linee di ricerca più avanzate dell'architettura contemporanea. Il rapporto tra architettura e contesto, tuttavia, non è altro che una riflessione sulle capacità di instaurare relazioni simbiotiche con l'ambiente di riferimento, fondate sul perseguimento di buone prassi finalizzate all'ottimizzazione e alla valorizzazione delle risorse climatiche e materiche disponibili. Si tratta di approcci che possono essere raggiunti attraverso una riflessione che implica necessariamente una riformulazione dei concetti di uso, efficienza e comfort, nonché di equità sociale; a ciò si deve aggiungere un'ulteriore riflessione sulla circolarità dell'economia, sulla salvaguardia delle risorse non rinnovabili e sulla crescita senza limiti (Espiegel, Cánovas and de Lapuerta, 2022a).

Edificare in questo modo significa occuparsi delle premesse necessarie al mantenimento di equilibri ambientali, immaginando un'architettura in grado di interpretare l'essenza strutturale eco-

sistemica dei luoghi stessi e raggiungendo una sintonia tra i caratteri fisici rilevanti della natura antropizzata dei contesti d'intervento e l'espressione architettonica immaginata in termini di sostenibilità ecologica. Lacatón e Vassal³ hanno esemplificato questo tipo di riflessione progettuale attraverso i giardini d'inverno, nei quali il volume d'aria accumulato contribuisce passivamente all'equilibrio termico dell'intera abitazione fornendo al contempo una qualificazione informale a questi spazi intermedi (Figg. 1, 2).

In questo senso possiamo asserire che una soluzione architettonica con valenze energetiche passive offre la possibilità di modificare le relazioni tra le cellule dell'abitazione, smaterializzando la chiusura con uno spazio a cui non è possibile assegnare specifico nome, uso e, a volte, forma; è un luogo intermedio, indeterminato e informale, uno spazio utile a immaginare un nuovo futuro dello spazio domestico.

Si ritiene quindi necessario offrire soluzioni architettoniche in grado di adattarsi alle molteplici esigenze che si potranno presentare nel tempo, non solo in relazione alla flessibilità d'uso ma anche rispetto a nuove modalità di vita in forme di aggregazione sociale o di isolamento, più o meno voluto. In un certo senso possiamo continuare a parlare dello spazio disponibile, nelle due o nelle tre dimensioni, ma forse dovremmo iniziare a parlare della dimensione del tempo a partire dalla gestione dello spazio: si tratta quindi di cambiare o di integrare l'architettura dello spazio con un'architettura della gestione del tempo. Progettare tenendo conto di queste premesse significa lavorare con l'energia e il tempo utilizzando strumenti non strettamente meccanici capaci di contenere la domanda e diminuire i consumi in modo intelligente attraverso soluzioni architettoniche e tecniche di controllo e gestione delle condizioni termoigrometriche ambientali già disponibili. In altre parole, di fronte a sistemi tecnologici intelligenti la chiave è ripensare le condizioni dell'intelligenza.

Materiali locali | Un secondo rilevante è la 'condizione di economia materiale'; in altre parole, è necessario prestare particolare attenzione alla provenienza dei materiali utilizzati e ai relativi requisiti di prossimità e di tracciabilità. È chiaro che non è sempre possibile soddisfare il requisito di

prossimità dei materiali, tuttavia la loro tracciabilità può favorirne la scelta in termini di salvaguardia dell'ambiente.

Sembra anche ammissibile ritenere che l'utilizzo di materiali prodotti nei contesti di realizzazione dei manufatti possa da un lato ridurre le emissioni derivate dalla produzione e dal trasporto, dall'altro determinare ricadute positive sull'economia e sull'occupazione locale. A ciò si aggiunge la possibilità di riciclare componenti (Hebel, Wisniewska and Heisel, 2019) ed elementi edilizi, come fatto dal team di Carles Oliver nella realizzazione delle abitazioni Life Reusing Posidonia nelle Isole Baleari (Figg. 3-5), le cui scelte progettuali sono fortemente correlate all'utilizzo di materiali locali sostenibili e, laddove necessario, ad altri materiali, sempre con un basso impatto ambientale e ridotte emissioni di CO₂, reperiti in ambiti prossimi alle Baleari. Tra i materiali locali il cui uso si è tradizionalmente consolidato nel corso della storia delle Isole Baleari è da menzionare l'alga Posidonia essiccata impiegata per la coibentazione delle coperture delle abitazioni.

In questo progetto l'utilizzo di materiali locali consente di riconoscere un'architettura che si manifesta come sintesi dei valori storici e naturali di una specifica area geografica le cui qualità sono quelle tipiche della dimensione mitica del Mediterraneo; un'architettura, in sostanza, in grado di cogliere e di interpretare i caratteri figurativi e costruttivi di uno specifico luogo.

Riuso e riconversione | Una terza questione, con carattere di centralità, su cui è possibile riflettere riguarda i temi del 'riuso' e della 'riconversione' che riguardano solo abitazioni obsolete o mal costruite, come nel caso del blocco residenziale Deflat Kleiburg di NL Architects⁴ (Fig. 6), ma anche edifici industriali o direzionali suscettibili di trasformazioni d'uso legate al tema della residenza contemporanea (De Giovanni, Sposito and Scalisi, 2016), strutture su cui è possibile innescare processi rigenerativi mediante interventi finalizzati al recupero dell'esistente (inclusivo del materiale già posto in opera) al fine di sfruttarne le potenzialità ancora presenti e riconoscibili, apportando un miglioramento complessivo al costruito e ai contesti di riferimento. L'edilizia industriale è un chiaro esempio di come si possa risignificare una

preesistenza attraverso una riconversione d'uso di tipo residenziale; queste azioni progettuali di positiva metamorfosi dell'esistente indagano, soprattutto, i meccanismi e i processi necessari alla rigenerazione dell'immagine e dell'uso del preesistente (Espiegel, Cánovas and de Lapuerta, 2022b); di fronte all'obsolescenza materiale diverse buone pratiche progettuali hanno dimostrato di riuscire ad attivare interessanti processi palinogenetici dell'esistente.

L'aspetto fenomenologico della 'rinascita' del costruito è certamente rintracciabile nel progetto Frösilo (Figg. 7-9), di MVRDV, in cui due grandi silos nel Porto di Copenaghen sono stati convertiti in abitazioni, utilizzando l'involucro degli stessi silos come struttura portante dei nuovi alloggi e conferendo al Porto della capitale danese una nuova immagine. Un caso molto diverso è Fabra i Coats (Figg. 10-13), realizzato dal team di Roldán+Berengué a Barcellona, in cui un'antica filanda del XIX secolo è stata convertita in alloggi collettivi e centri comunitari: il progetto rispetta scrupolosamente l'involucro in mattoni, conservando le dimensioni dell'edificio originale e introducendo abitazioni in legno industrializzato che danno un nuovo significato alla struttura esistente. A queste residenze si aggiungono funzioni che estendono il concetto ormai logoro di sostenibilità ambientale a quello di equità sociale: in breve, il progetto attiva l'ecosistema del quartiere con nuove residenze e servizi in un vecchio tessuto industriale, dan-

dogli nuova vita e usi. Entrambi i progetti di rigenerazione urbana di MVRDV e Roldán+Berengué possono essere iscritti nella riflessione formulata da Bourriaud (2022) secondo il quale riscrivere la modernità è il compito storico del XXI secolo: non ricominciare da zero, né rimanere stipati nel magazzino della storia, ma catalogare, selezionare, rigenerare e usare. Allo stesso tempo i due progetti mostrano come la deindustrializzazione urbana possa essere intesa come uno strumento di transizione ecologica verso la sfera domestica.

Riflessioni conclusive | Edilizia passiva, materiali locali e azioni di riuso e rigenerazione possono guidare il progetto architettonico in modo alternativo e complementare, favorendo il processo di transizione ecologica nel settore delle residenze contemporanee. Tuttavia si ritiene opportuno sottolineare che, affinché questo paradigma si realizzi, le condizioni che lo definiscono devono contare anche sulla complicità di tre fattori fondamentali.

In primo luogo è necessaria una comunione d'intenti tra l'industria delle costruzioni e i promotori immobiliari, da un lato per ripensare radicalmente la produzione e la lavorazione dei materiali da impiegare, dall'altro per condividere una nuova visione per le unità residenziali. In secondo luogo è urgente una revisione qualitativa delle normative legate all'edilizia residenziale in relazione ai temi energetici e funzionali, attivando contemporaneamente una riflessione sui diversi modelli di gestio-

ne e sulle nuove forme di relazione che caratterizzano la società contemporanea. Infine la terza questione comporta l'ottimismo e la capacità degli utenti di adattarsi a nuovi modi di vivere che permettano una convivenza più coesa e osmotica tra gli esseri umani e il pianeta. In questo senso, una ridefinizione di concetti come lusso e comfort, basata sulla rivendicazione del benessere termometrico e del valore del riuso, potrà essere molto utile alla definizione di un nuovo irrinunciabile paradigma della transizione ecologica nel campo dell'architettura contemporanea.

Without any doubt, the radical epochal changes taking place in this first half of the 21st century are fully reflected in four substantial issues. The first is the ecological crisis that seriously threatens the future of the planet, and therefore of the species that inhabit it, as we know it (Catalano and Balducci, 2022); the second concerns the transformations (Lauria and Azzalin, 2021) and social challenges (Scalisi and Ness, 2022), and in particular the egalitarian presence of women as a stimulus for change (Amann Accocer, 2011); the third concerns digitisation and the ethical reflections that its speed of transformation produces with repercussions on individual freedom, the control dynamics of large corporations and the intrusion into people's private lives (Ingaramo and



Figg. 3-5 | Life Reusing Posidonia in Islas Baleares (Spain), 2009-2017, designed by IVABI (credits: J. Hevia, 2017).

Stepanovic, 2021); the fourth point is connected to trans-humanism, which leads to the idea that we are no longer the 'masters' of the planet, suggesting a shift toward positions of coexistence with natural systems rather than domination and predation (Sposito, 2022).

In this regard, it is appropriate to recall Bruno Latour (2021) according to which the term 'Earth' is the 'proper name' of the environment in which 'acting' beings – i.e., what biologists call living organisms – contribute, in their continuous interaction, to the construction of their 'habitat'. However, the effects generated by their actions – and humans in particular – result, almost always, in deleterious residual waste as the outcome of unconscious action, the result of 'errors in judgment.'

The four identified issues, which define the current challenges, squarely belong within the cultural and ideological debate of contemporary Architecture. Our relationship with planet Earth takes on special relevance precisely because we sense a threat to our existence: according to Cunningham (1998), we are on the verge of what could be described as a global 'ecocide'¹ of the planet at the hand of human beings. It's the time of the Anthropocene (Crutzen and Stoemer, 2000): while it is widely agreed that it is imperative to avoid reaching irreversible limit conditions, generators of guaranteed generalised collapses of the entire system (Diamond, 2006; Gates, 2021), it is also certain that scientific research has for some time highlighted the fact that, in some areas, these limits have been reached.

Authoritative studies show that excess CO₂ as a consequence of the greenhouse effect is one of the main contributors to eco-environmental and climatic changes on our entire planet, and the release of carbon dioxide and other gases, which absorb infra-red radiation reflected from the Earth's surface, also contribute to global warming (Borasi and Zardini, 2007). On the other hand, fossil energy sources – whose burning and overconsumption have contributed, to a large extent, to global warming – are being depleted, resulting in a focus shift, concerning extractive exploitation, to the seabed and polar regions, which poses a further risk to the ecological balance of the planet (Attenborough, 2020).

Similarly, the deforestation of vast green areas and the loss of a high percentage of coral reefs in underwater regions have resulted in overall lower levels of oxygen generation and carbon storage in plants now compared to a few decades ago, indicating a worrying downward trend for these in-

dices. This is demonstrated by more than one research project, such as that of Daniel G. Boyce, Marlon R. Lewis e Boris Worm (2010) for the journal *Nature*, which highlights how the mass of marine plankton has decreased by 1% per year in recent decades, and that of Richard H. Waring e Steven W. Running (2007) entitled *Forest Ecosystems – Analysis at Multiple Scales*, whose conclusions reveal that in some areas of Indonesia, New Guinea, Southeast Africa and much of South America (the lungs of the planet) plants store 20 tons less of CO₂ per square km/year.

The vicious circle is served: the emission of CO₂ increases global temperature, a phenomenon that in turn increases the aridity of land continents and the temperature of surface seawater, resulting in a reduction in the global mass of terrestrial and marine vegetation respectively, thereby decreasing their activity and CO₂ storage capacity, precisely at the time of this gas's greatest excess. This increase prevents reflected radiation from the Earth's ice cap from passing through this invisible layer of carbon monoxide, thereby lingering in the atmosphere, and increasing global warming, which transforms the problem into an unfortunate spiral of destruction with no return.

Statistics show that the construction sector is one of the biggest perpetrators of the global deterioration of our planet. According to a recent report (United Nations Environment Programme, 2022) 39% of total CO₂ emissions released into the atmosphere, 30% of solid waste and 20% of water pollution are related to this area of activity, either in the form of building maintenance or as a result of building construction and/or demolition. And again, according to the Centre for British Studies Chatham House (2018), the cement industry sector is responsible for about 8% of the world's CO₂ emissions: if the world cement industry were equivalent to a country it would be surpassed in emissions only by China and the United States. The same report indicates that the overall transport of building materials accounts for about 7% of total CO₂ emissions.

In June 2010, the Official Journal of the European Union published Directive 2010/31/EU (European Parliament and the Council, 2010) on the energy performance of buildings, highlighting that 40% of the final energy consumed in the European Union comes from buildings; in Spain, it is about 30% (Ministerio de Transición Ecológica y el reto demográfico – Gobierno de España, n.d.). This figure, despite the considerable obsolescence of much of the building stock, especially in south-

ern European countries, shows that the milder climate in the south contributes to energy savings compared with northern countries that suffer from a harsher climate. Years later, the situation has become even worse. During the 2019 COP25 climate summit² in Madrid, under the slogan 'time for action', experts provided significant data such as the fact that buildings continue to contribute to 56% of the pollution in our cities compared to the 13% that comes from car emissions; however, the media debate today has focused more on the role of cars in cities than on the overhaul of much of the housing stock that is massively present throughout the territory.

According to Toni Kotnik (2016), buildings as a whole directly affect more than 40% of all energy consumed in developed countries. In general, the operation of indoor air conditioning and artificial lighting systems in buildings consumes about one-third of the total energy used. Building construction, including the production and transportation of building materials, components, and products, as well as the energy used on the construction site, requires almost half of the total. On the other hand, the remaining percentage must be linked to the construction of supporting infrastructure, including roads or water and sewage systems, electricity distribution networks, etc.

In light of such multiple and varied statistical data, it is complicated to determine the impact of the construction sector in terms of both direct and indirect global CO₂ emissions. However, this is certainly a substantial share corresponding, according to many recent studies, to about 40% of the total. Taken together, all these data are the best evidence that the construction sector can – and must – play an important role in minimising the harmful consequences of climate change. From this perspective, it is of paramount importance to activate concrete strategies for energy efficiency in the built environment and, consequently, in the industrial system related to the construction sector.

Before proposing possible solutions, it is necessary to clarify how the current situation came to be. The main causes are to be found in the 20th-century demographic expansion and the exponential and uncontrolled growth of both the industry and urban centres, in the wake of a consumerist society that, in general, had no awareness of the limits of the planet's natural resources. At the same time, it is important to admit that, as far as the energetic model is concerned, the globally predominant architectural design implemented over the past century has partially exacerbated the problem. The mechanistic ideas and blind reliance on technology that have characterised much of architecture over the past 100 years, together with exponential population growth, have led to a substantial increase in the building sector's impact on global energy consumption (Prieto, 2019).

Taking co-responsibility for architecture as a discipline is, therefore, the first step toward a mindset shift that will generate an ecological transition capable of assisting in the indispensable process of reversing global climate change, a crucial factor



Fig. 6 | Deflat Kleiburg in Amsterdam, 2013-2016, designed by NL Architects and XWV architectuur (credit: M. Van der Burg, 2016).

on which the imminent existential future of our planet will depend. Therefore, the redefinition of a new energy model and the drastic reduction of CO₂ emissions from the building sector should be two of the main goals of 21st-century architecture. The public construction sector has recently started to address these challenges with deliberate actions (Sposito, 2012), while in the private construction sector, mainly aimed at achieving ever-increasing economic benefits, there is a tendency toward an instrumental use of the concept of eco-sustainability, trivialising its meaning and the achievable effects through its practical pragmatic application.

In any case, even if not beneficial to real estate investment funds, it is possible to lay out some aspects that contribute to ensuring that the collective building world embraces the solutions implied by the challenge of ecological transformation; above all, these paradigms must become tools for a profound transformation of housing design, which sometimes borders on outdatedness from the very beginning.

Passive building | In addition to these aspects, it is possible to identify several contemporary conscious design experiences that compel us to reflect on the issue of caring for the planet and on the central theme of energy conservation, thereby revealing some of the defining qualities of those paradigms that should shape early 21st-century housing. First of all, it is possible to describe a certain 'energy passivity condition', necessarily linked to the use of the different available variables related to the atmospheric conditions of the surrounding environment (Moe, 2014; Ribera, Del Regno and Cucco, 2018). In other words, this condition could be referred to as 'climate awareness', meaning nothing more than contextual adaptation to geographic specificities, which, moreover, has contributed to the production of the best housing architecture of popular character that, if read in contemporary terms, produces a new design quality. Sometimes we resort to worn-out clichés, but the assumption of awareness for the urgent start of the process of safeguarding the planet cannot be converted into conformist stereotypes, devoid of real content, or into a pure and ephemeral umpteenth 'trend' in architecture; rather, it must stimulate concrete responses to a substantial challenge that is already part of the consciousness of our time.

Housing architecture, freed from pure speculation, can be effectively linked to parameters of proximity and low environmental impact without abandoning the most advanced lines of research in contemporary architecture. The relationship between architecture and the settlement context, however, is nothing more than a reflection on the ability to establish symbiotic relationships with the environment of reference. Reports based on the pursuit of best practices with respect to the identification of an integrated approach concerning the optimisation and enhancement of available climate and material resources.

The balance must be achieved through a reflection that necessarily implies a reformulation of concepts related to use, efficiency, and the overall comfort paradigm, as well as toward the social narrative aspect of well-being. Such a negotiation implies a profound reflection on the circularity of the economy and the exhaustion of the principle



Fig. 7-9 | Frösilo in Copenhagen (Denmark), designed by MVRDV, 2002-2005: before and after the intervention (credits: MVRDV; Rob't Hart, 2005).

of constant development in favour of a tempered economy of resource optimisation (Espiegel, Cánovas and de Lapuerta, 2022a).

Building in this manner means dealing with the necessary premises for the maintenance of environmental balances by imagining an architecture capable of interpreting the structural ecosystemic essence of the places themselves, thus achieving harmony between the relevant physical features of the anthropised nature of the contexts of intervention and the imagined architectural expression in terms of ecological sustainability. Lacatón and Vassal³ exemplified this type of design thinking through their winter gardens, in which the volume of air accumulated in the greenhouses passively contributes to the thermal balance of the entire home, while this climatic device provides an informal qualification to these intermediate spaces (Fig. 1, 2).

In this sense we can admit that an architectural solution with passive energy values offers the possibility of modifying the relationships between the cells of the dwelling, dematerialising the enclosure with a space to which it is not possible to assign a specific name, use and, sometimes, form. It is an intermediate, indeterminate and informal place, a space useful for imagining a new future of domestic space.

Therefore, it is considered necessary to offer different architectural domestic conditions capable of adapting to multiple needs and their temporal projection, not only in relation to their flexibility but fundamentally in accordance with the new challenges of life possibly in forms of social aggregation or restrictive modes of isolation, more or less sought after, that we face and foreshadow in the immediate future. To a certain extent, it is possible to continue to talk about space availability, whether in two or three dimensions, but perhaps the discussion should shift to talking about the dimension of time starting with space management. It is, therefore, a matter of changing or, in an intermediate state, integrating spatial architecture with a time management architecture.

Designing with this in mind means working with energy and time using non-strictly mechanical tools capable of minimising demand and slowing down consumption in an intelligent manner through architectural solutions and techniques for controlling and managing thermohygrometric environmental conditions. In other words, when faced with intelligent technological systems, the key is to rethink the conditions of intelligence.

Local materials | A second aspect worth highlighting concerns the 'material economy condition'; in other words, special attention needs to be

paid to the crucial issues related to the origin of the materials used and the associated issues of proximity and traceability. It is not always possible to adhere to a proximity code of materials in the field of collective construction, and it is, therefore, necessary to admit that the traceability of these materials becomes a mechanism that encourages their selection and implementation based on a focused commitment to environmental protection.

It also seems acceptable to consider that the use of construction materials found in the contexts targeted by collective housing developments minimises the total emissions caused by the production of the same materials and their transportation, leading to positive impacts on local economies and their development. On top of this is the possibility of recycling systems and elements, as demonstrated by Carles Olivera and his team in the creation of the Life Reusing Posidonia dwellings in the Balearic Islands (Fig. 3-5) in which design choices are strongly correlated, first and foremost, with the use of local materials exhibiting a strong character of sustainability and, where necessary, of other materials found in contextual settings close to the Balearic Islands, in any case always with a low environmental impact and reduced CO₂ emissions. Amidst these types of materials, mention should certainly be made of the use of dried Posidonia seaweed employed for the insulation of house roofs, in addition to other local building materials whose use has been traditionally consolidated throughout the history of the Balearic Islands.

In this project, it is precisely the use of local materials that allows us to recognise an architecture that manifests itself as a synthesis of the historical and natural values of a specific geographical area whose qualities are those typical of the mythical dimension of the Mediterranean; an architecture, in essence, capable of capturing and interpreting the figural and constructive characters of a specific place.

Reuse and reconversion | A central third issue upon which to reflect and elaborate is the theme of 'reuse' and 'reconversion'. In this sense, the focus is not only on the reuse and redevelopment of obsolete or poorly constructed housing, as in the case of the Deflat Kleiburg housing block by NL Architects⁴ (Fig. 6), but also on industrial or tertiary buildings susceptible to transformations of use related to the theme of contemporary housing (De Giovanni, Sposito and Scalisi, 2016). Structures on which it is possible to trigger regenerative processes through interventions aimed at the recovery of the existing (including the material al-

ready in place) to harness the still present and recognisable potential, thus providing an overall improvement to the built environment and the environmental relationship contexts.

Industrial construction is a clear example of how a pre-existing building can be re-signified through a residential-type conversion of use. These experiments on the positive metamorphic mutation of the existing investigate, above all, the mechanisms, and processes necessary for a successful image change as well as the use of the pre-existing (Espegel, Cánovas and de Lapuerta, 2022b). In the face of material obsolescence of things, these design examples demonstrate the concrete possibility of triggering possible and concrete palinogenetic processes of the existing.

The phenomenological aspect of the building's 'rebirth' is certainly traceable in the Frösilo project Fig. 7-9), by MVRDV, in which two large silos in the Port of Copenhagen were converted

into housing using the envelope of the silos themselves as the supporting structure of the new housing, giving the Port of the Danish Capital a new image. Fabra i Coats is a very different case (Fig. 10-13), created by the Roldán+Berengué team in Barcelona, featuring an old 19th-century spinning mill converted into collective housing and community centres: the project scrupulously respects the brick shell, preserving the dimensions of the original building and introducing industrialised wooden dwellings that give new meaning to the existing structure. These homes are complemented by social programs that extend the worn-out concept of environmental sustainability to that of social balance. In short, the project activates the neighbourhood ecosystem by introducing housing and services into an old industrial fabric, giving it life and new uses.

Both MVRDV and Roldán+Berengué's urban regeneration projects can be encompassed in the

reflection formulated by Bourriaud (2022) according to whom rewriting modernity is the historical task of the 21st century: not to start from scratch, nor to remain crammed in the warehouse of history, but to invent, select, use, and reload. At the same time, the two projects show how deindustrialisation in the near-city area can be intended as a means of ecological transition towards the domestic sphere.

Concluding remarks | Passive building, local materials, and actions of reuse and repurposing can guide architectural design in alternative and complementary ways, fostering the process of ecological transition in the contemporary housing sector. However, it is worth noting that for this paradigm to be realised, the conditions that define it must also rely on the complicity of three fundamental factors.

First of all, there is a need for a common purpose between the construction industry and real

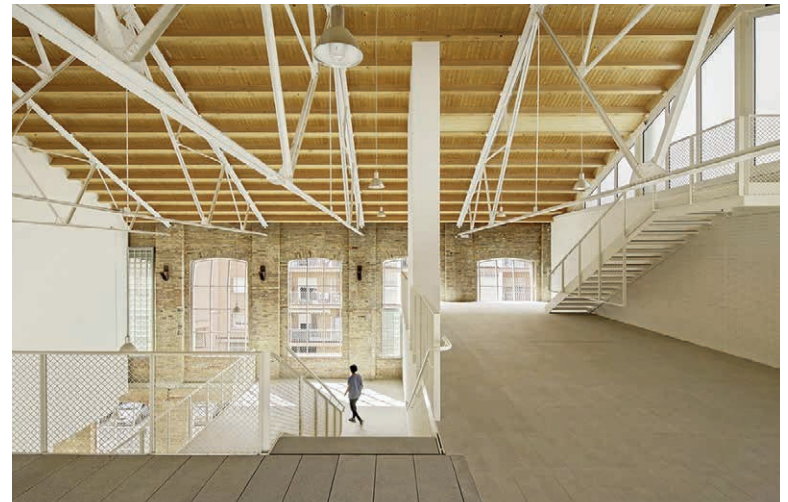


Fig. 10-13 | Viviendas en la nave de Fabra i Coats in Barcelona (Spain), designed by Roldán+Berengué, 2016-2019 (credits: Jordi Surroca; Roldán+Berengué, 2019).

estate developers to radically rethink, on the one hand, the production and processing of building materials, and, on the other hand, to envision a new concept for residential units. Second, there is an urgent need for a qualitative review of regulations related to residential construction in relation to energy and functional issues, simultaneously ac-

tivating a discussion on the different management models and new forms of relationships that characterise contemporary society. Finally, the third issue relates to optimism and the ability of users to adapt to new ways of living that allow for a more cohesive and osmotic coexistence between humans and the planet. In this sense, redefining con-

cepts such as luxury and comfort based on the claim of thermo-hygrometric well-being and the value of reuse may be very useful in defining a new indispensable paradigm of ecological transition in the field of contemporary architecture.

Notes

1) The neologism ‘ecocide’ refers to any massive environmental damage or destruction of a given territory. Ecocide can be irreversible when an ecosystem suffers damage beyond its ability to regenerate. It is often associated with damage caused by a living agent that can directly or indirectly inflict ecocide, having a sufficient number of species in an ecosystem to disrupt its structure and functioning. The origin of this word dates back to the time of the Vietnam War, when the use of defoliants such as Agent Orange caused irreversible damage (Cunningham, 1998).

2) For more information visit the webpage: unhabitat.org/story-UNH-at-COP25 [Accessed 19 May 2023].

3) Lacaton and Vassal, with Frédéric Druot e Christophe Hutin, won the Mies 2019 Award for the transformation project of 530 Collective Dwellings in the Grand Parc Bordeaux. The judging panel noted that the project offers a highly efficient solution to one of the most widespread European issues: the deterioration of many collective housing projects built in the post-war period. Moreover, at a time when commissions for new public houses are calling for a reduction in the floor area of apartments, in this case, the volume is being increased, offering dignity and new possibilities to the occupants. In this way, the ensemble becomes an optimistic opportunity for modern collective housing, providing a paradigm shift in the possibilities of architecture.

4) NL Architects wins the 2017 Mies Award for the DeFlat Kleiburg housing renovation project. According to the Judging Panel, DeFlat stands out for its innovative renovation of one of the largest apartment buildings in the Netherlands, the Kleiburg, a curved block with 500 apartments in Amsterdam’s Bijlmermeer district. The DeFlat consortium saved the building from demolition by turning it into a ‘klusflat’, where residents renovate their apartments themselves. The project prompts a reflection on the new and complex reality of contemporary living, proposing new forms of affordable housing that add to a complex and layered supply: from fully subsidised rentals to shared ownership and rent-to-buy models. The proposal thus offers several options applicable to the vast majority of people, envisioning a new kind of architectural design that responds to the changing patterns and lifestyles of the 21st century.

References

Amann Alcocer, A. (2011), *El espacio doméstico – La mujer y la Casa*, Nobuko, Buenos Aires.

Attenborough, D. (2020), *David Attenborough – A life in our planet*, documentary. [Online] Available at: netflix.com/es/title/80216393 [Accessed 19 May 2023].

Borasi, G. and Zardini, M. (eds) (2007), *Sorry out of gas – Architecture’s response to the 1973 oil crisis*, Canadian Centre for Architecture, Corradini, Montreal-Padova.

Boyce, D. G., Lewis, M. R. and Worm, B. (2010), “Global phytoplankton decline over the past century”, in *Nature*, vol. 466, pp. 591-596. [Online] Available at: doi.org/10.1038/nature09268 [Accessed 19 May 2023].

Bourriaud, N. (2022), *Postproducción*, Adriana Hidalgo editora, Buenos Aires.

Catalano, C. and Balducci, A. (2022), “Análisis ambiental e progettazione ecosistemica – Sondaggi, criticità e soluzioni applicative | Environmental analysis and ecosys-

temic design – Survey, critical issues and application solutions”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 246-257. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11222022 [Accessed 19 May 2023].

Centre for British Studies Chatham House (2018), “Making Concrete Change – Innovation in Low-care Cement and Concrete”, in chathamhouse.org, 13/06/2018. [Online] Available at: chathamhouse.org/2018/06/making-concrete-change-innovation-low-carbon-cement-and-concrete [Accessed 19 May 2023].

Crutzen, P. J. and Stoemer, E. F. (2000), “The Anthropocene”, in *Global Change Newsletter*, n. 41, pp. 17-18. [Online] Available at: igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf [Accessed 18 May 2023].

Cunningham, W. (1998), *Environmental Encyclopedia*, Gale, Detroit.

De Giovanni, G., Scalisi, F. and Sposito, C. (2016), “Trasformazione e riuso dei vuoti urbani – Quattro casi studio | Transformation and re-use of urban wasteland – Four case studies”, in *Techné | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 12, pp. 74-81. [Online] Available at: doi.org/10.13128/Techné-19337 [Accessed 19 May 2023].

Diamond, J. M. (2006), *Colapso – Porque unas sociedades perduran y otras desaparecen*, Debate, Barcelona.

Espiegel, C. A., Cánovas, A. and de Lapuerta, J. M. (2022a), “Conciencia climática | Climatic Consciousness”, in Espiegel, C., Cánovas, A. and de Lapuerta, J. M. (eds), *Amaneceres domésticos – Temas de vivienda colectiva en la Europa del siglo XXI | Domestic Dawns – Collective Housing issues in 21st century Europe*, Ediciones Asimétricas, Museo ICO, Madrid, pp. 17-18.

Espiegel, C. A., Cánovas, A. and de Lapuerta, J. M. (2022b), “Recargas Activas | Active Recharging”, in Espiegel, C., Cánovas, A. and de Lapuerta, J. M. (eds), *Amaneceres domésticos – Temas de vivienda colectiva en la Europa del siglo XXI | Domestic Dawns – Collective Housing issues in 21st century Europe*, Ediciones Asimétricas, Museo ICO, Madrid, pp. 53-54.

European Parliament and the Council (2010), *Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)*, document 32010L0031, L 153/13. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32010L0031 [Accessed 19 May 2023].

Gates, B. (2021), “Reasons for optimism after a difficult year”, in *GatesNotes*, 07/12/2021. [Online] Available at: gatesnotes.com/Year-in-Review-2021 [Accessed 19 May 2023].

Hebel, D., Wisniewska M. H. and Heisel, F. (2019), *Building from Waste – Recovered Materials in Architecture and Construction*, Birkhäuser, Basel.

Ingaramo, M. O. and Stepanovic, M. (2021), “Quando le luci si spengono – Prospettive future per la progettazione della casa intelligente | When lights turn off – Future perspectives to design smart homes”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 10, pp. 168-179. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/10152021 [Accessed 19 May 2023].

Kotnik, T. (2016), “Polyvalent Porosity – Geometric diagrams of energy flow”, in García-Germán, J. (ed.), *Thermodynamic Interactions – An Exploration into Material, Physiological and Territorial Atmospheres*, Actar, Barcelona, pp. 123-130.

Latour, B. (2021), *Dónde estoy? Una guía para habitar el planeta*, Taurus, Spain.

Lauria, M. and Azzalini, M. (2021), “Paradigmi | Paradigms”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 9, pp. 12-21. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/912021 [Accessed 19 May 2023].

Ministerio de Transición Ecológica y el reto demográfico – Gobierno de España (n.d.), “Cambio climático – Mitigación, políticas y medidas – Residencial, comercial e institucional”, in miteco.gob.es. [Online] Available at: miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/edificacion.aspx [Accessed 19 May 2023].

Moe, K. (2014), *Insulating modernism – Isolated and non-isolated thermodynamics in architecture*, Birkhäuser, Basel.

Prieto, E. (2019), *Historia medioambiental de la arquitectura*, Cátedra, Madrid.

Ribera, F., Del Regno, R. and Cucco, P. (2018), “Nuove frontiere per gli alloggi temporanei – Moduli di accoglienza passivi | New frontiers of temporary buildings – Passive housing modules”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 4, pp. 159-168. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/4202018 [Accessed 19 May 2023].

Scalisi, F. and Ness, D. (2022), “Simbiosi tra vegetazione e costruito – Un approccio olistico, sistemico e multilivello | Symbiosis of greenery with built form – A holistic, systems, multi-level approach”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 26-39. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11222022 [Accessed 19 May 2023].

Sposito, C. (2022), “Strategie ecosistemiche e infrastrutture verdi in simbiosi con il costruito | Ecosystem strategies and green infrastructures in symbiosis with the built environment”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 3-13. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1102022 [Accessed 19 May 2023].

Sposito, C. (2012), “Identità, Flessibilità e Sostenibilità per un nuovo Social Housing | Identity, Flexibility and Sustainability for the new Social Housing”, in *Techné | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 4, pp. 153-159. [Online] Available at: doi.org/10.13128/Techné-11515 [Accessed 19 May 2023].

Sposito, C. and Scalisi, F. (2019), “Innovazione di Materiali Naturali – Terra e Nanotubi di Argilla per una Sfida Sostenibile | Natural Material Innovation – Earth and Halloysite Nanoclay for a sustainable challenge”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 5, pp. 59-72. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/572019 [Accessed 19 May 2023].

United Nations Environment Programme (2022), *2022 Global Status Report for Buildings and Construction – Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*, Nairobi. [Online] Available at: unep.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction [Accessed 19 May 2023].

Waring, R. H. and Running, S. W. (2007), *Forest Ecosystems – Analysis at multiple scales*, Academic Press, Orlando. [Online] Available at: doi.org/10.1016/B978-0-12-370605-8.X5001-4 [Accessed 19 May 2023].

ARTICLE INFO

Received	18 March 2023
Revised	29 April 2023
Accepted	09 May 2023
Published	30 June 2023

INFRASTRUTTURE VERDI IN CONTESTI URBANI ARIDI

Ecologie in transizione oltre il Green Riyadh

GREEN INFRASTRUCTURE IN ARID URBAN CONTEXTS

Transitioning ecologies beyond Green Riyadh

Monica Moscatelli, Alessandro Raffa

ABSTRACT

Le infrastrutture verdi, integrando e coordinando la dimensione ambientale, economica e sociale, svolgono un ruolo cruciale per le transizioni in contesti urbani. Il presente contributo focalizza l'attenzione sulle infrastrutture verdi all'interno di contesti urbani caratterizzati da un clima arido, guardando, in particolare, a Riyadh come ologramma della città saudita. L'obiettivo è delineare il ruolo attuale, tra Piani e progetti, dell'infrastruttura verde, identificando limiti e possibilità future, attraverso un approccio 'basato sul paesaggio' all'infrastruttura verde. Verranno quindi individuate sette linee strategiche integrate e interagenti che hanno come obiettivo quello di informare il processo di implementazione dell'infrastruttura verde in chiave olistica e complessa, aprendo a scenari alternativi di transizione ecologica per la città saudita.

Green infrastructures play a crucial role in urban transitions by integrating and coordinating the environmental, economic, and social dimensions. This contribution focuses on green infrastructures within urban contexts characterised by an arid climate, particularly in Riyadh as a hologram of the Saudi city. The goal is to outline the current role of green infrastructure between plans and projects, identifying future limits and possibilities through a 'landscape-based' approach to green infrastructure. Seven integrated and interacting strategic lines will therefore be identified, which aim to inform the process of implementation of the green infrastructure in a holistic and complex key, opening up to alternative scenarios of ecological transition for the Saudi city.

KEYWORDS

contesti urbani aridi, infrastrutture verdi, transizione ecologica, resilienza, sostenibilità
arid urban contexts, green infrastructure, ecological transition, resilience, sustainability



Monica Moscatelli, Architect and PhD, is an Assistant Professor at the Department of Architecture of the Prince Sultan University of Riyadh (Saudi Arabia). She carries out research activities in architectural composition and urban regeneration. She is a member of the Sustainable Architecture Lab research group. She received the best paper award, 'Sustainability and the built environment' ICSDI2022. Email: mmoscatelli@psu.edu.sa

Alessandro Raffa, Architect and PhD, is a Research Fellow at the Department of European and Mediterranean Cultures of the University of Basilicata (Italy). He carries out research activities mainly in the context of the project for sustainable regeneration. He is a member of the research groups of the Nature-City Lab and the UNESCO Chair of Matera and an Associate Researcher at FEEM. Mob. +39 342/51.52.583 | Email: alessandro.raffa@unibas.it

Nei contesti urbani il progetto delle infrastrutture verdi, integrando e coordinando la dimensione ambientale, economica e sociale, rappresenta una possibilità cruciale per supportare processi di sviluppo sostenibile nel quadro delle agende globali. L'infrastruttura verde svolge un ruolo centrale nell'adattamento ai cambiamenti climatici (Matthews, Lo and Byrne, 2015), migliora la gestione del ciclo delle acque (Liu and Jensen, 2018), allevia l'effetto isola di calore (Hunter Block, Livesley and Williams, 2012), modula gli effetti del vento, migliora la qualità dell'aria (Hewitt, Ashworth and MacKenzie, 2020), incrementa la biodiversità urbana e riduce i consumi energetici; con la sua realizzazione (Meerow and Newell, 2017) è possibile offrire spazi pubblici multifunzionali e di qualità e, al contempo, incidere sulla salute e il benessere della comunità, favorire l'inclusione e, più in generale, dare un contributo decisivo alla resilienza urbana (Coppola, Zaffi and D'Ostuni, 2022).

Pertanto è importante sottolineare il ruolo primario delle infrastrutture verdi per raggiungere obiettivi multipli soprattutto in contesti urbani, portando la popolazione a un miglioramento della qualità di vita, al consolidamento delle relazioni sociali e allo sviluppo economico (Scalisi and Ness, 2022). L'intenzione è guardare alle infrastrutture verdi in una cornice più complessa, interdisciplinare, olistica, multi-scalare e multi-temporale (Barbero et alii, 2022); in questa prospettiva il presente contributo adotta un approccio al progetto delle infrastrutture verdi (Rouse and Bunster-Ossa, 2013) 'basato sul paesaggio' interpretato come uno spazio ibrido e tecno-naturale (Cattaneo, 2019), in cui sperimentare le potenzialità metodologico-operative del progetto all'interno di una cornice complessa che guarda a sfide e urgenze globali nell'urbano. L'ineludibilità del paradigma ecologico trascina le questioni progettuali verso il paesaggio, interpretato sia come modello che come medium per la città contemporanea, «[...] in response to question of risk and resilience, adaptation and change» (Waldheim, 2016, p. 4).

La costruzione dell'approccio al tema si è nutrita degli apporti teorico-metodologici riferibili al Landscape Urbanism e all'Ecological Urbanism che, con le loro reciproche intersezioni ed esperienze operative, «[...] multiply the available lines of thought on the contemporary city to include environmental and ecological concepts, while expanding traditional disciplinary and professional framework for describing those urban conditions» (Waldheim, 2016, p. 179). Attraverso questo approccio si è guardato alla città di Riyadh e al processo in corso di infrastrutturazione verde, rispetto al quale sono state individuate delle strategie che seppur specifiche, possono in realtà essere applicate anche ad altri contesti sauditi che presentano ricorrenti fragilità nelle dinamiche urbane.

Nell'ultima decade alcuni studi hanno approfondito da diversi osservatori disciplinari il ruolo e le potenzialità di rigenerazione delle infrastrutture verdi in contesti urbani caratterizzati da un clima arido e semi-arido; tuttavia, riguardo ai contesti aridi, le sperimentazioni di pianificazione e progettazione urbana sono agli albori. Rispetto all'approccio che il presente studio adotta e per il contesto applicativo individuato, l'esperienza della città di Tucson, in Arizona, rappresenta un caso significativo. Nella città americana, caratterizzata da un clima arido, l'implementazione dell'infrastrut-

tura verde nasce come strategia resiliente di gestione del ciclo dell'acqua e adattativa rispetto alle piogge concentrate e violente effetto del cambiamento climatico. Attraverso il Programma Storm to Shade del 2020 (Tucson Municipality, 2022) è stata promossa una teoria di strategie e azioni integrate che vanno dalla rigenerazione dei corridoi ecologici relativi a infrastrutture blu alla strutturazione di nuove infrastrutture verdi alla scala del quartiere e dell'isolato, in una logica di interconnessione tra sistemi lineari, areali e puntuali.

Sebbene le infrastrutture verdi e blu rappresentino uno degli orizzonti centrali nelle strategie urbane di sviluppo in contesti aridi (ARUP, 2018), la loro traduzione metodologico-operativa dal punto di vista del progetto urbano solleva temi e questioni su cui riflettere per orientare scenari di rigenerazione, all'interno dei processi di transizione ecologica, energetica e giusta. A partire dai quattro principi per la pianificazione/progettazione delle infrastrutture verdi, cioè integrazione, connettività, multifunzionalità e inclusione sociale (Hansen et alii, 2017), il presente contributo guarda alla città di Riyadh e alla sua infrastruttura verde tra limiti attuali e possibilità future. Attraverso un approccio 'basato sul paesaggio' il contributo, a partire da una disamina di Piani e progetti per Riyadh, individua sette strategie che, insieme, intendono orientare in maniera complessa il processo in corso di implementazione dell'infrastruttura verde nella prospettiva di una transizione ecologica più consapevole.

Metodologia e fasi operative della ricerca | La sperimentazione che verrà introdotta di seguito si colloca all'interno di una ricerca in corso sul progetto delle infrastrutture verdi in contesti urbani aridi e semi-aridi, con un focus sul Middle East. Partendo dalle carenze rilevate nella letteratura la ricerca intende identificare principi, metodologie operative, pratiche e strumenti che verranno testati su contesti specifici al fine di verifica e continua precisazione (Fig. 1). In questa cornice il contributo presenta i risultati di un'indagine condotta sull'infrastruttura verde della città di Riyadh – interpretata come ologramma della complessità della città arida del Golfo in cui è in corso un processo di implementazione dell'infrastruttura verde – volta a identificare limiti attuali e possibilità future, quest'ultima tradotte in sette linee strategiche che sono specifiche per il contesto in esame ma che intendono rispondere a problematiche ricorrenti nel progetto dell'infrastruttura verde di altre città del Golfo.

La sperimentazione sulla città di Riyadh è stata condotta attraverso quattro fasi operative: 1) il reperimento di dati e informazioni sull'infrastruttura verde attuale; 2) la mappatura dei sistemi verdi, della costellazione di ambiti sottoutilizzati e dei vuoti urbani, la definizione delle loro caratteristiche morfologiche e dinamiche ecologiche, ma anche la lettura critica dei progetti che ridefiniranno l'infrastruttura verde urbana, tra criticità e potenzialità, attraverso sistemi digitali avanzati ed esplorazioni mirate sul campo; 3) l'elaborazione di sette diagrammi strategici che corrispondono ad altrettante linee guida; 4) la generalizzazione e replicabilità delle linee guida strategiche.

Il progetto delle infrastrutture verdi in Arabia Saudita | Raggiungere un futuro 'green' è un im-

perativo globale. L'Arabia Saudita aspira a migliorare la qualità di vita dei suoi residenti e salvaguardare le generazioni future attraverso l'implementazione degli spazi verdi, accelerando la transizione 'green' all'interno del Regno. Il tema delle infrastrutture verdi si colloca al centro del framework strategico della visione sostenibile Saudi Vision 2030¹ che intende affrontare le sfide ecologiche, energetiche e climatiche di oggi. La Saudi Green Initiative (SGI) e la Middle East Green Initiative (MGI) rappresentano una 'roadmap' ambiziosa per guidare l'Arabia Saudita nel suo percorso verso la sostenibilità, con lo scopo di raggiungere l'obiettivo di 'net zero energy' entro il 2060.

A partire da un confronto tra Piani e progetti realizzati nelle principali città dell'Arabia Saudita emerge con forza la carenza di una logica di interconnessione e multifunzionalità nella pianificazione e progettazione delle infrastrutture verdi in contesti urbani. Una caratteristica comune delle città saudite è l'esistenza delle 'vacant lands', definite come ambiti disponibili per futuri sviluppi residenziali o commerciali all'interno dei confini della città. La disponibilità di tali spazi, sia all'interno dell'urbano consolidato che negli ambiti di espansione, è particolarmente elevata in alcune città (Fig. 2).

A Riyadh, ad esempio, la superficie di 'vacant lands' all'interno dell'area edificata è pari al 40%, mentre negli ambiti di espansione è oltre il 70% (MoMRAH, 2022); per tali aree è in corso un processo di rigenerazione urbana soprattutto all'interno del tessuto 'consolidato' per porre un freno alle nuove espansioni 'esterne', migliorare la qualità degli spazi e incidere sul benessere dei cittadini. Nell'ambito della Saudi Vision 2030, dei quattro 'mega progetti' urbani in corso di realizzazione tre incideranno profondamente e ri-definiranno l'infrastruttura verde della città attraverso la rigenerazione delle 'vacant lands'.

Sport Boulevard (Cohen+Partners, 2019-in corso) è un progetto di rigenerazione urbana che intende promuovere la mobilità lenta attraverso la realizzazione, in sostituzione della viabilità carrabile e di vacant lands limitrofe, di una spina verde attrezzata che colleghi i corridoi ecologici del wadi Hanifa e Sulay cercando di instaurare un dialogo tra le ecologie del verde urbano, degli ambiti rurali di margine e del deserto attraversati da percorsi ciclopedonali. King Salman Park (Gillespies, 2019-in corso) vedrà sorgere, in sostituzione di un vuoto di 16 kmq, un nuovo parco urbano attrezzato che innoverà il tessuto attraverso ramificazioni blu-verdi tecno-naturali per connettere altri spazi verdi e vuoti alla scala di quartiere.

Il Green Riyadh Project (in corso) sarà il più grande Piano di forestazione urbana a livello globale (attualmente in fase di sperimentazione in sette quartieri della città); questi progetti, pur cercando un radicamento con il contesto sociale ed ecologico di prossimità, non sono inclusi nella pianificazione dell'infrastruttura verde complessa, capace di esperire i benefici di un approccio guidato dai principi di integrazione, connettività, multifunzionalità e inclusione sociale.

L'incremento della dotazione verde pro capite, attraverso nuovi parchi e azioni di forestazione urbana, non sembra sfruttare appieno il potenziale rigenerativo (in senso ecologico, economico e sociale) legato all'implementazione dell'infrastruttura verde e alla sua integrazione con le infrastrutture

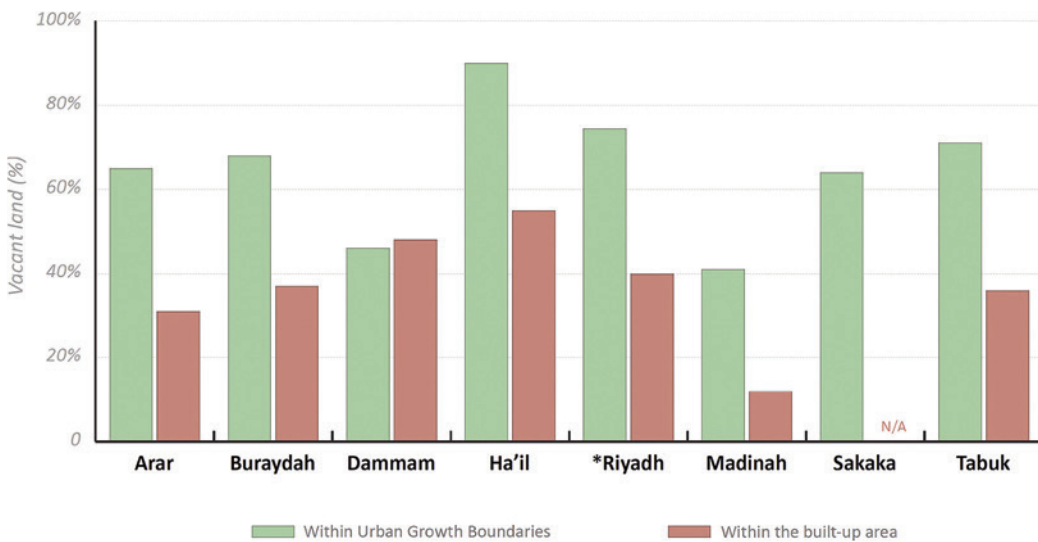
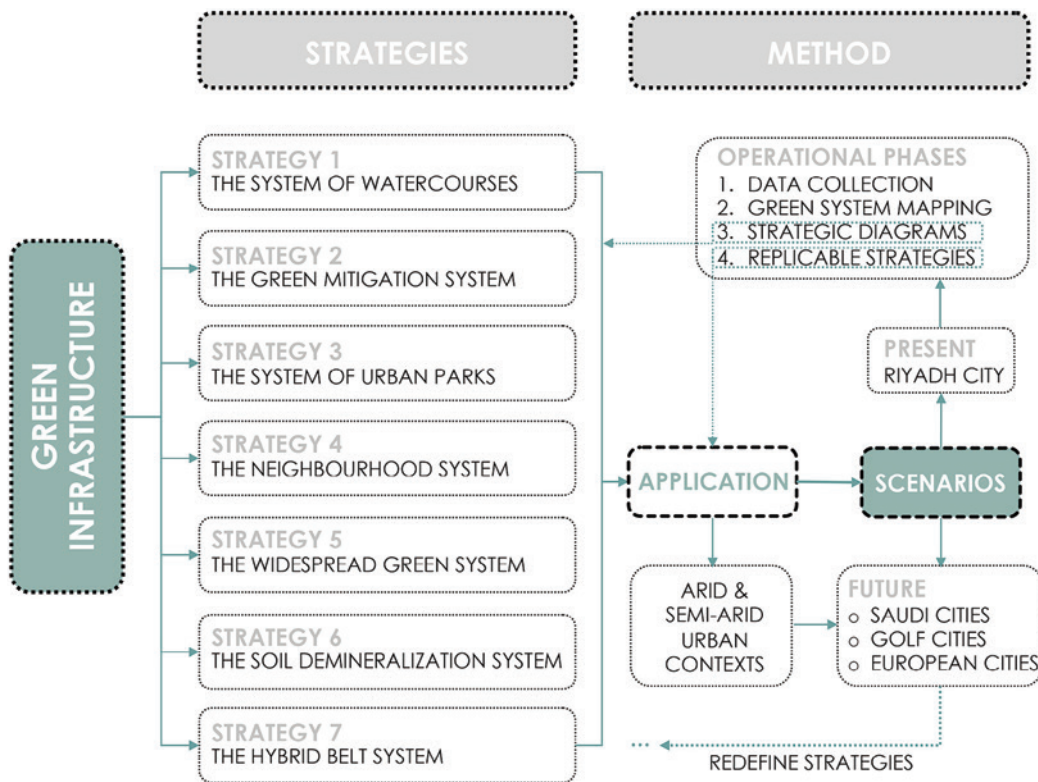


Fig. 1 | Methodology scheme to implement green infrastructure in the arid urban context (credit: the Authors, 2023).

Fig. 2 | Vacant lands in Saudi cities, 2019 (source: MoMRAH, 2022).

grigie (Aljoufie and Tiwari, 2015). Un'altra criticità riguarda la sostenibilità delle nuove aree verdi, spesso progettate a partire da modelli provenienti da realtà geografiche e climatiche ben diverse, la cui gestione richiede consumi idrici ed energetici significativi. Inoltre, gli spazi urbani e periurbani verdi, anche per un fatto culturale, sono concepiti come fatti 'isolati' e 'altri' rispetto, ad esempio, alle dinamiche ecologiche del deserto, sebbene le loro relazioni ecologiche siano molteplici, in termini di risorse e biodiversità (Dell'Acqua, 2020).

La sperimentazione sul caso studio di Riyadh
 | Riyadh, il cui nome significa 'giardini', nasce dall'unione di insediamenti all'interno di un'oasi tra due corsi d'acqua (Al-Oteibi, Noble and Costa, 1993). Sino agli anni Cinquanta la città era circondata da una cintura verde con palmeti, frutteti, orti e campi che rapidamente è stata erosa a vantag-

gio dello sviluppo urbano (Harrigan, 2016) sino ad essere oggi irricognoscibile; come altre città saudite Riyadh è caratterizzata da molteplici asimmetrie che coinvolgono i processi di implementazione e gestione degli spazi verdi. Carenza e isolamento degli spazi verdi pubblici, anche per fattori culturali, elevati costi di gestione e l'adozione di modelli occidentali non aderenti alla realtà del contesto saudita rendono il processo in corso di infrastrutturazione verde poco sostenibile ed efficace in termini di benefici, nel breve e medio-lungo periodo.

Pertanto, la Royal Commission for Riyadh City (RCRC) sta implementando un programma per rendere più verde gli spazi urbani e suburbani della città di Riyadh. Scopo della ricerca è inserirsi all'interno del progetto Green Riyadh² e andare oltre i suoi obiettivi. Il progetto Green Riyadh è stato introdotto in sette quartieri della città e prevede una strategia integrata di forestazione su larga

scala, attraverso la messa a dimora di 7,5 milioni di alberi entro il 2030 per diminuire la temperatura urbana, soprattutto durante la stagione estiva. Il programma inoltre prevede un miglioramento del ciclo della risorsa idrica, anche attraverso il suo riutilizzo, e la creazione di giardini e parchi pubblici (Vision 2030).

L'implementazione dell'infrastruttura verde potrebbe quindi diventare un orizzonte strategico per guidare la città di Riyadh verso la transizione ecologica, con benefici economici, ambientali e sociali ed essere occasione di rigenerazione, migliorando la qualità dei suoi spazi urbani. Occorre un approccio olistico e multidisciplinare in cui le categorie di integrazione, connettività, multifunzionalità e coesione sociale possano essere rilette in una chiave più complessa, 'site-specific' e sostenibile, e l'infrastruttura verde possa essere interpretata nella sua molteplicità di forme e scale attraverso la lente del paesaggio.

Infrastruttura verde: sette strategie per Riyadh

| Per queste ragioni, nel presente studio, Riyadh è interpretata come ologramma della complessità della città arida del Golfo e come prototipo per comprendere limiti presenti e possibilità future del progetto 'landscape-driven' dell'infrastruttura verde, intesa come dispositivo multi-scalare tecnaturale, portatore di benefici diffusi a supporto del processo di transizione ecologica ed energetica che la città sta affrontando.

Rispetto all'Action Plan, in particolare all'Azione 3 – Protect, Improve and Re-link Green and Blue Network (UN-Habitat, 2019), e al Green Riyadh project (un imponente Piano di forestazione urbana e di soluzioni basate sulla natura che intende rispondere alle sfide climatiche globali e migliorare la qualità della vita e il benessere dei cittadini attraverso l'implementazione di spazi verdi passando da 1,7 a 28,0 mq/ab entro il 2030) sono state identificate sette linee strategiche³ che corrispondono ad altrettante 'figure' urbane, tra potenzialità/criticità presenti e futuri possibili; esse, nel loro insieme, intendono caratterizzare orizzonti di pianificazione e progettazione dell'infrastruttura verde e del suo molteplice paesaggio, inteso come lente e matrice trasformativa della Riyadh contemporanea.

Strategia 1 – Il sistema del Wadi Hanifa e del Wadi Sulay. Il Wadi Hanifa e Sulay costituiscono le due infrastrutture blu-verdi che storicamente hanno rappresentato i limiti orientali e occidentali della città di Riyadh (Fig. 3). La strategia intende rafforzare il ruolo dei due wadi come infrastrutture di connessione con gli ecosistemi collinari e con l'urbano, attraverso ambiti di rigenerazione (soprattutto in corrispondenza delle aree industriali a sud e a est) attraverso dispositivi spaziali tecnaturali e implementando la loro accessibilità, fruibilità e multifunzionalità grazie a percorsi ciclo pedonali e ambiti per il tempo libero.

In anni recenti la rigenerazione di alcuni segmenti del Wadi Hanifa, che ha avuto il riconoscimento dell'Aga Khan Award nel 2010 (Harrigan, 2016), ha offerto alla città un luogo per il tempo libero apprezzato e molto frequentato dai cittadini di Riyadh. È necessario però rigenerare la continuità del suo corridoio ecologico oggi frammentato e procedere a una graduale implementazione di soluzioni tecnaturali blu-verdi, per esempio riguardo ai sistemi di depurazione che non rispon-

dono alle esigenze attuali, oppure prevedendo bacini di ritenzione utili per le 'flash floods' sempre più frequenti. Bisognerà inoltre prestare particolare attenzione non solo ai wadi ma anche al loro sistema di immissari secondari che sono parte integrante del corridoio ecologico da recuperare nella loro funzionalità idrogeologica, per migliorare biodiversità e fruizione (Fig. 4).

Strategia 2 – Il sistema del verde di mitigazione delle infrastrutture. La mitigazione dell'inquinamento acustico e ambientale delle infrastrutture, in una città pensata per l'autovettura, è stato il primo motore per l'implementazione di spazi verdi su larga scala che ha indirizzato verso la nascita di ulteriori spazi verdi (Fig. 5). La forestazione di mitigazione delle infrastrutture (Fig. 6) deve rami-

ficarsi all'interno del tessuto urbano connettendo spazi esistenti o di nuova definizione, implementando le alberature di strade e viali. Le intersezioni tra le infrastrutture e i loro pattern verdi e il sistema dei wadi potrebbero essere l'occasione di rigenerare spazi di risulta e incrementare accessibilità ai corridoi ecologici blu-verdi e loro fruibilità.

Strategia 3 – Il sistema dei parchi urbani e de-



Fig. 3, 4 | Green patterns: Wadi Hanifa River (source: Google Earth, 2023); Strategy 1 – Wadi Hanifa and Wadi Sulay system (credit: the Authors, 2023).



Fig. 5, 6 | Green patterns: mitigation system (source: Google Earth, 2023); Strategy 2 – The infrastructure mitigation system (credit: the Authors, 2023).



gli ambiti periurbani. Il sistema dei parchi urbani rappresenta una costellazione di aree verdi pubbliche (Fig. 7) molto frequentate, distribuite in corrispondenza delle infrastrutture e presso l'edilizia residenziale. Implementazione del verde di mitigazione dei principali assi urbani e delle alberature dei viali potrebbero sostenere la costituzione di assi verdi che attraversano la città offrendo allo stesso tempo spazi ricreativi e per l'incontro, riducendo localmente l'effetto isola di calore e migliorando la qualità degli spazi e il benessere dei cittadini. Questo sistema dovrà anche integrarsi con gli ambiti rurali periurbani (Fig. 8), orti e palmeti (Fig. 9), che hanno un ruolo ecologico importante e che potrebbero avere un impatto sulla filiera urbana della produzione agricola, rispetto alla situazione attuale in cui la città è completamente dipendente da apporti esterni.

Strategia 4 – Il sistema dei quartieri. Riyadh è cresciuta anche attraverso il modello dei quartieri privati, i cosiddetti 'compound', che si configurano prevalentemente come 'isole verdi' fruibili solo dai residenti. In altri casi, come per il Quartiere Diplomatico di Al Safarat (Fig. 10) ai confini orientali del Wadi Hanifa, la qualità degli spazi verdi e la loro multifunzionalità ha ridefinito il suo carattere introverso iniziale, offrendosi all'uso collettivo. Il sistema di spazi verdi dei quartieri, di quelli esistenti (Fig. 11) e in progetto, costituisce un pattern riconoscibile e di scala intermedia tra i sistemi verdi di scala territoriale, messi in luce nelle prime tre strategie, e quelli capillarmente diffusi nel tessuto delle Strategie 5 e 6, rappresentando, in alcuni casi, possibilità anche di collegamento fisico, implementando la loro connettività e attraversabilità ciclo-pedonale.

Strategia 5 – Il sistema del verde capillare. La città di Riyadh sta assistendo alla moltiplicazione di spazi verdi privati (Fig. 12) e pubblici disseminati nel tessuto urbano che rappresentano un'elevata potenzialità ecologica (Fig. 13); insieme ai sistemi del verde dei quartieri il sistema periurbano dei grandi parchi può rappresentare un continuum ambientale. Si tratta tuttavia di spazi verdi che adottano modelli occidentali e sono spesso proiezione di uno status sociale, caratterizzati da 'lawns', che richiedono costi di gestione e consumo di risorse, energia e acqua, molto elevati e che risultano per questo poco sostenibili. Il programma di forestazione urbana in corso deve riconoscere il potenziale di questa costellazione di spazi verdi rispetto agli altri sistemi urbani considerando però non solo il loro ruolo da un punto di vista estetico, percettivo e ricreativo, ma anche il loro impatto da un punto di vista del metabolismo urbano, soprattutto per quanto riguarda l'energia e la risorsa idrica.

Strategia 6 – Il sistema della demineralizzazione dei suoli. I suoli della città sono caratterizzati da elevati livelli di impermeabilità che oggi, per effetto delle 'flash floods' legate al cambiamento climatico, rappresentano un problema significativo. Il processo di demineralizzazione dei suoli deve innanzitutto riguardare prima le aree pubbliche (percorsi pedonali, ciclabili, piazze, ecc.) e poi coinvolgere ambiti legati al settore dei servizi (Fig. 14) e dell'industria, ma anche spazi sottoutilizzati o che in prospettiva, come nel caso delle grandi aree parcheggio, si renderanno meno necessarie per effetto del processo di transizione verso la mobilità sostenibile che la città sta compiendo: questi luoghi, insieme al loro ombreggiamento vegetale,

potranno costituire un'ulteriore costellazione che rafforza l'infrastruttura verde urbana (Fig. 15).

Strategia 7 – Il sistema ibrido di cintura. Il sistema ibrido di cintura va ad agire su quelle aree genericamente identificate come 'vacant lands' (UN-Habitat, 2019): si tratta di spazi di diversa natura ma tutti accomunati da un non utilizzo o sottoutilizzo. Ambiti di margine tra frange urbane, infrastrutture, suoli agricoli e corridoi ecologici (Fig. 16) che devono essere riconosciuti per le loro qualità ecologiche e come spazi disponibili per il rafforzamento dell'infrastruttura verde della città.

Questi spazi possono svolgere il ruolo di ecotoni, cioè spazi ibridi e complessi in cui avviene un'intensificazione delle dinamiche ecologiche proprio per la loro condizione di interfaccia tra il verde urbano esistente, o che verrà implementato nel futuro, e le ecologie del deserto. Spazi di possibilità che potrebbero generare intrecci complessi con le strategie precedenti e che, vista anche la loro estensione e distribuzione (Fig. 17), potrebbero essere immaginati, attraverso un processo progettuale olistico e integrato, come nuovi 'territori dell'esistenza' per mettere in campo azioni strategiche in grado di ridefinire e ristrutturare l'intera infrastruttura verde; prefigurati come paesaggi ibridi techno-naturali, proprio attraverso il nesso tra deserto e spazi verde, potrebbero contribuire a riequilibrare le asimmetrie ecologiche, sociali ed economiche che caratterizzano l'infrastruttura verde di Riyadh in una prospettiva di transizione giusta.

Discussione dei risultati | Per affrontare la crescita incontrollata di Riyadh e il cambiamento climatico in corso è stato necessario un approccio metodologico strategico integrato che indirizzasse la città verso una transizione ecologica sostenibile. Le sette linee strategiche individuate dalla ricerca si inseriscono all'interno del Green Riyadh, un progetto in corso al centro del Programma della Saudi Vision 2030, con l'obiettivo di rendere Riyadh una metropoli verde. Rispetto ai mega progetti urbani attualmente in corso, che portano a un notevole miglioramento della città dal punto di vista ambientale, sociale e culturale, la ricerca ha messo in luce l'importanza delle infrastrutture verdi, pensate come un sistema di assi di collegamento e di relazione tra le diverse aree urbane della città, dai fiumi ai quartieri e fino alle 'vacant lands'. Scopo della ricerca è pertanto creare una rete ecologica in modo da implementare le infrastrutture blu e verdi in modo uniforme per l'intera città.

Il risultato di questo lavoro ambisce a far parte di quegli strumenti che supportano la transizione ecologica all'interno delle città, evidenziando l'importanza di una logica di interconnessione e multifunzionalità nella pianificazione e progettazione delle infrastrutture verdi in contesti urbani. L'integrazione delle sette linee guida è stata pertanto fondamentale per poter ottenere una strategia integrata e uniforme per l'intera città.

Fig. 9 | Strategy 3 – The system of urban parks and peri-urban rural areas (credit: the Authors, 2023).

Previous page

Fig. 7 | Green patterns: Salam Park (source: Google Earth, 2023).

Fig. 8 | Green patterns: peri-urban rural areas (source: Google Earth, 2023).

Conclusioni, limiti e prospettive della ricerca

Il presente contributo ha illustrato l'applicazione di sette linee guide strategiche attraverso un approccio olistico e interdisciplinare basato sul paesaggio in cui l'implementazione delle infrastrutture verdi supporterà processi di transizione ecologica, ma anche energetica ed equa all'interno del contesto selezionato. Le linee strategiche individuate, seppur specifiche per la città di Riyadh (Fig. 18), rispondono a una serie di criticità ricorrenti nelle città saudite e del Golfo e offrono un orizzonte possibile per guardare alla pianificazione e progettazione delle infrastrutture verdi in maniera integrata, complessa e coerente con le sfide e urgenze globali del nostro tempo.

La condizione di frammentarietà degli spazi verdi (rilevabile alle diverse scale, dallo spazio verde privato, di quartiere, al parco e ambito rurale periurbano), frutto di un'interpretazione culturale che li rende spazio 'altro' rispetto alla condizione desertica dominante, viene ricompresa all'interno di uno sguardo più ampio in cui questi sistemi-costellazione interagiscono con sistemi lineari (i wadi, il verde di mitigazione delle infrastrutture) e sistemi di carattere esteso (il sistema ibrido di cintura) dove definire, attraverso il 'landscape', nuove ecologie urbane in grado di riconfigurare l'infrastruttura verde. L'esperienza di Tucson, da questo punto di vista, può aprire a ulteriori linee di sviluppo, soprattutto rispetto alla gestione del processo che ha saputo intersecare pianificazione strategica e coinvolgimento delle comunità e di cittadini, strategie urbane e azioni locali. All'interno di linee strategiche che agiscono alla scala urba-

na-territoriale è stato definito un abaco di soluzioni tecno-naturali che i cittadini potranno adottare rispetto a problemi specifici, contribuendo al rafforzamento dell'infrastruttura verde urbana.

Nell'attuale processo di transizione ecologica delle città globali, le sette linee guida individuate e applicate, seppur in un contesto limitato, quale la città di Riyadh, possono essere generalizzate e applicate ad altri contesti aridi urbani. La replicabilità della metodologia adottata può portare a sperimentazioni strategiche anche in altre città dell'Arabia Saudita, quali ad esempio la città di Jeddah sul Mar Rosso, caratterizzata da clima caldo-umido, e la città di Medina circondata dalla catena montuosa Hijaz, può essere estesa ad altre città del Golfo, tra cui Abu Dhabi, oppure a contesti urbani mediterranei che, in un prossimo futuro, saranno caratterizzati da un clima arido per effetto dei cambiamenti climatici. Lo scopo della replicabilità delle linee guida in diversi contesti servirà a ridefinire, implementare e mettere a punto una metodologia operativa, procedure e strumenti che possano supportare processi progettuali di implementazione delle infrastrutture verdi in contesti urbani aridi.

In urban contexts, the project of green infrastructures, integrating and coordinating the environmental, economic, and social dimensions, represents a crucial possibility to support sustainable development processes within the framework of global agendas. Green infrastructure plays a cen-

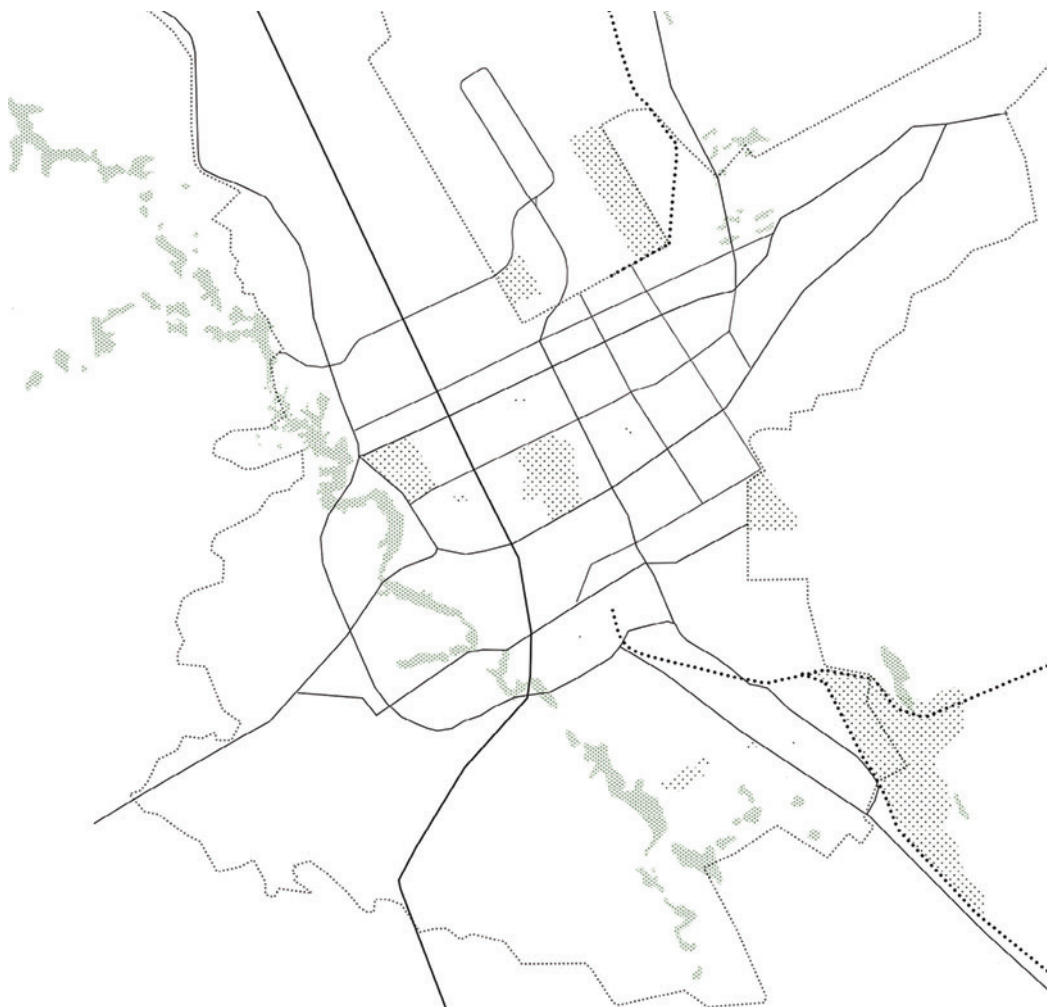




Fig. 10, 11 | Green patterns: Al Safarat neighbourhood (source: Google Earth, 2023); Strategy 4 – The neighbourhood system (credit: the Authors, 2023).



Fig. 12, 13 | Green patterns: widespread private green in a residential area (source: Google Earth, 2023); Strategy 5 – The capillary green system (credit: the Authors, 2023).

tral role in climate change adaptation (Matthews, Lo and Byrne, 2015), improves water cycle management (Liu and Jensen, 2018), alleviates the heat island effect (Hunter Block, Livesley and Williams, 2012), modulates the effects of wind, improves air quality (Hewitt, Ashworth and MacKenzie, 2020), increases urban biodiversity and reduces energy consumption. Through its project (Meerow and

Newell, 2017), it is possible to offer multifunctional and quality public spaces and, at the same time, affect the health and well-being of the community, promote inclusion, and, more generally, make a decisive contribution to urban resilience (Coppola, Zaffi and D'Ostuni, 2022).

Therefore, it is essential to underline the primary role of green infrastructures to achieve mul-

tiple objectives, especially in urban contexts, leading the population to improve the quality of life and the consolidation of social relationships and economic development (Scalisi and Ness, 2022). The intention is to look at green infrastructures in a more complex, interdisciplinary, holistic, multi-scalar, and multi-temporal framework (Barbero et alii, 2022). In this perspective, the present contribution adopts



Fig. 14, 15 | Green patterns: impermeable soil in a service compound (source: Google Earth, 2023); Strategy 6 – The soil demineralisation system (credit: the Authors, 2023).



Fig. 16, 17 | Green patterns: vacant lands (source: Google Earth, 2023); Strategy 7 – The hybrid belt system (credit: the Authors, 2023).

a 'landscape-based' approach to the design of green infrastructures (Rouse and Bunster-Ossa, 2013). The landscape of the green infrastructure is interpreted as a hybrid space, techno-natural (Cattaneo, 2019), and also as a possible space in which to experiment with the methodological-operative potential of the project within a complex framework that looks at global challenges and ur-

gencies in the urban environment. The inescapability of the ecological paradigm drags design issues toward the landscape, interpreted both as a model and as a medium for the contemporary city, «[...] in response to question of risk and resilience, adaptation and change» (Waldheim, 2016, p. 4).

The approach to the theme looked at the theoretical-methodological contributions referring to

Landscape Urbanism and Ecological Urbanism, which, with their mutual intersections and operational experiences, «[...] multiply the available lines of thought on the contemporary city to include environmental and ecological concepts, while expanding traditional disciplinary and professional framework for describing those urban conditions» (Waldheim, 2016, p. 179). Through this approach,

strategies have been identified for the city of Riyadh through its green infrastructure process. The strategies identified, albeit specific, can also be applied to other Saudi urban contexts as they respond to recurring fragilities in urban dynamics.

In the last decade, some studies from various disciplinary observers have investigated the role and possibilities of regeneration of green infrastructures in urban contexts characterised by an arid and semi-arid climate. However, arid contexts, urban planning, and design experiments are in their infancy. Concerning the approach this study adopts and the application context identified, the experience of Tucson in Arizona represents a significant case. In the American city, characterised by an arid climate, implementing green infrastructure was born as a resilient strategy for managing the water cycle and adapting to concentrated rains and the damaging effect of climate change. Through the Storm to Shade program 2020 (Tucson Municipality, 2022), a theory of integrated strategies and actions has been promoted, ranging from the regeneration of ecological corridors related to blue infrastructures to the structuring of new green infrastructures at the scale of the neighbourhood and the isolated, in a logic of interconnection between linear, area and punctual systems.

Although green and blue infrastructures represent one of the central horizons in urban development strategies in arid contexts (ARUP, 2018), their methodological-operational translation from the point of view of urban design raises themes and questions on which to reflect to guide regeneration scenarios within the ecological, energy and just transition processes. Starting from the four principles for green infrastructure planning/design, i.e., integration, connectivity, multifunctionality, and social inclusion (Hansen et alii, 2017), this contribution looks at the city of Riyadh and its green infrastructure between current limits and possibilities futures. Through a 'landscape-based' approach, the contribution, starting from examining plans and projects for Riyadh, identifies seven strategies that, together, intend to orient the ongoing process of green infrastructure implementation in a complex way, with a view to a more conscious ecological transition.

Methodology and operational phases of the research

The experimentation introduced below is part of ongoing research on green infrastructure design in arid and semi-arid urban contexts, focusing on the Middle East. The study identified gaps in the literature. Therefore, principles, operating methodologies, practices, and tools are identified starting from these shortcomings and will be tested in specific contexts for verification and continuous clarification (Fig. 1). In this framework, the contribution presents the results of a survey conducted on the green infrastructure of the city of Riyadh – interpreted as a hologram of the complexity of the arid city of the Gulf in which a green infrastructure implementation process is underway – aimed at identifying current limits and future possibilities, the latter is translated into seven strategic lines which are specific to the context in question but which intend to respond to recurring problems in the green infrastructure projects of other Gulf cities.

The experimentation on the city of Riyadh was conducted through four operational phases: 1)

The retrieval of data and information on the current green infrastructure; 2) The mapping of green systems, of the constellation of underused areas, of vacant lands, their morphological characteristics and ecological dynamics, but also the projects that will redefine the urban green infrastructure, between criticality and potential, through advanced digital systems and explorations on the targeted field; 3) The elaboration of seven strategic diagrams, which correspond to as many guidelines; 4) The generalisation and replicability of the strategic guidelines.

The green infrastructure project in Saudi Arabia | Achieving a green future is a global imperative. Saudi Arabia aspires to improve the quality of life of its residents and safeguard future generations through the implementation of green spaces, accelerating the 'green' transition within the Kingdom. The theme of green infrastructure is at the heart of the strategic framework of the Saudi Vision 2030¹ sustainable vision, which intends to address today's ecological, energy, and climate challenges. The Saudi Green Initiative (SGI) and the Middle East Green Initiative (MGI) represent an ambitious 'roadmap' to guide Saudi Arabia on its sustainability path, achieving the 'net zero energy' goal by 2060.

Starting from a comparison between plans and projects carried out in the main cities of Saudi Arabia, the lack of a logic of interconnection and multifunctionality emerges forcefully in the planning and design of green infrastructures in urban contexts. A common feature of Saudi cities is the existence of 'vacant lands', defined as areas available for future residential or commercial development within the city limits. These spaces, both within the consolidated urban area and in expansion areas, are exceptionally high in some cities (Fig. 2).

In Riyadh, for example, the area of 'vacant lands' within the built-up area is 40%, while in expansion areas it is over 70% (MoMRAH, 2022); a process of regeneration of these areas is underway, especially within the 'consolidated' fabric to put a stop to the new 'external' expansions, improve the quality of urban spaces and affect the well-being of citizens. As part of Saudi Vision 2030, three of the four urban mega-projects under construction will profoundly affect and redefine the city's green infrastructure by regenerating vacant urban lands.

Sports Boulevard (Cohen+Partners, 2019-ongoing) is an urban regeneration project that intends to promote slow mobility through the construction, in replacement of the driveway and neighbouring vacant lands, of an equipped green spine that will connect the ecological corridors of the Wadi Hanifa and Sulay and which seeks a dialogue between the ecologies of urban greenery, rural margin areas and the desert crossed by cycle-pedestrian paths.

King Salman Park (Gillespies, 2019-ongoing) will see a newly equipped urban park emerge to replace a 16 km² void that will innervate the fabric through techno-natural blue-green ramifications connecting other green and empty spaces on a neighbourhood scale. The Green Riyadh Project (ongoing) will be the most extensive urban forestation plan globally. It is currently under investigation in seven districts of the city. While these projects seek to root in the social and ecological context

of proximity, they need to be included in complex green infrastructure planning, capable of experiencing the benefits of an approach guided by integration, connectivity, multifunctionality, and social inclusion.

The increase in per capita green endowment through new parks and urban forestation actions does not seem to fully exploit the regenerative potential (in an ecological, economic, and social sense) linked to the implementation of green infrastructure and its integration with grey infrastructures (Aljoufie and Tiwari, 2015). Another critical issue concerns the sustainability of the new green areas, often designed starting from models from very different geographical and climatic realities, whose management requires significant water and energy consumption. Furthermore, urban and peri-urban green spaces, probably due to a cultural issue, are conceived as 'isolated' sites or 'other' places if compared, for example, to the ecological dynamics of the desert. However, their ecological relationships are multiple in terms of resources and biodiversity (Dell'Acqua, 2020).

The experimentation on the case study of Riyadh

Riyadh, whose name means 'gardens', was born from the union of settlements within an oasis between two waterways (Al-Oteibi, Noble and Costa, 1993). Until the 1950s, the city was surrounded by a green belt with palm groves, orchards, vegetable gardens, and fields which rapidly eroded for urban development (Harrigan, 2016). It is unrecognisable today. Like other Saudi cities, Riyadh is characterised by multiple asymmetries involving the implementation and management of green spaces. The shortage and isolation of public green spaces, also due to cultural factors, high management costs, and the adoption of Western models not adapted to the reality of the Saudi context, make the ongoing process of green infrastructure not very sustainable and effective in terms of benefits, in the short and medium-long terms. Therefore, the Royal Commission for Riyadh City (RCRC) is implementing a program to green the urban and suburban spaces of the city of Riyadh. The article aims to fit into the Green Riyadh² project and go beyond its objectives. The Green Riyadh project has been introduced in seven city districts. It involves an integrated strategy of large-scale forestation through planting 7.5 million trees by 2030 to decrease urban temperatures, especially during the summer. The program also envisages an improvement in the water resource cycle through its reuse and creation of public gardens and parks (Vision 2030).

The implementation of green infrastructure could therefore become a strategic horizon to guide the city of Riyadh towards the ecological transition, with economic, environmental, and social benefits and be an opportunity for regeneration, improving the quality of its urban spaces. A holistic and multidisciplinary approach is needed in which the categories of integration, connectivity, multifunctionality, and social cohesion can be re-read in a more complex, 'site-specific' and sustainable key, and in which the green infrastructure, through the lens of the landscape, can be interpreted in its multiplicity of forms and scales.

Green infrastructure: seven strategies for Riyadh | For these reasons, in the present study, Riyadh

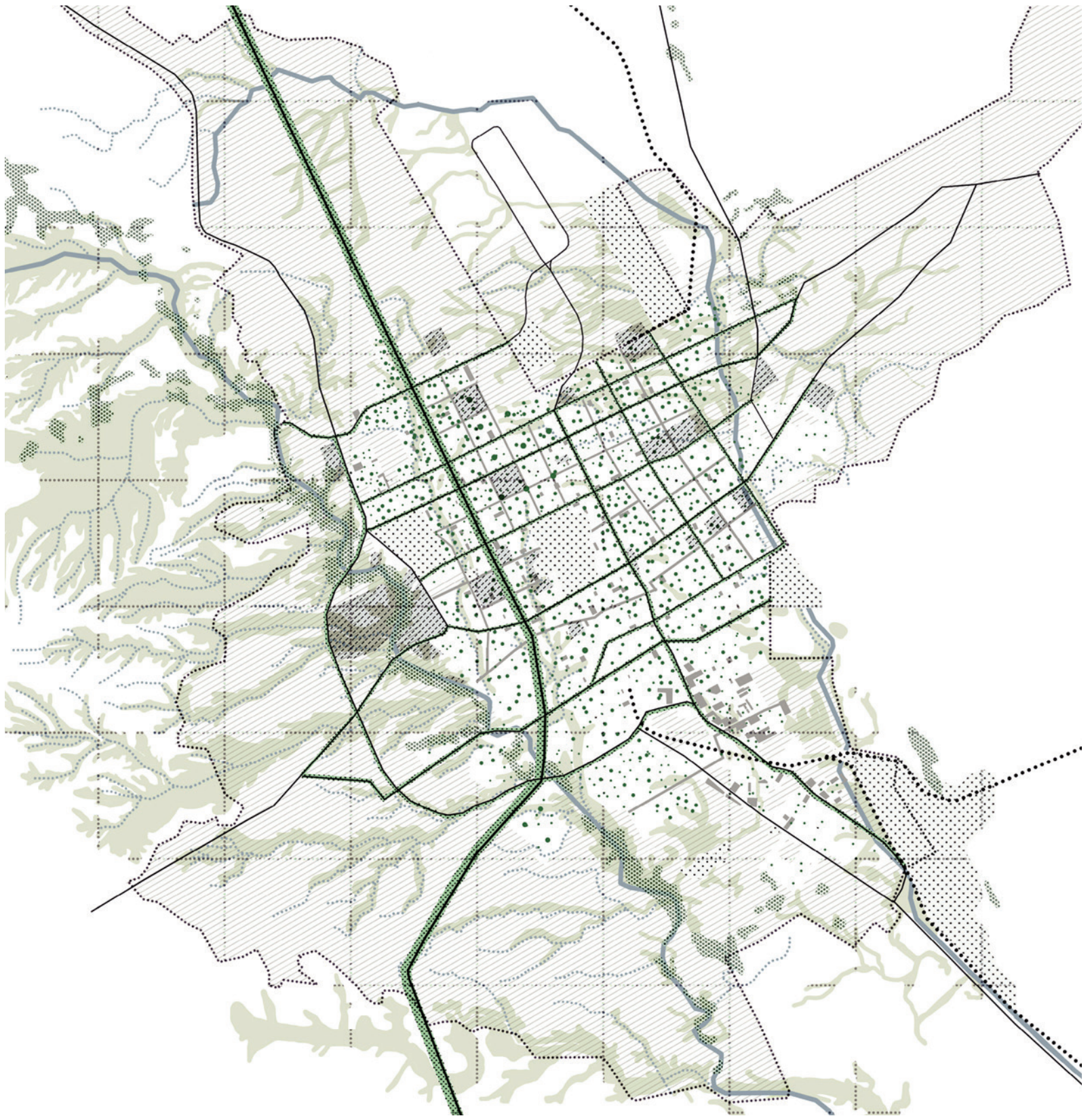


Fig. 18 | Green infrastructure: overlapping the seven Riyadh strategies (credit: the Authors, 2023).

is interpreted as a hologram of the complexity of the arid city of the Gulf and as a prototype for understanding the current limits and future possibilities of the 'landscape-driven' project of the green infrastructure, understood as a multi-scalar techno-natural device, bearer of widespread benefits to support the ecological and energy transition process that the city is facing.

This study defines guidelines that refer to the Action Plan, in particular to Action 3 – 'Protect, Im-

prove and re-link green and blue network' (UN-Habitat, 2019), and to the Green Riyadh project, an impressive urban and nature-based forestation plan solutions which aim to respond to global challenges and urgencies and improve the quality of life and well-being of citizens through the implementation of green spaces, increasing from 1.7 to 28.0 m²/inhabitant by 2030. The seven strategies identified³ correspond to as many urban figures between present potentials/criticalities and pos-

sible futures. These strategies aim to inform some horizons of planning and design of the green infrastructure and its multiple landscapes, understood as a lens and transformative matrix of contemporary Riyadh.

Strategy 1 – The Wadi Hanifa and Wadi Sulay system. Wadi Hanifa and Sulay constitute the two blue-green infrastructures that have historically represented the eastern and western limits of the city of Riyadh (Fig. 3). The strategy aims to strength-

en the role of the two wadis as connection infrastructures with the hilly ecosystems and with the urban environment, through areas of regeneration (especially in correspondence with the industrial areas to the south and east) through techno-natural spatial devices and by implementing their accessibility, usability, and multi-functionality through cycle-pedestrian paths and leisure areas.

In recent years, the regeneration of some segments of Wadi Hanifa, which earned the recognition of the Aga Khan Award in 2010 (Harrigan, 2016), has offered the city a place for leisure that is appreciated and highly frequented by the citizens of Riyadh. However, it is necessary to regenerate the continuity of its now fragmented ecological corridor and gradually implement blue-green techno-natural solutions, for example, purification systems that do not respond to current needs or provide retention basins useful for more frequent flash floods. It will also be necessary to pay particular attention to the wadis and their system of secondary tributaries, which are an integral part of the ecological corridor to be recovered in their hydrogeological functionality, improving biodiversity and their hydrogeological functionality fruition (Fig. 4).

Strategy 2 – The green infrastructure mitigation system. The mitigation of the acoustic and environmental pollution of the infrastructures in a city designed for cars was the first driver of the implementation of large-scale green spaces which, from areas closest to vehicular traffic, joined or were directed towards the birth of additional green spaces (Fig. 5). The infrastructure mitigation forestation (Fig. 6) must branch out within the urban fabric by connecting existing or newly defined areas, implementing the trees of streets and avenues. The intersections between the infrastructures and their green patterns and the Wadi system could be an opportunity to regenerate waste spaces and increase the accessibility and usability of the blue-green ecological corridors.

Strategy 3 – The system of urban parks and peri-urban areas. The system of urban parks represents a constellation of highly frequented public green areas (Fig. 7), distributed in correspondence with the infrastructures and near urban addresses. The implementation of the mitigating greenery of the main urban axes and the trees of the avenues could support the establishment of green axes that cross the city and which offer at the same time recreational and meeting spaces, locally reducing the heat island effect and improving the quality of spaces and the well-being of citizens. This system will also have to integrate with peri-urban rural areas (Fig. 8), vegetable gardens, and palm groves (Fig. 9), which have an important ecological role and which could have an impact on the urban chain of agricultural production compared to the current situation in which the city is entirely dependent on external contributions.

Strategy 4 – The neighbourhood system. Riyadh has also grown through the model of private neighbourhoods, the so-called 'compounds', configured mainly as 'green islands' that only residents can use. In other cases, such as the Diplomatic Quarter of Al Safarat (Fig. 10) on the eastern borders of Wadi Hanifa, the quality of its green spaces and their multifunctionality has redefined its initial introverted character, opening up to collective use. The system of existing green spaces in the neighbourhoods (Fig. 11) and those in the

planning stage represent a recognisable pattern of an intermediate scale between the green systems of a territorial scale highlighted in the first three strategies and those widespread throughout the fabric of Strategies 5 and 6. They also represent, in some cases, the possibility of physical connection, implementing their connectivity and cycle-pedestrian crossing.

Strategy 5 – The capillary green system. The city of Riyadh is witnessing the multiplication of private (Fig. 12) and public green spaces scattered throughout the urban fabric, representing a high ecological potential (Fig. 13). The peri-urban system of large parks can represent an environmental continuum together with the green systems of the neighbourhoods. However, these green spaces adopt Western models. They are often a projection of social status, characterised by 'lawns', which require management costs and consumption of resources, energy, and water, which are very high and which, for this reason, are not very sustainable. The ongoing urban forestation program must recognise the potential of this constellation of green spaces compared to other urban systems; however, considering not only their role from an aesthetic, perceptual, and recreational point of view but also their impact from an urban metabolism, especially as regards energy and water resources.

Strategy 6 – The soil demineralisation system. The city's soils are characterised by high levels of impermeability, which today, due to the effect of the 'flash floods' linked to climate change, represent a significant problem. The soil demineralisation process should, first of all, concern public areas (pedestrian paths, cycle paths, plazas, etc.) and then involve areas related to the service sector (Fig. 14) and industry but also underused spaces or spaces that, in the future, as in the case of large parking areas, will become less necessary as a result of the transition process towards sustainable mobility that the city is carrying out. Together with their vegetal shading, these places could constitute a further constellation that strengthens the urban green infrastructure (Fig. 15).

Strategy 7 – The hybrid belt system. The belt hybrid system acts on those areas generically identified as 'vacant lands' (UN-Habitat, 2019). These are spaces of different natures but all united by a non-use or under-use; marginal areas between urban fringes, infrastructures, agricultural land (Fig. 16), and ecological corridors must be recognised for their environmental qualities and as spaces available for the strengthening of the green infrastructure of the city.

These spaces can play the role of ecotones, i.e., hybrid and complex areas in which intensification of ecological dynamics takes place precisely because of the condition of the interface between the existing urban green or the urban green that will be implemented in the future and the desert ecologies. They are spaces of possibilities that could generate complex interweaving with previous strategies. According to their extension and distribution (Fig. 17), these spaces could be imagined through a holistic and integrated design process. They could be considered new 'territories of existence' to implement strategic actions capable of redefining and restructuring the entire green infrastructure. These spaces are represented as hybrid techno-natural landscapes through

the nexus between the desert and green spaces. They could help rebalance the ecological, social and economic asymmetries that characterise Riyadh's green infrastructure in a just transition perspective.

Discussion of the results | An integrated strategic methodological approach was needed to address Riyadh's uncontrolled growth and ongoing climate change to steer the city toward a sustainable ecological transition. The seven strategic lines identified by the research are part of the Green Riyadh, an ongoing project at the heart of the Saudi Vision 2030 program to make Riyadh a green metropolis. The mega projects currently underway in the city are leading to a significant improvement of the city from an environmental, social, and cultural point of view. But the research aims to highlight the importance of green infrastructures, conceived as a system of connecting axes that link the different urban areas of the city, from rivers to neighbourhoods, to 'vacant lands'. Therefore, the research aims to create an ecological network to implement blue and green infrastructures for the entire city uniformly.

This work aims to be part of those tools that support the ecological transition within cities, highlighting the importance of the logic of interconnection and multifunctionality in the planning and designing of green infrastructures in urban contexts. Therefore, the seven guidelines' integration was fundamental to obtaining an integrated and uniform strategy for the city.

Conclusions, limits and perspectives of the research | This contribution illustrates the application of seven strategic guidelines through a landscape-based holistic and interdisciplinary approach in which the implementation of green infrastructures will support ecological, but also energy, and just transition processes within the selected context. The strategic lines identified, albeit specific to the city of Riyadh (Fig. 18), respond to a series of recurring criticalities in Saudi Arabian and Gulf cities and offer a possible horizon for looking at the planning and design of green infrastructures in an integrated, complex way that is consistent with the global challenges and urgencies of our time.

The condition of fragmentation of green spaces (detectable at different scales, from private green space, in the neighbourhood, to the park and peri-urban rural area) results from a cultural interpretation that makes them space 'other' than the dominant desert condition. This is included within a broader view in which these constellation-systems interact and exchange with linear systems (wadis, the green infrastructure mitigation) and with the extended nature systems (the hybrid belt system) to define, through the 'landscape', new urban ecologies capable of reconfiguring the green infrastructure. The experience of Tucson, from this point of view, can open further lines of development, above all regarding the management of the process, which has been able to intersect strategic planning and the involvement of communities and groups of citizens, urban strategies, and local actions. Within strategic lines that act on the urban-territorial scale, an abacus of techno-natural solutions has been defined, which citizens can adopt for specific problems, con-

tributing to strengthening the urban green infrastructure.

In the current process of ecological transition of global cities, the seven guidelines identified and applied, albeit in a limited context, such as the city of Riyadh, can be generalised and spread to other arid urban contexts. The replicability of the adopted methodology can also lead to strategic exper-

iments in other cities of Saudi Arabia, such as the city of Jeddah on the Red Sea, characterised by a hot-humid climate, and the city of Medina, surrounded by the Hijaz Mountain range. It can then be replicated in other Gulf cities, including Abu Dhabi, and finally in Mediterranean urban contexts, which an arid climate will soon characterise due to climate change. The replicability of the guide-

lines in different contexts will redefine, implement and develop an operating methodology, procedures, and tools that can support design processes for implementing green infrastructures in arid urban contexts.

Acknowledgements

The contribution is the result of a joint reflection of the Authors. The introductory paragraph and ‘Green infrastructure: seven strategies for Riyadh’ are to be attributed to A. Raffa; the paragraphs ‘The green infrastructure project in Saudi Arabia’, ‘The experimentation on the Riyadh case study’, and ‘Discussion of the results’ to M. Moscatelli. The paragraph ‘Methodology and operational phases of the research’ and ‘Conclusions, limits, and perspectives of the research’ are common to the Authors. The contribution made by M. Moscatelli is part of research developed within the Sustainable Architecture Lab (SA Lab) of Prince Sultan University (Saudi Arabia). The contribution developed by A. Raffa is part of research on the role of green infrastructure in areas of urban regeneration financed with PON R&I and FSE-REACT EU funds and developed within the Nature-City Lab at the University of Basilicata (Italy).

Notes

1) Saudi Vision 2030 is a strategic framework to reduce Saudi Arabia’s dependence on oil, diversify its economy, and develop public service sectors such as health, education, infrastructure, recreation, and tourism. For more information, see: vision2030.gov.sa/media/rc0b5oy1/saudi_vision203.pdf [Accessed 18 March 2023].

2) For further information on the Green Riyadh project, see the webpage: rcrc.gov.sa/en/projects/green-riyadh-project [Accessed 18 March 2023].

3) The seven strategies applied to the city of Riyadh adapt the classification by decomposition elaborated for the green infrastructure in the monograph dedicated to the City of Prato and its Operational Plan (Cattaneo and Barberis, 2019).

References

- Al-Oteib, S., Noble, A. G. and Costa, F. J. (1993), “The Impact of Planning on Growth and Development in Riyadh, Saudi Arabia, 1970-1990”, in *GeoJournal*, vol. 29, pp. 163-170. [Online] Available at: doi.org/10.1007/BF00812813 [Accessed 18 March 2023].
- Aljoufie, M. and Tiwari, A. (2015), “Valuing ‘Green Infrastructure’ in Jeddah – A City lost in ‘Grey’ Infrastructure”, in *Journal of Architecture and Urbanism*, vol. 39, issue 4, pp. 248-259. [Online] Available at: doi.org/10.3846/20297955.2015.1113901 [Accessed 18 March 2023].
- ARUP (2018), *Cities Alive – Rethinking Cities in Arid Environments*. [Online] Available at: arup.com/perspectives/publications/research/section/cities-alive-cities-in-arid-environments [Accessed 18 March 2023].
- Barbero, S., Giraldo Nohra, C. and Campagnaro, C. (2022), “Soluzioni sistemiche per un benessere olistico delle città – Processi, risultati e riflessioni | Systemic solutions for the holistic well-being of cities – Processes, results and reflections”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 50-61. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1142022 [Accessed 18 March 2023].
- Cattaneo, E. C. (2019), “La tecnologia della Natura”, in

Cattaneo, E. C. and Barberis, V. (eds), *Prato Fabbrica Natura – Il nuovo Piano Operativo*, Skira, Milano, pp. 165-170.

Cattaneo, E. C. and Barberis, V. (eds) (2019), *Prato Fabbrica Natura – Il nuovo Piano Operativo*, Skira, Milano.

Coppola, E., Zaffi, L. and D’Ostuni, M. (2022) “Dalle Superillas al tactical greenery – Sperimentazioni e strategie transcalari di rigenerazione vegetale dello spazio urbano | From Superillas to tactical greenery – Experiments and transcalar strategies of vegetal regeneration of urban space”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 62-73. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1152022 [Accessed 18 March 2023].

Dell’Acqua, F. (2020), “Città ed emergenze ambientali – Le Infrastrutture Verdi per il progetto urbano | Cities and environmental emergencies – Green Infrastructures for the urban project”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 8, pp. 74-81. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/872020 [Accessed 18 March 2023].

Hansen, R., Rall, E., Chapman, E., Rolf, W. and Pauleit, S. (eds) (2017), *Urban Green Infrastructure Planning – A Guide for Practitioners*, GREEN SURGE. [Online] Available at: researchgate.net/publication/319967102_Urban_Green_Infrastructure_Planning_A_Guide_for_Practitioners [Accessed 18 March 2023].

Harrigan, P. (2016), *Riyadh – Oasis of Heritage and Vision*, Medina Publishing, Riyadh. [Online] Available at: rcrc.gov.sa/wp-content/uploads/2019/10/Riyadh_English.pdf [Accessed 18 March 2023].

Hewitt, C. N., Ashworth, K. and MacKenzie, A. R. (2020), “Using green infrastructure to improve urban air quality (GI4AQ)”, in *Ambio*, vol. 49, pp. 62-73. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s13280-019-01164-3 [Accessed 18 March 2023].

Hunter Block, A., Livesley, S. J. and Williams, N. S. G. (2012), *Responding to the Urban Heat Island – A Review of the Potential of Green Infrastructure*, Victorian Centre for Climate Change Adaptation Research. [Online] Available at: apo.org.au/sites/default/files/resource-files/2012-03/apo-nid237206.pdf [Accessed 18 March 2023].

Liu, L. and Jensen, M. B. (2018), “Green infrastructure for sustainable urban water management – Practices of five forerunner cities”, in *Cities*, vol. 74, pp. 126-133. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.cities.2017.11.013 [Accessed 18 March 2023].

Matthews, T., Lo, A. Y. and Byrne, J. A. (2015), “Reconceptualizing green infrastructure for climate change adaptation – Barriers to adoption and drivers for uptake by spatial planners”, in *Landscape and Urban Planning*, vol. 138, pp. 155-163. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.010 [Accessed 18 March 2023].

Meerow, S. and Newell, J. P. (2017), “Spatial planning for multifunctional green infrastructure – Growing resilience in Detroit”, in *Landscape and Urban Planning*, vol. 159, pp. 62-75. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.10.005 [Accessed 18 March 2023].

MoMRAH (2022), *Kingdom of Saudi Arabia – Report on the Implementation of the New Urban Agenda*, Ministry of Municipal, Rural Affairs & Housing, Kingdom of Saudi Arabia. [Online] Available at: urbanagendaplatform.org/

sites/default/files/2023-04/NUA%20Report%20Final_05Dec2022-compressed.pdf [Accessed 18 March 2023].

Rouse, D. C. and Bunster-Ossa, I. F. (2013), *Green Infrastructure – A Landscape Approach*, American Planning Association. [Online] Available at: caeau.com.ar/wp-content/uploads/2018/11/46.GREEN-INFRAESTRUCTURE.pdf [Accessed 18 March 2023].

Scalisi, F. and Ness, D. (2022), “Simbiosi tra vegetazione e costruito – Un approccio olistico, sistemico e multilivello | Symbiosis of greenery with built form – A holistic, systems, multi-level approach”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 26-39. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1122022 [Accessed 18 March 2023].

Tucson Municipality (2022), *Green Stormwater Infrastructure and low impact Development – Standard details and site guidance*, Tucson Municipality, Tucson. [Online] Available at: climateaction.tucsonaz.gov/pages/s2s-resources [Accessed 18 March 2023].

UN-Habitat (2019), *Riyadh, City Profile*. [Online] Available at: unhabitat.org/riyadh-city-profile [Accessed 18 March 2023].

Waldheim, C. (2016), *Landscape as Urbanism – A General Theory*, Princeton University Press, Princeton. [Online] Available at: jstor.org/stable/j.ctvcsz2n2 [Accessed 18 March 2023].

ARTICLE INFO

Received	25 March 2023
Revised	30 April 2023
Accepted	14 May 2023
Published	30 June 2023

ARCHITETTURA, CUSTODE DELLA NATURA

Il progetto di suolo nella trasformazione delle autostrade urbane, 1962-2018

ARCHITECTURE, THE GUARDIAN OF NATURE

The project of the ground within the transformation of urban highways, 1962-2018

Zeila Tesoriere

ABSTRACT

Un inarrestabile cambiamento nel paradigma con cui l'uomo concepisce la propria specie rispetto ai suoi modi di costruire è alla base dell'attrattiva per l'incorporazione del vegetale nell'Architettura. Lo statuto euristico di maggiore capacità di tale nuovo corso è la sostituzione progressiva dell'Ambiente alla Natura fra i motori della Composizione. Su questo sfondo, l'articolo indaga l'ibridazione del vegetale e del costruito nella trasformazione contemporanea delle grandi autostrade urbane, attraverso un approccio diacronico e comparativo, in riferimento a una ricerca internazionale di cui estende l'ipotesi principale. A tal fine ricostruisce il telaio ermeneutico di riferimento discutendo in modo progressivo gli argomenti teorici, approfondendo approcci e casi progettuali, fra cui quello applicativo elaborato per la trasformazione della circonvallazione di Palermo.

An unstoppable shift in the paradigm underlying mankind's conception of its species' building modalities is at the root of the interest in embedding greenery in Architecture. The most capable heuristic statute of such a new course is the progressive substitution of Environment for Nature among Design drivers. Within this frame, this paper investigates the hybridisation of greenery and the built environment in the contemporary transformation of large urban highways through a diachronic and comparative approach, referencing international research and expanding its main hypothesis. With this purpose, it reconstructs the hermeneutic reference frame by progressively discussing the theoretical arguments, deepening approaches, and design cases, among which the applicative one elaborated for the transformation of Palermo's ring road.

KEYWORDS

infrastrutture verdi, rigenerazione, progetto del suolo, autostrade urbane, circonvallazione
green infrastructure, regeneration, soil design, urban highways, ring road



Zeila Tesoriere, Architect and PhD, Docteur de Troisième Cycle en Projet Architectural et Urbain, is an Associate Professor at the Department of Architecture, University of Palermo (Italy) and Coordinator of the research axis Projets et Réalisations of the Laboratoire de Recherche Infrastructure Architecture Territoire ENSA Paris-Malaquais (France). Her research investigates the political dimension of contemporary architectural design through the sustainable and interspecies evolution of paradigms and compositional characters. E-mail: zeila.tesoriere@unipa.it

La sostenibilità nella trasformazione dei territori, dopo decenni di ricerche disciplinari, ha infine permeato il livello degli accordi e dei piani di finanziamento internazionali¹. Ciò è avvenuto per un inarrestabile cambiamento nel paradigma con cui l'uomo concepisce la propria specie rispetto a modi, finalità e risorse con cui costruisce. L'attrattiva per l'incorporazione del vegetale nell'Architettura è dunque non motore, ma effetto di tale trasformazione che scuote dalle basi le grandi strutture culturali collettive attraverso cui pensiamo il rapporto fra l'uomo e il mondo. Su questo sfondo, in cui ogni costruzione diviene un atto di co-costruzione, l'articolo indagherà l'ibridazione del vegetale e del costruito in Architettura in un'ottica comparativa e diacronica, relativa alla trasformazione delle grandi autostrade urbane, in riferimento a una ricerca internazionale² di cui si estende l'ipotesi principale approfondendo le argomentazioni e aggiornando gli obiettivi.

Il ri-ciclo delle infrastrutture urbane pesanti si impone dal principio del XXI secolo tra i processi di rigenerazione sostenibile della città contemporanea. Le circonvallazioni (e le loro varianti quali tangenziali, sopraelevate, scorrimenti veloci in trincea) sono tra i manufatti più emblematici del secondo Novecento. Applicazione di una concezione paradigmatica tardo moderna dell'infrastruttura, intesa come opera titanica e di scala quindi alta o altissima, destinata a durare per sempre, queste strade urbane hanno un tracciato definito come un nastro di asfalto indifferente al tessuto urbano circostante, che è stato così reciso al passaggio, determinando a sua volta una trincea o una barriera. Tale condizione è presente in numerosissime città di latitudini e dimensioni diverse e pone le autostrade urbane come dispositivo identificativo del secondo Novecento, supporto alla più efficace delle dimensioni reali e metaforiche dell'estetica del XX secolo: l'accelerazione (Rosa, 2010).

La sezione tipo, articolata in bordi e carreggiate centrali, è oggetto dell'accanimento oggi generalmente diretto a tutte le effigi del secondo dopoguerra; tuttavia è una delle forme urbane peculiari generate dal secolo della velocità e non va demolita, interrata o stravolta. Il sistema centrale delle carreggiate va pertanto mantenuto, con minime variazioni necessarie all'introduzione delle nuove mobilità, ecologiche e a guida autonoma. I bordi sono invece il luogo di massima trasformazione, in un'ottica di ricucitura urbana volta ad annullare l'effetto barriera, attraverso anche la radicale modifica di materiali e tecnologie.

Si amplierà qui il campo teorico di questa ipotesi iniziale, argomentandone la legittimità nella complessiva evoluzione del telaio ermeneutico che inquadra gli atti di trasformazione dei territori antropizzati. Risulterà che le autostrade urbane sono oggi un manufatto ideale per processi di rigenerazione ad alta componente ambientale, e che ciò attualizza inoltre il carattere di autonomia del progetto di suolo dagli orizzonti e procedimenti classici dell'architettura. L'articolo approfondirà a tal fine la trasformazione degli approcci progettuali nel tempo, fra cui quello elaborato come applicazione allo scenario di trasformazione della circonvallazione di Palermo.

Ut natura poësis³ | Lo statuto euristico di maggiore capacità nel quadro del profondo rinnovamento del ruolo del vegetale nel progetto è la so-

stituzione progressiva del concetto di 'ambiente' a quello di 'natura' fra i motori dell'Architettura. È una lunga marcia in corso da più di due secoli, alla quale non si fa che tributare gratitudine, ma che merita di essere esplorata nel suo impatto sulla composizione, al di là dell'entusiasta armamentario retorico contemporaneo. L'Architettura e poi la città nascono dall'atto archetipico della delimitazione di una porzione di territorio, che l'uomo recinta per proteggersi dalla Natura e dalle sue forze soverchianti⁴ (Gregotti, 1979). Costruendo per millenni città di pietra che proprio per l'esclusione del vegetale erano sicure da epidemie, incendi, invasioni animali, quella stessa Natura allontanata fisicamente ed intesa come altro ineludibile è pur continuamente presente e incorporata al pensiero compositivo come pietra di paragone e sorgente di ogni modo della composizione.

L'imitazione della Natura è stata per millenni finalità dell'Architettura e delle altre arti, mezzo principale per elevarsi a Dio attraverso una poësis in cui l'uomo, rifuggendo la hybris, non è mai demiurgo (creatore) ma artifex (facitore dell'arte) di un'opera che esprime il suo rapporto con il mondo proprio attraverso la sua irriducibile differenza dalla Natura. La parafrasi dell'espressione di Orazio pone l'accento su questo moto di oscillazione, fra imitazione e distinzione, che in modo incessante avvicina teoricamente ed allontana fisicamente ogni artefatto compositivo dalla Natura, per costruire un nuovo ordine di puri valori architettonici in cui l'aspetto armonico-matematico delle relazioni fra le parti sarà metafora dell'assonanza con il creato (Fig. 1).

La città e l'Architettura restano di pietra per decine di secoli, durante i quali escludono (o al massimo intercludono) sistematicamente il vegetale (Fig. 2) dal novero limitato di materie e dispositivi che fanno la continuità e l'omogeneità dell'urbano. La campagna e i boschi formano all'epoca una tessitura continua e nettamente predominante di varie forme di Natura in cui si enucleano le città racchiuse nelle loro cinte urbane, da cui sveltano le altane, i torrioni, i campanili, e che al suolo hanno solo strade e piazze, sterrate o più raramente lastricate.

I nuclei recintati dei giardini sono in questo lungo periodo gli unici dispositivi architettonici che introducono la materia vegetale in città. Da essi, al volgere del XVI secolo, mentre progrediscono le scienze e le tecniche per difendersi dalla Natura, il progetto del suolo trae spunto e si svincola per primo dal principio della 'differenza' dell'Architettura. Questo nuovo orientamento trasferisce progressivamente temi e materie dei giardini nel progetto della città europea (Panzini, 1993); terrapieni, muri di contenimento, cordonate, rampe, belvedere, umbracola, pergole e teatrini di verdura utilizzano le specie arbustive e arboree in terra piena come nuovi elementi compositivi, in relazione al loro valore decorativo, cromatico, di massa, volume, opacità e trasparenza.

Sine Sole Sileo⁵ | Non è stata la visione fenomenologica della Natura a modificare quella prima posizione teorica, né la rivoluzione scientifica del Seicento, o la conoscenza delle proprietà fisiche dell'aria, del calore, dell'elettricità o del magnetismo, acquisite con l'Illuminismo. Neanche la scoperta delle leggi di base della botanica, i principi dell'ereditarietà e dell'ibridazione, mutarono l'idea

che l'elemento vegetale inserito in città fosse poco più che inerte, da comporre secondo la sua capacità di lasciarsi potare secondo forme geometriche, di contribuire a uno sfondo o a uno scorcio prospettico, di introdurre precise palette cromatiche. Se in questo ulteriore arco di tempo l'oggetto di natura non si costituisce più relativamente a un soggetto trascendentale di cui sarebbe immagine, ma in relazione all'uomo nella sua esistenza corporea e fisiologica, la Natura è però ancora intesa come una grande macchina che possiede risorse infinite, di cui l'uomo conduce il funzionamento e dispone in virtù della propria supremazia, considerata un'evidenza scientifica.

Dalla metà del XIX secolo sarà l'igienismo a imporre a questi nuovi saperi una sintesi, significativa per il lungo processo di trasformazione del dell'idea che l'uomo si fa della Natura, decostruendone analiticamente le componenti, ormai comprese attraverso le loro azioni, dagli effetti misurabili. Ciò vale in primo luogo per gli elementi climatici come il vento e la luce del sole che, dovendo entrare negli ambienti domestici, circolare fra le corti degli edifici e permeare le strade, determinano nuove tipologie e forme urbane.

La città tardo-positivista e poi del Movimento Moderno non vive senza sole (Rey, Pidoux and Barde, 1928); essa orienta gli edifici secondo l'asse eliotermico, li solleva dal suolo e li immerge in giardini interconnessi: Le Corbusier (1935) la destinerà per antonomasia ad essere Ville Radieuse. Inoltre già dalla fine del XIX secolo la città è punteggiata da piazze e giardini pubblici, che riconoscono un ruolo attivo alla vegetazione. Pur chiamati a interpretare una condizione romantica di 'natura' in opposizione all'urbano, al di là del loro impianto pittoresco, essi introducono la vegetazione per la capacità del fogliame di ossigenare l'aria e mitigare il calore, o in rapporto all'azione di consolidamento dei terreni da parte degli apparati radicali, specie nel caso di aree di cava o di ex infrastrutture militari che vengono recuperate e trasformate in parchi (Fig. 3).

Si tratta di una mutazione irreversibile nell'impalcato teorico precedente che trova il punto di frattura definitivo nell'elaborazione, relativamente recente, del concetto di 'ambiente'⁶. In questi stessi anni, prima negli USA poi in Europa⁷, si progettano le nuove morfologie stradali della parkway e della urban freeway. La seconda, in particolare, nei trent'anni successivi sarà pianificata e inserita in ogni città, scalandone estensione e sezione, facendo dell'autostrada urbana il marchio simbolico della modernità.

Infrastructura naturans | Il secondo dopoguerra è stato segnato dalla generalizzata costruzione di tangenziali, circonvallazioni, scorrimenti veloci, autostrade urbane, strumento di attuazione di una nuova idea di progresso, basata sulla produzione continua di merci e sul consumo inarrestabile di beni e di risorse. Negli stessi anni i progetti di trasformazione urbana di Robert Moses (Caro, 1974) e le contrapposte azioni civiche di Jane Jacobs (1961) per contrastarli individuano nelle autostrade urbane la punta di un iceberg che chiama a una profonda revisione degli obiettivi sociali e politici che guidano il progetto della città.

Il decennio fra il 1962 e il 1972 segna una rivoluzione culturale e disciplinare. Essa ha inizio con le teorie fondative di un rinnovato rapporto fra ar-



Fig. 1 | 'The primitive hut, or the origin of architecture', drawing by di Charles-Dominique-Joseph Eisen and engraving by Jean-Jacques Allamet (source: Laugier, 1755).

Fig. 2 | 'The Expulsion of the Devils from Arezzo' (1305) by Giotto, Cappella degli Scrovegni a Padova (source: wikipedia, 2023).

chitettura e ambiente espresse nel volume di Victor Olgay (1963) che, ponendo le due nuove condizioni dell'interazione fra progetto e dati ambientali e della previsione della performance dell'edificio attraverso il calcolo, introducono l'ambiente inteso come complesso sistemico di forze vitali fra le nuove materie, ormai mutevoli e instabili, che danno forma all'architettura. Il contemporaneo impegno teorico di Reyner Banham (2004, 1969) condurrà intanto ad affermare con nettezza il ruolo compositivo degli impianti tecnici e dei paesaggi delle infrastrutture, indicandoli come il territorio progettuale che genera le forme di un'era nuova: l'architettura della seconda età della macchina.

Nel 1963 il Rapporto Buchanan⁸ intende tuttavia ancora le superstrade urbane come delle aste di connessione fra poli, in un approccio che intende il termine 'environment' letteralmente come ciò che circonda la carreggiata (Buchanan, 1963; Fig. 4). Avendo come unico obiettivo progettuale l'incremento e la facilitazione del traffico veicolare, in nessun punto il Rapporto ne coglie l'impatto sulla qualità biologica della vita urbana, in termini di isole di calore, inquinamento atmosferico o acustico, o rispetto alla porosità dei suoli, né prende in esame la vegetazione nelle soluzioni progettuali.⁹

Nei tre anni seguenti, in netto contrasto con la visione di Buchanan, Lawrence Halprin (1963, 1966) compone però due elegie magistrali: *Cities* e *Freeways* sono due volumi riccamente illustrati da fotografie di archivio, in dialogo serrato con descrizioni interpretative e progetti realizzati dallo stesso Halprin, legati da testi distribuiti come lunghe didascalie. È presente anche in questo caso, come nel Rapporto Buchanan, l'incorporazione dell'infrastruttura viaria nell'architettura, tema compositivo di un'epoca interessata alla nuova tipologia megastrutturale dell'edificio. L'approccio vetero-funzionalista delle soluzioni di Buchanan viene però soverchiato dal confronto con il vibrante spirito umanista delle opere di Halprin. L'autonomia del progetto del suolo è qui il principio di un'architettura che incorpora, invece di separare, organizzando su più livelli l'interazione di un 'regno urbano' multistrato, che integra quello minerale con un insieme di nuove morfologie del vegetale (Fig. 5).

Non solo le gigantesche nuove realizzazioni come l'Open Space Sequence di Portland (1963-1970) o il Freeway Park di Seattle (1976), ma anche trasformazioni contenute come il Nicolett Mall di Minneapolis (1967) sono basate sulla liberazione del tracciato carrabile dai suoi bordi e dall'introduzione di una nuova famiglia di componenti dello spazio pubblico a forte carattere vegetale e naturale. Un'orografia costruita dalla modellazione scultorea di masse a grande volumetria organizza i percorsi pedonali e le attività del tempo libero, aprendo al fruitore un'ininterrotta sequenza di vegetazione arborea e arbustiva su una trama di pavimentazioni a secco, titaniche vasche, fontane e cascate, che inseriscono nel paesaggio urbano anche la forte dimensione acustica e sensoriale delle materie naturali.

Le sperimentazioni e i contrasti di questa stagione fanno strada all'ipotesi che gli ecosistemi urbani siano plurimi e condivisi, attraverso le acquisizioni ambientaliste e la coscienza della finitezza delle risorse del pianeta, che sarà espressa a chiusura di questo eccezionale decennio (Meadows et alii, 1972). La distinzione principale che si afferma è che in Architettura la Natura si debba intendere ormai come una costruzione culturale e ideologica, che evolve lentamente insieme alla trasformazione dei paradigmi collettivi, e che l'Ambiente sia invece un sistema di conoscenze pluridisciplinare e tecnico riferito alle molte specie del vivente, che pertanto si aggiorna continuamente, influenzando con le sue mutazioni i modi della composizione. È così aperta la via a un nuovo orizzonte estetico, multifattoriale e indeterminato, congruente con l'idea che il progetto si debba fare carico di una pluralità di habitat, in cui gli elementi compositivi e le condizioni ecosistemiche si influenzano a vicenda, potenziando il ruolo morfo-

genetico della vegetazione nel progetto. Le tesi espresse da Bruno Latour (2004, 2015) dall'inizio del nuovo millennio trasfigurano la Natura nel nuovo soggetto filosofico definito Gaia¹⁰, che desume in realtà dal concetto di Ambiente sia il suo tratto principale di stato di cambiamento continuo, in cui l'uomo e le altre specie vivono, sia la questione del non umano come pari all'umano nei processi di trasformazione. Ciò avrà eco in un rivolgimento nei processi di rigenerazione del primo XXI secolo che trasformeranno molte autostrade in sistemi di una nuova 'natura urbana', la quale è progettabile proprio perché integrata a quelle stesse infrastrutture al cui centro continueranno a correre le vetture.

Pan Hortus¹¹ | Su questo sfondo l'articolo estende l'ipotesi di ricerca formulata per trasformare – e non demolire – le autostrade urbane con interventi differenziati per carreggiate e bordi, traslando l'obiettivo iniziale del ripristino della continuità urbana a raso in processi di rigenerazione intesa come rigenerazione di habitat interconnessi, in riferimento ai nuovi modelli insediativi dei corridoi ecologici e delle foreste urbane (Fig. 6). La proposta di trasformazione, intesa come strumento test dell'ipotesi, riguarda la circonvallazione di Palermo e le aree urbane di sua diretta pertinenza, definite nell'insieme Città della Circonvallazione. L'asse veicolare al centro, destinato alle nuove mobilità, e una rete di spazi vegetalizzati, porosi e multifunzionali sui bordi, convertono l'arteria in bosco lineare a macchia mediterranea, un sistema di nuova natura urbana di grande impatto sul resto della città, che permetterebbe l'inversione degli attuali disvalori architettonici dell'infrastruttura a partire dalla sua preziosa dotazione di spazio libero, per il quale si dispongono due scenari direttori principali a cubatura zero, relativi al disegno del suolo e alla vegetazione (Fig. 7).

La disposizione di una rete energetica sottostante permetterà l'integrazione di elementi fotovoltaici per l'attivazione di nuovi dividendi collettivi, in cui la strada produce l'energia che i suoi ambiti utilizzano. I sistemi integrati di alberature, vegetazione arbustiva, raccolta e riutilizzo delle acque piovane svolgeranno una mediazione indispensabile rispetto alle attività di prossimità degli edifici di bordo e per l'introduzione di diverse forme di mobilità lenta, supportando l'introduzione di una molteplicità di nuove pratiche al momento impossibili da svolgere.

La Città di Palermo è stata per secoli un modello urbano basato su una simbiotica reciprocità con il paesaggio agrario cui aveva dato forma. Una città tutta orto, radicata nella sua Conca d'Oro. L'ininterrotto giardino territoriale di agrumeti, punteggiato dai sollazzi arabo normanni e dalle ville nobiliari extra moenia, ha costituito un unicum secolare di cui la speculazione edilizia del dopoguerra lascia oggi pochi brandelli, che sono tutti parte della Città della Circonvallazione. La trasformazione dell'infrastruttura e delle sue aree urbane appese aggiornerebbe quello straordinario artefatto in cui la geografia, l'agronomia, l'architettura e le forme della città si fondevano.

La continuità del bosco lineare a macchia mediterranea intercetterà altri sistemi vegetali o di natura presenti in città, consolidandoli e rafforzando la rigenerazione dei microhabitat faunistici e riconnettendoli in un sistema ininterrotto. Profittando

delle molte aree vuote e di proprietà comunale lungo i bordi dell'arteria, il bosco lineare alternerà orti urbani con aree filtro ad alberature omogenee e più alte. Gli scenari sono orientati a produrre organizzazioni dello spazio attraverso molte possibili declinazioni; applicati a Palermo come sito pilota potrebbero essere potenzialmente estesi a tutti i luoghi che esprimono caratteristiche analoghe e mostrano le stesse disponibilità alla trasformazione (Figg. 8-12).

Conclusioni | Non chiedendo più alla Natura di svolgere un ruolo simbolico, misterico o metaforico, l'incorporazione del vegetale nei progetti contemporanei di trasformazione delle autostrade urbane progetta un suolo che, in autonomia, diviene una terza dimensione dell'architettura, dopo quella dell'edificio e della città. Di fronte alla saturazione delle aree e all'imperativo della massima cautela nei processi di futura trasformazione di quelle ancora non costruite, il tema disegna un orizzonte nuovo e in parte da esplorare per il progetto di architettura.

La lezione pioniera di Lawrence Halprin e di Roberto Burler Marx, dal progetto complessivo dell'Aterro do Flamengo al Paseo de Copacabana (1961-1971), attraverso esempi come quelli recenti di West 8 con Burgos & Garrido, Porras La Casta, Rubio & A-Sala per Madrid Rio (2005-2011), di BIG con Topotek 1 e Superflex per Superkilen a Copenhagen, (2007-2012) o le sezioni complesse di TVK per la E 40 a Bruxelles (2015)¹², si arricchisce di nuove valenze. Essa si articola nei temi compositivi di un'architettura a cubatura zero, che convoca lungo i bordi della strada la vegetazione arborea e arbustiva in terra piena come sistema plurale di viventi, capaci di purificare l'aria, raffrescare, migliorare il drenaggio del sottosuolo per gestire gli allagamenti, consolidare i terreni e innescare la ripopolazione di micro-colonie faunistiche urbane (Fig. 13).

L'autonomia del progetto di suolo unisce sempre più spesso il vegetale alla modellazione di un'orografia costruita, che trasforma queste autostrade urbane in nuove dorsali a grande componente ambientale, in cui risulta del tutto rinnovato il ruolo della pavimentazione. Concepite come una facciata orizzontale, per linguaggio, forma e insediamento del vegetale, il lastricato di Madrid Rio, le fasce cromatiche di BIG per Superkilen o l'articolazione dei materiali di selciato per la trasformazione in boulevard urbano dell'autostrada E40 all'ingresso di Bruxelles, sovrappongono all'antico approccio alla strada intesa come superficie la modellazione di forti identità urbane. In questo orizzonte non rientra una spettacolarizzazione del verde considerata tout-court garanzia di protezione ambientale, che raggiunge ormai in alcuni casi livelli caricaturali, richiedendo fra l'altro costi esorbitanti di manutenzione; piuttosto, utilizzando il disegno di un suolo poroso e drenante, la pavimentazione viene progettata per essere riconoscibile e per costruire una condizione topografica e tipografica insieme, un luogo di nuova memoria collettiva in cui situare pratiche e idee di futuro.

Si ribadisce inoltre l'importanza dello spessore del suolo nel progetto della strada, destinato a una densificazione infrastrutturale. Alle reti di distribuzione e circolazione che lo avevano già conquistato nella prima metà del XIX secolo si aggiungerà l'interazione con le nuove infrastrutture

per le energie rinnovabili e la raccolta e canalizzazione delle acque piovane, sullo sfondo del rapporto fra questi progetti e la resilienza urbana nell'era dell'emergenza idrica e climatica.

Sono progetti che affermano in modo progressivo e sempre più coordinato che negli anni a venire i nuovi spazi pubblici delle nostre città saranno prodotti dal loro rapporto con le infrastrutture della mobilità e si definiranno lungo, sotto e a cavallo delle grandi autostrade urbane. La complessità delle questioni poste si riferisce alla forma di tali spazi – cioè ai modi architettonici di relazione fra parti carrabili, parti percorribili con le mobilità lente e gli edifici – e interroga anche nuove governance rispetto alle competenze dei soggetti proprietari.

Quest'ambito, in cui si inserisce il progetto per Palermo, restituisce un sistema teorico in cui resta aperta l'interlocuzione con l'idea – in mutazione – di natura, che intreccia la filosofia di Latour con posizioni interne alla disciplina. Quella espressa nella nozione di 'subnature', formulata da David Gissen (2009), includendo il vivente non umano nel progetto, permette all'architettura di adattarsi a condizioni ambientali limite, contro le quali nei secoli precedenti interveniva per eliminare correggere, depurare¹³. Ancora più estrema è la posizione assunta da Timothy Morton (2009, 2019) che considera l'esistenza di una qualsiasi idea di natura, sovrastruttura ideologica, venerata e autoreferente, come paradossale ostacolo alla piena attuazione del pensiero ambientale e argomenta che solo la rimozione di questo concetto potrà consentire la realizzazione di un pieno approccio ecologico.

Progetti come questi affermano una nuova condizione finalmente non oppositiva, ma di sintesi fra gli aspetti ambientali e il costruito, pienamente funzionale all'espressione di un nuovo genere urbano non binario, fabbricato per rendere le nostre città vivibili come mai prima. La flessibilità e l'estensione degli usi e l'articolazione multi-scalare delle loro relazioni spaziali smorzano la supremazia dell'habitat urbano e umano per promuovere pratiche di resistenza, consolidamento e intersezione multi-specie dei soggetti abitanti. Compiuta questa trasformazione, l'architettura sarà autrice e custode ultima della natura, avendo prodotto nella città il dispositivo garante della resistenza degli ultimi aspetti di quell'elemento nel territorio urbano.

After decades of disciplinary research, sustainability in territorial transformation has finally been embedded within the international and financing plans¹. This has occurred due to an unstoppable shift in the paradigm of mankind's self-conception regarding the ways, purposes, and resources used to build. The interest in embedding greenery in Architecture is, therefore, not a driving force but the effect of this transformation, which shakes the great collective cultural structures through which we reflect upon the relationship between man and the world. Against this background, where each design becomes an act of co-design, the article will investigate the hybridisation of the greenery and the built element in Architecture, with a comparative and diachronic perspective, referring to the transformation of large urban highways in the

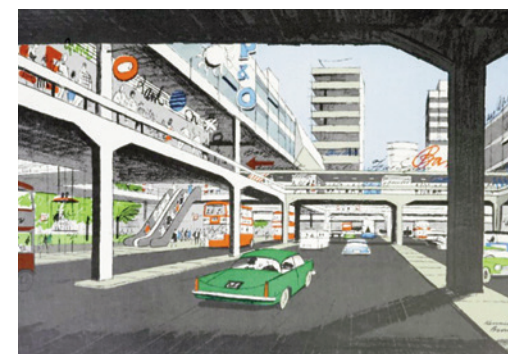
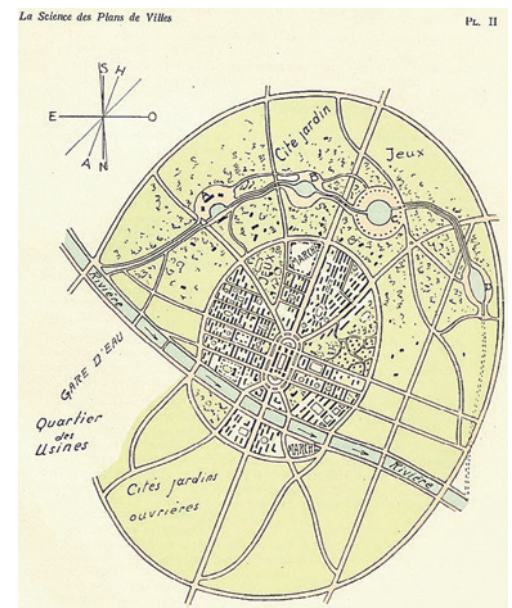


Fig. 3 | The Park-system, designed by Adolphe Augustin Rey (source: Rey, Pidoux and Barde, 1928).

Fig. 4 | Transformation proposal for the area of Oxford Street, London, by Colin Buchanan (source: Buchanan, 1963).

frame of international research² whose main hypothesis is expanded by deepening its discussion and updating its purposes.

The recycling of heavy urban infrastructure has stood out since the beginning of the 21st century among the sustainable regeneration processes of the contemporary city. Ring roads (and their variants, such as bypasses, elevated roads, and fast-track trenches) are among the most emblematic artefacts of the second half of the 20th century. These urban roads stand as the application of a late modern paradigmatic idea of infrastructure, conceived as a titanic work of a large or very large scale, destined to last forever. A ribbon of asphalt constitutes their route, indifferent to the surrounding urban fabric, which is severed by its passing, thus creating a trench or a barrier. This condition – noticed in several cities with different latitudes and sizes – turns urban highways into identifiers of the second half of the 20th century, embodying the most effective of the real and metaphorical dimensions of 20th-century aesthetics: acceleration (Rosa, 2010).

The standard cross-section of the road, articulated in edges and central carriageways, is receiving the same fury nowadays, generally addressed to all post-World War II effigies; instead, it is one of the distinctive urban forms generated by the century of speed and should not be demol-



Fig. 5 | Portland open space network, by Lawrence Halprin (source: Halprin, 1963).

Next page

Fig. 6 | Reversed Highway: Proposal for a continuous system of urban nature, transforming the Palermo ring road into the backbone of an urban linear forest (credit: Z. Tesoriere, 2023).

Fig. 7 | Reversed Highway: Delimitation of the main design areas (credit: Z. Tesoriere, 2023).

ished, buried or disrupted. The central carriage-way system should be preserved, with minimal changes required to introduce new, ecological, and self-driving mobility; on the other hand, edges are the place of main transformations, with a view to urban re-stitching aimed at nullifying the barrier effect through the radical modification of materials and technologies, among others.

The theoretical field of this initial hypothesis will here be expanded, explaining its legitimacy in the overall evolution of the hermeneutic context framing the transformations of anthropized territories; it will turn out that urban highways are now an ideal artefact for regeneration processes with high environmental sensitivity, actualising the autonomy of land design theorised in classical architectural horizons and processes. To this end, the article will deepen into design approaches and cases, including a project developed as an application to the transformation of Palermo's ring road.

Ut natura poësis³ | The most capable heuristic statute in the profound renewal of the role of the vegetal realm in the project is the progressive substitution of 'environment' for 'nature' among the engines of Architecture. This long path has been walked for over two centuries, and one can only pay tribute to it. However, there is a need for further exploration concerning its real impact on design composition beyond contemporary rhetorical enthusiasm. Architecture – and then, the city – originates from the archetypal act of delimiting a portion of territory, with humans positioning a fence off to protect themselves from Nature and its overwhelming forces⁴ (Gregotti, 1979). For millennia, cities were built with stone, which excluded vegetation and hence created safety from epidemics, fires, and animal invasions. In this way, Nature was physically removed and seen as an irreducible 'other'; yet, it is continuously present and embedded into design reflections as a touchstone and a source of every design methodology.

For millennia, the imitation of Nature has been the purpose of Architecture and the other arts, the main means to elevate oneself to God through a poësis in which man, eschewing hybris, is never a demiurge (creator), but the 'artifex' (lit. art-maker) of a work that expresses its relationships with the world through its irreducible difference from Nature. The paraphrase of Horace's expression emphasises this motion of oscillation between imitation and distinction, which, on one hand, unceasingly creates a physical distance and, on the other, theoretically brings together every compositional artefact of Nature (Fig. 1).

Cities and Architecture remained petrified for

dozens of centuries, during which they systematically excluded (or at most enclosed) the green matter (Fig. 2) from the limited number of materials and devices defining the continuity and homogeneity of the urban environment. At that time, the countryside and the woods formed a continuous and clearly predominant texture of various forms of Nature, where towns were immersed, enclosed within their city walls, and from which towers, turrets and bell towers rose; at the same time, on the ground, there were only streets and squares, unpaved or rarely paved.

During this long period, the enclosed cores of gardens were the only architectural devices introducing green matter into the city. From them, at the turn of the 16th century, as the sciences and techniques for defending against Nature progressed, paving design took its cue and was the first to deflect the principle of 'difference' in Architecture. This new design direction progressively transfers themes and subjects of gardens into the design of European cities (Panzini, 1993); embankments, retaining walls, curbs, ramps, belvederes, 'umbracola', pergolas, and 'teatri di verdure' (lit. vegetable theatres) use the solid earth shrub and tree species as new compositional elements in relation to their decorative and chromatic values, volume, opacity, and transparency.

Sine Sole Sileo⁵ | The phenomenological conception of Nature did not change that initial theoretical position, nor did the scientific revolution of the 17th century, nor did the knowledge of the physical properties of air, heat, electricity or magnetism acquired with the Enlightenment; not even the discovery of the basic laws of botany, the principles of hereditarianism and hybridisation, changed the idea that urban green was little more than an inert, to be composed according to the possibility of pruning it with geometric shapes, and its capacity to contribute to a background or perspective, or to introduce precise colour palettes. In this later epoch, natural objects were no longer interpreted as images of a transcendental subject but instead analysed in relation to humans' physical and physiological existence. However, Nature was still conceived as a great machine with endless resources, which humans exploit by their supremacy, considered scientific evidence.

Starting from the mid-19th century, the social hygiene movement imposed a synthesis of this knowledge for the long transformation process of the meaning given to Nature, analytically deconstructing its components, now understood through their actions, with measurable effects. This primarily applies to climatic elements such as wind

and sunlight, which are meant to enter domestic environments, circulate among buildings' courtyards, permeate streets, and determine new urban typologies and forms.

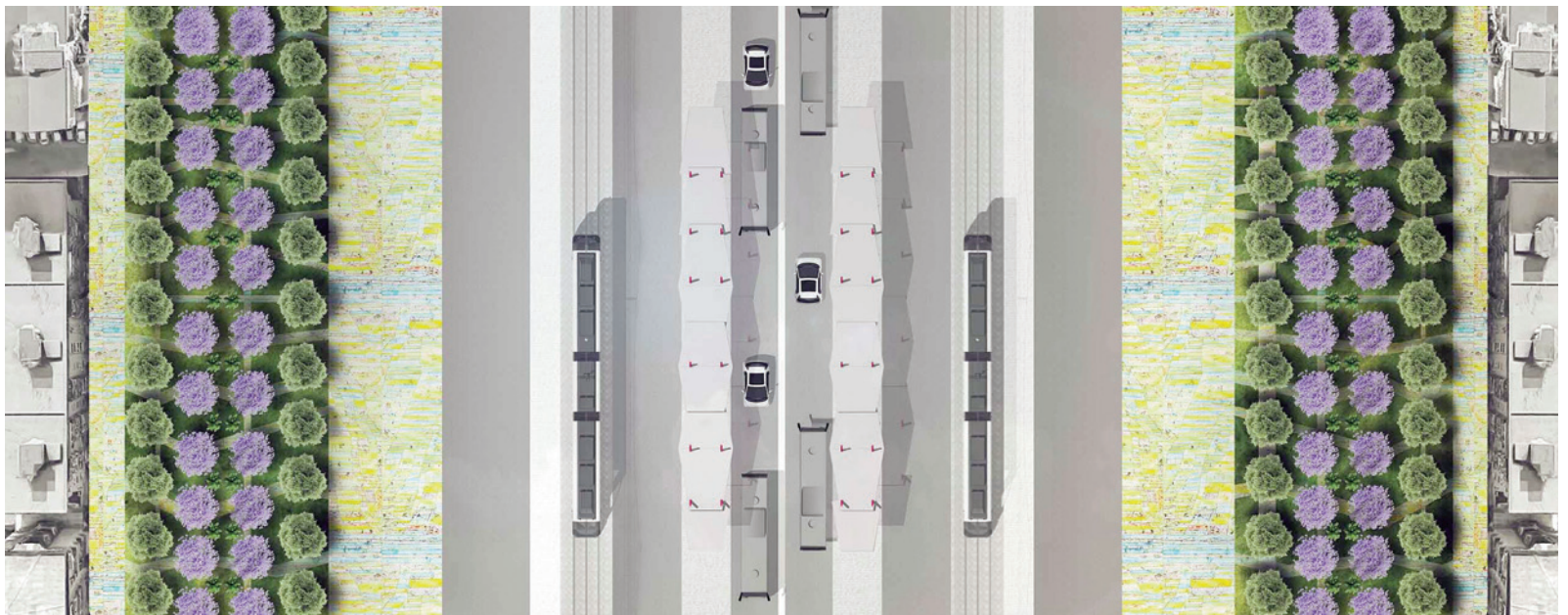
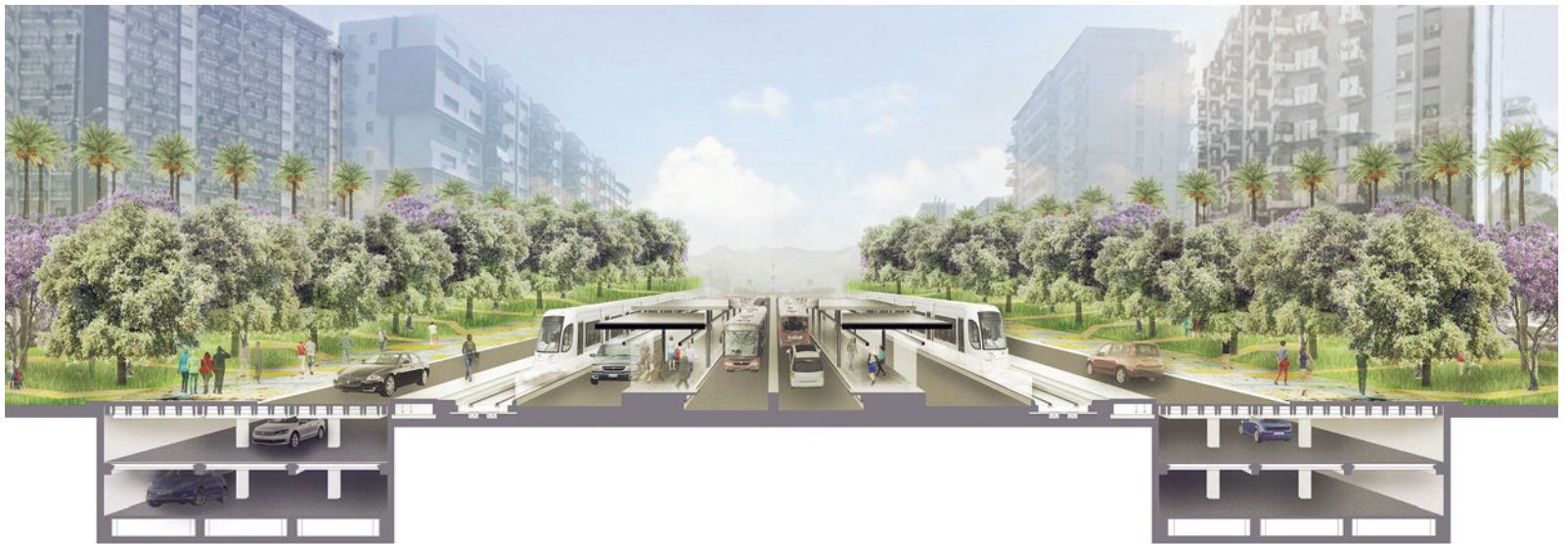
The city of the late positivist movement, and later the Modern Movement, does not live without sunlight; it orients buildings according to the heliothermal axis, raises them off the ground and immerses them in interconnected gardens. Le Corbusier destined it to be Ville Radieuse by definition. Moreover, by the end of the 19th century, 'squares' and public gardens spread in the city, recognising the active role of vegetation. Although they were called upon to interpret a romantic condition of 'nature' in opposition to urban characteristics, beyond their picturesque layout, they introduce vegetation due to the foliage's capacity to oxygenate the air and mitigate heat or in relation to the soil consolidation action of the root systems, especially in the case of quarry areas or former military infrastructures that are recovered and transformed into parks (Fig. 3).

This is an irreversible mutation in the previous theoretical framework, whose definitive breakpoint is the relatively recent elaboration of the concept of 'environment'⁶. In these same years, the new road morphologies of the parkway and the urban freeway were designed, first in the USA and then in Europe⁷. Precisely, the latter would be planned and incorporated into every city over the following thirty years, scaling its extension and section and making the urban motorway the symbolic mark of modernity.

Infrastructura naturans | The second post-war period was marked by the widespread construction of bypasses, ring roads, motorways, and urban highways as instruments for implementing a new idea of progress based on the endless production of goods and the relentless consumption of goods and resources. In the same years, Robert Moses's urban transformation projects and Jane Jacobs's civic actions to fight them identified urban highways as the tip of an iceberg, calling for a profound revision of the social and political objectives to guide the city's design (Caro, 1974; Jacobs, 1961).

The decade between 1962 and 1972 marked an irreversible cultural and disciplinary revolution, which began with the founding theories of a renewed relationship between architecture and the environment, expressed by Olgyay (1963). By posing the two new interaction conditions between design and environmental data and the prediction of building performance through calculation, they introduced the environment as a systemic com-





plex of vital forces among the new, now changeable and unstable, matters that shape architecture. In the meantime, the current theoretical commitment of Reyner Banham (2004, 1969) leads to a clear affirmation of the compositional role of technical installations and infrastructure landscapes, indicating them as design places to generate the forms of a new era: the architecture of the second machine age.

However, the 1963 Buchanan Report⁸ still conceives urban motorways as lines connecting poles, for which the 'environment' is intended as what literally surrounds the roadway (Buchanan, 1963; Fig. 4). As its only design purpose was the increase and facilitation of vehicular traffic, the impact of the Report on the biological quality of urban life, in terms of heat islands, air pollution or noise, or concerning soil porosity, was never considered, as well as the integration of vegetation in design solutions.⁹

Lawrence Halprin (1963, 1966) composed two masterful elegies in the following three years, opposing Buchanan's vision: the two volumes, *Cities and Freeways*, are richly illustrated with archive photographs, in close dialogue with interpretative descriptions and projects by Halprin himself, com-

plemented by texts distributed like extended captions. Here, it is also possible to recognise the embedment of the road infrastructure into architecture, the central compositional theme of the period concerned with the new mega structural building typology. The glass-functionalist approach in Buchanan's solutions is overwhelmed by the comparison with the vibrant humanist spirit of Halprin's works. The autonomy of the paving design is the principle of an architecture that incorporates, rather than separates, by organising the interaction of a multi-layered urban realm on several levels, with the latter integrating the Mineral realm with a set of new morphologies of the Plant realm (Fig. 5).

Besides gigantic new developments such as the Open Space Network in Portland or the Freeway Park in Seattle, also small-scale transformations such as the Nicollet Mall in Minneapolis are based on the emancipation of the carriageway from the edges and the introduction of a new class of public space components, with a strong vegetal and natural character. This orography, constructed by the sculptural definition of masses with large volumes, organises the pedestrian paths and leisure activities, presenting the user with an uninterrupted sequence of tree and shrub vege-

tation on a plot of dry paving, titanic pools, fountains and waterfalls. These also welcome natural materials' strong acoustic and sensorial dimensions into the urban landscape.

The experiments and contrasts of this season give way to the hypothesis that urban ecosystems are multiple and shared through environmentalist acquisitions and the awareness of the finiteness of the planet's resources, which found then expression at the end of this exceptional decade (Meadows et alii, 1972). A primary distinction is progressively affirmed in *Architecture: Nature* is now understood as a cultural and ideological construction, which slowly evolves with the transformation of collective paradigms; the Environment, on the other hand, is a multidisciplinary and technical system referring to the many species of the living, and continuously updates, influencing design modalities with its mutations. The new way is to open to a new aesthetic horizon, multifactorial and indeterminate, in compliance with the idea that the project must take on a plurality of habitats, where compositional elements and natural conditions influence each other, enhancing the morphogenetic role of vegetation in the project.



Figg. 10, 11 | Reversed Highway in Palermo: Perpignano Area, proposal; G. E. Di Blasi Area, currently state and proposal (credits: Z. Tesoriere, 2023).

Previous page

Figg. 8, 9 | Reversed Highway: Proposal for the transformation of the ring road of Palermo in a linear Mediterranean scrub forest, type section and type plan (credits: Z. Tesoriere, 2023).

The theses expressed by Bruno Latour (2004, 2015) since the beginning of the new millennium transfigure Nature into a new philosophical subject defined as Gaia¹⁰; its main feature as a state of continuous change in which humans and other species live, and the theme of the difference between the non-human and the human in transformation processes are directly inferred from the concept of the Environment. This will have echoes in a shift in the regeneration processes of the early 21st century, which will transform many freeways into systems of a new 'urban nature', whose design will be allowed by integrating those infrastructures where cars will keep running.

Pan Hortus¹¹ | In this framework, the paper expands the formulated research hypothesis to transform – and not to demolish – urban highways with differentiated approaches for carriageways and edges, translating the initial objective of restoring ground-level urban continuity into regeneration processes intended as the regeneration of interconnected habitats, with reference to the new settlement models of ecological corridors and urban forests (Fig. 6). The transformation proposal, intended as a test tool of the hypothesis, involves

Palermo's ring road and the related urban areas, defined together as the Ring Road City. The vehicular axis in the centre, destined for new mobility, and a soft-green network on the edges convert the artery into a linear Mediterranean scrub forest, a system of unique urban nature with a great impact on the rest of the city, which would allow the subversion of the infrastructure's current architectural disvalues thanks to its precious endowment of free space. Two leading scenarios with zero cubage are proposed concerning paving design and vegetation (Fig. 7).

Creating an underlying energy network will allow the integration of photovoltaic elements to activate new collective dividends, in which the street produces the energy that its areas use. The integrated systems of trees, shrub vegetation, rainwater harvesting, and reuse will play an indispensable mediation role concerning the neighbourhood activities of the edge buildings and for the introduction of different forms of slow mobility, supporting the introduction of a multiplicity of new practices that are currently impossible to carry out.

For centuries, Palermo was an urban model based on symbiotic reciprocity with the agricultural landscape shaped around it – an all-garden –

city rooted in its Conca d'Oro. The uninterrupted territorial garden of citrus groves, punctuated by the Arab-Norman solaces and the extra-moenia noble villas, constituted a centuries-old unicum. The post-war building speculation has left a few shreds, and they are all part of the Ring Road City. The transformation of the infrastructure and the urban areas hanging from it would update that extraordinary artefact, where geography, agronomy, architecture, and urban forms merged.

The continuity of the linear Mediterranean scrub forest would intercept other plant and natural systems in the city, consolidating and reinforcing the regeneration of faunal microhabitats and reconnecting them into an uninterrupted system. Taking advantage of the many empty, municipally owned areas along the edges of the artery, the linear forest will alternate urban gardens and buffer areas with homogeneous, taller trees. The scenarios are oriented to produce spatial organisations in their several possible declinations. Here applied in Palermo as a pilot site, they could be extended to all places that express similar characteristics and show the same opportunity for transformation (Figg. 8-12).

Conclusions | Contemporary architecture, no



Fig. 12 | Reversed Highway: P.pe Paternò Area, ex Salamone & Pullara, proposal (credit: Z. Tesoriere, 2023).

Fig. 13 | Parque de la Arganzuela, Madrid Rio River Park, the transformation of six kilometres of pre-existing urban highways along the banks of the Manzanares, by Burgos & Garrido, Porras La Casta, Rubio A. Sala and West 8 (source: Google Earth and Ayuntamiento de Madrid; editing: Z. Tesoriere).

longer asking Nature to play a symbolic, mystical or metaphorical role, through the incorporation of vegetation into the transformation of urban highways, defines a ground which gains autonomy; it can, therefore, become a third dimension of architecture, after those of the building and the city. Given the very high density of built areas and the need for extreme caution in the forthcoming transformations of those not yet built, the theme draws a new horizon that is almost unquestioned by architectural design.

The pioneering lesson of Lawrence Halprin and Roberto Burle Marx, as expressed in the overall project of the Aterro do Flamengo on the Paseo de Copacabana (1961-1971), is enriched with new values through new examples such as that of West 8 with Burgos & Garrido, Porras La Casta, Rubio & A-Sala for Madrid Rio (2005-2011), or by BIG with Topotek 1 and Superflex for Superkilen in Copenhagen, (2007-2012), or with reference to the renewed sections of the E 40 in Brussels by TVK (2015)¹². It is framed in the design themes of a zero-cube architecture, which brings along the roadside tree and shrub vegetation in solid earth as a plural system of living other-than-human, capable of purifying the air, cooling, improving subsoil drainage to manage flooding, consolidating soils and triggering the repopulation of urban faunal micro-colonies (Fig. 13).

The autonomy of the pavement design increasingly combines greenery with the sculpting

of a built orography, transforming these urban highways into new backbones with a strong environmental component, strongly renewing the role of the pavement. Conceived as a horizontal façade in terms of language, form and relationship with vegetation, the paving by West 8 for Madrid Rio, by BIG for Superkilen or by TVK for the E40 in Brussels combines the old graphic approach to the road as a surface with the construction of strong urban identities. This horizon does not point to the spectacularisation of vegetation – a greenwashing which today can reach caricatural proportions, requiring, among other things, huge maintenance costs – as a guarantee of environmental concern; rather, through the design of a porous and draining ground, the paving realises a topographical and typographical condition in its design, to be recognisable and to stand as a place for new collective memories, where practices and ideas for the future can be rooted.

In addition, this approach emphasises the role of the ground in the design of the road, conveying it to enhance its infrastructural component. In an era of water and climate emergency, and in a context of urban resilience, the interaction with networks of renewable energy and rainwater harvesting will be added to the former infrastructural networks that already conquered it in the first half of the 19th century.

Such projects progressively and increasingly state that, in the years to come, the new public

spaces of our cities will be produced by their relationship with mobility infrastructures and will be defined along, under and astride the great urban highways. The complexity of the issues raised relates to the morphology of these spaces, i.e. the architectural relationship between the buildings and the carriageways, the cycle lanes, the slow-mobility routes, and the introduction of new forms of governance in relation to the competencies of the owners.

The project for Palermo fits into this research framework, which draws a theoretical system in which the interlocution with the idea – in mutation – of nature remains open. Such an idea interweaves Latour's philosophy with specific sectorial positions, internal to architectural composition. The one described in the notion of 'subnature' formulated by David Gissen (2009), according to which the inclusion of living beings allows architecture to adapt to limiting environmental conditions, whereas in previous centuries it intervened to eliminate, correct and purify them¹³. Even more extreme is the notion developed by Timothy Morton (2009, 2019), who considers the existence of any concept of nature, an ideological, revered and self-referential superstructure, as a paradoxical obstacle to the full implementation of environmental thought, arguing that only by emancipating itself from this concept will humanity achieve full ecological awareness.

Projects such as these affirm a new relation-

ship, synthetic rather than oppositional, between environmental aspects and the built environment, functional to express a new non-binary urban genre, and manufactured to make our cities liveable as never before. The flexibility and expansion of uses,

and the multi-scale articulation of their spatial relationships, diminish the hegemony of the urban habitat in order to encourage practices of resistance, consolidation and multi-species overlap among its inhabitants. Upon completing this trans-

formation, architecture will be the ultimate author and guardian of nature, introducing into the city the means to guarantee the resistance of the last natural aspects of the urban territory inside it.

Notes

1) For Italy, think of the National Recovery and Resilience Plan (PNRR), the National Intelligent Specialization Strategy (SNSI), and the National Research Program 2021-2027 (PNR). For further information, see the web sites: governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf; governo.it/it/approfondimento/le-missioni-e-le-componenti-del-pnrr/16700; mur.gov.it/it/aree-tematiche/ricerca/programmazione/programma-nazionale-la-ricerca [Accessed 22 April 2023].

2) International research (2014-2018) entitled Infrastructures – Permanence, Effacement, Disparition, LIAT ENSA Paris Malaquais, funded by the French Ministère de la Culture. The outcomes of the research were published in Rouillard (2018). They also formed the starting point for the collection of scenarios and design elaborations entitled The Infrastructural Leap, with which Z. Tesoriere participated, together with the In_Fra lab Research Group, which she founded and directed, in the exhibition Manifesta Studios, as part of the Manifesta 12 Art Biennale held in Palermo at the Mulini di Sant'Antonino (Tesoriere, 2019).

3) Paraphrase of 'ut pictura poësis' (Quintus Horatius Flaccus, *Ars Poetica*, 13 b.C.), a motto that destined poetry and painting to correspond and considered among the longest-lived instrumental ideas in classical aesthetics, by critical fortune and application. Poësis is here instrumentally meant as the art of Composition.

4) Even many years later, the clearest insight into the archetypal role of the 'enclosure' in architectural thought remains the zero issue of the thematic magazine *Rassegna*, edited by Vittorio Gregotti and with Pierluigi Cerri as editor-in-chief.

5) Inscription accompanying the sundials, clocks whose functioning is impossible without sunlight, meant as a physical phenomenon and not as a symbolic or metaphorical element.

6) In the scientific literature, the term in English impressively prevails from the US context on which the new approach is based.

7) The new season resulted from the social hygiene movement between the end of the 19th and the beginning of the 20th century, from which the Modern Movement would take off, seeing its main protagonists relating to each other through a network of cultural institutions on an international scale. Designers of municipal technical offices or companies engaged in the construction of new typologies, animated international congresses and exhibitions. Adolphe Augustin-Rey (Rey, Pidoux and Barde, 1928) and Eugène Hénard (2013) should be mentioned among the main ones.

8) Commissioned by the UK's Ministry of Transport, the Urban Traffic Report by Colin Buchanan (1963), an Engineer and Urban Planner, describes the condition of road infrastructure under the increasing pressure of vehicular traffic and identifies design solutions congruent with the rapidly changing practices of individual mobility within the city. To this day, it remains the most emblematic text of its time and given the breadth and depth of the state-of-the-art and proposed solutions.

9) Concerning the interaction with greenery and the meaning of the word 'environment', see Buchanan (1963), for instance: 'environmental standards' p. 46, per 'traffic and environment' p. 116, per 'conflict between traffic and environment' p. 129 e per 'environmental management' p. 197.

10) The theory of Gaia is elaborated by J. Lovelock (1979, 2007); Latour (2015) refers to it in the last of his

eight lectures, emphasising it as an alter-ego of the original philosophical idea of Nature in the making.

11) Paraphrase of Panormos, 'all port', the ancient etymon of Palermo, which here becomes Pan Hortus, 'all garden'.

12) For a wider overview of urban freeways regeneration approaches in non-European metropolises and European cities, see Tesoriere (2018).

13) For further information on the relationship between the Plant realm and the other beings with the project, see Gissen (2009), sez. III – Weeds, Insects, Pigeons, Crowds.

References

- Banham, R. (2004), "Machine Aesthetic", in Biraghi, M. (ed.), *Architettura della Seconda Età della Macchina – Scritti 1955-1988* [ed. or. in *The Architectural Review*, n. 117, aprile 1955, pp. 225-228], Mondadori Electa, Milano, p. 18.
- Banham, R. (1969), *The Architecture of the Well-tempered Environment*, The University Chicago Press, Chicago.
- Buchanan, C. (1963), *Traffic in Towns – A study of the long term problem of traffic in urban areas*, Her Majesty's Stationery Office, London.
- Caro, R. A. (1974), *The Power Broker – Robert Moses and the Fall of New York*, A. Knopf, New York.
- Gissen, D. (2009), *Subnature – Architecture's others environments*, Princeton Architectural Press, New York.
- Gregotti, V. (1979), "Editoriale", in *Rassegna | Problemi di architettura dell'ambiente*, anno I, numero zero, pp. 5-7.
- Halprin, L. (1966), *Freeways*, Reinhold Publishing Corporation, New York.
- Halprin, L. (1963), *Cities*, Reinhold Publishing Corporation, New York.
- Hénard, E. (2013), *Études sur l'architecture et les transformations de Paris*, Les éditions de La Villette, Paris.
- Jacobs, J. (1961), *The death and life of great American cities*, Random House, New York.
- Latour, B. (2015), *Face à Gaia – Huit conférences sur le nouveau régime climatique*, Editions La Découverte, Paris.
- Latour, B. (2004), *Politiques de la Nature – Comment faire entrer les sciences en démocratie*, Editions La Découverte, Paris.
- Le Corbusier (1935), *La ville Radieuse*, Éditions de l'Architecture d'Aujourd'hui, Collection de l'équipement de la civilisation machiniste, Boulogne-sur-Seine, Paris.
- Lovelock, J. (2007), *The Revenge of Gaia – Earth's Climate Crisis and The Fate of Humanity*, Basic Books, New York.
- Lovelock, J. (1979), *Gaia – A New Look at Life on Earth*, Oxford University Press.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. and Behrens III, W. W. (1972), *The limits to Growth*, Universe Books, New York.
- Morton, T. (2009), *Ecology without Nature – Rethinking Environmental Aesthetics*, Harvard University Press, Cambridge-London.
- Morton, T. (2019), *Being Ecological*, The MIT Press, Cambridge-Massachusetts.
- Olgyay, V. (1963), *Design with Climate – Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, Princeton University Press.
- Panzini, F. (1993) *Per i piaceri del popolo – L'evoluzione del giardino pubblico in Europa dalle origini al XX secolo*, Zanichelli, Bologna.
- Rey, A.-A., Pidoux, J. and Barde, C. (1928), *La science des plans de villes – Ses applications à la construction, à l'extension, à l'hygiène et à la beauté des villes, orientation*

solaire des habitations, Payot et Cie-Dunod, Lausanne-Paris. [Online] Available at: delibra.bg.polsl.pl/Content/35600/BCPS_39145_-_La-Science-des-plans.pdf [Accessed 22 April 2023].

Rosa, H. (2010), *Accélération – Une critique sociale du temps*, Editions La Découverte, Paris.

Rouillard, D. (ed.) (2018), *Politique des infrastructures – Permanence, Effacement, Disparition*, Metis Presses, Genève.

Tesoriere, Z. (2019), "Aumentare Palermo – Manifesta 12 Studios – Scenari, progetti e visioni", in *Trasporti & Cultura*, n. 51, pp. 139-143. [Online] Available at: academia.edu/38798433/Aumentare_Palermo_Manifesta_12_studios_scenari_progetti_e_visioni [Accessed 22 April 2023].

Tesoriere, Z. (2018), "Recyclage et Résilience – La fin des oppositions", in Rouillard, D. (ed.), *Politique des infrastructures – Permanence, effacement, disparition*, Metis Presses, Genève, pp. 169-180.

ARTICLE INFO

Received	25 March 2023
Revised	05 May 2023
Accepted	16 May 2023
Published	30 June 2023

IL PROGETTO TRANSCALARE DELLE NATURE-BASED SOLUTIONS PER L'AGENDA 2030

Innovazioni e interconnessioni

TRANSCALAR PROJECT OF NATURE-BASED SOLUTIONS FOR THE 2030 AGENDA

Innovations and interconnections

Roberta Ingaramo, Maicol Negrello,
Loudineh Khachatourian Saradehi, Arin Khachatourian Saradhi

ABSTRACT

Il saggio propone una rilettura delle soluzioni basate sulla natura (NbS) come dispositivi per il progetto architettonico dello spazio urbano e come soluzioni efficaci ed economicamente convenienti, concorrenti al raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile, promossi dall'Agenda 2030. Viene riportato il dibattito sulla necessità di affrontare il progetto NbS alle diverse scale, in modo olistico, considerando il tessuto urbano come potenzialmente ricco di spazi adattivi, in cui si possono applicare soluzioni puntuali legate al contesto. Casi studio internazionali dimostrano come, grazie a progettualità che integrano NbS alle diverse scale, si possa raggiungere un miglior livello di resilienza urbana incentrato sulla tutela della biosfera, applicando prioritariamente il modello di sostenibilità forte, su cui si fonda anche la EU Biodiversity Strategy for 2030. La discussione evidenzia, oltre che le potenzialità di queste soluzioni, anche i limiti e le barriere che pregiudicano la loro applicazione diffusa, proponendo possibili scenari di ricerca.

The essay offers a reinterpretation of nature-based solutions (NbS), viewing them not only as devices for the architectural design of urban space but also as highly efficient and cost-effective solutions capable of competing with other strategies for achieving the Sustainable Development Goals promoted by the 2030 Agenda. The authors emphasise the importance of holistically approaching the NbS project at different scales, seeing the urban fabric as a fertile ground that can accommodate adaptive solutions designed strategically and on a site-specific basis. Moreover, international case studies in this field demonstrate the potential of integrating NbS across various scales for enhancing urban resilience and promoting the preservation of the biosphere, following the Strong Sustainability Model, on which the EU Biodiversity Strategy for 2030 is also based. The discussion highlights the limitations and barriers currently slowing down the widespread application of NbS and proposes innovative solutions to overcome these issues, along with possible research scenarios.

KEYWORDS

progettazione urbana resiliente, soluzioni basate sulla natura, obiettivi di sviluppo sostenibile, architettura verde, cambiamenti climatici

resilient urban design, nature-based solutions, sustainable development goals, green architecture, climate change

Roberta Ingaramo, Architect and PhD, is an Associate Professor of Architectural and Urban Composition at the Polytechnic of Turin (Italy). She conducts research ranging from urban regeneration to design through nature-based solutions, reuse, and the role of architectural design in the landscape. E-mail: roberta.ingaramo@polito.it

Maicol Negrello, Architect and PhD, is a post-doctorate Researcher and contract Lecturer at the Department of Architecture and Design, Polytechnic of Turin (Italy). He researches in sustainable transition, focusing on integrating nature-based solutions and the built environment in urban and rural contexts. E-mail: maicol.negrello@polito.it

Lousineh Khachatourian Saradehi, Architect, is a Former Lecturer at the National University of Architecture and Construction of Armenia. E-mail: lousinehks@gmail.com

Arin Khachatourian Saradehi, Architect, is a Former Lecturer at the Franco-German Engineering Institute in Armenia. E-mail: arin.khachatourian@gmail.com



La rapida espansione delle città europee nell'ultimo secolo – soprattutto nel secondo dopoguerra – ha generato spazi pubblici scarsamente verdi in cui la natura è stata spesso ridotta a dotazione funzionale normata. Cortesi (2020) individua la causa nella perdita di una visione culturale capace di conciliare crescita economica, benessere umano e degli ecosistemi. L'esito formale di questi processi si è concretizzato generalmente in spazi urbani con ridotte aree verdi, spesso di limitata qualità, e vaste impermeabilizzazioni dei suoli che incrementano i valori di UTCI – Universal Thermal Climate Index (Perini et alii, 2021) con conseguenti impatti negativi, quali la riduzione della biodiversità (EEA, 2019), della qualità della vita e del benessere psicofisico dei cittadini (Beatley, 2011), l'incremento delle disparità sociali e della mortalità prematura (Ellena et alii, 2020). Con la conseguenza che l'insostenibilità della forma e della materia di questa urbanità moderna esacerba globalmente gli effetti dei cambiamenti climatici come le isole di calore o i fenomeni alluvionali estremi; in particolare si stima che le aree urbane del Mediterraneo saranno le più colpite da gravi criticità climatiche dovute al notevole aumento delle temperature (Martínez-Solanas et alii, 2021). Oltre ai fattori climatici Coppola et alii (2022) individuano nella recente emergenza pandemica lo stimolo per una più attenta riflessione sul concetto di città sana basato sulla qualità dell'abitare urbano, del benessere dei cittadini e della conseguente necessità di adattamento.

Per far fronte a questa situazione di criticità cronica e incrementare la resilienza e l'adattamento dei tessuti urbani, l'Unione Europea ha attivato politiche e progetti di transizione ecologica attraverso piani di sviluppo e finanziamento a livello nazionale (come, i PNRR in Italia), specifiche policy (come la Biodiversity Strategy 2030¹) e iniziative trasversali, legate al New European Bauhaus² e al Green Deal going Local³. Queste linee di intervento convergono nell'European Green Deal (European Commission, 2019), potenziale motore di innovazione tecnologica e progettuale che definisce target e strategie di mitigazione e adattamento atte a superare anche la crescente fragilità di tutti i sistemi biologici e tecnici (Antonini, 2019).

In questo processo di transizione il ruolo delle città è decisivo per il raggiungimento di almeno 7 dei 17 degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile – SDG (Vukmirovic, Gavrilovic and Stojanovic, 2019), di circa il 60% dei 169 target dell'Agenda 2030 (United Nations, 2015) e di oltre un terzo dei target previsti dall'European Green Deal in ambito energetico, ambientale e sociale (OECD, 2020). Dallo stato dell'arte delle politiche sopra citate emerge, quindi, l'importanza strategica delle città come 'promotrici' (Ferreira, 2023) della transizione ecologica per sperimentare e disseminare soluzioni e tecnologie green abilitanti che propongano l'innovazione dei processi attraverso una visione olistica dirompente. Infatti, come sottolinea Antonini (2019, p. 7), per poter sopravvivere e adattarsi alle nuove condizioni di emergenza, ostili, imposte dalle diverse crisi bisogna «[...] adottare risposte dinamiche alle azioni perturbative», imitando i sistemi biologici in modo reattivo, attraverso approcci e tecnologie radicalmente diversi da quelli in atto (Scalisi and Ness 2022), anche per una maggior consapevolezza della scarsità delle risorse (Del'Acqua, 2020).

Alla luce di queste affermazioni il saggio iden-

tifica nelle soluzioni basate sulla natura (NbS) gli strumenti progettuali necessari per affrontare le principali criticità urbane derivanti dal breakdown climatico (Pörtner et alii, 2022). In particolare, in accordo con la definizione di NbS fornita dalla Commissione Europea⁴ e dall'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN) e sulla base della letteratura scientifica contemporanea che considera i diversi benefici in termini di sostenibilità nella sua triplice declinazione ambientale, sociale ed economica (Scalisi and Ness, 2022), il presente contributo interpreta originalmente le NbS come strumenti olistici progettuali, innovativi e interscalari direttamente connessi al raggiungimento di molti dei target dell'Agenda 2030 e dall'European Green Deal.

Il saggio si compone di quattro paragrafi. Nel primo viene introdotta la cornice teorica che sottolinea l'importanza del ruolo della natura, intesa come biosfera all'interno del modello di sostenibilità forte, e vengono presentati gli strumenti normativi a supporto di tali indirizzi. Il secondo paragrafo è dedicato all'approccio integrativo della natura in diverse scale di progetto, tenendo conto del concetto di 'exaptation' interpretato come dimostrazione delle ricadute interscalari delle NbS. Nel terzo paragrafo vengono analizzati tre casi studio a scale differenti, esemplificando le diverse componenti progettuali delle NbS e dimostrando la correlazione diretta tra gli elementi del progetto e il raggiungimento degli SDG, in relazione al modello di sviluppo sostenibile forte. Infine nell'ultimo paragrafo lo studio illustra i risultati, i limiti e le barriere dell'applicazione delle NbS nel progetto architettonico urbano e suggerisce possibili soluzioni e sviluppi futuri.

La Natura come obiettivo e strumento fondamentale per lo sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030

Le strategie europee, come l'Urban Greening Plan e la EU Biodiversity Strategy for 2030⁵, tracciano la strada per la riconversione delle città proponendo modelli di sviluppo sostenibili, circolari e resilienti che valorizzino il capitale naturale da cui dipende oltre il 50% del PIL mondiale⁶. L'indirizzo di questi Piani è considerare la natura elemento imprescindibile alla base della progettazione ecologica, come evidenziato nello Strong Sustainable Model – S3 (Fig. 1), modello basato sulla consapevolezza che l'umanità dipenda dalle risorse naturali e dai servizi a lungo termine forniti dagli ecosistemi a supporto della vita e al contrasto della crisi ambientale (Dell'Acqua, 2020). Il modello mira a integrare l'uso delle risorse naturali con le esigenze delle comunità umane, garantendo che le attività economiche siano svolte in modo sostenibile e che il benessere sociale sia preservato; di conseguenza gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile sono organizzati e correlati a partire da quelli riferiti alla biosfera.

Nell'ultima decade si è assistito a una crescita costante degli studi e delle applicazioni di NbS (Fig. 2) grazie a una maggior disseminazione e conoscenza dei benefici per la realizzazione di spazi resilienti ai cambiamenti climatici (Cohen-Shacham et alii, 2016) che incrementano la qualità, la biodiversità, l'efficienza e la salubrità del tessuto urbano (Marando et alii, 2022), oltre a contribuire al benessere dei cittadini (Negrello and Ingaramo, 2021). La letteratura ad oggi ha prodotto una discreta manualistica che analizza le diverse tipo-

logie di soluzioni basate sulla natura, oltre ad atlanti che illustrano casi studio di applicazioni, come Urban Nature Atlas promosso dall'Unione Europea; anche le principali città italiane stanno sviluppando i propri Piani Strategici e specifiche catalogazioni degli strumenti progettuali basati sulla natura. In Italia sono un esempio il Piano di Resilienza del Comune di Torino del 2020⁷, che individua anche strumenti progettuali e casi studio torinesi, e il Life Metro Adapt, lanciato nel 2018⁸ grazie al cofinanziamento della Comunità Europea per il Comune di Milano, le cui finalità principali sono integrare misure di adattamento al cambiamento climatico nei Piani, promuovere le NbS, sensibilizzare i cittadini e rendere disponibili i dati per l'analisi di vulnerabilità.

Il progetto transcalare | La transizione ecologica si concretizza attraverso progettualità di scala variabile che al tempo stesso concorrono indirettamente a formare una rete interconnessa di servizi ecosistemici. Il ventaglio di azioni spazia dalla scala di sistema dei piani strategici, passando per il dominio del paesaggio e del progetto urbano, attraverso gli elementi più minuti, sperimentali, incrementali, economici e temporanei (Zaffi, 2017; Coppola et alii, 2022), fino a quella del dettaglio. Soluzioni architettoniche semi-artificiali (Perini, Mosca and Giachetta, 2021), ibridate con la natura, si fondono nel tessuto edilizio dando luogo a interventi di camouflage, mimetismi, approcci biofilici, strategie puntuali. Ogni progetto NbS, seppure puntuale, deve essere sempre considerato parte di un sistema vivente più complesso, fatto di nodi interconnessi che creano reti biologiche (Langemeyer and Barò, 2021). Questo spinge a ragionare secondo un'ottica sistemica, in cui l'obiettivo finale definisce sia la soluzione NbS puntuale, sia la strategia progettuale a scala vasta. Quindi il progetto di ogni singolo spazio o architettura che adotta NbS diventa un potenziale nodo di una rete interconnessa che si traduce in Infrastrutture Verdi, incrementando in modo esponenziale benefici e raggiungendo anche gli SDG correlati a quello principale (biosfera).

Una tale visione olistica si riconduce anche al concetto di 'exaptation', quel fenomeno introdotto dal biologo Gould (Gould and Vrba, 1982) e successivamente sviluppato da Melis, Lara-Hernandez and Melis (2022), che si riferisce alla capacità di un organismo di utilizzare una struttura biologica precedentemente evoluta per una funzione diversa da quella originariamente prevista. In questo caso il progetto site-specific di uno spazio urbano che applica le NbS, concorre – eventualmente anche in modo imprevisto – al raggiungimento di altri obiettivi (Pearlmutter et alii, 2020) quando si interrelaziona con una scala più vasta.

Metodologia, casi studio e scale del progetto NbS

Al fine di dimostrare la relazione tra le NbS e i progetti architettonici e urbani per il raggiungimento degli SDG sono stati individuati tre casi esemplificativi e analizzati attraverso una metodologia analitico-deduttiva. I tre casi sono divisi per scala di progetto: architettonica (edificio residenziale/multifunzionale), dell'isolato (agopuntura, hot-spot) e urbana (aree pubbliche, transetti, corridoi). La scelta dei casi è determinata dai seguenti criteri: a) il caso si colloca in un contesto



Fig. 1 | Strong Sustainability model, Azote Images for Stockholm Resilience Centre (credit: Azote for Stockholm Resilience Centre, Stockholm University, 2016).

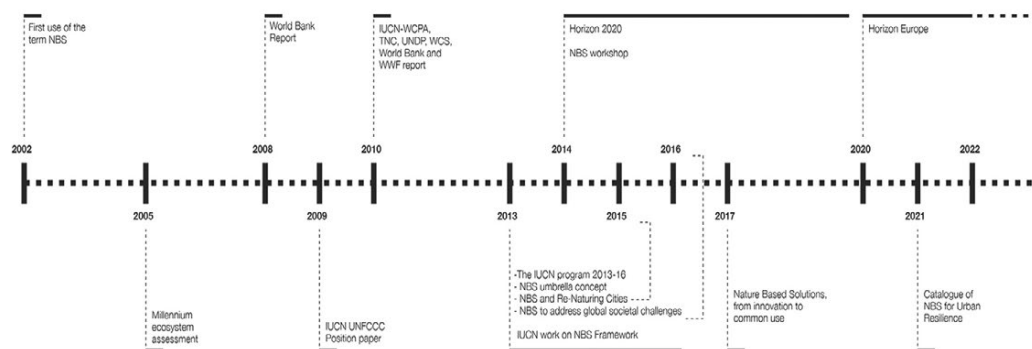


Fig. 2 | Chronological interpretation of the diffusion of the NbS (credit: the Authors, 2023).

urbano europeo; b) gli obiettivi primari sono relativi alla biosfera (SDG 6, 13, 14 e 15); c) è di recente realizzazione; d) rappresenta i valori del New European Bauhaus; e) è replicabile (declinato in modo site-specific rispetto le condizioni di contesto), f) sono presentate interventi di natura economica variabile (da basso costo a interventi più strutturati e dispendiosi).

I casi vengono analizzati individuando le specifiche caratteristiche architettoniche delle integrazioni NbS e valutando in che misura ogni strategia/elemento selezionato concorre al raggiungimento primario di uno o più obiettivi relativi alla biosfera. L'analisi individua, in una seconda fase, come – riproponendo il concetto di exaptation – il raggiungimento di un obiettivo concorra indirettamente a generare altri benefici a livello sociale ed economico, secondo il modello S3. L'indagine si è limitata a considerare aspetti formali/architettonici, escludendo i caratteri economici e normativi degli interventi.

Les 5 Ponts – Village Solidaire a Nantes di Ttract Architects (2023; Figg. 3-5) si inserisce in un tassello urbano dismesso proponendo un innovativo insediamento inclusivo multifunzionale. Promosso dall'Unione Europea attraverso l'iniziativa Urban Innovative Actions, il progetto porta alla realizzazione di modello di 'villaggio solidale' basato sui principi del New European Bauhaus, prevedendo architetture e servizi volti all'inclusività sociale (soprattutto per condizioni di elevata marginalità) e dal grande valore estetico. Il complesso vede l'intersezione di funzioni quali residenza per studenti, social housing, serre e tetti verdi, mercato agricolo locale, caffetteria e ristorazione solidale, spazi per associazioni e imprese sociali, spazi esterni resilienti ai cambiamenti climatici per incrementare la vivibilità e la socialità dei luoghi pubblici.

In particolare le NbS impiegate, quali gli orti, le serre sui tetti, la vegetazione circostante oltre le scelte di materiali ad alto albedo, diventano elementi fondamentali per incrementare i servizi ecosistemici, la biodiversità, attivare economie locali (anche attraverso nuovi posti di lavoro) e migliorare l'efficienza energetica degli edifici riducendone le dispersioni; inoltre hanno funzione di termoregolatore, riducendo il surriscaldamento degli spazi esterni e interni (Tab. 1), caratteristica indispensabile per il raggiungimento di alcuni degli SDG.

I Lausanne Jardins a Losanna (2014/19), nell'attuale contesto di un paesaggio urbano in mu-

tamento, si pongono l'obiettivo di sensibilizzare l'opinione pubblica sui temi legati al cambiamento climatico e al collasso della biodiversità al fine di proporre soluzioni innovative per rendere la città adattiva a scenari futuri. L'evento sperimenta, attraverso installazioni architettoniche temporali di media durata, soluzioni progettuali di rinverdimento urbano che possono innescare processi di progressiva trasformazione strategica flessibile. I progetti selezionati per essere realizzati rappresentano approcci di adattamento temporaneo, in previsione di una più strutturata trasformazione. Terreau Incognito (Figg. 6, 7), realizzato nel 2019, è il progetto che propone di riattivare spazi urbani carenti di verde attraverso semplici rinverdimenti, sfruttando materiali naturali comuni per creare hot-spot 'selvatici' di gradevole valore ecosistemico. L'intervento è particolarmente interessante per la sua elevata replicabilità, limitati costi di realizzazione e facilità di manutenzione.

Un altro caso è Swiss Hill (Fig. 8), un luogo di incontro e socialità coperto da una tettoia verde, ricca di biodiversità, che funge da device ecosistemico per offrire refrigerio durante le ondate di calore (Tab. 2); il caso studio rappresenta un brillante esempio di replicabilità site-specific in contesti urbani densi che fornisce accesso visivo e fisico a spazi verdi urbani pubblici oltre ad essere un elemento capace di stoccare CO₂ e immagazzinare acqua meteorica.

Il Passeig de Sant Joan a Barcellona, progettato da Lola Domènech è un esempio dell'approccio NbS applicato a interventi di medie dimensioni nel contesto urbano mediterraneo. Il corridoio, lungo 1,2 km (Fig. 9), connette il quartiere di Gràcia al Parco della Ciutadella, creando nuovi spazi comuni e di condivisione immersi tra doppi filari di alberi, protetti dalla strada (Fig. 10). Il progetto, finanziato con fondi pubblici e completato nel 2015, mira a promuovere l'urbanizzazione sostenibile, la resilienza e l'adattamento ai fenomeni climatici estremi. Le scelte architettoniche, tra cui la depauperazione, l'utilizzo di superfici ad alto albedo drenanti, gli spazi verdi ricchi di biodiversità (SDG 15; Fig. 11), mitigano e adattano lo spazio agli effetti dei cambiamenti climatici e favoriscono l'incremento dei servizi ecosistemici che contribuiscono al benessere psicofisico di tutti i cittadini. Inoltre l'incremento di alberi è una strategia cruciale nel raffrescamento urbano (Augusto et alii, 2020), nel sequestro del carbonio e nell'innalzamento della qualità dell'aria (Korczak et alii, 2021),

formando un habitat favorevole per la biodiversità urbana (Tab. 3), oltre che creare spazi che contribuiscono alla riduzione degli stress e promuovono l'interazione sociale.

Riflessioni conclusive, limiti e sviluppi futuri |

L'analisi dei casi studio attraverso la metodologia esposta ha evidenziato come le soluzioni basate sulla natura nella progettazione architettonica e urbana, a varie scale, siano direttamente connesse ai SDG intersettoriali di ampio raggio (Tab. 4). I casi studio e le strategie delineate nel presente saggio richiamano il concetto di 'exaptation', interpretato dagli autori secondo la visione che ogni singolo dispositivo NbS contribuisce direttamente ai benefici per la biosfera e indirettamente agli obiettivi sociali ed economici. Losasso (2016), infatti, individua nelle componenti delle infrastrutture verdi, di cui le NbS fanno parte, un legame diretto tra sistemi ambientali, insediativi, produttivi e capacità di supportare la dimensione sociale; ne emerge l'enorme potenziale delle scelte architettoniche e il ruolo centrale dell'Architetto nel contribuire al raggiungimento degli obiettivi promossi dall'European Green Deal e dall'Agenda 2030 in ambito urbano.

Dallo studio dei casi si evince che singole azioni progettuali flessibili, temporanee (come il progetto Gata Grønland di SLA a Oslo o i casi studio di Losanna), economiche e realizzate in tempi brevi possono generare un risultato incrementale su una scala più ampia, rispondendo a esigenze che superano la contingenza attuale. Ne sono esempio i progetti tattici di Superillas a Barcellona, successivamente evoluti in sostanziali trasformazioni urbane in chiave ecologica; da questa analisi emerge il valore degli interventi alla piccola scala che dimostrano un elevato potenziale sperimentale e incrementale (Zaffi, 2017). Un tale approccio può fare eco al pragmatismo tipico dei primi moti di riappropriazione dello spazio pubblico degli anni '70 (come i Guerrilla Gardening a New York), ma con una rinnovata attenzione all'emergenza climatica e agli aspetti di creazione di comunità, elemento fondamentale anche per le progettualità più strutturate, come nel caso del 300 Climate Resilient Project⁹ del Piano di resilienza di Copenhagen.

Analizzando invece la sfera architettonica il caso di 5 Ponts è dimostrativo di una serie di interventi che propongono nuovi modelli architettonici ibridi (Negrello et alii, 2022), in cui vengono previsti soluzioni progettuali con funzioni produt-

tive e ambientali (come la serra sul tetto), ma anche più tradizionali (residenziale, commerciale, ecc). Tuttavia sebbene le soluzioni progettuali considerate siano state attuate con successo, appurandone la fattibilità tecnica, sussistono alcuni limiti relativi alla loro riproducibilità in altri contesti dovuti alle circostanze economiche, socio-culturali (Biasin et alii, 2023) e ambientali specifiche che devono essere considerate in ogni intervento progettuale.

Secondo il Rapporto dell'IPPC¹⁰ (Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability) oggi i progressi realizzati in questo settore sono scarsamente significativi e le azioni intraprese non sufficienti (Scalisi and Ness, 2022): l'integrazione delle NbS stenta a decollare a partire dalle prime fasi di processo di progettazione fino a quella di manutenzione e valutazione.

Dalla letteratura scientifica emergono le principali problematiche che possono essere così riassunte: a) scelte politiche o di governance che non incentivano questi approcci o strumenti di governo obsoleti lontani dalle esigenze contemporanee (ad esempio i PRG locali); b) risorse finanziarie limitate; c) difficoltà di intervento sull'esistente; d) scarso know-how anche in fase di valutazione; e) ridotta attivazione e co-partecipazione dei cittadini; f) fenomeno del greenwashing; g) manutenzione. Proprio la manutenzione risulta essere una delle maggiori criticità; ad esempio nella scelta sempre più popolare di piantare alberi nelle città, nota come forestazione urbana o rinverdimento, non viene previsto un adeguato piano di manutenzione, compromettendo la salute degli alberi stessi e la sicurezza a livello di fruibilità urbana senza d'altro canto produrre effetti efficaci dal punto di vista ambientale (Nowak and alii, 2014); la pratica della forestazione, dai propositi più elevati, rischia quindi di diventare un'azione greenwashing.

Un altro aspetto critico durante la progettazione è la compatibilità (o incompatibilità) tecnica delle soluzioni basate sulla natura con gli edifici e le infrastrutture esistenti; le principali criticità riguardano capacità di carico dei solai e resistenza delle facciate, difficoltà nell'integrare i sistemi di irrigazione e vincoli normativi. Nel caso di edifici storici, l'applicazione di nuove NbS potrebbe essere limitata da vincoli storico-paesaggistici (Santi and Battini, 2019). Infine dati scarsamente accurati, influenzati da database lacunosi o di bassa qualità, e mancanza di una politica di accesso libero e gratuito a dati (European Commission, 2020, 2021), possono negativamente influire sul monitoraggio, sulla valutazione degli interventi e delle loro ricadute, con una difficile affermazione di molte strategie progettuali NbS.

Tuttavia la ricerca suggerisce anche alcune soluzioni per superare le principali criticità individuate, specie quelle di natura finanziaria. La proposta prevede il coinvolgimento di stakeholders privati che, supportati dalle pubbliche amministrazioni che incentivano la cooperazione pubblico-privata (SDG n. 17; López Portillo, Gómez and Rodríguez, 2022), promuovano azioni virtuose e durevoli con sponsorizzazioni a lungo termine. Un esempio virtuoso di partenariato pubblico-privato è la collaborazione tra municipalità e fondazioni bancarie, come Compagnia di San Paolo e Fondazione CRT a Torino. Infatti la Compagnia promuove gli obiettivi dell'Agenda attraverso bandi per progetti di rigenerazione basati su modelli di

co-progettazione e co-gestione delle NbS, con ricadute concrete su società e ambiente, come nel progetto BTOLIUM (coordinato dal Politecnico di Torino; Figg. 12, 13) per la rigenerazione di Bioglio grazie a NbS e agricoltura urbana. Inoltre allargando la collaborazione anche ai cittadini e alle organizzazioni non-profit attraverso patti di collaborazione si aumenta il coinvolgimento della comunità (Ingaramo and Negrello, 2023), che può prendersi cura della manutenzione delle NbS, come è stato riscontrato a Torino con il progetto Precollinear Park e Corso Farini ad opera dell'Associazione del terzo settore Stratosferica.

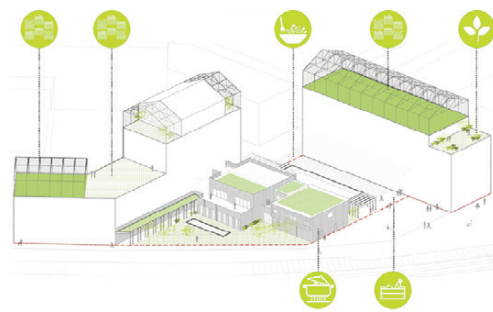
Una seconda proposta che apre anche a scenari futuri si sviluppa a partire dalla mancanza di una visione sistemica di una rete di NbS, interconnessa alle diverse scale, capace di stimolare riflessioni su una più profonda rilettura e mappatura degli spazi urbani dal potenziale ecosistemico (dalle aree interstiziali impermeabili ai cordoli stradali, dai tetti verdi agli spazi verdi abbandonati e alle aree ex industriali, ecc.). La creazione di un sistema integrato di questi tasselli permetterebbe di realizzare mappe urbane conoscitive e strategiche che individuano le aree e gli elementi architettonici potenzialmente trasformabili e attivabili mediante l'implementazione di soluzioni basate sulla natura, replicabili e site-specific. In questo modo, potenziali investitori, finanziatori o la Municipalità stessa avrebbero conoscenza diretta e sistemica delle aree in attesa di una transizione ecologica applicando le NbS.

Ad oggi alcune città come Torino hanno compiuto un primo passo nella creazione di mappe che rappresentano lo stato dell'arte del territorio urbano da diverse prospettive, tra cui quella ambientale. Torino Atlas¹¹, che analizza e illustra le varie forme di natura urbana ad oggi esistenti, rappresenta solo il primo passo per lo sviluppo di successive azioni meta-progettuali. Tali azioni includono la creazione di mappe strategiche che individuino le potenziali spazialità idonee all'integrazione e alla localizzazione di elementi naturali, con un'analisi approfondita delle loro specifiche caratteristiche. È noto che, al fine di ottenere il massimo beneficio da queste soluzioni, la conoscenza del contesto (morfologia, clima, usi, cultura, ecc.) è imprescindibile. Il modello proposto segue il concetto di progettazione site-specific già promosso da McHarg (1969) il quale enfatizza l'importanza di considerare le specifiche caratteristiche di un'area prima di intraprendere un'azione progettuale, in particolare in ambiente naturale.

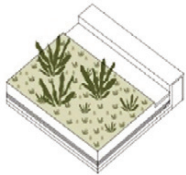

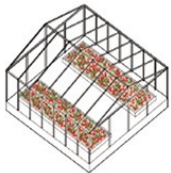
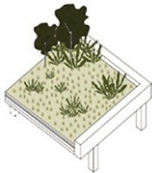
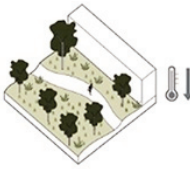
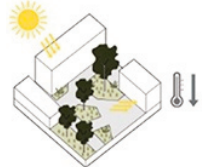
Infine l'ultima proposta individua nella comunicazione visiva e virtuale dei dati, lo strumento di educazione ambientale capace di illustrare, attraverso un linguaggio comprensibile e contemporaneo, le valutazioni dei benefici delle NbS applicate in uno spazio urbano, come avvenuto nel progetto sperimentale del Natural Capital, progettato da Carlo Ratti nel 2021 presso l'Orto Botanico di Milano. Lo sviluppo di questa tipologia di architettura attrattiva e onirica, ma connessa alle NbS e alla visualizzazione diretta degli impatti, può rappresentare un possibile scenario di ricerca da investigare per supportare l'adozione sem-

pre più condivisa – perchè compresa – delle NbS nello spazio urbano.

The rapid expansion of European cities in the last century, especially in the post-War period, has resulted in a dearth of green public spaces, with nature often being reduced to regulated functional provision. Cortesi (2020) identifies the cause of this issue as the loss of a cultural vision capable of reconciling economic growth, human well-being, and ecosystem health. The formal outcome of these processes has generally materialised in urban spaces with limited green areas, often of reduced quality, and extensive soil sealing, which increases the values of the Universal Thermal Climate Index – UTCI (Perini et alii, 2021). This has consequent negative impacts on biodiversity loss (EEA, 2019), reducing the quality of life and psychophysical well-being of citizens (Beatley, 2011) and increasing social inequalities and premature



Figg. 3-5 | Les 5 Ponts – Village Solidaire in Nantes (2023), designed by Tetract Architects (credits: Tetrarc, G. Sevin and S. Vargiu, 2022).

N°	Strategy / Architectural element	Description	SDGs to which the NbS are directly connected	SDGs related to society	SDGs related to economy	Cost	Replicability
1		Intensive green roof for agricultural production and biodiversity	6, 13, 15	1, 2, 3, 7, 11	8, 9, 10, 12	moderate	moderate
2		Flat roof with agricultural productions in outdoor box	6, 13, 15	1, 2, 3, 7, 11	8, 9, 10, 12	low	high
3		Greenhouse for the production indoor farming	6, 13, 15	1, 2, 3, 7, 11	8, 9, 10, 12	moderate	low
4		Green roof	6, 13, 15	3, 11	10	high	high
5		Green corridors	3, 15	3, 11	10	moderate	high
6		Square 'cool material'	13, 15	3, 11	10	moderate	high

Tab. 1 | The NbS applied to Les 5 Ponts and their contribution to the achievement of various levels of SDGs (credit: the Authors, 2023).

mortality (Ellena et alii, 2020). It follows that the unsustainability of the form and substance of this modern urbanity exacerbates the global effects of climate change, such as heat islands or extreme flooding events. In particular, it is estimated that urban areas in the Mediterranean will be most affected by severe climate-related issues due to the significant rise in temperatures (Martínez-Solanas et alii, 2021). In addition to climatic factors, Coppola et alii (2022) identify the recent pandemic emergency as a stimulus for a more contemporary reflection on the concept of a healthy city based on the quality of urban living, citizen well-being, and the resulting need for adaptation.

To address this situation of chronic criticality and to increase the resilience and adaptation of urban fabrics, the European Union has activated ecological transition policies and projects through national development and financing plans (such as the National Recovery and Resilience Plan – PNRR, Italy), specific policies (such as the Biodi-

versity Strategy for 2030¹), and transversal initiatives, linked to the New European Bauhaus² and the Green Deal Going Local³. These action lines converge in the European Green Deal (European Commission, 2019), a potential driver of technological and design innovation which defines the mitigation and adaptation targets and strategies that may also assist in overcoming the increasing fragility of all biological and technical systems (Antonini, 2019).

In this transition process, the role of cities is decisive for the achievement of at least 7 out of 17 of the Sustainable Development Goals – SDGs (Vukmirovic, Gavrilovic and Stojanovic, 2019), about 60 per cent of the 169 targets of the 2030 Agenda (United Nations, 2015), and more than one-third of the European Green Deal targets in the energy, environmental and social spheres (OECD, 2020). The current status of the cited policies reveals the strategic importance of cities as ‘promoters’ (Ferreira, 2023) of ecological transi-

tion for testing and disseminating green enabling solutions and technologies that propose process innovation through a disruptive holistic vision. As emphasised by Antonini (2019, p. 7), to survive and adapt to the new emergency and hostile conditions imposed by various crises, we must «[...] to adopt dynamic responses to disruptive actions», reactively imitating biological systems through radically different approaches and technologies (Scalisi and Ness, 2022); these also constitute the outcomes of our increased awareness of the scarcity of resources (Dell’Acqua, 2020).

In light of these claims, the essay identifies Nature-based Solutions (NbS) as crucial design tools for addressing the main urban criticalities resulting from climate breakdown (Pörtner et alii, 2022). In particular, following the definition of NbS provided by the European Commission⁴ and the International Union for Conservation of Nature (IUCN) and based on contemporary scientific literature – which considers various benefits in terms

of sustainability in its different aspects (environmental, social and economic) (Scalisi and Ness, 2022) – this paper unconventionally interprets NbS as holistic, innovative and inter-scalar design tools for achieving many of the targets of the 2030 Agenda and the European Green Deal.

The essay consists of four sections. The first section introduces the theoretical framework, emphasising the importance of the role of nature (as a biosphere) in the Strong Sustainability Model and presenting the regulatory instruments to support these actions. The second section focuses on the integrative approach of nature in different project scales, considering the concept of ‘exaptation’ as a demonstration of the interscalar spillovers of NbS. The third section analyses three case studies of various sizes, exemplifying the different design components of NbS and demonstrating the direct correlation between the design elements and the achievement of SDGs concerning the Strong Sustainability Model. Finally, in the last section, the study illustrates the results, limitations and barriers of NbS application in urban architectural design and suggests possible solutions and future developments.

Nature as a fundamental goal and tool for sustainable development in the 2030 Agenda |

European strategies, such as the Urban Greening Plan and the EU Biodiversity Strategy for 2030⁵, chart the way for the reconversion of cities by proposing sustainable, circular and resilient development models to enhance natural capital, which is crucial to over 50% of the world’s GDP⁶. These plans consider nature as an indispensable element at the basis of ecological design, as highlighted in the Strong Sustainable Model - S3 (Fig. 1), a model based on the awareness that humanity depends on natural resources and on the long-term services provided by ecosystems to sustain life and to combat environmental crises (Dell’Acqua, 2020). The model aims to integrate the use of natural resources with the needs of human communities, ensuring that economic activities are carried out sustainably while preserving social welfare; consequently, the Sustainable Development Goals are organised and correlated with those referring to the biosphere.

Over the last decade, there has been a significant increase in NbS studies and applications (Fig. 2) driven by the growing dissemination and awareness of the benefits of creating climate change resilient spaces (Cohen-Shacham et alii, 2016). These solutions enhance the quality, biodiversity, efficiency, and salubrity of urban environments (Marando et alii, 2022) while improving the well-being of citizens (Negrello and Ingaramo, 2021). To date, a vast amount of literature has produced various manuals analysing different types of nature-based solutions and atlases illustrating application case studies. For instance, the European Union promotes the Urban Nature Atlas, while the major Italian cities are developing strategic plans and specific catalogues of nature-based design tools. For example, the Municipality of Turin’s 2020 Resilience Plan⁷ showcases planning tools and case studies from Turin, and the Life Metro Adapt launched in 2018⁸ in the Municipality of Milan aims to integrate climate change adaptation measures into plans, promote NbS, raise awareness, and

provide vulnerability analysis data, with co-financing from the European Community.

The transcalar project | Ecological transition is achieved through projects of various scales that contribute indirectly to forming an interconnected network of ecosystem services. These actions span from systemic strategic plans and landscape and urban design to the minutiae of experimental, incremental, economic, and temporary elements (Zaffi, 2017; Coppola et alii, 2022), down to the finest details. Semi-artificial architectural solutions (Perini, Mosca and Giachetta, 2021), hybridised with nature, blend into the building fabric, resulting in camouflaging, biophilic approaches, and precise strategies. Although each NbS project is a specific solution, it should always be considered part of a more complex living system consisting of interconnected nodes that create biological networks (Langemeyer and Barò, 2021). This systemic perspective leads to the realisation that the ultimate goal defines the precise NbS solution and the design strategy on a larger scale. As such, the design of each space or architecture that adopts NbS becomes a potential node in an interconnected network resulting in Green Infrastructure, exponentially increasing the related benefits and achieving the SDGs connected to the primary one (biosphere).

This holistic view also relates to the concept of ‘exaptation’, a phenomenon introduced by the biologist Gould (Gould and Vrba, 1982) and later developed by Melis, Lara-Hernandez and Melis (2022), referring to the ability of an organism to utilise a previously evolved biological structure for a function other than the one originally intended. In this case, the site-specific design of an urban space that applies NbS contributes – possibly even unintentionally – to achieving other goals (Pearlmuttera et alii, 2020) when it interrelates with a larger scale.

Methodology, case studies and scales of the NbS project |

To demonstrate the relationship between NbS and the achievement of SDGs through architectural and urban projects, three exemplary cases were identified and analysed, employing an analytical-deductive methodology. The three cases can be distinguished by project scale: architectural (residential / multifunctional building), block (acupuncture, hot-spot) and urban (public areas, transepts, corridors). The cases were chosen using the following criteria: a) located in a European urban context; b) primary objectives related to the biosphere (SDG 6, 13, 14 and 15); c) of recent construction; d) represents the values of the New European Bauhaus; e) replicable (expressed in a site-specific way relative to the surrounding conditions), f) presents interventions of variable economic natures (from low cost to more structured and costly interventions).

The cases were analysed to identify the distinct architectural features of NbS integrations

and to assess the extent to which each chosen strategy or element contributes to achieving one or more objectives relating to the biosphere. In the subsequent analysis phase, the study explores how, by reintroducing the notion of exaptation, achieving a specific goal indirectly generates additional social and economic benefits, in line with the S3 model. The investigation focuses solely on formal and architectural aspects, omitting the economic and regulatory attributes of the interventions.

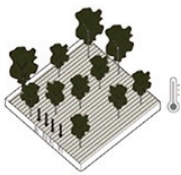
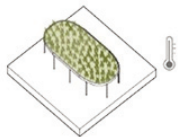
Les 5 Ponts – Village Solidaire in Nantes, by Tetract Architects (2023; Figg. 3-5), fits into a disused urban wedge, proposing an innovative multifunctional inclusive settlement. Promoted by the European Union through the Urban Innovative Actions initiative, the project involves creating a ‘solidarity village’ model based on the principles of the New European Bauhaus, providing architecture



Fig. 6 | Incognito Earth for Lausanne Jardins, 2019 (source: espazium.s3.eu-central-1.amazonaws.com, 2019).

Fig. 7 | Incognito Earth for Lausanne Jardins 2019 (source: cdn.unitycms.io, 2019).

Fig. 8 | Swiss Hill by Johannes Norlander for Lausanne Jardins 2014 (credit: M. Keller, 2014).

N°	Strategy / Architectural element	Description	SDGs to which the NbS are directly connected	SDGs related to society	SDGs related to economy	Cost	Replicability
1		Green spot with draining materials, trees, perennials and seasonal plants	13 , 15	3 , 11	10	moderate	high
2		Green cover	13 , 15	3 , 11	10	low	high

Tab. 2 | The NbS applied to Lausanne Jardins and their contribution to the achievement of various levels of SDGs (credit: the Authors, 2023).

and services focused on social inclusiveness (especially for those in conditions of severe marginality) and of great aesthetic value. The complex encompasses a combination of functions, including student housing, social housing, greenhouses and green roofs, a local agricultural market, a café and solidarity restaurant, spaces for associations and social enterprises, and outdoor areas resilient to climate change to enhance the liveability and social aspect of public spaces.

In particular, the NbS used, such as vegetable gardens, rooftop greenhouses, and surrounding vegetation, as well as the choices of high-albedo materials, are fundamental elements for increasing ecosystem services and biodiversity, activating local economies (also through new jobs) and improving the energy efficiency of buildings by reducing losses; moreover, they act as a thermoregulator, reducing the overheating of external and internal spaces (Tab. 1), an essential feature for achieving some of the SDGs.

Lausanne Jardins in Lausanne (2014/19) is an example within a dynamic urban context, aiming to raise public awareness about climate change and biodiversity decline. Its primary objective is to propose innovative solutions to enhance the city's adaptability to future scenarios. The event employs temporal architectural installations of medium duration to experiment with urban greening design solutions capable of initiating gradual and flexible strategic transformation processes. The selected projects implemented during the event represent temporary adaptive approaches, anticipating a more comprehensive transformation. An exemplary project, *Terreau Incognito* (Figg. 6, 7), was created in 2019. It revitalises urban spaces with limited greenery by implementing simple greening techniques that utilise natural materials, creating 'wild' hotspots with great ecosystem value. This intervention stands out due to its high potential for replication, cost-effectiveness, and ease of maintenance.

Another case is *Swiss Hill* (Fig. 8), a meeting and socialising area covered by a green canopy, rich in biodiversity, which acts as an ecosystem device to offer refreshment during heat waves (Tab. 2); this case study represents a fine example of site-specific replicability in dense urban contexts, providing visual and physical access to pub-

lic urban green spaces as well as being an element capable of storing CO₂ and collecting rainwater.

The *Passeig de Sant Joan* in Barcelona exemplifies the Nature-based Solutions (NbS) approach implemented within a Mediterranean urban setting. Designed by Lola Domènech, this corridor spans a length of 1.2 km (Fig. 9), establishing connections between the Gràcia district and Ciutadella Park. It introduces new communal spaces nestled amidst double rows of trees, providing a shield against the bustling road (Fig. 10). Completed in 2015 and funded by public resources, the project aims to foster sustainable urbanisation, resilience, and adaptation to extreme climatic events. Architectural choices, such as the removal of pavements, the use of permeable high-albedo surfaces, and the incorporation of biodiverse green areas (SDG 15; Fig. 11), mitigate and adapt the space to the impacts of climate change while enhancing the provision of ecosystem services that contribute to the psychophysical well-being of all inhabitants. Furthermore, the augmentation of tree cover serves as a key strategy for urban cooling (Augusto et alii, 2020), carbon sequestration, and enhancement of air quality (Kočczak et alii, 2021), thereby fostering a conducive habitat for urban biodiversity (Tab. 3) and creating environments that alleviate stress and facilitate social interaction.

Concluding reflections, limitations and future developments

The analysis of the case studies through the described methodology has highlighted how nature-based solutions in architectural and urban design, at various scales, are directly linked to the wide-ranging intersectoral SDGs (Tab. 4). The case studies and strategies outlined in this essay recall the concept of 'exaptation', interpreted by the authors according to the view that every single NbS device contributes directly to providing benefits for the biosphere and indirectly to achieving social and economic objectives. Losasso (2016) identifies in the components of green infrastructures, of which NbS are part, a direct link between environment, settlement, and production systems and the ability to support the social dimension; there is enormous potential for architectural choices and the central role of the architect to contribute to achieving the objectives

promoted by the European Green Deal and the 2030 Agenda in urban areas.

The case studies demonstrate that a single flexible, temporary (such as the *Gata Grønland* project by SLA in Oslo or the *Lausanne* case studies), and cost-effective project, implemented in a short time, can generate an incremental result on a larger scale, responding to specific needs that go beyond the current contingency. An example of this is the tactical project of *Superillas* in Barcelona, which subsequently evolved into substantial urban transformations in an ecological key.

This analysis reveals the value of small-scale interventions which prove to have high experimental and incremental potential (Zaffi, 2017). Such an approach can echo the pragmatism typical of the first public space reappropriation movements that took place in the 1970s (such as *Guerilla Gardening* in New York), but with renewed attention to the climate emergency and aspects of community creation, a fundamental element also for more structured projects, as in the case of the *300 Climate Resilient Project*⁹ of the Copenhagen Resilience Plan.

When examining architecture, the *5 Ponts* case study illustrates a collection of interventions that propose innovative hybrid architectural models (Negrello et alii, 2022). These interventions offer design solutions integrating productive and environmental functionalities, such as rooftop greenhouses, alongside more conventional elements like residential and commercial areas. Even with the successful implementation of these design solutions and their demonstrated technical feasibility, some constraints exist with regard to their applicability in different contexts. Each project intervention requires careful consideration of specific economic and socio-cultural factors (Biasin et alii, 2023) and site-specific environmental conditions to ensure its appropriate implementation.

According to the IPCC Report (Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation, and Vulnerability)¹⁰, the progress made in this sector is considered to be insufficient, and the actions undertaken thus far have not had significant impacts (Scalisi and Ness, 2022). Integrating nature-based solutions faces challenges from the early stages of the design process to maintenance and evaluation.

The main issues that emerge from the scientific

literature can be summarised as follows: a) political or governance choices that fail to incentivise these approaches or rely on outdated governance tools which do not satisfy current needs (e.g. local urban planning regulations); b) limited financial resources; c) difficulties in intervening in existing structures; d) lack of know-how, particularly in the evaluation phase; e) limited citizen activation and co-participation; f) the greenwashing phenomenon; g) maintenance. The latter is one of the significant challenges; for instance, an adequate maintenance plan is often not included in the increasingly popular practice of planting trees in cities, known as urban afforestation or greening. This compromises the health of the trees and the safety of urban usability without producing effective environmental results (Nowak et alii, 2014). Despite its noble intentions, the practice of afforestation risks becoming an act of greenwashing.

Another critical aspect of the design process is the technical compatibility (or incompatibility) of nature-based solutions with existing buildings and infrastructures. The main challenges concern the load-bearing capacity of floors and the durability of facades, difficulties in integrating irrigation systems, and regulatory constraints. In the case of historic buildings, the application of new nature-based solutions may be limited by historical and landscape restrictions (Santi and Battini, 2019). Additionally, inaccurate data influenced by incomplete or low-quality databases, along with the absence of a policy for free and open access to data (European Commission, 2020, 2021), can negatively impact the monitoring and evaluation of interventions and their outcomes, making it difficult to implement many nature-based design strategies.

However, the research also suggests some solutions for overcoming the main criticalities identified, such as those of financial nature. The proposal includes the involvement of private stakeholders which, supported by public administrations that encourage public-private cooperation (SDG no. 17; López Portillo, Gómez and Rodríguez, 2022), promote virtuous and lasting actions with long-term sponsorships. One example of a public-private partnership is the collaboration between municipalities and banking foundations, such as the Compagnia di San Paolo and the CRT Foundation in Turin. In fact, Compagnia promotes the objectives of the Agenda through tenders for regeneration projects based on co-planning and co-management models of NbS, having substantial effects on society and the environment, as in the BTOLIUM project (coordinated by the Polytechnic of Turin; Figg. 12, 13) for the regeneration of Bioglio through NbS and urban agriculture. Furthermore, when the collaboration is extended to citizens and non-profit organisations through collaboration agreements, this increases the involvement of the community (Ingaramo and Negrello, 2023), which can then take steps to maintain the NbS, as occurred in Turin with the Precollinear Park and Corso Farini project by Stratosferica, a Third Sector Association.

There is currently no systemic vision of a network of NbS, interconnected at different scales, capable of stimulating reflections on a more profound reinterpretation and mapping of urban spaces with ecosystem potential (from impermeable interstitial areas to road curbs, from green roofs to abandoned green spaces and former in-

dustrial sites, etc.). Creating an integrated system of these elements would make it possible to develop cognitive and strategic urban maps to identify the areas and architectural elements that can be transformed and activated by implementing replicable and site-specific solutions based on nature. In this way, potential investors, lenders or the Municipality itself would have a direct and systematic knowledge of the areas awaiting ecological transition by applying NbS.

Some cities, such as Turin, have embarked on the initial stage of developing maps depicting the current state of the urban landscape from various perspectives, including the environmental aspect. The Torino Atlas¹¹ serves as an example, analysing and visualising the contemporary manifestations of urban nature. However, this is merely the first step towards subsequent meta-design initiatives. These endeavours encompass the creation of strategic maps that identify potential spaces suitable for integrating and establishing natural elements, accompanied by a thorough analysis of their distinctive attributes. It is widely recognised that in order to obtain optimal bene-

fits from these solutions, a comprehensive understanding of the context, encompassing factors such as morphology, climate, customs, culture, and other aspects, is required. The proposed model aligns with the notion of site-specific design, as McHarg (1969) advocated, emphasising the significance of considering the specific characteristics of an area before embarking on a design intervention, particularly within a natural environment.

Finally, the last proposal identifies in the visual and virtual communication of data, the environmental education tool capable of illustrating, through understandable and contemporary language, the evaluations of the benefits of NbS applied in an urban space, as occurred in the Natural Capital experimental project, designed by Carlo Ratti in 2021 at the Botanical Garden of Milan. The development of this attractive and dreamlike architecture, connected to the NbS and the direct visualisation of the impacts, represents a possible research scenario to be investigated to support the increasingly widespread adoption of NbS in urban spaces.

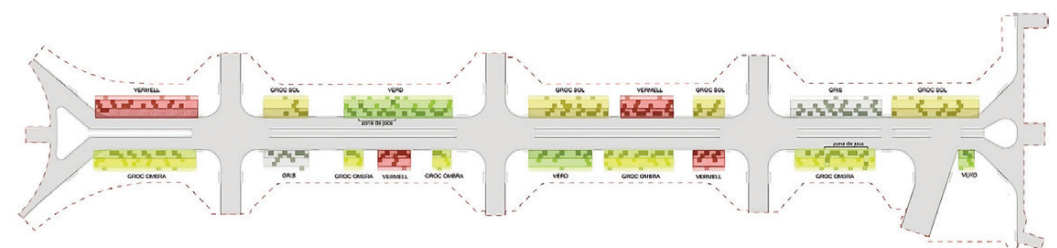
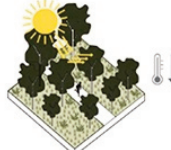
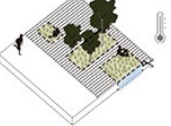

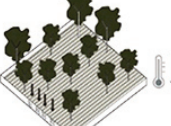
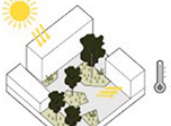


Fig. 9, 10 | Green corridor in Passeig de Sant Joan in Barcelona (credits: breinco, 2018; L. Domènech, 2012).

Fig. 11 | The implementation of draining surfaces in Sant Joan passage green corridor in Barcelona (credit: A. Goula, 2012).

N°	Strategy / Architectural element	Description	SDGs to which the NbS are directly connected	SDGs related to society	SDGs related to economy	Cost	Replicability
1		Double rows of trees	6, 13, 15	3, 11	10	low	high
2		Deflooring / Green areas	6, 13, 15	3, 11	10	moderate	high
3		Gardens of the biodiversity	6, 13, 15	3, 11	10	low	high
4		Permeable pavements	6, 13, 15	3, 11	10	moderate	high
5		High albedo pavements	3, 15	3, 11	10	moderate	high

Tab. 3 | The NbS applied to Sant Joan passage green corridor and their contribution to the achievement of various levels of SDGs (credit: the Authors, 2023).

Next page

Tab. 4 | The contribution of NbS in various architectural and urban design scales to achieving the SDGs (credit: the Authors, 2023).

Acknowledgements

The contribution is the result of the joint work of the Authors. The introductory paragraph is to be attributed to M. Negrello and R. Ingaramo, ‘Nature as a fundamental goal and tool for the sustainable development of the 2030 Agenda’ to M. Negrello, ‘The transcalar project’ and ‘Methodology, case studies and scales of the NbS project’ to R. Ingaramo and M. Negrello with the collaboration of L. Khachatourian Saradehi and A. Khachatourian Saradehi, and ‘Concluding reflections, limitations and future developments’ to M. Negrello and R. Ingaramo. The graphic representations are attributed to L. Khachatourian Saradehi and A. Khachatourian Saradehi in collaboration with M. Negrello. R. Ingaramo performed scientific supervision.

Notes

1) For more information, see the webpage: environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en [Accessed 18 March 2023].

2) For more information, see the webpage: new-european-bauhaus.europa.eu/index_en [Accessed 15 May 2023].

3) For more information, see the webpage: cor.europa.eu/en/engage/Pages/green-deal.aspx?utm_source=SharedLink&utm_medium=ShortURL&utm_campaign=Green%20Deal%20Going%20Local [Accessed 15 May 2023].

4) For more information, see the webpage: research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/nature-based-solutions_it [Accessed 15 May 2023].

5) For more information, see the webpage: environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en [Accessed 15 May 2023].

6) For more information on the Task Force on Nature-related Financial Disclosures (TNFD) Report, see the webpage: tfnf.info [Accessed 15 May 2023].

7) For more information, see the webpage: comune.torino.it/ambiente/cambiamenti_climatici/piano-di-resilienza-della-citta-di-torino.shtml [Accessed 15 May 2023].

8) For more information, see the webpage: lifemetroadapt.eu/it [Accessed 15 May 2023].

9) For more information, see pp. 30-31 at: issuu.com/sla_architects/docs/bynatur_booklet_uk_small/116 [Accessed 15 May 2023].

10) For more information, see the webpage: ipcc.ch/report/ar6/wg2/ [Accessed 15 May 2023].

11) For more information, see the webpage: centrocinquante.it/altre-pubblicazioni/9389-torino-atlas-mappe-del-territorio-metropolitano.html [Accessed 15 May 2023].

References

Antonini, E. (2019), “Incertezza, fragilità, resilienza | Uncertainty, fragility, resilience”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 6, pp. 6-13. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/612019 [Accessed 18 May 2023].

Augusto, B., Roebeling, P., Rafael, S., Ferreira, J., Ascenso, A. and Bodilis, C. (2020), “Short and medium- to long-term impacts of nature-based solutions on urban heat”, in *Sustainable Cities and Society*, vol. 57, article 102122, pp. 1-10. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.scs.2020.102122 [Accessed 18 May 2023].

Beatley, T. (2011), *Biophilic Cities – Integrating Nature into Urban Design and Planning*, Island Press, Washington. [Online] Available at: doi.org/10.5822/978-1-59726-986-5 [Accessed 18 May 2023].

Biasin, A., Masiero, M., Amato, G. and Pettenella, D. (2023), “Nature-Based Solutions Modeling and Cost-Ben-

Sustainable Development Goals	Objectives	NbS benefits
 1. No Poverty	Saving on energy costs	Energy consumption costs reduction by insulating the buildings and mitigation of environmental impact by NbS
 2. Zero Hunger	Local food production (0KM)	Promoting food production in urban environment
 3. Good Health and Well-Being	Physical and psychological health Healthy environment	Positive psychological impression from nature based design Mitigation of environmental impact affecting the air quality and thermal comfort by creating green barriers, carbon sequestration and absorption of particulate matter. Creating green space for physical activities
 4. Quality Education	Providing related knowledge T48	Increasing public awareness
 5. Gender Equality	Equal consideration of genders in design	Incorporation of genders in design
 6. Clean Water and Sanitation	Flood control Efficient water use and recycling	Nature-based water management strategies including rain water harvesting, management of runoff water and urban flooding, grey water recycling, combination of grey
 7. Affordable and Clean Energy	Decreasing fossil fuel input per produced unit	Deducing energy consumption due to the insulating efficiency of NbS Passive building design / heat stress reduction Incorporating nature as a source of clean energy
 8. Decent Work and Economic Growth	Increasing labor input and jobs economic growth	Creating new work positions Enhancing labor productivity Production (food, plants, energy) Land and property value
 9. Industry, Innovation and Infrastructure	Building standards with nature-based approach Proper multidisciplinary evaluation technologies	Visual design improvement by incorporating NbS Innovative technologies Promoting economic incentives Promoting innovative grey-green hybrid infrastructure
 10. Reduced Inequalities	Accessible nature in urban areas	Equal public access to nature and urban blue-green spaces Social interaction Sharing the urban space with nature
 11. Sustainable Cities and Communities	Resilience Safety Accessibility Affordability Effectiveness	Enhancing life quality and livability in urban areas Providing conducive conditions for increasing urban density Nature as a source of energy, food Safety in urban environment Social interaction, recreation
 12. Responsible Consumption and Production	Urban biodiversity Buildings and infrastructure life cycle	Contribution to urban biodiversity Compatible adaptation of existing buildings and infrastructure Advantage of using local species and natural peculiarities
 13. Climate Action	Mitigation and adaptation to climate change	Energy saving Enhancing resilience in urban area
 14. Life Below Water	Water life management (protection and restoration of the ecosystem)	Water management (controlled flows and pollutions) Enhancing biodiversity
 15. Life on Land	Enhancing biodiversity (protection and restoration of the ecosystem)	Providing natural habitat in urban area Mitigation of water and soil pollution Flood risk reduction Drought regulation
 16. Peace, Justice and Strong Institutions	Resilience Safety Accessibility Affordability Effectiveness	Enhanced safety and livability Accessible green in urban area
 17. Partnerships for the Goals	Inclusiveness Goal-oriented strategies	Involving professionals and stakeholders to reach the NbS potentials

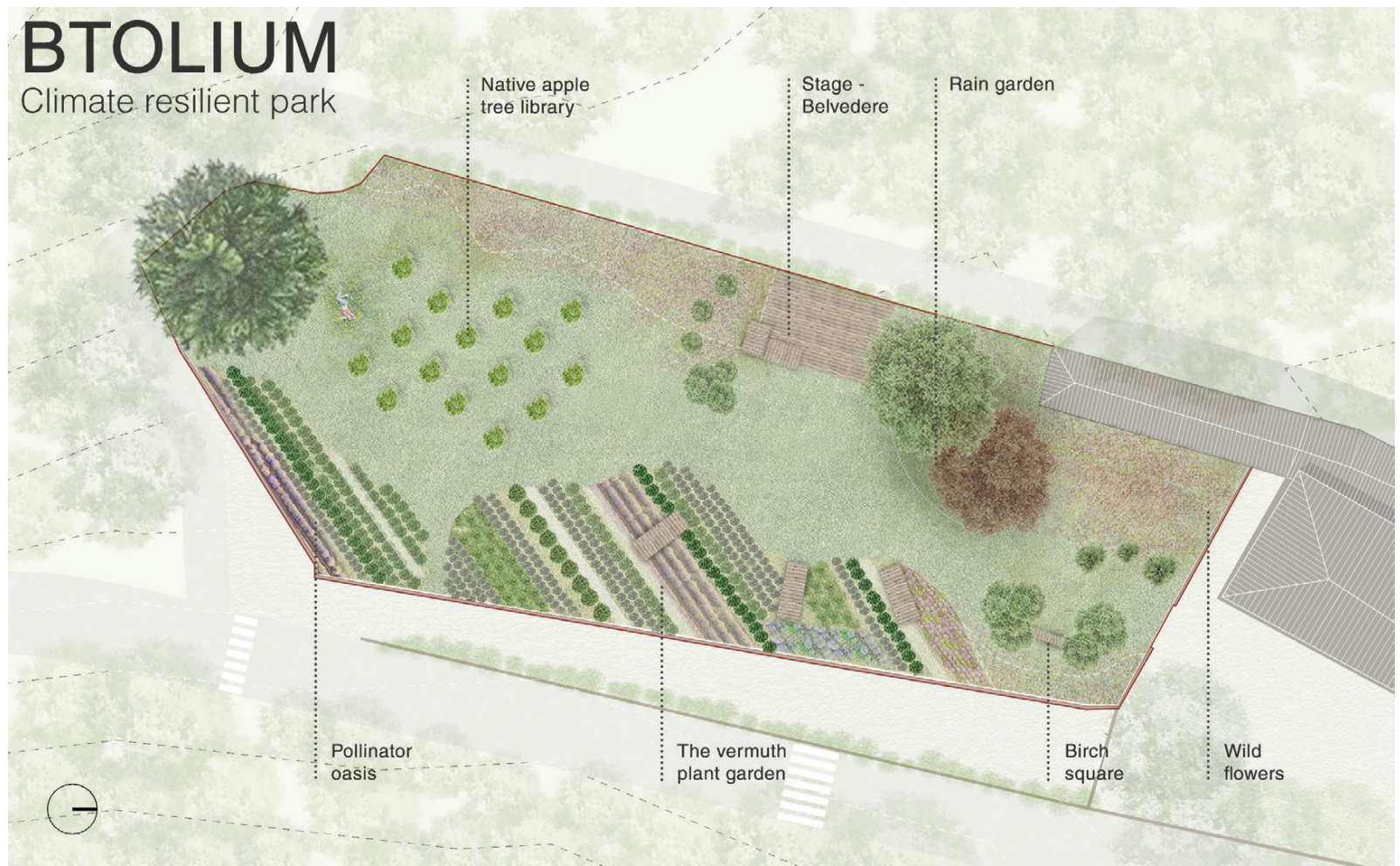


Fig. 12, 13 | Climate-resilient Park BTOLIUM in Bioglio: Masterplan; View on the 'pollinator oasis' (credits: M. Negrello and S. Marzio; M. Negrello 2022).

efit Analysis to Face Climate Change Risks in an Urban Area – The Case of Turin (Italy)”, in *Land*, vol. 12, issue 2, article 280, pp. 1-32. [Online] Available at: doi.org/10.3390/land12020280 [Accessed 18 May 2023].

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. (eds) (2016), *Nature-Based Solutions to Address Global Societal Challenges*, IUCN, Gland, Switzerland. [Online] Available at: doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.EN [Accessed 18 May 2023].

Coppola, E., Zaffi, L. and D’Ostuni, M. (2022), “Dalle Superillas al tactical greenery – Sperimentazioni e strategie transcalari di rigenerazione vegetale dello spazio urbano | From Superillas to tactical greenery – Experiments and transcalar strategies of vegetal regeneration of urban space”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 62-73. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1152022 [Accessed 18 May 2023].

Cortesi, I. (2020), “La cura dei luoghi tra città e natura – Il progetto di paesaggio per la salute e il benessere degli ecosistemi e degli abitanti”, in Maiano, P. (ed.), *Healthscape – Nodi di salubrità, attrattori urbani, architetture per la cura*, Quodlibet, Macerata, pp. 97-109. [Online] Available at: doi.org/10.1400/279932 [Accessed 18 May 2023].

Dell’Acqua, F. (2020), “Città ed emergenze ambientali – Le Infrastrutture Verdi per il progetto urbano | Cities and environmental emergencies – Green Infrastructures for the urban project”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 8, pp. 74-81. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/872020 [Accessed 18 May 2023].

EEA – European Environment Agency (2019), *The European Environment – State and outlook 2020 – Knowledge for transition to a sustainable Europe*, Publications Office of the European Union, Luxembourg. [Online] Available at: eea.europa.eu/publications/soer-2020 [Accessed 18 May 2023].

European Commission – Directorate-General for Research and Innovation (2021), *Evaluating the impact of nature-based solutions – A handbook for practitioners*. [Online] Available at: doi.org/10.2777/244577 [Accessed 18 May 2023].

European Commission (2020), *Addressing Finance And Capacity Barriers For Nature-based Solutions Implementation At City Level*. [Online] Available at: futurium.ec.europa.eu/en/urban-agenda/sustainable-land-use/library/addressing-finance-and-capacity-barriers-nature-based-solutions [Accessed 18 May 2023].

European Commission (2019), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – The European Green Deal*, document 52019DC0640, 640 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN [Accessed 18 May 2023].

Ellena, M., Ballester, J., Mercogliano, P., Ferracin, E., Barbato, G., Costa, G. and Ingole, V. (2020), “Social inequalities in heat-attributable mortality in the city of Turin, northwest of Italy – A time series analysis from 1982 to 2018”, in *Environmental Health*, vol. 19, article 116, pp. 1-14. [Online] Available at: doi.org/10.1186/s12940-020-00667-x [Accessed 18 May 2023].

Ferreira, E. (2023), *Opening Speech by Commissioner Elisa Ferreira at the Cities Forum – Torino, 16 March 2023*. [Online] Available at: ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/SPEECH_23_1707 [Accessed 18 May 2023].

Gould, S. J. and Vrba, E. S. (1982), “Exaptation – A missing term in the science of form”, in *Paleobiology*, vol. 8, issue 1, pp. 4-15. [Online] Available at: jstor.org/stable/2400563?origin=JSTOR-pdf [Accessed 18 May 2023].

Ingaramo, R. and Negrello, M. (2023), “Surviving the City – Nature as an Architecture Design Strategy for a More Resilient Urban Ecosystem”, in Giudice, B., Novarina, G. and Voghera, A. (eds), *Green Infrastructure*, Springer, Cham, pp. 139-150. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-031-28772-5_12 [Accessed 18 May 2023].

Kończak, B., Cempa, M., Pierzchała, L. and Deska, M. (2021), “Assessment of the ability of roadside vegetation to

remove particulate matter from the urban air”, in *Environmental Pollution*, vol. 268, part B, article 115465, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115465 [Accessed 18 May 2023].

Langemeyer, J. and Baró, F. (2021), “Nature-based solutions as nodes of green-blue infrastructure networks – A cross-scale, co-creation approach”, in *Nature-Based Solutions*, vol. 1, article 100006, pp. 1-11. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.nbsj.2021.100006 [Accessed 18 May 2023].

Losasso, M. (2016), “Infrastrutture per la città, il territorio, l’ambiente | Infrastructures for the city, the territory, the environment”, in *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 15, pp. 4-5. [Online] Available at: doi.org/10.13128/Techne-18393 [Accessed 18 May 2023].

López Portillo, V., Gómez, S. and Rodríguez, S. E. (2022), “5 Barriers That Hinder Green Financing”, in *World Resources Institute*, 02/11/2022. [Online] Available at: wri.org/update/5-barriers-hinder-green-financing [Accessed 18 May 2023].

McHarg, I. L. (1969), *Design with nature*, American Museum of Natural History, New York.

Martínez-Solanas, E., Quijal-Zamorano, M., Achebak, H., Petrova, D., Robine, J.-M., Herrmann, F. R., Rodó, X. and Ballester, J. (2021), “Projections of temperature-attributable mortality in Europe – A time series analysis of 147 contiguous regions in 16 countries”, in *The Lancet planetary health*, vol. 5, issue 7, pp. 446-454. [Online] Available at: doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00150-9 [Accessed 18 May 2023].

Marando, F., Heris, M. P., Zulian, G., Udías, A., Mentaschi, L., Chrysoulakis, N. and Maes, J. (2022), “Urban heat island mitigation by green infrastructure in European Functional Urban Areas”, in *Sustainable Cities and Society*, vol. 77, article 103564, pp. 1-15. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.scs.2021.103564 [Accessed 18 May 2023].

Melis, A., Lara-Hernandez, J. A. and Melis, B. (2022), “Learning from the biology of evolution – Exaptation as a design strategy for future cities”, in *Smart and Sustainable Built Environment*, vol. 11, issue 2, pp. 205-216. [Online] Available at: doi.org/10.1108/SASBE-08-2021-0141 [Accessed 18 March 2023].

Negrello, M. and Ingaramo, R. (2021), “Lo spazio del burn-out – Destruire per costruire forme alternative per l’abitare | The burn-out space – Deconstructing to build alternative living forms”, in *Ardeth*, vol. 8, pp. 131-147. [Online] Available at: doi.org/10.17454/ARDETH08.11 [Accessed 18 May 2023].

Negrello, M., Roccaro, D., Santus, K. and Spagnolo, I. (2022), “Progettare l’adattamento – Resilienze di agricoltura urbana nel contesto europeo | Designing the Adaptation – The Resilience of urban agriculture in the European context”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 74-83. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1162022 [Accessed 18 May 2023].

Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodine, A. and Greenfield, E. J. (2014), “Tree and forest effects on air quality and human health in the United States”, in *Environmental Pollution*, vol. 193, pp. 119-129. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.envpol.2014.05.028 [Accessed 18 May 2023].

OECD (2020), *A Territorial Approach to the Sustainable Development Goals – Synthesis Report*, OECD Urban Policy Reviews, OECD Publishing, Paris. [Online] Available at: oecd.org/cfe/a-territorial-approach-to-the-sustainable-development-goals-e86fa715-en.htm [Accessed 18 May 2023].

Pearlmuttera, D., Theocharib, D., Nehlsc, T., Pinho, P., Piro, P., Korolova, A., Papaefthimiou, S., Garcia Mateo, M. C., Calheiros, C., Zluwa, I., Pitha, U., Schosseler, P., Florentin, Y., Ouannou, S., Gal, E., Aicher, A., Arnold, K., Igondová, E. and Pucher, B. (2020), “Enhancing the circular economy with nature-based solutions in the built urban environment – Green building materials, systems and sites”, in *Blue-Green Systems*, vol. 2, issue 1, pp. 46-72. [Online] Available at: doi.org/10.2166/bgs.2019.928 [Accessed 18 May 2023].

Perini, K., Mosca, F. and Giachetta, A. (2021), “Rigenerazione urbana – Benefici delle nature-based solutions | Urban Regeneration – Benefits of nature-based solutions”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 9, pp. 166-173. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/9162021 [Accessed 18 May 2023].

Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Poloczanska, E., Mintenbeck, K., Alegria, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., Okem, A. and Rama, B. (2022), *Climate change 2022 – Impacts, adaptation and vulnerability*, IPCC Sixth Assessment Report. [Online] Available at: ipcc.ch/report/ar6/wg2 [Accessed 18 May 2023].

Santi, G. and Battini, S. (2019), “Green roofs to improve the energy renovation resilience of historic buildings”, in Ozevin, D., Ataei, H., Modares, M., Gurgun, A., Yazdani, S. and Singh, A. (eds), *Interdependence between Structural Engineering and Construction Management*, vol. 6, issue 1, ISEC Press, pp. 1-6. [Online] Available at: doi.org/10.14455/ISEC.res.2019.84 [Accessed 18 May 2023].

Scalisi, F. and Ness, D. (2022), “Simbiosi tra vegetazione e costruito – Un approccio olistico, sistemico e multilivello | Symbiosis of greenery with built form – A holistic, systems, multi-level approach”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 26-39. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/112022 [Accessed 18 May 2023].

United Nations (2015), *Transforming our world – The 2030 Agenda for Sustainable Development*. [Online] Available at: sdgs.un.org/2030agenda [Accessed 18 May 2023].

Vukmirovic, M., Gavrilovic, S. and Stojanovic, D. (2019), “The Improvement of the Comfort of Public Spaces as a Local Initiative in Coping with Climate Change”, in *Sustainability*, vol. 11, issue 23, article 6546, pp. 1-20. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su11236546 [Accessed 18 May 2023].

Zaffi, L. (2017), “Azioni e progetti per micro interventi sullo spazio pubblico della città”, in Lauria, A. (ed.), *Piccoli spazi urbani – Valorizzazione degli spazi residuali in contesti storici e qualità sociale*, Liguori, Napoli, pp. 141-177.

ARTICLE INFO

Received	20 March 2023
Revised	25 April 2023
Accepted	23 May 2023
Published	30 June 2023

L'ANIMA SOSTENIBILE DEL PASSATO

Imparare dal presente per rigenerare
spazi urbani inattuali

THE SUSTAINABLE SOUL OF THE PAST

Learning from the present to regenerate
outdated urban spaces

Antonella Falzetti, Giulio Minuto

ABSTRACT

Molti sono gli spazi aperti che oggi non si connotano più come piazze per la collettività, luoghi di condivisione e di appartenenza, inadatti a soddisfare le attuali attese in termini di benessere psico-fisico dell'utilizzatore e lontani dalle logiche dell'ecologia urbana. I luoghi ai quali si riferisce il contributo sono spesso il risultato di una sapiente cultura del progetto: hanno contribuito al disegno delle città, a migliorare ambiti degradati, ma scontano una mancata attitudine a proiettarsi in future dinamiche trasformative, risultando spazi sottratti al ciclo vitale che la loro funzione urbana oggi richiede. Analizzando il ciclo di vita di queste singole architetture urbane, realizzate prima delle recenti politiche ambientali, sorge l'interrogativo sulla loro effettiva sostenibilità e sulla loro tenuta nella progressione temporale del loro esercizio. Il saggio vuole aprire una riflessione sulle opportunità di modificazione di questi particolari ambiti acquisendo dalle strategie NbS specifiche e misurate tipologie di intervento in una prospettiva di adeguamento in chiave ecosistemica che sia in grado di tutelare l'identità architettonica trovata.

There are many open spaces that today no longer connote themselves as community squares, places of sharing and belonging, unsuited to meet current expectations in terms of the psycho-physical well-being of the user and far from the logic of urban ecology. The places to which the contribution refers are often the result of a skilful design culture: they have contributed to the design of cities, to improve degraded areas, but they suffer from a lack of aptitude to project themselves into future transformative dynamics, resulting in spaces removed from the life cycle that their urban function requires today. By analysing the life cycle of these individual urban architectures, made before recent environmental policies, the question emerges as to their actual sustainability and resilience in the temporal progression of their operation. The essay aims to open a reflection on the opportunities for modification of these particular areas by acquiring from the NbS strategies specific and measured types of intervention in a perspective of adaptation in an eco-systemic key that is able to protect the architectural identity found.

KEYWORDS

piazze pubbliche, architettura climatica, progetto urbano, resilienza, rigenerazione

public squares, climate architecture, urban design, resilience, regeneration

Antonella Falzetti, Architect and PhD, is a Full Professor of Architectural and Urban Design at the Department of Civil & Computer Engineering, 'Tor Vergata' University of Rome (Italy). She carries out research activities mainly in the area of the relationship between design and urban landscape modifications, addressing issues ranging from the scale of the diffuse city to that of urban regeneration. For some years she has also been carrying out applied research on adaptive and sustainable micro-architectures, in a vision of innovative solutions (patents) that integrate language, technique, human-centre design and digital technologies. E-mail: falzetti@ing.uniroma2.it

Giulio Minuto, Structural Engineer-Architect and PhD Candidate at the Department of Civil and Computer Engineering, 'Tor Vergata' University of Rome (Italy), carries out research aimed at studying the design of the built environment, in the particular context of coastal urban landscapes in relation to the relationships between historic buildings, decommissioning and ecological transition. He also researches design strategies on an urban scale. E-mail: giulio.minuto@students.uniroma2.eu



Quando nel 1860 nel refettorio del New College di Oxford, edificato nel 1376, fu necessario sostituire le grandi travi in quercia ammalorate si aprì un dilemma. A molti secoli di distanza si poneva il problema di come sostituirle data la loro eccezionale dimensione, di quale materiale utilizzare, di come rispettarne l'immagine. Nei latifondi di proprietà si trovava «[...] un bosco intero, piantato 500 anni prima proprio per assicurare il legname necessario alla sostituzione della carpenteria del tetto» (Magnago Lampugnani, 2022, p. 2): i primi costruttori avevano operato in una visione che oggi definiremmo 'sostenibile'. Questa lontana vicenda è in fondo la metafora della nostra più aggiornata sensibilità sui temi del pensare e costruire ecologico, in quanto sa riunire la perentoria consistenza dell'artificio, che non è eterno, con le risorse in attesa della natura; ci ricorda inoltre l'importanza di previsioni di lunga durata per l'opera di architettura, sia essa un edificio oppure, come nel caso di questa trattazione, uno spazio urbano a 'volume zero'.

Includere la dimensione temporale nel progetto dello spazio pubblico significa tener conto dei suoi cicli di vita, sradicarsi dal tempo bloccato dell'opera per accoglierne le mutazioni, misurare la predisposizione ai cambiamenti, aprirsi a nuove forme di socialità; in altre parole ciò che indichiamo comunemente come 'resilienza' (Antonini, 2019), intesa qui, non solo come attributo latente della 'materia architettonica' ma come alternativa operante per un progetto di rigenerazione. Con questi presupposti il contributo intende proporre una riflessione rivolta alla tenuta delle piazze moderne in merito alla loro qualità urbana in chiave ecologica, partendo dall'assunto che lo scopo sociale di benessere, sicurezza e inclusione è strettamente connesso e dipendente dalle condizioni ambientali. Le piazze sono spazi vitali per i cittadini: se cessano di svolgere la funzione di attrattori quotidiani, di bene comune condiviso, producono un impoverimento sociale non sostenibile (Moniz et alii, 2022).

Il saggio focalizza l'attenzione sul patrimonio internazionale di piazze qualificate, realizzate dal secondo dopoguerra, le quali, pur distinguendosi per il talento dei progettisti e l'indiscutibile qualità architettonica sono oggi scarsamente vissute, poco confortevoli e poco attrattive. L'obiettivo è individuare, all'interno delle strategie flessibili della progettazione sostenibile, codici di intervento e buone pratiche per rigenerare quegli spazi aperti, che oggi non si connotano più come piazze per la collettività, come luoghi di condivisione e di appartenenza, poiché sottratti al loro originario scopo funzionale; ci si riferisce a spazi dove gli accentuati valori estetici non si incrociano con valori d'uso adeguati, con legittime istanze di comfort termico e di benessere fisico. Luoghi che, pur contraddistinti da una singolare dimensione poetica, si identificano con «[...] un senso dell'abbandono come resa e nostalgia con un'attrazione per il vuoto contraddetta [...] da una pronunciata agorafobia» (Purini, 1993, p. 80; Figg. 1, 2).

In questa specifica indagine sullo spazio pubblico come architettura di città si pensa alle piazze esistenti come a un organismo vitale e come tale soggetto a quelle alterazioni patologiche che una nuova coscienza urbana continuamente individua. Ciò che si auspica è una 'mutazione genetica' che preveda il passaggio dalla piazza 'meta-

fisica' alla piazza come oasi urbana, governata da relazioni di comunità e da equilibrate condizioni ambientali sostenute da un uso non invasivo e misurato delle componenti naturali in quanto, solo quando è capace di rispondere, adattandosi, alle ragioni della sostenibilità e a misurarsi con le molteplici occasioni benefiche che la natura può offrire, lo spazio aperto-pubblico può rigenerarsi.

La solidarietà delle forme con il terreno (Gausa, 2022), con le misure dell'intorno insediato, con le attività, con le legittime attese per uno spazio attrattivo, vivibile, confortevole costituisce una traccia ineludibile per il progettista 'artefice' di luoghi. Ciò richiede di misurare continuamente l'opera con il linguaggio architettonico, i vincoli compositivi e la materia che la caratterizzano, studiandola e sottoponendola alla verifica di parametri di controllo che diventano indicatori operativi per interventi utili a incrementare il livello di resilienza.

Nello specifico il contributo delimita, innanzitutto, il quadro delle criticità degli spazi pubblici contemporanei autoriali, mettendo in evidenza la complessità del rapporto tra lo spazio fisico artificiale e statico della Piazza e la sostanza organica, vivente e in mutazione della Natura, misurando la tenuta di due differenti temporalità messe a confronto. Affronta inoltre gli aspetti legati ai processi generativi di soluzioni conformi e sostenibili degli spazi pubblici caratterizzati da una riconosciuta qualità architettonica aprendo una riflessione sulle tradizionali modalità conoscitive e applicative nel progetto di rigenerazione urbana.

Dal punto di vista della ricaduta sperimentale si avanza un'ipotesi di interazione tra due componenti fondamentali: i caratteri qualitativi architettonici e i dati quantitativi come flusso, frequentazione, permanenza, calcolabili attraverso le tecnologie digitali, insieme a selezionati indicatori ambientali ottenuti da modelli di analisi climatica.

Le criticità e il percorso di indagine | La negativa risposta alla naturale e spontanea propensione dell'uomo a vivere alcuni luoghi aperti viene registrata, in questa dissertazione, come fattore di allontanamento e di estraneità, partendo dal presupposto che il fattore climatico-ambientale sia una causa concorrente (De Capua and Errante, 2019). Le evidenze scientifiche in merito agli effetti del cambiamento climatico documentano l'incremento della vulnerabilità delle aree urbane, compromettendo l'interesse della collettività e la fruizione dei luoghi (Losasso and Verde, 2020). Al fine di contrastare questo fenomeno sono necessarie azioni che introducono misure di mitigazione per prevenire danni irreparabili alla componente antropica della sostenibilità urbana (European Commission, 2020). La condizione di vulnerabilità degli spazi pubblici, non eludibile, si configura come dato originario che sconta già in anticipo la mancata attenzione ai valori fisico-ambientali del luogo determinando una distanza, apparentemente incolmabile con le sfide ecologiche con le quali oggi siamo chiamati a confrontarci. Ragione per cui è necessario procedere per stratificazione di nuovi livelli dialoganti con l'architettura esistente, che assumano il valore di generatore di nuove forme di vitalità in collaborazione con la natura vivente e i suoi elementi primari (Fig. 3).

Lo spazio fisico aperto che l'uomo ha costruito viene inquadrato nella fenomenologia più articolata dell'ambiente, dove le interazioni tra indivi-

dui/comunità e luogo pubblico, tra artificio e fattori biotici costituiscono l'orizzonte di riferimento, dove la piazza è pensata in fase evolutiva, come un ecosistema locale capace di evolvere e adattarsi (De Capua and Errante, 2019). Il concetto di ecosistema urbano, indicato come obiettivo, si lega a una condizione di equilibrio, uno stato di sinergia tra soluzioni progettuali in grado di determinare condizioni ambientali descrivibili mediante la combinazione di sistemi multifunzionali integrati che garantiscono una resilienza rispetto alla variabilità delle condizioni climatiche esterne (European Commission, 2020).

Dando qui per acquisito l'affollato dibattito sullo spazio pubblico, in ordine alle sue caratteristiche fisico-fenomenologiche e alle correlate derive interpretative (Celmente et alii, 2019; Defilippo Shinzato et alii, 2019; Tucci and Giampaolotti, 2022), è da rilevare come la sua natura polisemica porti a rileggerne le caratteristiche in un contesto di relazioni che è cambiato e che sollecita a rivedere insieme categorie conoscitive e strumenti del progetto. Si tratta di costruire un ambiente operativo a molte dimensioni dove convivono e reagiscono insieme il vissuto quotidiano, il contesto fisico percepito e il mondo ideativo che collega l'immaginario di chi concepisce alle attese di chi fruisce.

In questo quadro di criticità si delinea il campo di applicazione, si definiscono le caratteristiche delle pratiche applicative (procedimenti ideativi, innesti disciplinari, strumenti operativi, tecnologie) insieme a una rinnovata epistemologia del progetto, nel quale i procedimenti ideativi, nella loro sostanza formale-spaziale, non possono essere disgiunti dalla loro natura di 'impresa cognitiva' e dal loro contenuto 'euristico sperimentale' (Squazzoni, 2003). Laddove è presente un linguaggio architettonico compiuto e una qualità compositiva dello spazio la misura dei nuovi interventi va attentamente trovata e calibrata. I codici operativi e le modalità conoscitive tradizionali del recupero in ambito urbano, che si applicano prevalentemente alla riqualificazione della materia artificiale di uno spazio fisico, non convergono su obiettivi quali adattabilità, responsività, resilienza (Frantzeskaki, 2019). Necessita pertanto rivedere una prassi progettuale consolidata, proponendo viceversa interventi integrati, misuratamente invasivi, che mantengano innanzitutto le qualità formali dello spazio architettonico trovato e potenzino la presenza di elementi puntuali a valenza naturalistico-ecosistemica (Fig. 4).

Alla natura viene attribuito un ruolo specifico in quanto portatrice di effetti autonomi dinamici in contrapposizione alla staticità dell'architettura, mentre lo spazio della piazza diviene il laboratorio della sperimentazione, dove progettare una nuova relazione fisiologica tra la natura, l'artificio e l'uomo (Scalisi and Ness, 2022). L'architettura e gli elementi della natura, in quanto parti numericamente amministrabili e anticipatrici di metamorfosi controllate, condividono un rapporto simbiotico, a volte anche mimetico, «[...] in cui entrano in gioco le dimensioni del tempo e della modificazione unitamente alla sostanza tecnologica e alle anticipazioni ideative del progetto, incorporando le condizioni della propria trasformabilità» (Falzetti, Macaione and Autili, 2022, p. 106).

L'orizzonte dei riferimenti attinge dal panorama di soluzioni e sperimentazioni che delineano

lo stato dell'arte (Dell'Acqua, 2020; Valente et alii, 2022), sia in campo sperimentale che nel dominio di prassi affermate nel panorama scientifico. In questo contesto si assumono le esperienze consolidate nell'ambito delle soluzioni e strategie basate sulla natura applicate al progetto urbano, abbracciando il campo delle forme di progettazione climatica, di SuDS (Sustainable Drainage Systems), nonché più in generale le (infra)strutture verdi e blu e i modelli di inverdimento urbano. Le NbS, che per definizione si ispirano o imitano elementi naturali per rispondere a un'esigenza di carattere prettamente funzionale, si considerano al-

ternative alle soluzioni di semplice inverdimento dalle quali si distinguono per la trasversalità delle conoscenze disciplinari e per l'integrabilità in 'sistemi multifunzionali' (Mussinelli et alii, 2018), capaci di concertare risposte adattive con significativi valori aggiunti, conseguenti alle sinergie e trasversalità di sistema (Fig. 5; Andaloro, de Waal, and Suurenbroek, 2022).

Inoltre tra le sperimentazioni promosse e incentivate nel quadro delle agende europee per lo sviluppo sostenibile (EU Horizon 2020 – Horizon Europe)¹, si considerano di particolare rilevanza e utilità anche gli approcci tassonomici, le guide,

i cataloghi e le piattaforme, quali ad esempio Nature4Cities (2018), Common International Classification of Ecosystem Services (CICES)², A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience (World Bank, 2021) e Think Nature³ in quanto rappresentano un palinsesto tecnico-applicativo fondamentale nello scenario di una ricerca scientifica nel campo delle interazioni tra architettura e habitat.

La conoscenza di tipologie di intervento basate sulla natura o ispirate ad essa supporta l'obiettivo dichiarato di raggiungere determinate condizioni ecosistemiche e microclimatiche mitigative se non ottimali. I rapporti tra l'artificio e la natura, tra le sue forme anarchiche e il dominio razionale di quelle antropiche, tra tecnologia e vita vengono individuati e amministrati attraverso processi analitico-valutativi che aiutano a definire e schematizzare gli elementi fondamentali per la trasformazione (Ratti and Belleri, 2020).

Itinerari operativi | L'ipotesi di partenza secondo cui il ridotto utilizzo dei luoghi urbani indagati sia legato in misura determinante alle condizioni ambientali non favorevoli, viene verificato attraverso l'analisi sistematica e quantitativa degli aspetti climatici. Nel quadro dell'evoluzione operativa si attribuisce ruolo centrale a un set di variabili ambientali da assumere come punto di attenzione monitorabile, la cui combinazione è in grado di descrivere le caratteristiche climatiche del luogo indagato. Si delinea quindi un orizzonte operativo di strumenti progettuali che consentono di integrare con tali grandezze, al fine di determinare equilibri ecosistemici ottimali per l'essere umano rispetto alla sua natura biologica (Valenti and Pasquero, 2021).

Le menzionate variabili sono elaborate partendo da un approccio teorico che identifica, con un richiamo cosmogonico, quattro 'elementi' come principi di razionalità primigenia: acqua, aria, luce e terra. Essi sono assimilati a 'contenitori concettuali' che assorbono una duplice valenza: grandezze che governano un ecosistema quale microcosmo, correlate alle modalità con cui l'uomo e i sistemi viventi interagiscono con l'ambiente, e componenti essenziali per la materia del progetto. Gli elementi vengono posti in relazione con variabili fisiche pertinenti utilizzate nel contesto delle scienze climatiche alle quali corrispondono i singoli contenitori concettuali: umidità (acqua), ventilazione (aria), irraggiamento (luce) e temperatura superficiale (terra) consentono di avanzare nel processo conoscitivo mediante strumenti analitici quantitativi.

Per meglio chiarire le differenti modalità di misurazione atte a costruire il quadro analitico inerente alla mappatura delle variabili climatiche, si riporta come caso esemplificativo un'esperienza condotta dagli autori del presente contributo⁴ su una soluzione urbana di pregio architettonico, applicando simulazioni agli elementi finiti (FEM – Finit Element Method). Tramite rilevazioni e modellazione si è elaborato un modello/database caratterizzato mediante l'integrazione di dati geometrici (dimensionali e morfologici), proprietà fisiche dei materiali (albedo, calore specifico, permeabilità all'acqua, trasmittanza) e aspetti contestuali (localizzazione, orientamento, dati climatici).

Sul modello sono state effettuate simulazioni con diverse variabili ambientali e con differenti tem-



Fig. 1 | 'Ogni piccola cosa' exhibition (2021), designed by Andrea Rotili, Piazza del Popolo in Ascoli Piceno (credit: A. Rotili, 2023).

Fig. 2 | 'Sistema delle Piazze' in Gibellina Nuova, designed by Franco Purini; Piazza in Gratosoglio, designed by Cino Zucchi; Piazza in Bellinzona, designed by Livio Vacchini; 'Piazza del Municipio di Fiumicino,' designed by Alessandro Anselmi (credits: G. Minuto, 2023).

pi di ritorno, consentendo di prefigurare scenari rispetto alla previsione dei cambiamenti climatici. Le indagini sono state condotte utilizzando software per la modellazione e simulazione parametrica implementabili con approcci sperimentali (Energy Plus, Honeybee, Ladybug, Butterfly, OpenFOAM CFD), tramite i quali possono essere elaborate mappature microclimatiche, modelli di rete dei flussi d'aria, analisi dell'illuminazione e simulazioni avanzate della radiazione solare.

Per le finalità della presente trattazione assumono valore esemplificativo le elaborazioni grafiche, sviluppate in ambiente Rhino-Grasshopper tramite plugin Honeybee, della radiazione solare incidente agli equinozi ai solstizi e su base annuale, applicate al caso studio Il Sistema delle Piazze a Gibellina Nuova. Le simulazioni sono effettuate sul modello tridimensionale parametrico, discretizzando la pavimentazione secondo una maglia 0,5 x 0,5 metri e utilizzando i dati climatici desunti dal database Trapani-Birgi ITA. La lettura dei dati ottenuti evidenzia una condizione di criticità dovuta all'entità dell'irraggiamento diretto che, nel contesto geografico specifico del caso analizzato, comporta evidenti effetti negativi sulla vivibilità degli spazi (Figg. 6-8).

La mappatura delle aree di 'stress', relativa in questo caso all'irraggiamento solare diretto, costituisce una verifica su base quantitativa e si configura operativamente come supporto alla successiva definizione degli interventi mitigativi costituiti dall'intersezione dei due ambiti: quello scientifico delle variabili ambientali e quello tecnico-architettonico dei mezzi operativi del progetto, richiedendo un continuo controllo tra dato oggettivo e dato critico. Il processo progettuale si sviluppa così per fasi sequenziali, nelle quali il vasto orizzonte dei riferimenti che delineano il dominio delle sperimentazioni e delle soluzioni basate sulla natura richiede di selezionare strategie di intervento micro-invasive che incidano principalmente sul miglioramento degli aspetti climatici con effetti contenuti sulla materia 'architettónica'.

Una delle possibili soluzioni alla permeabilità del suolo è rappresentata ad esempio dalla 'desigillatura', una buona pratica condivisa ma non acriticamente applicabile ai contesti urbani di riferimento che reclamano un livello 'debole' di interferenza. Di fronte a opere che risultano caratterizzate da specifiche soluzioni, quali un distintivo disegno della pavimentazione, si può procedere con controllate micro-forature del manto che consentono di implementare strategie ecosistemiche dinamiche SuDS (drenaggio, raccolta ed evapotraspirazione, ecc.) rispettando la tessitura della superficie pavimentata come nell'applicazione sperimentale del Climate Tile nel quartiere Nørrebro di Copenhagen (Fig. 9; Farnè et alii, 2020).

Ulteriori azioni progettuali attuabili secondo una logica di integrazione 'controllata' degli interventi si sostanziano tramite alterazioni a-volumetriche delle caratteristiche 'cutanee' dell'opera, bio-metamorfosi di superfici verticali e orizzontali. Tali interventi possono attuarsi attraverso la realizzazione di pareti d'acqua, verde verticale/pensile, pavimentazioni inverdite, drenanti o fotocatalitiche, puntualmente calibrate nel contesto delle inderogabili ragioni di integrazione e dialogo con l'esistente (Dessi, 2018). Le strategie intuibili si concretizzano attraverso un approccio selettivo che, a partire dall'individuazione di specifiche su-

perfici, procede attraverso 'campiture controllate' con l'applicazione delle NbS individuate. In questo caso vengono prese in considerazione le pareti di edifici che definiscono i margini della piazza, attrezzate con installazioni vegetazionali (Höpfl et alii, 2022; Büscher, Polste and Klusmann, 2022; Comino, Molari and Dominici, 2021), dislivelli trasformati in pareti d'acqua attivabili selettivamente quando ricorrono determinate condizioni climatiche, così come porzioni di pavimentazione trasfigurabili integrando il disegno compositivo esistente con una ricchezza di nuovi rapporti e occasioni percettive (Fig. 10; Nature4Cities, 2018).

Le operazioni di desigillatura e inverdimento superficiale consentono per esempio di controllare variabili ambientali specifiche quali temperature superficiali, umidità, riflettività, e al contempo si integrano con strategie su più ampia scala di captazione, filtrazione e raccolta delle acque piovane, rafforzando anche sul piano eco-strategico la centralità della piazza (Dessi et alii, 2017).

Il vocabolario di azioni progettuali integrabili si estende oltre l'approccio meramente 'cutaneo'; gli interventi si dispiegano in questo caso come sovrapposizioni manifeste che, preservando una dichiarata distinguibilità dall'esistente, definiscono

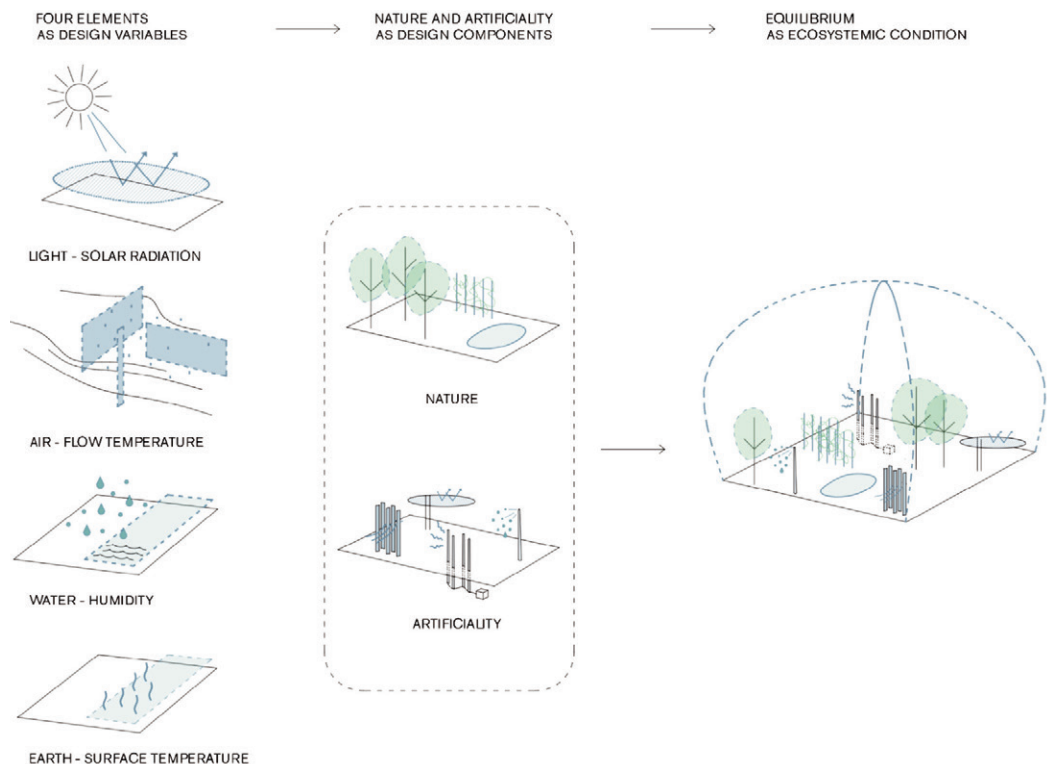
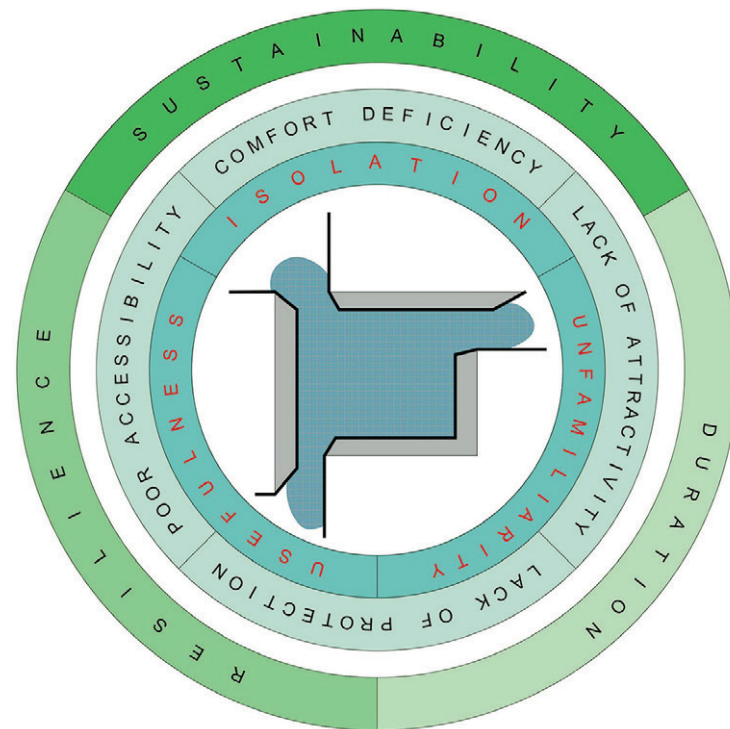


Fig. 3 | Conceptual model of the proposed rehabilitation process (credit: G. Minuto, 2023).

Fig. 4 | Overview of the operating model (credit: G. Minuto, 2023).

nuovi rapporti spaziali e morfologici con effetti tanto nel dominio del visibile quanto in quello delle variabili climatiche (Fig. 11).

Si fa riferimento a particolari soluzioni progettuali di tipo additivo che si inseriscono nello spazio della piazza in modo puntuale (piccoli giardini o aree con servizi ecosistemici) prevedendo l'integrazione di elementi vegetazionali, arredi e installazioni bio-tecnologiche, interventi multifocali nei quali le componenti menzionate sono integrate e dialoganti rispetto ai diversi livelli di interazione (fisica, morfologica, cromatica, funzionale) fornendo contemporaneamente, nello spettro di servizi ecosistemici, il miglioramento della qualità dell'aria, la gestione delle risorse idriche, la tutela della biodiversità e servizi per i cittadini. Queste si ritengono valide soluzioni in quanto, pur mantenendo una propria autonomia formale e funzionale sono assimilabili a micro-oasi urbane, portatrici di nuovi usi, forme e servizi climatici per una rinnovata centralità sociale della piazza (World Bank, 2021).

Nel contesto delle soluzioni conformi si assume un approccio permeabile all'adozione e rielaborazione di soluzioni mutuata dalla sfera delle tecnologie per il controllo ambientale ed energetico e, come nell'esempio del Taichung Jade MeteorPark di Philippe Rahm, si propone una gram-

matica di strumenti nei quali la tecnica diviene mezzo per consentire, nel dialogo con la natura, il controllo delle grandezze fisiche climatiche (Fig. 12). Diverse declinazioni di elementi 'tecnologici', dal low all'high-tech, si qualificano in base alla possibilità di instaurare specifiche interazioni con l'ambiente circostante e gli elementi naturali. La capacità di schermare o deviare la brezza, di modificare l'umidità o di interferire con la luce solare diventano caratteristiche qualificanti che, mediante la reciproca combinazione, consentono di delineare particolari condizioni, in sinergia con le attività biologiche della componente naturale affiancata (Scuderi, 2020).

È evidente che l'elaborazione di progetti per la rigenerazione dei luoghi esaminati deve necessariamente procedere per singoli interventi in relazione alla variabilità delle caratteristiche geografiche, climatiche, architettoniche e sociali dei contesti specifici. Il vasto e diversificato panorama di situazioni non può essere risolto esclusivamente mediante un repertorio di azioni standardizzate, ma richiede l'approfondimento specifico per ogni scenario di intervento. Si delinea un innovativo campo di ricerca in cui le soluzioni possibili vengono misurate seguendo una logica sperimentale che stimola una costante revisione e rielaborazio-

ne critica dello stato dell'arte con l'obiettivo di estendere la gamma di soluzioni e strategie basate sulla natura per l'applicazione su un vasto patrimonio di architetture urbane che, attraverso un processo di attualizzazione, possono ancora garantire un contributo significativo in termini di valore sociale ed ecologico.

Riflessioni conclusive | Nel panorama delle pratiche per il progetto e la rigenerazione degli spazi urbani, l'adozione di soluzioni basate sulla natura sta acquisendo crescente rilevanza, nella logica del conseguimento di traguardi legati all'ecologia, intesa come impegno culturale e operativo nei confronti della componente biologica e naturale dell'essere umano e il suo collocamento in uno stato di equilibrio con l'ambiente circostante. Nello scenario contemporaneo, segnato dall'imperativo della sostenibilità e della sfida climatica, emerge il rischio che l'applicazione aprioristica e generalizzata delle NbS releghi in un secondo piano la tutela di valori architettonici presenti, legittimando soluzioni esclusivamente legate a ragioni tecnico-specialistiche non conformi, se adottate in ambiti della città particolarmente vincolanti e sensibili come quelli presi in considerazione.

Le tipologie analizzate contengono un apprezzabile orizzonte di soluzioni progettuali, con diversi gradi di interazione e adattabilità: gli interventi mimetici quali le microforature, le soluzioni 'cutanee' superficiali o quelle più elaborate sia dal punto di vista formale che funzionale (giardini tascabili) evidenziano, attraverso la diversità dei risultati osservabili tra le esperienze internazionali, una flessibilità di soluzioni disponibili. Tale versatilità può essere interpretata come un elevato potenziale di adattamento al processo inventivo, volto a determinare sempre nuove soluzioni idonee alle specificità dei differenti contesti di applicazione.

Tuttavia dal contesto dei repertori analizzati emerge che l'ampia varietà di esperienze e soluzioni NbS riesce a soddisfare solo in parte l'obiettivo prefissato, riducendo le possibilità applicative. Tale scenario costituisce attualmente un limite, in quanto l'adozione di soluzioni pertinenti prelevate dal vasto repertorio non può essere sottoposta alle municipalità senza un processo, tutto da definire, di interazione tra forme, materiali e caratteristiche climatiche e ambientali, percorso complesso per la mancanza di uniformità dei parametri in gioco. Ragioni scientifiche e umanistiche si misurano in un serrato confronto all'interno di un processo che richiede l'interazione di diverse competenze disciplinari, in una condizione di trasversalità e complessità per il progetto. Si configura così un rinnovato quadro conoscitivo strutturato su rigorose matrici derivanti dall'interazione dei dati rilevati che fornisce un ulteriore strumento per la comprensione critica dei principi fondativi dell'oggetto architettonico sul quale intervenire e, quando possibile, per l'interlocuzione con gli autori dell'opera.

L'adottabilità di questo approccio è limitata, dunque, dall'acquisizione dei parametri oggettivi



Fig. 5 | Field Office, designed by Lango Hansen; Watersquare Bentheimlein, designed by De Urbanisten; Caixaforum – Green wall, designed by Patrick Blanc; 'Piazza Malatesta', designed by Laprimastanza; Vulcania Centre, designed by Atelier CAP (credits: G. Minuto, 2023).

utili a guidare la selezione e indicare le regole di applicabilità degli assunti iniziali procedendo con approfondimenti specifici volti a mettere a punto, mediante rielaborazione e calibrazione delle soluzioni disponibili conosciute, nuove tipologie di intervento più confacenti a quella programmatica visione trasformativa capace di assicurare contestualmente una nuova immagine e una specifica rigenerazione dello spazio urbano.

Tale esplorazione – che si colloca nell’intersezione tra forze differenti operanti nell’universo delle forme e in quello della realtà fisica, tra mimesi e manifestazione – ridefinisce gli strumenti per un mirato approccio al progetto di rigenerazione in chiave ecologica, favorendo una più coerente integrazione del nuovo con l’esistente, attraverso un confronto consapevole tra le multiformi espressioni della cultura architettonica moderna e contemporanea.

When in 1860 in the refectory of New College, Oxford, built in 1376, it was necessary to replace the large, deteriorated oak beams, a dilemma arose. Many centuries later there was the problem of how to replace them given their exceptional size, what material to use, and how to respect their image. However, in the estates owned, there was ‘an entire forest, planted 500 years earlier precisely to secure the timber needed to replace the roof carpentry’ (Magnago Lampugnani, 2022). The early builders had operated within a vision that we would now call ‘sustainable’. This distant story is a metaphor of our most up-to-date sensitivity on issues of ecological thinking and building, as it brings together the peremptory consistency of artifice, which is not eternal, with the pending resources of nature. It also reminds us of the importance of long-lasting predictions for the work of architecture, be it a building or, as in the case of this discussion, a ‘zero volume’ urban space.

Including the temporal dimension in the design of public space means taking into account its life cycles, uprooting oneself from the blocked time of the work to accommodate its mutations, measuring the readiness for changes, and opening up to new forms of sociality; in other words, what we commonly refer to as ‘resilience’ (Antonini, 2019), understood here, not only as a latent attribute of ‘architectural matter’ but as an operative alternative for a regeneration project. With these assumptions, the contribution intends to propose a reflection aimed at the resilience of modern squares with regard to their urban quality from an ecological perspective, starting from the assumption that the social purpose of well-being, safety and inclusion is closely related to and dependent on environmental conditions. Squares are vital spaces for citizens: if they cease to perform the function of daily attractors, of the shared common good, they produce unsustainable social impoverishment (Moniz et alii, 2022).

The essay focuses attention on the international heritage of qualified plazas built since the Second post-War period, which, while distinguished by the talent of designers and unquestionable architectural quality, are today poorly experienced, uncomfortable and unattractive. The objective is to identify, within the flexible strategies of sustainable design, codes of intervention and

good practices to regenerate those open spaces, which today no longer connote themselves as squares for the community, as places of sharing and belonging, since they have been subtracted from their original purpose; we are referring to spaces where accentuated aesthetic values do not intersect with adequate use values, with legitimate instances of thermal comfort and physical well-being. Places that, while marked by a singular poetic dimension, are identified with ‘a sense of abandonment as surrender and nostalgia with an attraction to emptiness contradicted by a pronounced agoraphobia’ (Purini, 1993; Figg. 1, 2).

In this specific survey of public space as city architecture, existing squares are thought of as a vital organism and as such subject to those pathological alterations that a new urban consciousness continually identifies. What is hoped for is a ‘genetic mutation’ that envisages a shift from the ‘metaphysical’ square to the square as an urban oasis, governed by community relations and balanced environmental conditions sustained by a non-invasive and measured use of natural components since only when it is capable of responding, adapting, to the reasons of sustainability and to measure itself against the multiple beneficial opportunities that nature can offer, can open-public space regenerate.

The solidarity of forms with the terrain (Gausa, 2022), with the measures of the settled surroundings, with the activities, with the legitimate expectations for an attractive, liveable, comfortable space constitutes an inescapable trace for the designer ‘placemaker’. This requires continually measuring the work with its architectural language, compositional constraints and subject matter, studying it and subjecting it to the verification of control parameters that become operational indicators for useful interventions to increase its level of resilience.

Specifically, the contribution delimits, first of all, the framework of the criticalities of authorial contemporary public spaces, highlighting the complexity of the relationship between the artificial and static physical space of the Square and the organic, living and changing substance of Nature, measuring the tightness of two different temporalities compared. It also addresses the aspects related to the generative processes of conforming and sustainable solutions of public spaces characterised by a recognized architectural quality opening a reflection on the traditional ways of knowledge and application in urban regeneration design.

From the point of view of experimental fallout, a hypothesis of interaction between two fundamental components is advanced: architectural qualitative characters and quantitative data such as flow, attendance, and permanence, computable through digital technologies, together with selected environmental indicators obtained from climate analysis models.

Critical issues and the path of inquiry | The negative response to the natural and spontaneous human propensity to experience some open places is recorded in this dissertation as a factor of estrangement and extraneousness, assuming that the climatic-environmental factor is a competing cause (De Capua and Errante, 2019). Scientific evidence regarding the effects of climate change documents the increased vulnerability of

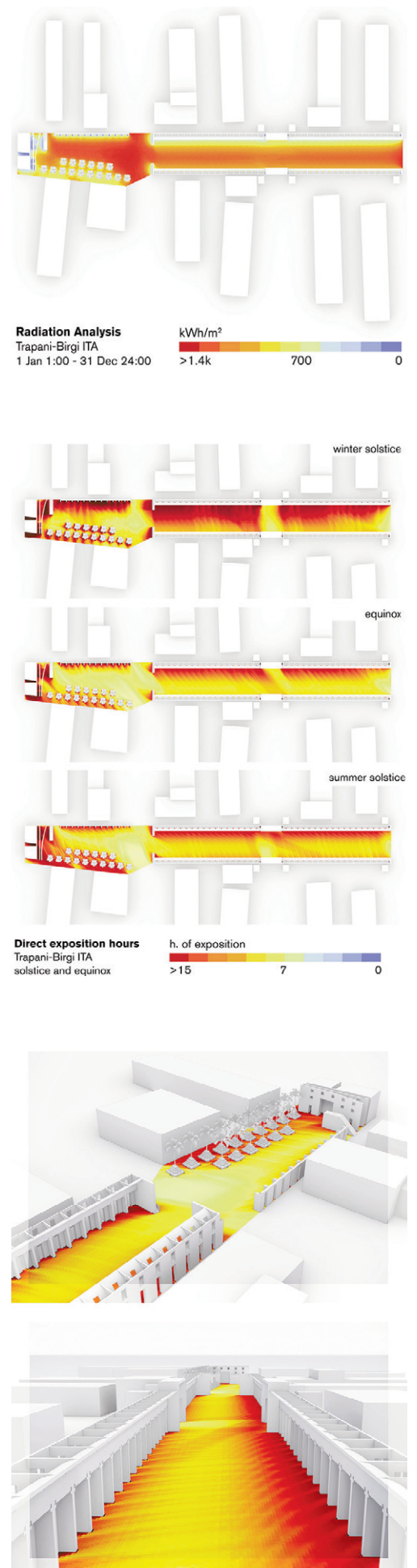


Fig. 6-8 | FEM simulations of climate variables, case study: ‘Sistema delle Piazze’ in Gibellina Nuova (credits: E. Galatolo, 2023).

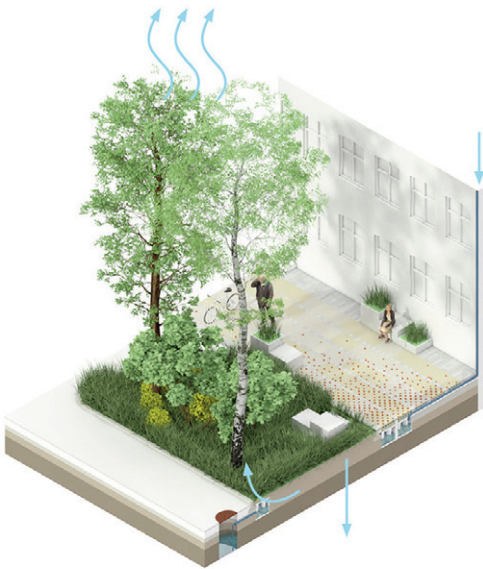


Fig. 9 | Climate Tile, Copenhagen, designed by Third Nature (credit: Third Nature).

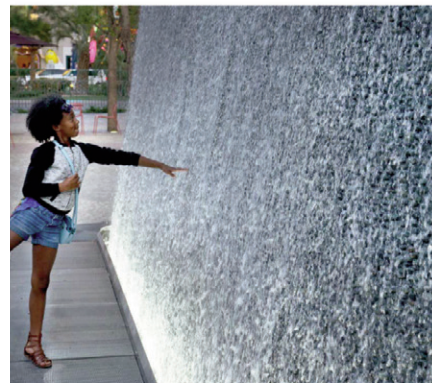
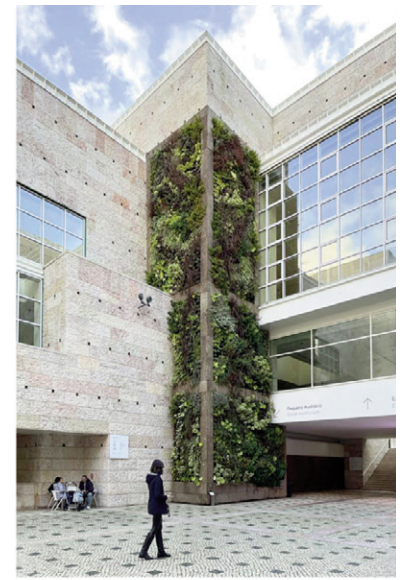


Fig. 10 | Climate Tile, Copenhagen, designed by Third Nature; NbS installation at the Belém Cultural Center, designed by Vittorio Gregotti; The Park, designed by Imelk; Parc Theodore Monod, designed by Jacqueline Osty (credits: G. Minuto).

urban areas compromising community interest and enjoyment of places (Losasso and Verde, 2020). In order to counter this phenomenon, actions are needed that introduce mitigation measures to prevent irreparable damage to the anthropic component of urban sustainability (European Commission, 2020).

The condition of vulnerability of public spaces, which cannot be eluded, is configured as an original datum that already discounts in advance the lack of attention to the physical-environmental values of the place by determining a distance, seemingly unbridgeable with the ecological challenges with which we are called to address today. That is why it is necessary to proceed by layering new levels dialoguing with the existing architecture, which assume the value of generating new forms of vitality in collaboration with living nature and its primary elements (Fig. 3).

The physical open space that humans have built is framed in the more articulated phenomenology of the environment, where the interactions between individuals/community and public place, between artificiality and biotic factors constitute the reference horizon, where the square is thought of in an evolutionary phase, as a local ecosystem capable of evolving and adapting (De Capua and Errante, 2019). The concept of an urban ecosystem, indicated as a goal, is linked to a condition of equilibrium, a state of synergy between design solutions capable of determining environmental conditions describable through the combination

of integrated multifunctional systems that provide resilience with respect to the variability of climatic boundary conditions (European Commission, 2020).

Taking for granted here the wide debate on public space, with regard to its physical-phenomenological characteristics and related interpretations (Clemente et alii, 2019; Defilippo Shinzato et alii, 2019; Tucci and Giampaolletti, 2022), it should be noted how its polysemous nature leads to rereading its characteristics in a context of relations that has changed and that urges to review together cognitive categories and tools of the project. It is a matter of constructing a multi-dimensional operating environment where the everyday experience, the perceived physical context, and the ideational world that connects the imagination of those who conceive to the expectations of those who use it coexist and react together.

Within this framework of criticality, the scope of application is delineated, the characteristics of application practices (conceptual procedures, disciplinary grafts, operational tools, technologies) are defined along with a renewed epistemology of the project, in which conceptual procedures, in their formal-spatial substance, cannot be separated from their nature as a 'cognitive endeavour' and their 'heuristic experimental' content (Squazzone, 2003). Where there is an accomplished architectural language and a compositional quality of space the measure of new interventions must be carefully found and calibrated. Traditional operational codes and cognitive modes of rehabilita-

tion in the urban context, which apply mainly to the redevelopment of the artificial matter of a physical space, do not converge on objectives such as adaptability, responsiveness, and resilience (Frantzakaki, 2019). There is therefore a need to revise an established design practice, proposing conversely integrated, measuredly invasive interventions that first and foremost maintain the formal qualities of the found architectural space and enhance the presence of point elements of naturalistic-ecosystemic value (Fig. 4).

Nature is given a specific role as the bearer of dynamic autonomous effects as opposed to the stillness of architecture, while the space of the square becomes the laboratory of experimentation, where to design a new physiological relationship between nature, artifice and man (Scalisi and Ness, 2022). Architecture and the elements of nature, as numerically administrable parts and anticipators of controlled metamorphosis, share a symbiotic, sometimes even mimetic relationship, «[...] in which the dimensions of time and modification come into play together with the technological substance and the creational previews of the project, incorporating the conditions of its transformability» (Falzetti, Macaione and Autili, 2022, p. 109).

The horizon of references draws from the solutions and experiments that outline the state of the art (Dell'Acqua, 2020; Valente et alii, 2022), both in the experimental field and in the domain of established practices in the scientific field. In this

context, we assume established experiences in the field of nature-based solutions and strategies applied to urban design, embracing the field of climate design forms, SuDS (Sustainable Drainage Systems), as well as more generally green and blue (infra)structures and urban greening models. NbS, which by definition are inspired by or mimic natural elements in response to a purely functional need, are seen as alternatives to simple greening solutions from which they are distinguished by the transversality of disciplinary knowledge and the integrability into 'multifunctional systems' (Mussinelli et alii, 2018), capable of concerting adaptive responses with significant added values resulting from system synergies and transversality (Fig. 5; Andaloro, de Waal, and Suurenbroek, 2022).

In addition, among the experiments promoted and incentivised within the framework of the European agendas for sustainable development (EU Horizon 2020 – Horizon Europe)¹, taxonomic approaches, guides, catalogues and platforms, such as Nature4Cities (2018), are also considered to be of particular relevance and usefulness, Common International Classification of Ecosystem Services (CICES)², A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience (World Bank, 2021) and Think Nature³ as they represent a fundamental technical-application palimpsest in the scenario of scientific research in the field of architecture-habitat interactions.

Knowledge of intervention typologies based on or inspired by nature supports the stated goal of achieving certain mitigative if not optimal ecosystem and microclimate conditions. Relationships between artifice and nature, between its anarchic forms and the rational dominance of anthropogenic ones, and between technology and life are identified and administered through analytical-evaluative processes that help define and schematise the fundamental elements for transformation (Ratti and Belleri, 2020).

Operational routes | The starting hypothesis that the reduced utilization of investigated urban places is crucially linked to unfavourable environmental conditions is verified through the systematic and quantitative analysis of climatic aspects. Within the framework of operational development, a central role is given to a set of environmental variables to be taken as a monitorable data, the combination of which is able to describe the climatic characteristics of an investigated place. Thus, an operational horizon of design tools is outlined to interact with these quantities in order to determine optimal ecosystem balances for human beings with respect to their biological nature (Valenti and Pasquero, 2021).

The mentioned variables are elaborated from a theoretical approach that identifies, with cosmogonic appeal, four 'elements' as principles of primal rationality: water, air, light and earth. They are likened to 'conceptual containers' that absorb a dual valence: quantities that rule an ecosystem as a microcosm, related to the ways in which hu-

mans and living systems interact with the environment, and essential components for the subject matter of the project. The elements are placed in relation to relevant physical variables used in the context of climate science to which the individual conceptual containers correspond: humidity (water), ventilation (air), irradiance (light) and surface temperature (earth) allow advancement in the cognitive process through quantitative analytical tools.

In order to better clarify the different measurement methods apt to build the analytical framework inherent to the mapping of climate variables, an experience conducted by the authors of this contribution⁴ on a valuable urban architecture, applying finite element simulations (FEM – Finite Element Method) is reported as an illustrative case. Through surveys and modelling, a characterised model/database was developed through the integration of geometric data (dimensional and

morphological), physical properties of materials (albedo, specific heat, water permeability, transmittance) and contextual aspects (location, orientation, climatic data).

Simulations were run on the model with different environmental variables and with different return times, allowing scenarios to be prefigured with respect to climate change prediction. The investigations were conducted using parametric modelling and simulation software that can be implemented with experimental approaches (Energy Plus, Honeybee, Ladybug, Butterfly, OpenFOAM CFD), through which microclimate mapping, air-flow network models, lighting analysis, and advanced solar radiation simulations can be developed. For the present discussion, the graphical elaborations, developed in the Rhino-Grasshopper environment through the Honeybee plugin, of the solar radiation incident at the equinoxes at the solstices and on an annual basis, applied to the

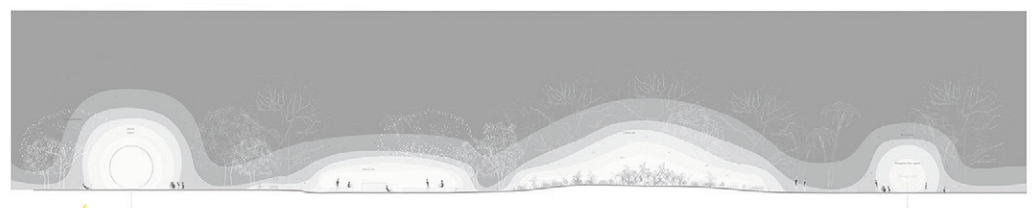


Fig. 11 | Superverde (2020), designed by Stefano Boeri Interiors (credit: Stefano Boeri Interiors).

Fig. 12 | Taichung Jade MeteoPark in Taiwan (2012), designed by Philippe Rahm: Sections of the Climatic Paths (credit: Philippe Rahm Architects).

Sistema delle Piazze in Gibellina Nuova case study assume illustrative value. The simulations are run on the parametric three-dimensional model, discretizing the pavement according to a 0.5 x 0.5-meter mesh and using climate data taken from the Trapani-Birgi ITA weather file. The reading of the data obtained shows a critical condition due to the amount of direct irradiation, which, in the specific geographical context of the case analysed, leads to obvious negative effects on the livability of the spaces (Figg. 6-8).

The mapping of the areas of stress-related, in this case, to direct solar radiation constitutes a verification on a quantitative basis and is operationally configured as support for the subsequent definition of the mitigation interventions constituted by the intersection of the two domains: the scientific one of environmental variables and the technical-architectural one of the project's operational means, requiring a continuous control between objective and critical data. The design process thus develops by sequential stages, in which the vast horizon of references delineating the domain of nature-based experiments and solutions requires selecting micro-invasive intervention strategies that mainly affect the improvement of climatic aspects with contained effects on the 'architectural' matter.

For example, one of the possible solutions to soil permeability is 'unsealing', a shared good practice but not uncritically applicable to urban reference contexts that claim a 'weak' level of interference. When faced with works that are characterised by specific solutions, such as a distinctive pavement design, one can proceed with controlled micro-drilling of the pavement that allows implementing dynamic SuDS ecosystem strategies (drainage, collection and evapotranspiration, etc.) while respecting the texture of the paved surface as in the experimental application of Climate Tile in Copenhagen's Nørrebro district (Fig. 9; Farnè et alii, 2020).

Further design actions that can be implemented according to a logic of 'controlled' integration of interventions are substantiated through volumetric alterations of the 'cutaneous' characteristics of the work, bio-metamorphosis of vertical and horizontal surfaces. Such interventions can be implemented through the creation of water walls, vertical greenery / wall surfaces, and greened, draining or photocatalytic pavements, punctually calibrated in the context of the inescapable reasons of integration and dialogue with the existing (Dessi, 2018). The intuitable strategies are realised through a selective approach, which, starting from the identification of specific surfaces, proceeds through 'controlled fields' with the application of the identified NbS. In this case, the walls of buildings defining the edges of the plaza are considered, equipped with vegetation installations (Höpfl et alii, 2022; Büscher, Polste and Klusmann, 2022; Comino, Molari and Dominici, 2021), unevennesses transformed into selectively activatable water walls when certain climatic conditions occur, as well as portions of pavement that can be transfigured by supplementing the existing compositional design with a wealth of new relationships and perceptual opportunities (Fig. 10; Nature4Cities, 2018). Surface unsealing and greening operations, for example, allow for the control of specific environmental variables such as surface

temperatures, humidity, and reflectivity, while at the same time integrating with larger-scale strategies of rainwater capture, filtration, and collection, also reinforcing the centrality of the square on an eco-strategic level (Dessi et alii, 2017). The vocabulary of integrable design actions extends beyond the merely 'cutaneous' approach; the interventions unfold here as manifest overlays that, while preserving a declared distinguishability from the existing, define new spatial and morphological relationships with effects in both the domain of the visible and the domain of climatic variables (Fig. 11).

Reference is made to particular additive design solutions that fit into the space of the square in a punctual manner (pocket gardens or areas with ecosystem services), providing for the integration of vegetation elements, furniture and biotechnological installations, multifocal interventions in which the mentioned components are integrated and dialogue with respect to different levels of interaction (physical, morphological, chromatic, functional), simultaneously providing, in the spectrum of ecosystem services, the improvement of air quality, management of water resources, protection of biodiversity and services for citizens. These are considered viable solutions in that, while maintaining their own formal and functional autonomy, they can be likened to urban micro-oases, carrying new uses, forms and climate services for a renewed social centrality of the square (World Bank, 2021).

In the context of compliant solutions, a permeable approach is taken to the adoption and reworking of solutions borrowed from the sphere of environmental and energy control technologies, and, as in the example of Philippe Rahm's Taichung Jade MeteoPark, a grammar of tools is proposed in which technology becomes a means of enabling, in dialogue with nature, the control of physical climatic quantities (Fig. 12). Different declinations of 'technological' elements, from low to high tech, are qualified by the possibility of establishing specific interactions with the surrounding environment and natural elements. The ability to screen or deflect breezes, modify humidity or interfere with sunlight become qualifying features that, through mutual combination, enable the delineation of particular conditions, in synergy with the biological activities of the flanking natural component (Scuderi, 2020).

It is evident that the development of projects for the regeneration of the places examined must necessarily proceed by specific interventions in relation to the variability of the geographical, climatic, architectural and social characteristics of the specific contexts. The vast and diverse panorama of situations cannot be resolved solely by a repertoire of standardised actions but requires an in-depth study specific to each intervention scenario. An innovative field of research is outlined in which possible solutions are measured following an experimental logic that stimulates constant revision and critical reworking of the state of the art with the aim of extending the range of nature-based solutions and strategies for application on a vast heritage of urban architectures that, through a process of actualization, can still guarantee a significant contribution in terms of social and ecological value.

Concluding reflections | Among the practices for the design and regeneration of urban spaces,

the adoption of nature-based solutions is gaining increasing relevance, in the logic of achieving ecological goals, understood as a cultural and operational commitment to the biological and natural component of human beings and its placement in a state of balance with the surrounding environment. In the contemporary scenario, marked by the imperative of sustainability and the climate challenge, there emerges the risk that the aprioristic and generalised application of NbS relegates the protection of present architectural values to a back seat, legitimizing solutions exclusively linked to non-compliant technical-specialist reasons, if adopted in areas of the city that are particularly constraining and sensitive, such as those under consideration.

The typologies analysed transfer an appreciable horizon of design solutions, with varying degrees of interaction and adaptability. Mimetic interventions such as micro-perforations, superficial 'cutaneous' solutions or more elaborate ones both formally and functionally (pocket gardens) highlight, through the diversity of results observable among international experiences, the flexibility of available solutions. Such versatility can be interpreted as a high potential for adaptation to the inventive process, aimed at always determining new solutions suitable for the specificities of different application contexts.

However, it appears from the analysed repertoires that the wide variety of NbS experiences and solutions only partially succeeds in fulfilling the intended objective, reducing the application possibilities. This scenario is currently a limitation, as the adoption of relevant solutions taken from the vast repertoire cannot be submitted to municipalities without a process, all to be defined, of interaction between forms, materials and climatic and environmental characteristics, a complex path given by the lack of uniformity of the parameters involved. Scientific and humanistic reasons are measured in a close confrontation within a process that requires the interaction of different disciplinary skills, in a condition of transversality and complexity for the project. Thus, a renewed cognitive framework is configured, structured on rigorous matrices derived from the interaction of surveyed data, which provides an additional tool for a critical understanding of the founding principles of the architectural object on which to intervene and, when possible, for interlocution with the authors of the work.

The adoptability of this approach is limited, therefore, by the acquisition of the objective parameters useful to guide the selection and indicate the rules of applicability of the initial assumptions by proceeding with specific insights aimed at fine-tuning, through reworking and calibration of the available known solutions, new types of intervention more suited to that programmatic transformative vision capable of simultaneously ensuring a new image and a specific regeneration of urban space.

Such an exploration – which lies at the intersection of different forces operating in the universe of forms and that of physical reality, between mimesis and manifestation – redefines the tools for a focused approach to regeneration design from an ecological perspective, fostering a more coherent integration of the new with the existing, through a conscious comparison of the multifarious expressions of modern and contemporary architectural culture.

Acknowledgements

The contribution is the result of a common reflection of the Authors. Nevertheless, the introductory paragraphs and ‘Critical issues and the path of inquiry’ are attributed to A. Falzetti, the paragraph ‘Operational routes’ to G. Minuto.

Notes

1) For more information, see: research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en [Accessed 12 April 2023].

2) For more information, see: cices.eu [Accessed 12 April 2023].

3) For more information, see: platform.think-nature.eu/content/thinknature-handbook [Accessed 12 April 2023].

4) This is the first preliminary experiment carried out as part of interdisciplinary research on ‘Progettazione Sostenibile in Ambiti Storici e di Pregio’ (Sustainable Design in Historic and Valuable Environments), not yet submitted for funding. The research is shared between the University of Rome ‘Tor Vergata’ and the Universidad Complutense de Madrid.

References

- Andaloro, B., de Waal, M. and Suurenbroek, F. (2022), “Lo spazio pubblico adattivo – Esplorare la transizione digitale per il benessere sociale e ambientale | Adaptive public spaces – Exploring digital transition for social and environmental benefit”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 12, pp. 68-75. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1262022 [Accessed 12 April 2023].
- Antonini, E. (2019), “Incertezza, fragilità, resilienza | Uncertainty, fragility, resilience”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 6, pp. 6-13. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/612019 [Accessed 12 April 2023].
- Büscher, L., Polster, R. and Klusmann, H. (2022), “Botanical concrete – Sperimentazione su substrati di calcestruzzo per l’inverdimento verticale | Botanical concrete – Experimentation on concrete substrates for vertical greening”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 266-273. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11242022 [Accessed 12 April 2023].
- Clemente, C., Palme, M., Mangiatordi, A., La Rosa, D. and Privitera, R. (2022), “Il verde urbano nella riduzione dei carichi di raffrescamento – Simulazioni nel clima Mediterraneo | Urban green areas in the reduction of cooling loads – Simulations in the Mediterranean climate”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 182-191. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11162022 [Accessed 12 April 2023].
- Comino, E., Molari, M. and Dominici, L. (2021), “La città che invita la natura – Progettare in collaborazione con il verde vertical | City that embraces nature – Designing with vertical greenery”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 9, pp. 112-123. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/9112021 [Accessed 12 April 2023].
- De Capua, A. and Errante, L. (2019), “Interpretare lo spazio pubblico come medium dell’abitare urbano | Interpreting public space as a medium for urban liveability”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 6, pp. 148-161. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/6142019 [Accessed 12 April 2023].
- Defilippi Shinzato, T. M., Dueñas, A., Ccasani, J., García, V. and Morales, G. (2019), “Effetto della vegetazione urbana su dissipazione termica e inquinanti gassosi | Influence of the urban vegetation on thermal dissipation and gaseous pollutants”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 6, pp. 162-169. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/6152019 [Accessed 12 April 2023].
- Dell’Acqua, F. (2020), “Città ed emergenze ambientali – Le Infrastrutture Verdi per il progetto urbano | Cities and environmental emergencies – Green Infrastructures for the urban project”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 8, pp. 74-81. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/872020 [Accessed 12 April 2023].
- Dessi, V. (2018), *REBUS | Progettare il comfort degli spazi pubblici*, vol. 8, Regione Emilia-Romagna. [Online] Available at: territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio/formazione-lab-app-1/rebus08-progettare-comfort-spazi-pubblici-valentina-dessi [Accessed 12 April 2023].
- Dessi, V., Farnè E., Ravanello, L. and Salomoni, M. T. (2017), *Rigenerare la città con la natura – Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna. [Online] Available at: territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio/pubblicazioni/rigenerare-la-citta-con-la-natura [Accessed 12 April 2023].
- European Commission – Directorate-General for Research and Innovation (2020), *Nature-Based Solutions – State of the Art in EU-funded Projects*. [Online] Available at: research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/nature-based-solutions-state-art-eu-funded-projects_en [Accessed 12 April 2023].
- Falzetti, A., Macaione, I. and Autili, V. (2022), “Ordine, Complessità, Misura – Il progetto tra architettura e natura | Order, Complexity and Nature – The project between architecture and nature”, in *Agathón – International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 104-113. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1192022 [Accessed 12 April 2023].
- Farnè, E., Lombardi, R., Pinoso, F., Poli, F., Ravanello, L. and Salomoni, M. T. (eds) (2018), *Liberare il suolo – Linee guida per migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici negli interventi di rigenerazione urbana*, progetto SOS4life, Regione Emilia-Romagna. [Online] Available at: territorio.regione.emilia-romagna.it/urbanistica/pubblicazioni/pubblicazioni [Accessed 12 April 2023].
- Frantzeskaki, N. (2019), “Seven lessons for planning nature-based solutions in cities”, in *Environmental Science & Policy*, vol. 93, pp. 101-111. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.envsci.2018.12.033 [Accessed 12 April 2023].
- Gausa, M. (2022), “Topologie verdi e paesaggi oltre il paesaggio – 30 anni di ricerche avanzate sulla ibridizzazione del verde | Green topologies and landscapes beyond the land – A 30-years research on green hybridization”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 14-25. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1112022 [Accessed 12 April 2023].
- Höpfel, L., Pilla, D., Köhl, F., Burkhard, C., Lienhard, J. and Ludwig, F. (2022), “Tree-façades – Integrating trees in the building envelope as a new form of Façade Greening”, in Scalisi, F., Sposito, C. and De Giovanni, G. (eds), *On Sustainable Built Environment between Connections and Greenery*, Palermo University Press, Palermo, pp. 192-213. [Online] Available at: doi.org/10.19229/978-88-5509-446-7/112022 [Accessed 12 April 2023].
- Losasso, M. and Verde, S. (2020), “Strategie progettuali di adattamento urbano ed edilizio in scenari di multirischio ambientale | Design strategies for urban and building adaptation in environmental multi-risk scenarios”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 8, pp. 64-73. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/862020 [Accessed 12 April 2023].
- Magnago Lampugnani, V. (2022), “Sostenibilità e durata | Sustainability and duration”, in *Casabella*, vol. 939, pp. 2-5.
- Moniz, G. C., Andersson, I., Hilding-Hamann, K. E., Mateus, A. and Nunes, N. (2022), “Inclusive Urban Regeneration with Citizens and Stakeholders – From Living Labs to the URBiNAT CoP”, in Mahmoud, I. H., Morello, E., Lemes de Oliveira, F. and Geneletti, D. (eds), *Nature-based Solutions for Sustainable Urban Planning – Contemporary Urban Design Thinking*, Springer, Cham, pp. 105-146. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-030-89525-9_5 [Accessed 12 April 2023].
- Mussinelli, E., Tartaglia, A., Bisogni, L. and Malcevski, S. (2018), “Il ruolo delle Nature-Based Solution nel progetto architettonico e urbano | The role of Nature-Based Solutions in architectural and urban design”, in *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 15, pp. 116-123. [Online] Available at: doi.org/10.13128/Techne-22112 [Accessed 12 April 2023].
- Nature4Cities (2018), *D1.1 – NBS multi-scalar and multi-thematic typology and associated database*. [Online] Available at: cordis.europa.eu/project/id/730468/results [Accessed 12 April 2023].
- Purini, F. (1993), “Corpi ambientali virtuali”, in *Casabella*, vol. 597-598, pp. 80-83.
- Ratti, C. and Belleri, D. (2020), “Verso una cyber-ecologia | Towards a cyber ecology”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 8, pp. 8-19. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/812020 [Accessed 12 April 2023].
- Scalisi, F. and Ness, D. (2022), “Simbiosi tra vegetazione e costruito – Un approccio olistico, sistemico e multilivello | Symbiosis of greenery with built form – A holistic, systems, multi-level approach”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 26-39. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1122022 [Accessed 12 April 2023].
- Scuderi, M. (2020), *Philippe Rahm Architects – Constructed atmospheres – Architectural as meteorological design*, Postmedia Books, Milano.
- Squazzoni, F. (2003), “La progettazione come processo euristico sperimentale e il ruolo degli strumenti tecnologici nelle organizzazioni complesse”, in Gemelli, G. and Squazzoni, F. (eds), *NEHS/Nessi – Istituzioni, mappe cognitive e culture del progetto tra ingegneria e scienze umane*, Baskerville, Bologna, pp. 243-290.
- Tucci, F. and Giampaolletti, M. (2022), “Soluzioni green per la sottrazione e lo stoccaggio di carbonio nei distretti urbani | Green solutions for removing and storing carbon in urban districts”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 202-213. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11182022 [Accessed 12 April 2023].
- Valente, R., Losco, S., Bosco, R. and Giacobbe, S. (2022), “Il progetto di infrastrutture verdi per le acque piovane – Note di metodo da un caso studio | Green stormwater infrastructures research through design – Method notes from a case study”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 192-201. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11172022 [Accessed 12 April 2023].
- Valenti, A. and Pasquero, C. (2021), “La seconda vita dei micro organismi – Il design bi-digitale per una nuova ecologia dello spazio e del comportamento | The second life of micro-organisms – Bio-digital design for a new ecology of space and behaviour”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 9, pp. 42-53. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/942021 [Accessed 12 April 2023].
- World Bank (2021), *A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience*, World Bank Group, Washington (DC). [Online] Available at: hdl.handle.net/10986/36507 [Accessed 12 April 2023].

ARTICLE INFO

Received	05 April 2023
Revised	01 May 2023
Accepted	16 May 2023
Published	30 June 2023

NATURA CAPITALE

Transizione ecologica e fenomeni di trasformazione dello spazio aperto

NATURE CAPITAL

An ecological transition and open space transformation phenomena

Renzo Lecardane

ABSTRACT

La Transizione Ecologica, come indicato dall'Agenda 2030 dell'ONU è alla base del nuovo modello di sviluppo per ridurre le emissioni inquinanti, prevenire e contrastare il dissesto del territorio, minimizzare l'impatto delle attività produttive sull'ambiente e migliorare la qualità della vita e la sicurezza ambientale per le generazioni future. Orientare una transizione ecologica verso equità e benessere collettivo significa, da una parte, ripensare il sistema delle relazioni tra uomo, ambiente naturale e costruito, dall'altra, riferirsi alla costruzione di comunità sociali e culturali a partire dalle questioni ambientali e dalle risorse del territorio. Alla luce di quanto sopra il presente contributo intende riflettere sul metodo di lavoro non sempre lineare dell'appropriazione e della trasformazione dello spazio aperto con riferimento alla definizione di 'quarta natura' e 'natura urbana' attraverso tre casi di studio emblematici. Il fine è superare la visione strettamente antropocentrica focalizzandosi sul ruolo della natura in città attraverso una selezione, seppur non esaustiva, di approcci innovativi sulla città sostenibile, sulla lotta ai cambiamenti climatici e sul ripristino degli ecosistemi, in una prospettiva di integrazione multi-specie e di creazione di ecosistemi rigenerativi nell'ambiente urbano.

As indicated by the UN 2030 Agenda, Ecological Transition is at the basis of the new development model to reduce polluting emissions, prevent and combat land disruption, minimise the impact of productive activities on the environment and improve the quality of life and environmental security for future generations: on the one hand, orienting an ecological transition towards equity and collective well-being means rethinking the system of relations between man and the natural and built environment and, on the other hand, referring to the construction of social and cultural communities starting from environmental issues and land resources. In light of the above, this paper intends to reflect on the not-always-linear working method of the appropriation and transformation of open space concerning the definition of 'fourth nature' and 'urban nature' through three emblematic case studies. The aim is to go beyond the strictly anthropocentric view by focusing on the role of nature in the city through a selection, albeit not exhaustive, of innovative approaches to sustainable cities, the fight against climate change and the restoration of ecosystems, in a perspective of multi-species integration and the creation of regenerative ecosystems in the urban environment.

KEYWORDS

infrastrutture verdi, natura urbana, Parigi, Berlino, Rotterdam

green infrastructure, urban nature, Paris, Berlin, Rotterdam



Renzo Lecardane, Architect and PhD, is an Associate Professor of Architectural and Urban Composition at the Department of Architecture, University of Palermo (Italy); he is a Member of the Laboratoire de Recherche Infrastructure Architecture Territoire (ENSA Paris-Malaquais) and the Vice President of DEMETRA Ce.ri.Med. (Euro-Mediterranean Documentation and Research Centre). He founded LabCity Architecture, a research group focused on the relationship between architecture and innovation that investigates the phenomena of experimentation in the city through architectural design. E-mail: renzo.lecardane@unipa.it

Il tema del costruito, e in particolare del consumo di suolo, rappresenta una delle questioni principali dell'attuale dibattito (UN, 2015) sulla lotta ai cambiamenti climatici e delle politiche internazionali¹ sull'equilibrio degli ecosistemi, sulla biodiversità (Aronson et alii, 2017; Lepczyk et alii, 2017) e sulla qualità della vita (Manzini, 2018). Il suolo, inteso come bene comune e risorsa non rinnovabile, è al centro di tutti quei fenomeni che si confrontano con la pericolosità, il dissesto e il ridisegno del territorio, con conseguenze non solo sulla sicurezza dei cittadini ma anche sulla produttività delle economie locali e sui caratteri dei modelli insediativi². Nuove modalità di progettare e ripensare lo spazio aperto contribuiscono a ridimensionare l'ordine dei bisogni (Andraos et alii, 2019; RSE and Fondazione Utilitatis, 2021) per promuovere e migliorare le potenzialità di ciò che resta, in particolare delle infrastrutture obsolete, al fine di restituire una qualità della vita intesa come diritto alla città (Lefebvre, 1968), alla natura³ (Kromarek, 1987), alla lentezza e alla tradizionale programmazione e trasformazione della città.

In questo senso, l'articolo intende focalizzare il tema sull'urgenza di cambiare passo per accelerare il cambiamento culturale verso i temi della transizione ecologica e la biodiversità in ambito urbano e sociale attraverso un approccio comparativo, articolando in tre parti la struttura del testo. La prima parte riflette sulla crisi della società della crescita, nella quale sobrietà e frugalità sono le parole chiave di un altro modo di trasformare il costruito con una responsabilità rinnovata nei confronti dell'urgenza ecologica e climatica, in una economia della misura e della ricerca della biodiversità (Madec, 2021). Pur senza assumere una posizione ideologica risulta evidente che la presenza della natura in città si impone oggi come un fattore chiave nella costruzione della qualità della vita urbana, la quale richiede competenze capaci di ibridare saperi disciplinari consolidati che rimandano alla nozione di 'quarta natura'.

La seconda parte dell'articolo si pone come obiettivo la restituzione dell'esperienza di tre città metropolitane europee, Parigi, Rotterdam e Berlino, pioniere del cambiamento per comprendere i recenti fenomeni di trasformazione dello spazio del vuoto. La riflessione sul metodo di lavoro, non sempre lineare dell'appropriazione dello spazio aperto e dell'uso del suolo da parte delle politiche urbane e dei cittadini, rivela la necessità di ripensare i fondamenti dei processi di trasformazione in chiave ecologica e sociale (Picon, 2013), lasciando ancora molto spazio ai futuri possibili della città europea.

La Città è Natura | A partire dagli anni Novanta del secolo scorso, a seguito dell'abbandono di numerose aree industriali e dell'obsolescenza di molte infrastrutture urbane spesso inadeguate alle nuove esigenze di trasporto di massa, prende corpo una nuova consapevolezza ambientale che insieme a una diversa sensibilità estetica contribuisce a modificare il progetto dello spazio aperto nel territorio della città attraverso nuove categorie concettuali. Ci troviamo dinanzi a una nuova stagione in cui il binomio 'quarta natura' si aggiunge alle precedenti definizioni; allo spazio simbolico e ideale della natura, che trae origine dalla descrizione letteraria sui giardini di John Dixon Hunt (2000), si oppone la dinamica evolutiva della na-

tura costituita da una varietà di specie vegetali pioniere – così come evidenziato dall'ecologo tedesco Ingo Kowarik (1992) – che offre una scansione della varietà delle tipologie vegetali presenti nei territori urbani contemporanei.

Proprio negli spazi urbani abbandonati della città post-industriale Kowarik riscrive l'intera sequenza delle 'quattro nature' nella prospettiva dell'ecologia del paesaggio. Riscontra così un'analogia con la definizione di 'prima natura', una nuova natura selvaggia rimanda alla prima delle tre sequenze delle categorie di natura elaborate e descritte in letteratura già nel 44 a.C. nel *De Natura Deorum* – Libro Secondo di Marco Tullio Cicerone. Se la 'prima natura' è selvaggia e incontaminata, luogo misterioso destinato ad accogliere gli dèi, la 'seconda natura' si oppone invece alla prima per l'azione dell'attività dell'uomo su di essa che, chiamato a darle forma, modella e orienta la sua produzione; in queste due sequenze, la natura si oppone a tutto ciò che appartiene all'ambito della cultura e delle attività della ragione (Leenhardt, 2011). La definizione di 'terza natura' colloca l'uomo al di sopra delle forze germinali originali, superando la dimensione mitica e artistica per elevarsi ai nuovi significati estetici: la natura è qui rappresentata attraverso il disegno del giardino o del parco, in una dimensione artistica legata alla nozione di paesaggio ordinato e produttivo in continuità con il mito, gli elementi naturali (fontane, cascate, siepi, vegetazione spontanea, caverne) tramite le raffigurazioni romantiche della rovina: luogo ideale dentro il quale radicare l'immaginario della stessa natura.

Se nel corso degli ultimi tre secoli la relazione tra natura e rovina è stata affrontata principalmente dal punto di vista estetico, essa conferisce alla vegetazione il ruolo di completamento delle forme perdute del monumento con riferimento ai disegni dei viaggiatori o alle ipotetiche ricostruzioni. Nel Promemoria per i Lavori intorno all'Acropoli per la sistemazione dei sentieri alle pendici del sito archeologico di Atene sarà lo stesso Dimitris Pikiounis a descrivere, nel 1955 (cit. in Domenico, 2003), i criteri compositivi e la necessità di condurre un accurato studio preliminare sulla composizione floristica, sul colore e sulle qualità simboliche delle dinamiche ecologiche della vegetazione e degli alberi da rimuovere e da introdurre nel sito archeologico.

In epoca recente il processo di fascinazione per il selvatico urbano⁴ rinvia alle note espressioni 'natura in città' e 'natura urbana', conferendo ai luoghi dismessi e ancora non urbanizzati della città un importante serbatoio di biodiversità⁵. Il processo di ibridazione ecologica degli habitat umani, vegetali e animali, che si manifesta attraverso forme, colori, materiali e strutture naturali, contribuisce a incrementare la biodiversità secondo il principio di minima invasività e massima reversibilità, dando vita a nuovi ecosistemi auto-organizzati (Hall, Higgs and Hobbs, 2013) riconducibili proprio all'accezione di 'quarta natura'. Il recente processo di fascinazione per il selvatico urbano ha dato vita a una moltitudine di spazi nei quali nuovi ecosistemi auto-organizzati di specie vegetali pioniere e alloctone nascono e crescono in modo spontaneo per accogliere una nuova 'natura urbana' che rinvia, secondo la definizione di Kowarik (1992), alla disposizione di elementi biologici nel contesto urbano.

La città contemporanea privilegia una visione dell'ambiente urbano come insieme di relazioni e interazioni tra spazio costruito e spazi residuali esaltando le caratteristiche ecologiche del concetto di vuoto, indefinito e informale. L'espressione francese 'terrain vague' che Ignasi de Solà-Morales i Rubió⁶ (1996) adoperava per definire tale condizione naturale dell'indeterminatezza dell'urbano, successiva a quella di 'terra incolta' formulata l'anno precedente da Pierluigi Nicolini (1995) nell'editoriale della rivista Lotus, sposta l'interesse della ricerca dalla dimensione del progetto di paesaggio alla pluralità degli approcci propri del progetto urbano.

Nello stesso numero di Lotus il paesaggista svizzero Dieter Kienast (1995) offre una nuova chiave di lettura del ruolo della natura nella città con la pubblicazione di un decalogo dal titolo *Set of Rules*. Kienast suggerisce una revisione dei temi del progetto di paesaggio e del progetto urbano e, in particolare, nel secondo punto, invita a cercare e riconoscere le infinite diversità del verde vegetale nella 'natura urbana' «[...] il cui colore non è solo il verde, ma anche il grigio: ne fanno parte alberi, siepi, prati, ma anche il manto stradale, le piazze, i canali artificiali, i muri, gli assi di penetrazione e di ventilazione, il centro e la periferia» (Kienast, 1995, p. 63). In particolare, nel nono punto del Decalogo, Kienast si sofferma sulla necessità di considerare l'offerta di natura nella città come requisito essenziale al pari dell'offerta di cultura della civiltà e invita a «[...] riscoprire il verde vegetale come elemento urbano e non solo come elemento dell'ecologia» (Kienast, 1995, p. 64). Il Decalogo si chiude, infine, con un elogio alla diversità delle specie vegetali urbane in cui emergono contraddizioni analoghe a quelle presenti nella città contemporanea: «[...] La vegetazione delle città vive delle proprie contraddizioni, è potata e spontanea, verde e ricca di colori, domestica e selvatica, stentata e lussureggiante, ci sovrasta o si stende ai nostri piedi, ci è familiare ed estranea» (Kienast, 1995, p. 64).

Un richiamo alla concezione di un 'plurinaturismo' è l'approccio alla natura di Bruno Latour (2005) che completa la riflessione sulla 'quarta natura', invitando alla rinuncia dell'uso del singolare per qualificare la 'natura' poiché essa la si percepisce in modo plurale e la sua caratteristica è proprio la varietà di situazioni e di tipologie di strutture vegetali presenti nei territori urbani contemporanei. La conseguenza della combinazione e varietà di pratiche antropiche e naturali trova nel 'paesaggio involontario' l'indeterminatezza degli esiti finali che, secondo Mathew Gandy (2016), dovrà essere incluso all'interno delle strategie progettuali.

L'ipotesi di rinunciare alla definizione dello spazio aperto come processo, che prevede un inizio e una naturale conclusione dell'opera, porta alla definizione di una strategia progettuale orientata, dapprima, a definire un quadro di conoscenze che esalti le caratteristiche ecologiche sviluppatesi spontaneamente nel luogo e, successivamente, ad accogliere un processo progettuale sostenibile e con un livello di indeterminatezza in evidente opposizione all'esperienza del progetto urbano tradizionale.

La definizione di progetti urbani sostenibili (Girardet, 1992; Dell'Acqua, 2020; Canepa et alii, 2022; Catalano and Balducci, 2022; Tucci et alii,

2022; Scalisi and Ness, 2022) e la promozione delle strategie di adattamento e mitigazione dei fenomeni relativi ai cambiamenti climatici (EEA, 2012, 2020) sono stati gli obiettivi comuni di molte iniziative internazionali che, a partire dalla fine degli anni Ottanta del secolo scorso, hanno animato i dibattiti e gli incontri all'origine dei documenti condivisi dalle Nazioni partecipanti: la risoluzione dell'Assemblea Generale delle Nazioni Unite a New York del 1988 (UNEP, 1988), la Convenzione di Rio de Janeiro del 1992 (UN, 1992; Council of the European Union, Representatives of the Governments of the Member States, 1993) sui cambiamenti climatici poi ratificata nel 1994 (The Council of the European Union, 1994), il Protocollo di Kyoto del 1997 (UNFCCC, 1997), la Convenzione per la diversità biologica sottoscritta da tutte le Nazioni che hanno partecipato al Summit mondiale di Johannesburg del 2002 (The Committee of the Regions, 2002) sullo sviluppo sosteni-

nibile, la Conferenza internazionale sulla Biodiversità, scienza e governance di Parigi del 2005 (Blandin, 2015) e infine il recente Accordo di Parigi del 2015 (The Council of the European Union, 2016) sulla riduzione dei gas serra.

Tra i documenti elaborati e riconosciuti a livello internazionale, la Carta di Aalborg⁷, elaborata a seguito della Conferenza Europea sulle Città Sostenibili, ha avuto un ruolo fondamentale nella definizione di un quadro di riferimento per le politiche e la programmazione delle risorse rinnovabili nella città contemporanea.

Esperienze: Parigi, Rotterdam, Berlino | Numerose sono le esperienze che hanno affrontato tali temi nella prospettiva della tutela, della biodiversità e del cambiamento climatico con suggestivi risultati attraverso nuove modalità rispetto al progetto tradizionalmente inteso. Abbandonando il pregiudizio che città e natura siano una dicoto-

mia, i tre casi di studio selezionati del giardino temporaneo della biodiversità Nature Capitale di Parigi del 2010 (Lecardane, 2010), della Biennale di Architettura di Rotterdam dal titolo Urban by Nature del 2014 (Brugmans and Strien, 2014) e del Parco urbano di Thempelhof di Berlino (2013-2020) propongono un contributo alle sfide dell'Antropocene⁸ (Crutzen and Stoermer, 2000) secondo l'ipotesi originale che 'la Città è Natura'.

A Parigi il filo conduttore del giardino della biodiversità Nature Capitale (Fig. 1), ispirato alla Conferenza del 2005, ha proposto l'allestimento di un giardino temporaneo lungo il Boulevard des Champs-Élysées, asse viario più rappresentativo di Parigi, visitato da quasi due milioni di spettatori nelle giornate dal 22 al 24 maggio 2010. Una maglia regolare di piccoli e grandi vasi posati sull'asfalto ha accolto temporaneamente i suoli agricoli trasportati da varie regioni francesi per ospitare 150 specie vegetali, 150 mila giovani alberi, 8 mila orti in cassetta che, seminati e coltivati durante l'evento, hanno riportato alla memoria la vita rurale di chi portava il raccolto nelle case dei francesi con dedizione e cura (Figg. 2-4). Opera del regista e artista Gad Weil e della paesaggista e scenografa Laurence Mediani il giardino (lungo 1,2 km ed esteso circa tre ettari) ha mirato a sensibilizzare i visitatori ai nuovi temi emergenti attraverso la conoscenza della necessità di salvaguardare le specie vegetali appartenenti alla natura locale, per riattivare quel rapporto uomo-natura quasi scomparso nelle caotiche metropoli contemporanee.

Nella Biennale di Architettura di Rotterdam del 2014 (Fig. 5) si è sostenuta la tesi che le soluzioni ai problemi del pianeta sono nelle città; lo stesso curatore Dirk Sijmons (2014a), nell'introduzione al catalogo, ha dichiarato che il futuro delle città non è la densità, ma una riscoperta dello spazio naturale (Fig. 6). La simbiosi città-natura e la 'resilienza pura' sono i temi di una nuova condizione urbana mostrati attraverso la lente di un mondo ibridato.

Il Direttore del Museo di Storia Naturale di Rotterdam Jelle Reumer (2014), curatore della mostra dal titolo Pure Resilience nell'ambito della Biennale, afferma che sebbene i concetti di città e natura sembrino essere reciprocamente escludenti, in realtà non lo sono (Fig. 7); infatti ci sono modi diversi di guardare la città e la natura urbana, e un modo è quello di considerare la città come parte della natura (Fig. 8). La costruzione di un racconto perturbante è stato l'obiettivo principale della mostra che, dapprima, ha posto il visitatore di fronte agli effetti delle mutazioni dei fenomeni naturali e all'adattamento delle specie per la sopravvivenza e, in seguito, ha evidenziato che la natura si adatta, ma non si lamenta: in ogni epoca il paesaggio cambia, e, sorprendentemente, specie diverse con diverse abitudini si avvicendano.

Utilizzando alcuni esempi della straordinaria capacità di resilienza della natura sono stati riprodotti le copie dei nidi di alcuni uccelli che hanno nidificato ad Amsterdam (Fig. 9): il nido di un cigno realizzato interamente di spazzatura, il nido di un piccione realizzato di filo di ferro e rete metallica e il nido di un corvo realizzato quasi interamente di fascette e filo. La mostra non voleva tracciare la



Fig. 1 | Aerial perspective of the Nature Capital biodiversity garden, Champs-Élysées in Paris (credit: G. Weil, 2010).



Fig. 2-4 | Nature Capital Biodiversity Garden, Champs-Élysées in Paris (credits: P. Janicek, 2010).

Fig. 5 | Architecture Biennale – Urban by Nature, Rotterdam (credit: M. Laupman, 2014).

strada per raggiungere un equilibrio naturale, voleva invece trasmettere il messaggio che le specie vegetali e animali, compreso l'uomo, vivono nell'Antropocene e trovano il modo migliore per progredire. In questo contesto il modello progettuale conseguente non può che essere quello olistico, capace di sfruttare le interdipendenze generate dalle relazioni fra risorse umane e risorse naturali.

La struttura della Biennale assume così la forma di un meccanismo espositivo complesso, strutturato, a partire da una tripartizione tematica alla quale sono associati gli eventi collaterali. I tre temi della Città e Natura, del Metabolismo Urbano e delle Strategie per il Paesaggio Urbano sono esplicitati attraverso i progetti elaborati da tre Atelier di progetto su tre casi di studio olandesi: Progetto Atelier Texel, Progetto Atelier Rotterdam, Progetto Atelier BrabantStad.

Il primo tema Città e Natura ha esplorato le ambizioni di autosufficienza dell'isola di Texel in relazione alla sostenibilità degli usi turistico e ricreativo. Con l'acronimo T.E. x E.L., originato dalle parole inglesi Tourism + Economy x Landscape + Ecology, si è inteso contribuire alla crescita eco-

nomica e all'offerta turistica attraverso un uso consapevole ed ecologico del patrimonio naturale. Un ruolo importante è stato attribuito alla partecipazione dei cittadini e alle sperimentazioni già presenti nell'isola come la produzione di energia solare, le colture in acqua salata e la piscicoltura in vasche artificiali. È stata inoltre verificata la presenza turistica di breve durata supportata da alloggi temporanei, smontabili, removibili e autosufficienti, a sostegno di una permanenza stagionale all'aria aperta (la4sale and FARO, 2014).

Il secondo tema Metabolismo Urbano, che opera una sorta di anatomia del 'corpo urbano' di Rotterdam, è stato l'oggetto di una mappatura di alcuni flussi (merci, persone, rifiuti, biodiversità, energia, cibo, aria, acqua, sabbia e materiali edili) distinti in una specifica sezione della mostra e disposti all'interno di una scaffalatura metallica ortogonale. Le connessioni e le interazioni tra i flussi selezionati hanno contribuito a definire il futuro della città, strutturata su quattro strategie d'indagine: nuovi processi industriali, rifiuti, risorse e biotopi (Fabric and JFCO, 2014). Operare secondo la logica del metabolismo urbano ha implicato un nuovo approccio al progetto nella città territorio

olandese che sopravvive grazie ai collegamenti con l'entroterra da cui trae energia, cibo, acqua, biomassa e in cui rilascia i suoi rifiuti.

Il terzo tema Strategie per il Paesaggio Urbano è stato mostrato come un mosaico variegato nelle forme di uso del suolo a bassa e alta densità nel territorio della rete delle città del BrabantStat. La definizione di Carpet Metropolis dell'architetto olandese Willem Jan Neutelings (Sijmons, 2014b) ha integrato questo paesaggio alla consapevolezza ecologica e all'accesso alle risorse immateriali della conoscenza e creatività. Questo territorio del Delta del Nord-Ovest europeo in cui la qualità della vita è molto alta, abitato da circa 31 milioni di persone ripartite in una regione ideale compresa tra le città di Rotterdam, Bruxelles e Colonia, aspira a divenire, attraverso il potenziamento della fitta rete di relazioni territoriali e imprenditoriali innovative, una delle cinque regioni europee con maggiore sviluppo economico e attrattività abitativa diffusa. La ricerca e le elaborazioni progettuali sono state strutturate a partire dai principi di equilibrio e connessioni tra città e aree rurali all'interno del paesaggio naturale dei grandi fiumi, canali e ruscelli che costituiscono le potenzialità della qua-

lità della vita e delle sfide del cambiamento climatico della regione del Brabant. In generale gli obiettivi dei temi proposti dalla Biennale di Rotterdam hanno mirato a comprendere i saperi e le risorse umane e urbane tramite una piattaforma inclusiva e aperta a una molteplicità di contributi scientifici. Dai progetti elaborati ed esposti risulta evidente che il futuro non dipende dal destino ma dalle decisioni virtuose e dalle volontà politiche che guidano le soluzioni progettuali che possono migliorare lo stato attuale oppure condurre alla catastrofe del metabolismo (Sijmons, 2014c) del paesaggio naturale e urbano.

Tra le prime applicazioni di questo approccio multidisciplinare troviamo l'esperienza dell'indeterminatezza del progetto come metodo di lavoro per la riqualificazione dell'ex Aeroporto Tempelhof a Berlino in parco urbano (Figg. 10-12). Questo caso di studio chiude il quadro degli esempi attraverso la proposta di un cambio di prospettiva in un luogo che è divenuto un importante laboratorio sulla biodiversità in ambito urbano⁹. Dopo la riunificazione delle due parti di Berlino Est e Ovest, l'Aeroporto di Tempelhof (esteso circa 386 ettari) a Berlino Ovest si è ritrovato molto vicino all'antico centro città¹⁰ e la sua chiusura nel 2008 costituisce il punto di partenza del nuovo sviluppo urbano di Berlino (Jost, 2011).

Parallelamente alla definizione di due approcci contrastanti, la ricostruzione del tessuto prussiano di Hans Stimmann e la visione della città arcipelago di Rem Koolhaas (Hertweck and Marot, 2013), emerge l'iniziativa dal basso 100% Tempelhof che vede la destinazione a parco come una grande risorsa¹¹ per la popolazione. L'uso temporaneo ricreativo dello spazio, insieme alla sua rinaturalizzazione, definisce oggi uno dei parchi urbani più grandi al mondo (Molinari, 2019) che costituisce un'area di bilancio della temperatura del clima urbano¹². Definita come una 'prateria contemporanea per cowboy urbani'¹³, Tempelhof è rifugio per animali rari e piante protette, riunisce infatti la biodiversità in città con oltre 300 varietà di specie vegetali e orti urbani condivisi (Figg. 13-15).

A partire dagli anni Sessanta del Novecento, ai 'community gardens' è stata riconosciuta l'attitudine a produrre alcuni vantaggi in termini di produzione agricola e socialità in contesti urbani densi destinati a gruppi di cittadini alla ricerca di spazi di socialità e svago. A Berlino questa esperienza testimonia la capacità dei processi 'bottom-up' di ridurre la distanza tra società civile e Istituzioni e di condizionare le previsioni di trasformazione della vasta area aeroportuale destinata in gran parte alla speculazione immobiliare. In pochi anni a Tempelhof si è formata una grande comunità autorganizzata che ha associato alle attività di produzione agricola a uso personale anche molte iniziative collettive con un forte interesse per i temi ambientali dell'orticoltura e della sostenibilità con l'organizzazione di incontri, conferenze e workshop autogestiti aperti alla cittadinanza.

Gli interventi effettuati a Tempelhof hanno preservato la grande ricchezza di biodiversità che si era formata spontaneamente negli anni di abbandono; le manutenzioni minime all'interno degli spazi esistenti, compresi gli accessi lungo il perimetro che recintava l'aeroporto, hanno garantito, da una parte, la fruibilità del parco da parte dei cittadini, dall'altra, hanno consolidato la preser-

vazione degli habitat vegetali e animali, consentendo inoltre il ritorno di specie di animali da tempo scomparsi. Infine, il recupero dei manufatti architettonici ha permesso di ospitare eventi pubblici e servizi per i fruitori del parco, riportando alla memoria la consapevolezza di un luogo rappresentativo della recente storia di Berlino oggi destinato alla fruizione ludico e ricreativa.

Le esperienze e i progetti citati, tra i numerosi a cui è possibile fare riferimento, sono espressione della centralità dell'elemento naturale che ha avuto nell'ultimo decennio una forte accelerazione. Tali esempi sembrano confermare la possibilità di agire con azioni minime nel territorio della città, allargando il campo operativo e lo spettro semantico in quei luoghi in cui è presente una natura ruderale e in cui è riconoscibile l'aspetto selvatico della vegetazione. La definizione di nuove condizioni di spaesamento e il ribaltamento del punto di vista sono le due condizioni fondamentali per tradurre tali spazi aperti contemporanei, spesso in abbandono, in nuovi spazi sensibili dove la natura urbana acquista il ruolo di generatrice di densità di relazioni.

Conclusioni | Un cambiamento di prospettiva del progetto dello spazio aperto, come ricorda Gilles Clément (2004) nel suo Manifest du Tiers Paysage¹⁴, si fa strada attraverso nuove attenzioni e approcci che affermano le potenzialità di una visione più ecologica degli spazi che possiamo ricondurre all'efficace slogan 'public space public life', coniato da Jan Gehl (Gehl and Gemzoe, 1996) a sostegno del lavoro sul tema dello 'spazio abitabile' a Copenhagen. Una metodologia di azioni minime e puntuali promuove una visione della 'natura urbana' generatrice di densità di relazioni; crea inoltre modalità di azioni che sono capaci di generare prossimità e socialità, secondo un processo di relazioni tra persone e luoghi che si stimolano vicendevolmente (Gehl, 2012). Appare così evidente come il progetto contemporaneo assegni allo spazio aperto un nuovo ruolo che si intreccia con materiali e storie differenti: accoglie imprevedibili destinazioni d'uso spesso reversibili, ma non per questo meno capaci di essere al centro di interesse, strutturate su temporaneità, performance, eventi di breve durata che divengono il fulcro centrale dei molteplici destini spesso imprevedibili.

Nuovi paesaggi prendono forma in risposta a specifiche necessità o domande sociali derivanti da precedenti usi del suolo a elevato impatto ambientale, affermandosi come espressioni di una cultura rinnovata dello spazio pubblico. Negli ultimi tre decenni le pratiche di riuso temporaneo hanno subito un'accelerazione anche a causa della dismissione di ampi spazi sottratti alle infrastrutture, avviate da azioni spontanee di occupazione oppure dalla Pubblica Amministrazione che hanno contribuito a vincolare tali spazi sottraendoli alle pressioni speculative del mercato immobiliare. Un nuovo campo di azione si è progressivamente consolidato; le sperimentazioni temporanee ed effimere, come per l'evento Nature Capitale a Parigi, hanno mostrato che lo spazio pubblico può estendersi sulla strada ribaltando la sua naturale vocazione per accogliere al posto delle automobili nuovi giardini temporanei e con essi migliaia di visitatori. Se è possibile ribaltare il punto di vista e mutare il significato dei luoghi destinati

ad attività e funzioni apparentemente immutabili, risulta evidente che la fruizione e la futura gestione di questi nuovi spazi non può essere normata e regolamentata a priori. Spesso infatti la condizione d'informalità delle operazioni e degli usi a supporto delle numerose iniziative spontanee di associazioni e di residenti possono innescare trasformazioni durature con un valore strategico per la città. Tali processi avviati a partire dal principio di 'bene comune' (Salzano, 2009) hanno caratterizzato la piena accessibilità degli spazi aperti e degli edifici esistenti dell'ex aeroporto di Tempelhof. Il supporto dapprima delle associazioni e più tardi delle stesse Istituzioni ha condotto alla maturazione di un lungo processo che ha portato alla rinuncia dei progetti di riqualificazione speculativi e alla definizione di una prospettiva di riqualificazione inclusiva e ludico-ricreativa con un approccio a forte intenzionalità pubblica.

La continuità trans-scalare degli interventi e la ricerca di risposte spaziali integrate alle diverse istanze della collettività prevedono, infatti, una forte regia pubblica orientata a una dimensione culturale del progetto che ha come obiettivo una visione di futuro. Si tratta di luoghi simbolici che allargano il campo operativo del progetto nella città, attraverso un progetto civico finalizzato a restituire agli spazi aperti accessibilità e usi collettivi inclusivi e innovativi nel rispetto della biodiversità e dei principi ecologici dei luoghi.

La recente emergenza sanitaria ha riaperto il dibattito sul futuro della città e sul ruolo dell'investimento pubblico nell'orientare spazi, tempi e usi auspicando un'accelerazione verso un cambio di paradigma in relazione agli effetti del cambiamento climatico e al conseguente avvio di un 'green new deal' planetario (Varoufakis and Adler, 2019). L'adattamento al cambiamento climatico rappresenta il nuovo campo d'indagine per la sperimentazione di processi, strategie e soluzioni adattive basate su un approccio ecosistemico al progetto. In questo quadro di sperimentazione i temi annunciati alla Biennale di Rotterdam del 2014 mostrano la necessità di prefigurare nuovi territori ideali nei quali i sistemi energetici e naturali costituiscono il materiale progettuale per la costruzione di un futuro possibile.

Gli squilibri ambientali, climatici e sociali pongono nuovi interrogativi sul rapporto tra l'uomo e l'ambiente, tra artificio e natura, tra necessità di trasformazione e bisogno di preservare ciò che permane. Siamo di fronte a una scelta di campo che non può sottovalutare l'impatto di tali squilibri che si confrontano con il bisogno di preservare e innovare il rapporto tra città e natura. Nonostante la letteratura scientifica evidenzii benefici diretti e indiretti generati dalla costante attenzione ai temi della natura in città, con la definizione di parametri e indicatori specifici (ISPRA, 2010; Bastin et alii, 2019), risulta importante riflettere sull'effettiva fattibilità ed efficacia ecosistemica dei processi prestazionali, stimati teoricamente, e i benefici ambientali reali. Alcuni recenti studi rilevano, infatti, l'incidenza spesso marginale rispetto all'entità dei fenomeni a scala globale (Lewis et alii, 2019), come ad esempio la promozione di interventi di forestazione urbana come antidoto al riscaldamento globale.

La ricerca di nuove soluzioni in grado di contrastare gli effetti del cambiamento climatico, soprattutto in ambito urbano, ha aperto la strada

alla Plant Revolution teorizzata da Stefano Mancuso (2017) che esplora il mondo vegetale per immaginare il futuro dell'umanità. La tesi del 'mutuo appoggio' (Kropotkin, 1902), come fattore di evoluzione delle specie, ribadita da Mancuso (2019) a partire dai numerosi esempi proprio nel mondo vegetale, riconduce il motore dell'evoluzione alla capacità che le specie hanno nel cooperare tra loro piuttosto che competere. All'interno dell'ecosistema planetario anche l'uomo è incapace di sostenersi da solo, e pertanto, la cooperazione

tra le specie spinge, secondo Johan van de Gronden (2014), a basare le nostre decisioni su una comprensione catartica del fatto che i nostri interventi possono interessare tutti gli angoli della biosfera e condizionare il nostro futuro.

change and international policies¹ on the balance of ecosystems and biodiversity (Aronson et alii, 2017; Lepczyk et alii, 2017) and quality of life (Manzini, 2018). Soil, understood as a common good and a non-renewable resource, is at the centre of all those phenomena that deal with the hazard, disruption and redesign of the territory, with consequences not only on the safety of citizens but also on the productivity of local economies and the characters of settlement models². New ways of designing and rethinking open space contribute to

The topic of the built environment, and in particular land consumption, is one of the main issues in the current debate (UN, 2015) on combating climate

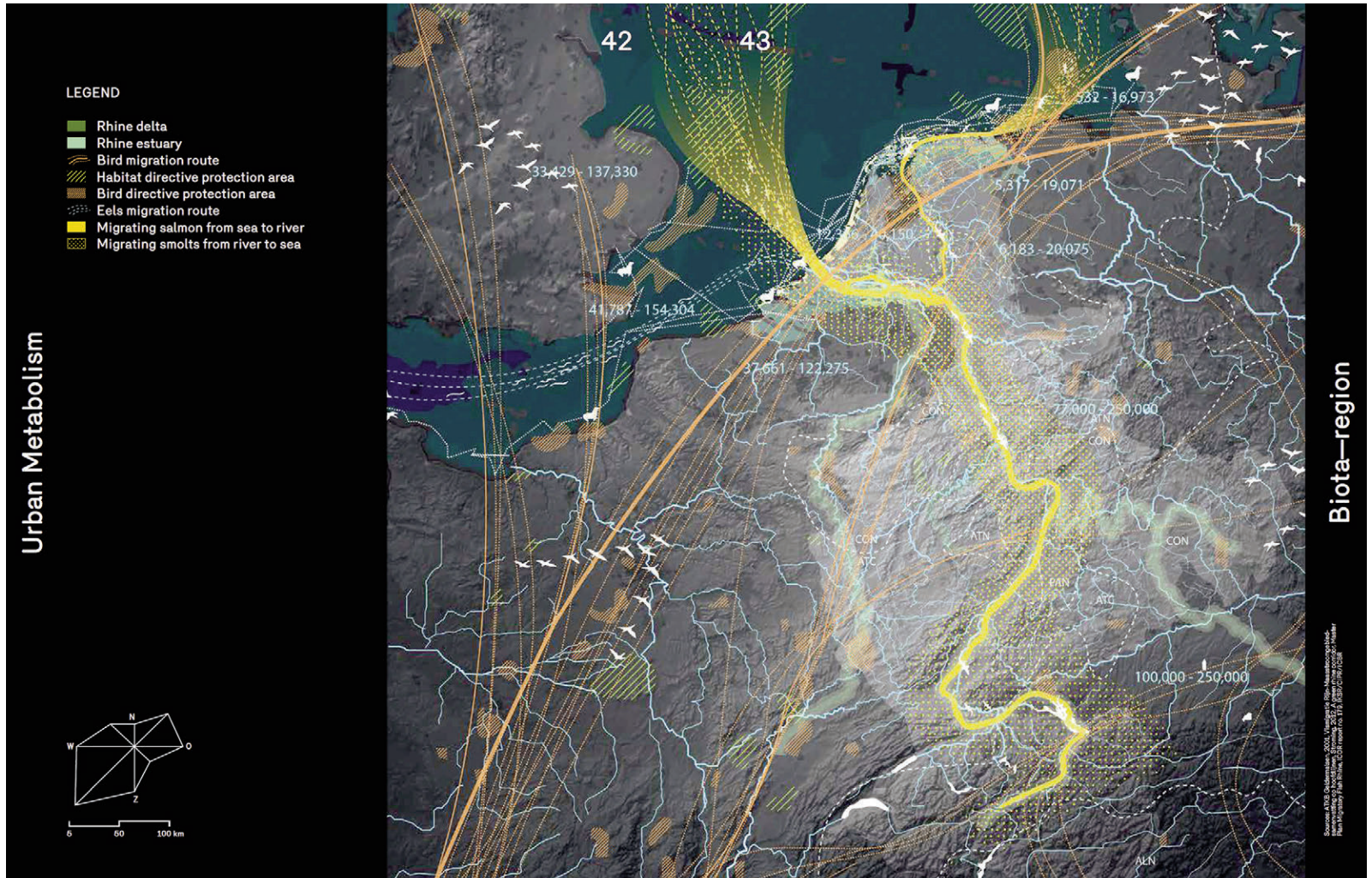


Fig. 6 | Urban Metabolism – Biota-region, Architecture Biennale – Urban by Nature, Rotterdam (source: IABR, 2014).

Fig. 7 | Catalyzing Re-industrialisation-region, Architecture Biennale – Urban by Nature, Rotterdam (source: IABR, 2014).



rescaling the order of needs (Andraos et alii, 2019; RSE and Fondazione Utilitatis, 2021) in order to promote and improve the potential of what remains, especially of obsolete infrastructures, in order to restore a quality of life understood as a right to the city (Lefebvre, 1968), to nature³ (Kromarek, 1987), to slowness, and city traditional planning and transformation.

In this sense, this article focuses on the urgency of a change of pace to accelerate the cultural change towards the issues of ecological transition and biodiversity in the urban and social sphere through a comparative approach, articulating the structure of the text in three parts. The first part reflects on the crisis of the growth society, in which sobriety and frugality are the keywords for another way to transform the built environment with a renewed responsibility towards ecological and climate urgency in an economy of measure and the pursuit of biodiversity (Madec, 2021). Without taking an ideological stance, it is clear that today the presence of nature in the city is a crucial factor in the construction of urban life quality, which requires skills capable of hybridising consolidated disciplinary knowledge that refer to the notion of 'fourth nature'.

The second part of this article aims to return to the experience of three European metropolitan

cities, Paris, Rotterdam and Berlin, pioneers of change, to understand the recent phenomena of transformation of 'empty' space. The reflection on the not-always-linear working method of the appropriation of open space and land use by urban policies and citizens reveals the need to rethink the fundamentals of transformation processes in an ecological and social key (Picon, 2013), still leaving much room for the possible futures of the European city.

City is Nature | Following the abandonment of numerous industrial areas and the obsolescence of many urban infrastructures often inadequate to the new needs of mass transport, in the 1990s, a new environmental awareness took shape which, together with a different aesthetic sensitivity, contributed to modifying the design of open space in the city through new conceptual categories. We are facing a new season in which the 'fourth nature' binomial is added to the previous definitions. The symbolic and ideal space of nature, which originates from John Dixon Hunt's (2000) literary description of gardens, is opposed by the evolutionary dynamics of nature consisting of a variety of pioneer plant species – as pointed out by the German ecologist Ingo Kowarik (1992) – which offers a scan of the variety of plant types present in con-

temporary urban territories. It is precisely in the abandoned urban spaces of the post-industrial city that Kowarik rewrites the entire sequence of the 'four natures' from the landscape ecology perspective. He thus finds an analogy with the definition of 'first nature'. A new wilderness refers to the first of the three sequences of nature categories elaborated and described in the literature as early as 44 BC in Marcus Tullius Cicero's *De Natura Deorum* – Book Two. If 'first nature' is wild and uncontaminated, a mysterious place destined to welcome the gods, 'second nature', on the other hand, is opposed to the first by the action of human activity on it, which, called upon to give it form, shapes and directs its production. In these two sequences, nature opposes everything that belongs to the realm of culture and the activities of reason (Leenhardt, 2011).

The definition of 'third nature' places man above the original germinal forces, surpassing the mythical and artistic dimension to rise to new aesthetic meanings. Nature is represented here through the design of the garden or park, in an artistic dimension linked to the notion of an ordered and productive landscape in continuity with myth, the natural elements (fountains, waterfalls, hedges, spontaneous vegetation, caves) through romantic depictions of the ruin: an ideal place within which to root the imagery of nature itself.

While the relationship between nature and ruin has been approached mainly from an aesthetic point of view over the last three centuries, it gives vegetation the role of completing the lost forms of the monument regarding travellers' drawings or hypothetical reconstructions. In 1955, in the Aide-memoire for the Works around the Acropolis for the Arrangement of Paths on the Slopes of the Archaeological Site of Athens, it was Dimitris Pikiotis himself who described (cit. in Domenico, 2003) the compositional criteria and the need to conduct an accurate preliminary study of the floristic composition, colour and symbolic qualities of the ecological dynamics of the vegetation and trees to be removed and introduced into the archaeological site.

Recently, the process of fascination with the urban wild⁴ refers to the well-known expressions 'nature in the city' and 'urban nature', giving the disused and still unurbanised places of the city an essential reservoir of biodiversity⁵. The process of ecological hybridisation of human, plant and animal habitats, which manifests itself through natural forms, colours, materials and structures, contributes to increasing biodiversity according to the principle of minimum invasiveness and maximum reversibility, giving rise to new self-organised ecosystems (Hall, Higgs and Hobbs, 2013) that can be traced back to the very meaning of 'fourth nature'. The recent process of fascination with the urban wild has given rise to a multitude of spaces in which new self-organised ecosystems of pioneer and allochthonous plant species arise and grow spontaneously to accommodate a new 'urban nature' that refers, according to Kowarik's definition (1992) to the arrangement of biophysical elements in the urban context.

The contemporary city privileges a vision of the urban environment as a set of relationships and interactions between built and residual spaces, exalting the ecological characteristics of the concept of emptiness, indefinite and informal. The

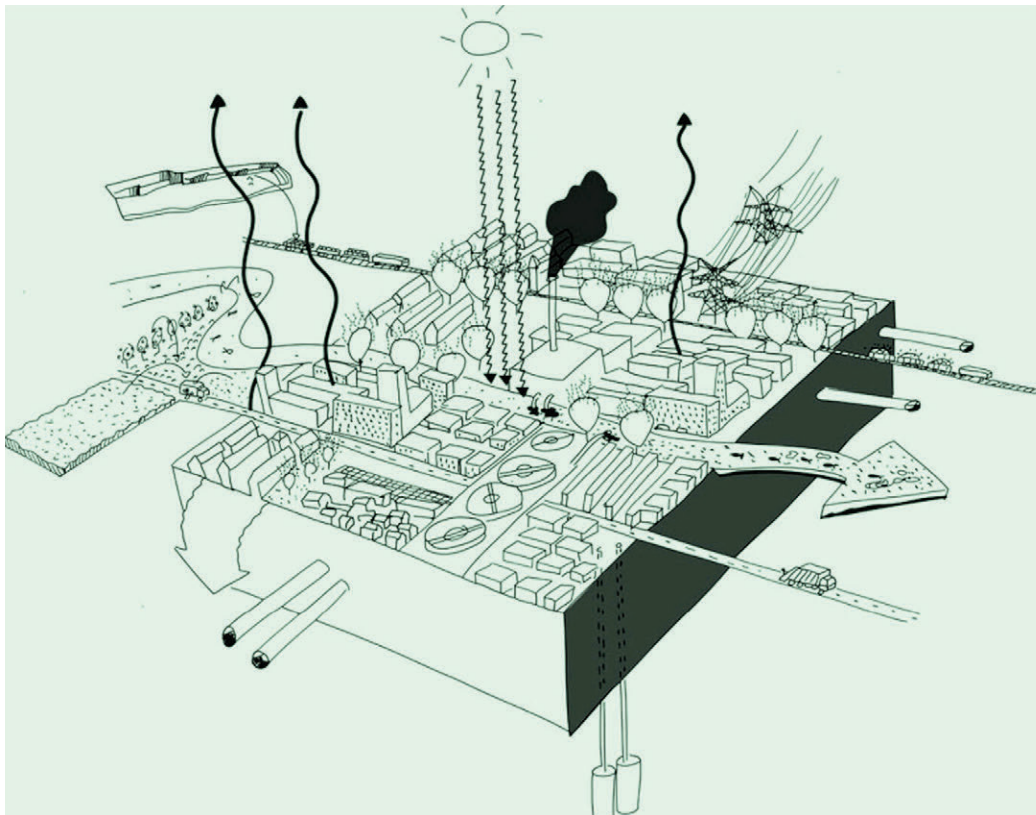


Fig. 8 | Urban metabolism model, Architecture Biennale – Urban by Nature, Rotterdam (source: IABR, 2014).

Fig. 9 | A swan's nest made entirely of rubbish demonstrating the resilience of nature, Architecture Biennale – Urban by Nature, Rotterdam (credit: Natural History Museum, Rotterdam, 2014).

French expression 'terrain vague' that Ignasi de Solà-Morales i Rubió⁶ (1996) adopts to define this natural condition of the indeterminacy of the urban, following the expression 'uncultivated land' formulated the previous year by Pierluigi Nicolin (1995) in the editorial of the magazine Lotus, shifts the interest of the research from the dimension of the landscape project to the plurality of approaches proper to the urban project.

In the same issue of Lotus, Swiss landscape architect Dieter Kienast (1995) offers a new key to understanding the role of nature in the city with the publication of a decalogue entitled Set of Rules. Kienast suggests a revision of the landscape themes and urban design and, in particular, in the second point, he invites us to look for and recognise the infinite diversity of green vegetation in 'urban nature' whose colour is not only green, but also grey: it includes trees, hedges, lawns, but also road surfaces, squares, artificial canals, walls, penetration and ventilation axes, the centre and the periphery. In particular, in the ninth point of the Decalogue, Kienast dwells on the need to consider the supply of nature in the city as an essential requirement on a par with the supply of the culture of civilisation and calls for rediscovering green vegetation as an urban element and not only as an element of ecology; finally, the Decalogue closes with a eulogy to the diversity of urban plant species in which contradictions similar to those in the contemporary city emerge: the vegetation of cities lives by its contradictions, and it is pruned and spontaneous, green and rich in colour, domestic and wild, stunted and lush, it towers over us or lies at our feet, it is both familiar and unfamiliar (Kienast, 1995).

A reminder of the concept of a 'plurinaturalism' is Bruno Latour's (2005) approach to nature, which completes the reflection on the 'fourth nature' by inviting the renunciation of the use of the singular to qualify 'nature' since it is perceived in a plural way. Its characteristic lies precisely in the variety of situations and types of plant structures present in contemporary urban territories. The consequence of the combination and variety of anthropogenic and natural practices finds in the 'unintended landscape' the indeterminacy of the outcomes that, according to Mathew Gandy (2016), must be included within the design strategies. The hypothesis of renouncing the definition of the open space as a process with a beginning and a natural conclusion leads to the definition of a design strategy-oriented, firstly, to define a framework of knowledge that enhances the ecological characteristics spontaneously developed in the place and, subsequently, to accommodate a sustainable design process with a level of indeterminacy in clear opposition to the experience of the traditional urban project.

The definition of sustainable urban projects (Girardet, 1992; Dell'Acqua, 2020; Canepa et alii, 2022; Catalano and Balducci, 2022; Tucci et alii,



Fig. 10 | Aerial photo of the former Tempelhofer Feld Airport in Berlin (credit: M. Ragosz, 2020).

Fig. 11 | Competition-winning project Parklandschaft Tempelhof in Berlin, designed by Gross Max Landscape Architecture (source: gross.max, 2011).

Fig. 12 | Top view photo of the Tempelhof urban park in Berlin (credit: M. Frauendorf, 2010).

2022; Scalisi and Ness, 2022) and the promotion of strategies for adaptation and mitigation of climate change phenomena (EEA, 2012, 2020) have been the common objectives of many international initiatives that have animated the debates and meetings since the late 1980s. They have given rise to the documents shared by participating nations: the 1988 UN General Assembly resolution in New York (UNEP, 1988), the 1992 Rio de Janeiro Convention (UN, 1992; Council of the European Union, Representatives of the Governments of the Member States, 1993) on climate change later ratified in 1994 (The Council of the European Union, 1994), the Kyoto Protocol of 1997 (UNFCCC, 1997), the Convention on Biological Diversity signed by all nations participating in the World Summit in Johannesburg in 2002 (The Committee of the Regions, 2002) on sustainable development, the International Conference on Biodiversity, Science and Governance in Paris in 2005 (Blandin, 2015), and the recent Paris Agreement of 2015 (The Council of the European Union, 2016) on the reduction of greenhouse gases.

Among the documents elaborated on and recognised internationally, the Aalborg Charter⁷, drawn up following the European Conference on Sustainable Cities and Towns, has played a crucial role in defining a framework for renewable resource policies and planning in the contemporary city.

Experiences: Paris, Rotterdam, Berlin | Numerous experiences have addressed these issues from the perspective of protection, biodiversity and climate change with striking results through new modalities compared to the traditionally understood project. Abandoning the prejudice that ‘city’ and ‘nature’ are a dichotomy, the three selected case studies of the Nature Capital temporary biodiversity garden in Paris in 2010 (Lecardane, 2010), the Rotterdam Architecture Biennial entitled *Urban by Nature* in 2014 (Brugmans and Strien, 2014) and the *Thempelhof Urban Park* in Berlin (2013-2020) propose a contribution to the challenges of the Anthropocene⁸ (Crutzen and Stoermer, 2000) according to the original hypothesis that ‘the City is Nature’.

In Paris, the leitmotif of the Nature Capital biodiversity garden (Fig. 1), inspired by the 2005 Conference, proposed the setting up of a temporary garden along the Boulevard des Champs-Élysées, Paris’ most representative thoroughfare, visited by almost two million spectators from 22 to 24 May 2010. A regular mesh of small and large pots laid on the asphalt accommodated 150 plant species, 150,000 young trees, and 8,000 vegetable gardens in boxes which, sown and cultivated during the event, brought back memories of the rural life of those who brought the harvest to French people’s homes with dedication and care (Fig. 2-4). The work of the director and artist Gad Weil and landscape architect and scenographer Laurence Mediani, the garden, which is 1.2 km long and covers about three hectares, aimed to make visitors aware of the need to safeguard plant species belonging to local nature to reactivate the man-nature relationship that has almost disappeared in today’s chaotic metropolises.

The 2014 Rotterdam Architecture Biennale (Fig. 5) argued that the solutions to the planet’s problems are in the cities; curator Dirk Sijmons (2014a) himself stated in the catalogue introduction that the future of cities is not density but a re-discovery of natural space (Fig. 6). The city-nature symbiosis and ‘pure resilience’ are the themes of a new urban condition shown through the lens of a hybridised world.

Rotterdam Natural History Museum Director Jelle Reumer (2014), curator of the exhibition entitled *Pure Resilience* as part of the Biennial, states that although the concepts of city and nature seem to be mutually exclusive, in reality, they are not (Fig. 7); on the contrary, the city is nature: there are different ways of looking at the city and urban nature, and one way is to consider the city as part of nature (Fig. 8). The construction of a perturbing narrative was the main objective of the exhibition, which first confronted the visitor with the effects of changing natural phenomena and the adaptation of species for survival, and then showed that nature adapts, but does not complain: in every age, the landscape changes, and, surprisingly, different species with different habits come along.

Replicas of some birds’ nests that nested in

Amsterdam were reproduced, using some examples of nature’s extraordinary resilience (Fig. 9): a swan’s nest made entirely of rubbish, a pigeon’s nest made of metal wire and metal mesh, and a crow’s nest made almost entirely of bands and wire. The exhibition did not want to trace the path to a natural balance but instead wanted to convey the message that plant and animal species, including humans, live in the Anthropocene and find the best way forward. In this context, the consequent design model can only be holistic, capable of exploiting the interdependencies generated by the relationships between human and natural resources.

The Biennial’s structure thus takes the form of a complex, structured exhibition mechanism, starting with a thematic tripartition with which the collateral events are associated. The three themes of City and Nature, Urban Metabolism and Strategies for the Urban Landscape are finally made explicit through the projects developed by three project Ateliers on three Dutch case studies: Project Atelier Texel, Project Atelier Rotterdam, Project Atelier BrabantStad.

The first theme City and Nature explored the self-sufficiency ambitions of the island of Texel concerning the sustainability of tourism and recreational uses. The acronym T.E. x E.L., originating from the English words Tourism + Economy x Landscape + Ecology, was intended to contribute to economic growth and the tourist offer through conscious and ecological use of the natural heritage. An important role was thus attributed to citizen participation and experiments already present on the island, such as solar energy production, saltwater cultures and fish farming in artificial ponds. Short-term tourism supported by temporary, demountable, removable and self-sufficient accommodation was also tested, supporting a seasonal stay in the open air (la4sale and FARO, 2014).

The second theme Urban Metabolism, which operates a kind of anatomy of Rotterdam’s ‘urban body’, was the subject of a mapping of several flows (goods, people, waste, biodiversity, energy, food, air, water, sand and building materials) distinguished in a specific section of the exhibition



Fig. 13-15 | The Tempelhof urban park in Berlin (credits: Giulia Gr, 2023).

and arranged within an orthogonal metal rack. The connections and interactions between the selected flows helped define the city's future, structured around four strategies of investigation: new industrial processes, waste, resources and biotopes (Fabric and JFCO, 2014). Operating according to the logic of urban metabolism implied a new approach to design in the Dutch city-territory that survives thanks to its connections with the hinterland from which it draws energy, food, water, and biomass into which it releases its waste.

The third theme, Strategies for Urban Landscapes, was shown as a diverse mosaic of low and high-density land-use forms in the territory of the BrabantStat network of cities. The definition of Carpet Metropolis by Dutch architect Willem Jan Neutelings (Sijmons, 2014b) integrated this landscape with ecological awareness and access to the intangible resources of knowledge and creativity. This north-west European Delta area with a very high quality of life, inhabited by some 31 million people spread over an ideal region between the cities of Rotterdam, Brussels and Cologne, aspires to become one of the five European regions with the highest economic development and overall housing attractiveness through the strengthening of its dense network of innovative territorial and entrepreneurial relations. The research and design elaborations were structured from the principles of balance and connections between cities and rural areas within the natural landscape of large rivers, canals and streams that constitute the potential for quality of life and the challenges of climate change in the Brabant region.

In general, the objectives of the themes proposed by the Rotterdam Biennale aimed to understand human and urban knowledge and resources through an inclusive platform open to a multiplicity of scientific contributions. It is evident from the projects developed and exhibited that the future does not depend on fate but on the ethical decisions and political will that guide the design solutions that can either improve the current state or lead to the catastrophe of metabolism (Sijmons, 2014c) of the natural and urban landscape.

Among the first applications of this multidisciplinary approach is the experience of the indeterminacy of the project as a working method for the redevelopment of the former Tempelhof Airport in Berlin into an urban park (Figg. 10-12); this case study closes the picture of examples by proposing a change of perspective in a place that has become an important laboratory on biodiversity in the urban environment⁹. After the reunification of the two parts of East and West Berlin, the Tempelhof Airport (covering approximately 386 hectares) in West Berlin was located too close to the old city centre¹⁰, and its closure in 2008 constituted the starting point of Berlin's new urban development (Jost, 2011).

Parallel to the definition of two contrasting approaches, Hans Stimmann's reconstruction of the Prussian fabric and Rem Koolhaas's vision of the archipelago city (Hertweck and Marot, 2013), the 100% Tempelhof bottom-up initiative emerges, which sees the park as an excellent resource¹¹ for the population. The temporary recreational use of the space, together with its renaturalisation, now defines one of the largest urban parks in the world (Molinari, 2019), constituting a temperature-bal-

ancing area of the urban climate¹². Defined as a 'contemporary prairie for urban cowboys'¹³ Tempelhof is a refuge for rare animals and protected plants; it brings together biodiversity in the city with over 300 varieties of plant species and shared urban gardens (Figg. 13-15).

Since the 1960s, 'community gardens' have been recognised for their ability to produce specific benefits in agricultural production and sociality in dense urban contexts for groups of citizens looking for spaces for socialising and recreation. In Berlin, this experience testifies to the ability of bottom-up processes to reduce the distance between civil society and institutions and to condition the transformation plans of the vast airport area largely destined for property speculation. In just a few years, a sizeable self-organised community has formed in Tempelhof, which has combined agricultural production activities for personal use with many collective initiatives with a strong interest in the environmental issues of horticulture and sustainability with the organisation of meetings, conferences and self-managed workshops open to citizens.

The interventions carried out in Tempelhof have preserved the great wealth of biodiversity that had formed spontaneously during the years of abandonment. Including the accesses along the perimeter that fenced off the airport, the minimal maintenance within the existing spaces has guaranteed, on the one hand, the usability of the park by citizens and, on the other, have consolidated the preservation of plant and animal habitats, allowing the return of animal species that had long disappeared. Finally, the restoration of the architectural artefacts has made it possible to host public events and services for the park's users, bringing back the awareness of a place representative of Berlin's recent history that is now destined for recreational use.

The experiences and projects mentioned, among the many to which reference can be made, express the centrality of the natural element, which has had a strong acceleration in the last decade; these examples confirm the possibility of acting with minimal actions in the city's territory, widening the operative field and the semantic spectrum in those places where a ruderal nature is present and where the wild aspect of vegetation is recognisable. The definition of new conditions of disorientation and the reversal of the point of view are the two fundamental conditions to translate these contemporary open spaces, often abandoned, into new sensitive spaces where urban nature is a generator of the density of relations.

Conclusions | As Gilles Clément (2004) reminds us in his Manifest du Tiers Paysage¹⁴, a change of perspective in the design of open space is making its way through new attentions and approaches that affirm the potential of a more ecological vision of spaces that we can trace back to the effective slogan 'public space public life', coined by Jan Gehl (Gehl and Gemzoe, 1996) in support of the work on the theme of 'habitable space' in Copenhagen. A methodology of minimal and punctual actions promotes a vision of 'urban nature' that generates a density of relationships; it also creates modes of action capable of generating proximity and sociality according to mutually stimulating relationships between people

and places (Gehl, 2012). It thus appears evident how contemporary design assigns to open space a new role that is interwoven with different materials and histories: it accommodates unpredictable uses that are often reversible but no less capable of attributing meaning, structured on temporariness, performance, and short-lived events that become the central fulcrum of multiple, often unpredictable destinies.

New landscapes take shape in response to specific needs or social demands arising from previous land uses with a high environmental impact, establishing themselves as expressions of a renewed culture of public space. Over the last three decades, temporary reuse practices have accelerated, partly due to the divestment of large spaces removed from infrastructure. Spontaneous occupation actions or the public sector initiated such reuse practices. They have helped bind these spaces to the speculative pressures of the real estate market. A new field of action has gradually consolidated; temporary and ephemeral experiments, such as the Nature Capital event in Paris, have shown that public space can extend onto the street, reversing its natural vocation to accommodate new temporary gardens instead of cars and thousands of visitors with them.

Suppose it is possible to overturn the point of view and change the meaning of places intended for apparently immutable activities and functions. In that case, these new spaces' use and future management cannot be regulated a priori. Often, the informality of operations and uses supporting the numerous spontaneous initiatives of associations and residents can trigger lasting transformations with a strategic value for the city. Such processes initiated from the principle of 'common good' (Salzano, 2009) characterised the full accessibility of the former Tempelhof airport's open spaces and existing buildings. The support of associations at first and later of the institutions themselves led to the maturation of a long process that led to the abandonment of speculative redevelopment projects and the definition of an inclusive and recreational redevelopment perspective with a solid collective intentionality approach.

The trans-scalar continuity of the interventions and the search for integrated spatial responses to the different demands of the community envisage a strong public direction oriented towards a cultural dimension of the project that aims at a future vision. These symbolic places broaden the project's operational field in the city in transition through a civic project aimed at restoring accessibility and inclusive and innovative collective uses to open spaces while respecting the biodiversity and ecological principles of places.

The recent health emergency has rekindled the debate on the future of the city and the role of public investment in orienting its spaces, times and uses, calling for an acceleration towards a paradigm shift concerning the effects of climate change and the consequent initiation of a planetary 'green new deal' (Varoufakis and Adler, 2019). Adaptation to climate change represents a new field of investigation for the experimentation of adaptive processes, strategies and solutions based on an ecosystem approach to design. Within this experimentation framework, the themes announced at the 2014 Rotterdam Biennale show the need to prefigure new ideal territories in which energy

and natural systems constitute the design material for constructing a possible future.

Environmental, climatic and social imbalances pose new questions about the relationship between man and the environment, artifice and nature, and between the need for transformation and preserving what remains. We are faced with a choice of field that must consider the impact of these imbalances that confront the need to preserve and innovate the relationship between the city and nature. Even though the scientific literature highlights direct and indirect benefits generated by constant attention to nature issues in the city with the definition of specific parameters and indicators (ISPR, 2010; Bastin et alii, 2019),

it is essential to reflect on the actual feasibility and ecosystem effectiveness of theoretically estimated performance processes and real environmental benefits. Indeed, some recent studies note the often-marginal incidence compared to the magnitude of global-scale phenomena (Lewis et alii, 2019), such as promoting urban forestation interventions as an antidote to global warming.

The search for new solutions to counter the effects of climate change, especially in urban areas, has paved the way for the Plant Revolution, theorised by Stefano Mancuso (2017), which explores the plant world to imagine the future of humanity. Reaffirmed by Mancuso (2019) from numerous examples in the plant world and as a fac-

tor in the evolution of species, the thesis of 'mutual support' (Kropotkin, 1902) traces the engine of evolution back to the ability of species to cooperate rather than compete with each other. Within the planetary ecosystem, even humans cannot sustain themselves independently. Therefore, cooperation between species leads, according to Johan van de Gronden (2014), to base our decisions on a cathartic understanding that our interventions can affect all corners of the biosphere and condition our future.

Notes

1) The European Union Strategy on Adaptation to Climate Change, adopted in April 2013, commits to three objectives: to promote Member State action, to take 'climate-proof' action at the European level and to promote better-informed decision-making through implementing eight actions. For more information on 'Decision No 1386/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013 on a General Union Environment Action Programme to 2020 Living Well, Within the Limits of Our Planet, see: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32013D1386&qid=1682917263480 [Accessed 13 April 2023].

2) To overcome the limitation of the absence of a directive, the European Commission approved the Soil Strategy, which aims to ensure that all terrestrial ecosystems are in good health by 2050. More information can be found at: reteambiente.it/news/46405/strategy-eu-for-soil-target-good-health-by-2050 [Accessed 13 April 2023].

3) The right to nature is found, for example, in the French Chart Environment, which states that everyone has the right to live in a balanced environment that respects health. The right to nature in the European context is a duplicate of the right to health, which can be compromised by rising temperatures and, thus, by an ineffective environmental policy. For more information, see unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000079853 [Accessed 13 April 2023].

4) The interaction with the materials found in the intervention sites, where there is often a ruderal nature, of the abandonment aims at the maintenance and implementation of fragments of nature, biodiversity, and coexistence between species to avoid what Robert Pyle (1993) calls the 'extinction of experience'.

5) The notion of 'biodiversity', defined by the variety of ecosystems, species and genes and their interrelationships, is central to the notion of nature in the city; its conservation is fundamental at all scales and concerns not only specialists but also representatives of nations and urban policy actors (Reygrobellet, 2007).

6) According to de Solà-Morales (1989), the city is the starting point and the goal of the urban project as a process of material transformation of the existing; this leads to taking charge of complexity and to refine and hybridise methodologies in order to provide balanced responses according to an ethic that is more professional than ideological.

7) More information on the Aalborg Charter – Charter of European Cities and Towns Towards Sustainability (Aalborg, Denmark, 27 May 1994) can be found at: sustainablecities.eu/fileadmin/repository/Aalborg_Charter/Aalborg_Charter_English.pdf [Accessed 13 April 2023].

8) According to Paul Crutzen and Eugene Stoermer (2000, p. 18), «[...] without major catastrophes like an enormous volcanic eruption, an unexpected epidemic, a large-scale nuclear war, an asteroid impact, a new ice age, or con-

tinued plundering of Earth's resources by partially still primitive technology (the last four dangers can, however, be prevented in a real functioning noösphere) mankind will remain a major geological force for many millennia, maybe millions of years, to come».

9) For more information on the project data sheet, see: plante-et-cite.fr/ressource/fiche/473/la_biodiversite_en_ville_dense_no [Accessed 13 April 2023].

10) It was a connection along Albert Speer's north-south axis and served as a base for air bridges when, with the Berlin Blockade ordered by Stalin in 1948, the Soviet Union closed the land routes to the German capital.

11) The conflict between the Senate, investors and citizens was so significant that the 100% Tempelhofer Feld initiative had a strong following from the start, with the collection of subscriptions to initiate a referendum on 27 April 2008, which, however, failed to achieve a quorum, leaving the airport closed and without a purpose.

12) In June 2014, the 'Law for the Preservation of the Tempelhofer Feld (ThFG)' came into force. More information can be found at: gruen-berlin.de/fileadmin/user_upload/Downloads/tempelhofer-feld/thfg_gesetz-_und_verordnungsblatt_15-14-s189-s196.pdf [Accessed 13 April 2023].

13) The definition is the one given by Arch. Gross Max, author of the winning project in the Tempelhofer Feld Ideas competition announced by the Department for Urban Development of the Berlin Senate. For more information, see: worldlandscapearchitect.com/gross-max-sutherland-hussey-win-parklandschaft-tempelhofer/?v=cd32106bcb6d [Accessed 13 April 2023].

14) The concept of the 'third landscape' represents the synthesis of a long journey that begins with the reflections on the 'garden in motion' and continues with those on the 'planetary garden', a political project of ecology that points to the Earth as a garden and humanity as its gardener.

References

Andraos, A., Bötger, M., Bratton, B. H., Burgers-Ruiz, A., Colomina, B., Fernández-Galiano Ruiz, L., Fijen, H., Galilee, B., Garcia Ramon, T., Rosalie, G., Mitsogianni, V., Molinari, L., Mommers, J., Provoost, M., Roosegaarde, D., Ruby, I. and Vola, M. (2019), "Visioni future", in *Domus*, n. 1040, pp. 1099-1120. [Online] Available at: dialnet.unirioja.es/ejemplar/531432 [Accessed 13 April 2023].

Aronson, M. F. J., Lepczyk, C. A., Evans, K. L., Goddard, M. A., Lerman, S. B., MacIvor, J. S., Nilon, C. H. and Vargo, T. (2017), "Biodiversity in the City – Key Challenges for Urban Green Space Management", in *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 15, issue 4, pp. 189-196. [Online] Available at: doi.org/10.1002/fee.1480 [Accessed 13 April 2023].

Bastin, J.-F., Finegold, Y., Garcia, C., Mollicone, D., Rezende, M., Routh, D., Zohner C. M. and Crowther T. M. (2019), "The global tree restoration potential", in *Science*,

vol. 365, issue 6448, pp. 76-79. [Online] Available at: doi.org/10.1126/science.aax084 [Accessed 13 April 2023].

Blandin, P. (2015), "La diversità del vivente prima e dopo la biodiversità", in *Rivista di Estetica*, vol. 59, pp. 63-92. [Online] Available at: doi.org/10.4000/estetica.338 [Accessed 13 April 2023].

Brugmans, G. and Strien, J. (eds) (2014), *LABR 2014 – Urban by Nature*, IABR, Rotterdam.

Canepa, M., Mosca, F., Barath, S., Changenet, A., Hauck, T. E., Ludwig, F., Rocciotello, E., Pianta, M., Selvan, S. U., Vogler, V. and Perini, K. (2022), "Ecolopes, oltre l'inverdimento – Un approccio multi-specie per lo spazio urbano | Ecolopes, beyond greening – A multi-species approach for urban design", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 238-245. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11212022 [Accessed 13 April 2023].

Catalano, C. and Balducci, A. (2022), "Analisi ambientale e progettazione ecosistemica – Sondaggi, criticità e soluzioni applicative | Environmental analysis and ecosystemic design – Survey, critical issues and application solutions", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 246-257. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11222022 [Accessed 14 April 2023].

Clément, G. (2004), *Manifeste du Tiers paysage*, Éditions Sujet/Objet, Paris. [Online] Available at: biodiversiteetati.fr/Files/Other/DocCompIGTBPU/F05-ManifesteTiersPaysage-GClement.pdf [Accessed 13 April 2023].

Council of the European Union, Representatives of the Governments of the Member States (1993), *Resolution of the Council and the Representatives of the Governments of the Member States, meeting within the Council of 1 February 1993 on a Community programme of policy and action in relation to the environment and sustainable development – A European Community programme of policy and action in relation to the environment and sustainable development*, document 41993X0517. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A41993X0517 [Accessed 13 April 2023].

Crutzen, P. J. and Stoermer, E. F. (2000), "The Anthropocene", in *Global Change Newsletter*, n. 41, pp. 17-18. [Online] Available at: igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf [Accessed 13 April 2023].

de Solà-Morales i Rubió, I. (1996), "Terrain vague", in *Quaderns*, n. 212, pp. 34-43. [Online] Available at: raco.cat/index.php/QuadernsArquitecturaUrbanisme/article/view/234000 [Accessed 13 April 2023].

de Solà-Morales, M. (1989), "Un'altra tradizione moderna – Dalla rottura dell'anno trenta al progetto urbano moderno | Another Modern Tradition – From the Break of 1930 to the Modern Urban Project", in *Lotus*, n. 64, pp. 6-32.

Dell'Acqua, F. (2020), "Città ed emergenze ambientali –

Le Infrastrutture Verdi per il progetto urbano | Cities and environmental emergencies – Green Infrastructures for the urban project”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 8, pp. 74-81. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/872020 [Accessed 14 April 2023].

Domenico, L. (ed.) (2003), *I sentieri di Pikionis di fronte all'Acropoli di Atene*, Fondazione Benetton Studi Ricerche, Treviso.

EEA – Environment European Agency (2020), *Urban adaptation to climate change in Europe – How cities and towns respond to climate change*, report, no. 12/2020. [Online] Available at: eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-in-europe [Accessed 13 April 2023].

EEA – Environment European Agency (2012), *Urban adaptation to climate change in Europe – Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies*, report, no. 2/2012. [Online] Available at: eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-to-climate-change [Accessed 13 April 2023].

Fabric and JFCO (2014), “Project Atelier Rotterdam”, in Brugmans, G. and Strien, J. (eds), *IABR 2014 – Urban by Nature*, IABR, Rotterdam, pp. 164-179.

Gandy, M. (2016), “Unintentional Landscapes”, in *Landscape Research*, vol. 41, issue 4, pp. 433-440. [Online] Available at: doi.org/10.1080/01426397.2016.1156069 [Accessed 13 April 2023].

Gehl, J. (2012), *Vita in città*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN).

Gehl, J. and Gemzoe, L. (1996), *Public Space Public Life*, Arkitektens Forlag, Copenhagen.

Girardet, H. (1992), *The Gaia atlas of cities – New Directions for Sustainable Urban Living (Gaia Future)*, Gaia Books, London.

Hall, C. M., Higgs, E. S. and Hobbs, R. J. (eds) (2013), *Novel Ecosystems – Intervening in the New Ecological World Order*, John Wiley & Sons, Oxford.

Hertweck, F. and Marot, S. (eds) (2013), *The City in the City – Berlin – A Green Archipelago – A Manifest by O. M. Ungers, R. Koolhaas, P. Riemann, H. Kolhoff and A. Ovaska*, Lars Müller Publishers, Zurich.

Hunt, D. J. (2000), *Greater Perfections – The Practice of Garden Theory*, University of Pennsylvania Press, Philadelphia.

Ia4sale and FARO (2014), “Project Atelier Planet Texel”, in Brugmans, G. and Strien, J. (eds), *IABR 2014 – Urban by Nature*, IABR, Rotterdam, pp. 58-71.

ISPRA (2010), “Verso una gestione ecosistemica delle aree verdi urbane e periurbane – Analisi e proposte”, in *Rapporti*, n. 118. [Online] Available at: isprambiente.gov.it/contentfiles/00010300/10394-rapporto-118-2010.pdf [Accessed 13 April 2023].

Jost, R. (2011), *Tempelhofer Freiheit – Flughafen Tempelhof Berlin*, Stadtwandel Verlag, Regensburg.

Kienast, D. (1995), “Un decalogo – A Set of Rules”, in *Lotus*, n. 87, pp. 63-65.

Kowarik, I. (1992), “Das Besondere der städtischen Flora und Vegetation”, in *Deutscher Rat für Landespflege Schriftenreihe Heft*, n. 61, pp. 33-47. [Online] Available at: researchgate.net/profile/Ingo-Kowarik/publication/259364097 [Accessed 13 April 2023].

Kromarek, P. (ed.) (1987), *Environnement et droits de l'homme*, UNESCO, Vendome. [Online] Available at: unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000079839 [Accessed 13 April 2023].

Kropotkin, P. (1902), *Mutual Aid – A Factor of Evolution*, William Heinemann, London.

Latour, B. (2005), *The Politics of Nature – How to Bring the Sciences into Democracy?*, La Découverte, Parigi.

Lecardane, R. (2010), “Le Grandi Esposizioni – Territori dell'immaginario”, in *Agathón | RFCA PhD Journal*, vol. 1, pp. 37-42. [Online] Available at: researchgate.net/publication/234024797 [Accessed 13 April 2023].

Leenhardt, J. (2011), “Natura”, in Corrado, M. and Lambertini, A. (eds), *Atlante delle Nature Urbane – Centouno voci per i paesaggi quotidiani*, Editrice Compozizioni, Bologna, pp. 162-164.

Lefebvre, H. (1968), *Le droit à la ville*, Anthropos, Paris.

Lepczyk, C. A., Aronson, M. F. J., Evans, K. L., Goddard, M. A., Lerman, S. B. and MacIvor, J. S. (2017), “Biodiversity in the City – Fundamental Questions for Understanding the Ecology of Urban Green Spaces for Biodiversity Conservation”, in *BioScience*, vol. 67, issue 9, pp. 799-807. [Online] Available at: doi.org/10.1093/biosci/bix079 [Accessed 13 April 2023].

Lewis, S. L., Mitchard, E. T. A., Prentice, C., Maslin, M. A. and Poulter, B. (2019), “Comment on The Global Tree Restoration Potential”, in *Science*, vol. 366, issue 6463, eaaz0388, pp. 1-3. [Online] Available at: doi.org/10.1126/science.aaz0388 [Accessed 13 April 2023].

Madec, P. (2021), *Mieux avec moins – Architecture et frugalité pour la paix*, Éditions Terre Urbaine, Paris.

Mancuso, S. (2019), *La Nazione delle piante*, Editori Laterza, Bari-Roma.

Mancuso, S. (2017), *Plant revolution*, Giunti Editore, Firenze.

Manzini, E. (2018), *Politiche del quotidiano – Progetti di vita che cambiano il mondo*, Edizioni di Comunità, Roma.

Molinari, L. (2019), *Dismisura – La teoria e il progetto nell'architettura italiana*, Skira, Milano.

Nicolin, P. (1995), “La terra incolta”, in *Lotus*, n. 87, pp. 32-33.

Picon, A. (2013), *Smart Cities – Théorie et critique d'un idéal auto-réalisateur*, Édition B2, Paris.

Pyle, R. M. (1993), *The Thunder Tree – Lessons from an Urban Wildland*, Houghton Mifflin, Boston.

Reumer, J. (2014), “Pure resilience”, in Brugmans, G. and Strien, J. (eds), *IABR 2014 – Urban by Nature*, IABR, Rotterdam, pp. 76-83.

Reygrobellet, M. B. (2007), *La nature dans la ville – Biodiversité et urbanisme, Avis et Rapports du Conseil Économique et Social, Année 2007*, n. 24, NOR : C.E.S. X07000124V, Lundi 3 décembre 2007. [Online] Available at: vie-publique.fr/rapport/29479-la-nature-dans-la-ville-biodiversite-et-urbanisme [Accessed 13 April 2023].

RSE – Ricerca sul Sistema Energetico and Fondazione Utilitatis (2022), *Le comunità energetiche in Italia*. [Online] Available at: rse-web.it/wp-content/uploads/2022/02/OrangeBook-22-Le-Comunita-Energetiche-in-Italia-DEF.pdf [Accessed 13 April 2023].

Salzano E. (2009), *La città bene comune*, Ogni uomo è tutti gli uomini, Bologna.

Scalisi, F. and Ness, D. (2022), “Simbiosi tra vegetazione e costruito – Un approccio olistico, sistemico e multilivello | Symbiosis of greenery with built form – A holistic, systems, multi-level approach”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 26-39. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1122022 [Accessed 14 April 2023].

Sijmons, D. (2014a), “A Planed Cultivated – Introduction”, in Brugmans, G. and Strien, J. (eds), *IABR 2014 – Urban by Nature – IABR*, Rotterdam, pp. 26-30.

Sijmons, D. (2014b), “Urban Landscape and Climate Change – Introduction”, in Brugmans, G. and Strien, J. (eds), *IABR 2014 – Urban by Nature*, IABR, Rotterdam, pp. 98-99.

Sijmons, D. (2014c), “The Urban Metabolism – Introduction”, in Brugmans, G. and Strien, J. (eds), *IABR 2014 – Urban by Nature*, IABR, Rotterdam, pp. 120-122.

The Committee of the Regions (2002), *Resolution of the Committee of the Regions on ‘Sustainable development – World Summit on Sustainable Development – Johannesburg, 2002*, 2002/C278/14. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52002XR0172&qid=1684247680537 [Accessed 13 April 2023].

The Council of the European Union (2016), *Council Decision (EU) 2016/1841 of 5 October 2016 on the conclusion, on behalf of the European Union, of the Paris Agreement adopted under the United Nations Framework Convention on Climate Change*, document 32016D1841. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32016D1841 [Accessed 13 April 2023].

The Council of the European Union (1994), *Council De-*

cision of 15 December 1993 concerning the conclusion of the United Nations Framework Convention on Climate Change, 94/69/EC, document 31994D0069. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/eli/dec/1994/69(1)/oj [Accessed 13 April 2023].

Tucci, F., Cecafosso, V., Altamura, P. and Giampaolletti, M. (2022), “Simulazione e modellazione per l'adattamento e la mitigazione climatica – Esperienze di riqualificazione ambientale a Roma | Simulation and modelling for climate adaptation and mitigation – Experiences of environmental renovation in Rome”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 12, pp. 106-121. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/12102022 [Accessed 14 April 2023].

UN – General Assembly (2015), *Transforming our world – The 2030 Agenda for Sustainable Development*, document A/RES/70/1. [Online] Available at: sdgs.un.org/2030agenda [Accessed 13 April 2023].

UN – General Assembly (1992), *Report of the United Nations Conference on Environment and Development (Rio de Janeiro, 3-14 June 1992)*. [Online] Available at: un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_CONF.151_26_Vol.I_Declaration.pdf [Accessed 13 April 2023].

UNEP – United Nations Environment Programme (1988), *The State of the Environment 1988 – The Public and Environment*, UNEP Publications. [Online] Available at: wedocs.unep.org/20.500.11822/28293 [Accessed 14 March 2023].

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (1997), *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. [Online] Available at: unfccc.int/documents/2409 [Accessed 13 April 2023].

van de Gronden, J. (2014), “The Wilderness and us”, in Brugmans, G. and Strien, J. (eds) (2014), *IABR 2014 – Urban by Nature*, IABR, Rotterdam, pp. 41-45.

Varoufakis, Y. and Adler, D. (2019), “It's time for nations to unite around an International Green New Deal”, in *The Guardian*, 23/04/2019. [Online] Available at: theguardian.com/commentisfree/2019/apr/23/international-green-new-deal-climate-change-global-response [Accessed 13 April 2023].

ARTICLE INFO

Received	23 March 2023
Revised	25 April 2023
Accepted	08 May 2023
Published	30 June 2023

CAMMINARE NEL SELVATICO

Per una transizione verso un paesaggio coevolutivo

WALKING INTO THE WILD

A transition to a co-evolutionary landscape

Adriano Dessì

ABSTRACT

Il contributo prova a spostare l'approccio e le possibili posture del progetto architettonico e paesaggistico verso un'interpretazione di transizione ecologica fondata sulla dimensione del 'selvatico', ovvero sulla possibilità che la trasformazione dei luoghi ad opera dell'uomo contempli forme di vita altre e delle più diverse, ambiti di prossimità in cui le attività umane cedono il passo a terze e quarte nature, che sviluppino in modo autonomo, dinamico e vitale i propri habitat. Pensare a un 'paesaggio del selvatico', in tale riflessione, significa ripensare al rapporto tra habitat umano e naturale che si sviluppa su molti piani, non riducibili e semplificabili nell'incombente fenomeno del 'rewilding', che vanno dalla possibilità di dare forma agli spazi di natura, di creare nuove forme di spazi di condivisione tra uomo e viventi sino all'ideazione di architetture minime necessarie a stimolare pratiche umane antiche, come quella del camminare, che siano in grado di sviluppare nuove ecologie.

This research paper attempts to shift the approach and the possible attitudes of architectural and landscape design towards an interpretation of ecological transition based on the dimension of the 'wild', that is, on the possibility that the transformation of places by man contemplates other and the most diverse forms of life, spheres of proximity in which human activities give way to third and fourth natures, which develop their own habitats in an autonomous, dynamic and vital manner. In this reflection, thinking about a 'landscape of the wild' means thinking again about the relationship between human and natural habitats, which develops on many levels that cannot be reduced and simplified in the impending phenomenon of 'rewilding', ranging from the possibility of giving shape to the spaces of nature, of creating new forms of shared spaces between man and living things, to the conception of minimal architectures necessary to stimulate ancient human practices (such as walking) and which are capable of developing new ecologies.

KEYWORDS

selvaggio, paesaggio, biodiversità, co-evoluzione, vegetazione

wild, landscape, biodiversity, coevolution, vegetation



Adriano Dessì is a Researcher in Landscape Architecture at the University of Cagliari (Italy), where he coordinates the Masterclass in the same discipline. Winner of several competitions for ideas in Italy, France, Portugal and Austria, he was a Member of the Board of ProArch from 2017 to 2021. His research focuses on the design of the relationship between the city and the rural landscape and the recovery of abandoned infrastructure, particularly railway infrastructure. Mob. +39 328/28.90.548 | E-mail: adriano.dessi@unica.it

Esiste un potenziale incredibile nella dimensione selvatica, per molti versi inesplorato, che non attiene solo al modello di Rousseau (2016; Fig. 1) di 'ritorno alla natura', ovvero di mantenere ancora vivo quel legame con la terra che sembrerebbe essere fondamentale per lo sviluppo fisico e spirituale dell'uomo, ma molto più alla possibilità di creare nuove forme di spazi di condivisione – che possono, ad esempio, orientare la sperimentazione progettuale su una nuova idea di 'spazio pubblico' (Fig. 2) – ma anche concepire una diversa predisposizione dell'ecosistema umano rispetto agli altri ecosistemi, permettendo (e anche facilitando) alle altre specie viventi di colonizzare gli spazi dell'uomo. Un principio di coevoluzione che non ammette 'riserve', o 'spazi della non-azione', ma anzi impegna l'uomo nella continua ricerca di strumenti e modalità operative – tra cui l'architettura può svolgere un ruolo davvero rinnovato nella contemporaneità – di convivenza con la più ampia possibile sfera dei viventi.

La prima parte del presente contributo illustrerà questa ipotesi anche nell'idea di un rinnovamento culturale più profondo che possa affiancare le esigenze, che spesso sembrano più necessarie, di tutela e conservazione ambientale e di ricostituzione delle reti ecologiche. Questa postura culturale può rafforzarsi oggi, soprattutto a valle dell'esperienza pandemica che ha mostrato le più drammatiche discrasie del rapporto uomo-viventi, attraverso un differente modo di 'stare sulla terra', ribaltando alcune prassi consolidate nel tempo moderno come gli spostamenti veloci e il consumo di suolo, espressioni di 'erosioni' progressive delle risorse naturali. La seconda parte del paper affronta questo tema prefigurando la possibilità di costruire 'nuovi paradigmi' culturali in grado di assecondare questa prospettiva e di rafforzarla in vista di nuovi modelli che contemplino una nuova idea di 'artificio' non più chiusa dentro i propri requisiti prestazionali e funzionali ma aperta alle molteplici connessioni con la dimensione biotica. L'ultima parte del contributo prova a collegare la necessità di supportare una nuova coscienza della 'dimensione selvatica' nell'habitat antropico, con la riproposizione di alcuni habitus, propri della dimensione umana e progressivamente abbandonati, come quello del 'camminare', che rappresentano, oltre che modalità reversibili e 'leggere' di modificare gli strati fisici in cui abitiamo, anche il tentativo di 'riapprossimarsi' agli spazi di natura attraverso il recupero di forme dell'esperire semplificate e dirette, fortemente trascurate nel tempo moderno e contemporaneo.

Selvatico come principio coevolutivo | In un'intervista di Francis Till per il Magazine di Hauser & Wirth, nell'agosto del 2020, Piet Oudolf afferma: «Gardens are not only for people. [...] There are so many more creatures that can enjoy what we are doing there, and you can see that. And then when the flowers have gone, then you get plants that have seeds, which is another source for birds to come to the garden. So I think the garden benefits more than just people»¹ (Fig. 3). L'immagine offerta dal paesaggista olandese solo in apparenza – e superficialmente – può essere associata ad una visione ecologica dello spazio del giardino. In realtà presuppone un'idea più profonda, contemplativa dei cicli naturali – le piante che perdono i fiori, le piante che contengono semi, gli uccelli

che tornano – racchiusa in una architettura tipicamente umana e 'artefatta', il giardino, che si fa teatro della normale convivenza tra specie delle quali l'uomo è solo una tra queste, in questo caso secondaria e passiva. In tale scenario quindi, come si evince anche dall'ultimo passaggio del pensiero di Oudolf, il giardino appare come lo spazio eletto della coevoluzione non in quanto luogo di 'pacifica convivenza' ma come spazio 'diversamente e moltepliciamente benefico' per tutte le specie che lo abitano.

Ma c'è un altro modo nel tempo contemporaneo di interpretare il ruolo dell'uomo nella trasformazione dello spazio coevolutivo? Nel 2019, durante le critiche finali dei progetti chiamati a ripensare i paesaggi dismessi e abbandonati delle miniere dell'Iglesiente nell'ambito del Workshop Internazionale 'Paesaggi Minerari', si sviluppò un interessante dibattito sul ruolo dell'architettura rispetto ad ambiti così compromessi dal punto di vista ambientale; alla presenza dell'Autore, Marco Navarra propose di riaffidare proprio all'architettura, come opera umana, un possibile ruolo 'ampliato' sia nei contenuti – non più antropocentrici – sia nell'individuazione di nuovi campi d'azione, nuovi territori in cui il progetto dello spazio non è più rivolto soltanto all'uomo ma anche agli altri esseri viventi, a una dimensione selvatica 'totalizzante' che può arrivare, se necessario, alla previsione di configurazioni basate sull'assenza dell'uomo stesso.

Un punto di vista ulteriore da far convergere nella costruzione di tali premesse al ragionamento, è offerto da Beatrice Balducci e Francesco Camilli (2022, p. 85) che affermano: «[...] il punto di vista umano non viene escluso, viene però interpretato non più come principio ordinatore ma come elemento di una rete di relazioni non gerarchica. Un simile cambio di paradigma appare necessario anche nell'ambito della cosiddetta transizione ecologica: perseguire la diminuzione degli impatti materiali, senza però mettere in discussione il paradigma che vede la natura come risorsa da sfruttare, come dimensione altra, non umana, da preservare quasi come pura merce, risorsa o materiale inerte [...] appare un modo di affrontare il problema senza mettere in discussione il modello di sviluppo che lo ha generato».

La recente pandemia ha messo in evidenza proprio la labilità dell'equilibrio nel rapporto uomo-viventi: i modelli perpetrati dalla modernità secondo i quali tale rapporto veniva interpretato o attraverso l'eccessivo controllo (nelle forme del parco e del giardino formale) o tramite il confinamento (in quelle delle riserve o dei parchi naturali) o, ancora, sull'anatema della conservazione tout-court (il quale spesso è stato acriticamente assunto da molte istanze ecologiste) si sono mostrati inadeguati alla costruzione di un itinerario coevolutivo, realmente capace di interpretare le condizioni della contemporaneità. Il primo punto che si può dunque mettere in luce è: il selvatico consente, attraverso il supporto di un'idea rinnovata di progetto, di considerare l'incremento della biodiversità come strumento (e allo stesso tempo obiettivo) principale della transizione ecologica. Su questa prima ipotesi evidenziamo due elementi ulteriori che la sostanziano e, allo stesso tempo, due punti di vista che sono emersi come approcci possibili delle discipline della progettazione del paesaggio:

– se è vero, come afferma il Rapporto alla Giornata Mondiale dell'Alimentazione 2019 della FAO, che «[...] l'intensa produzione alimentare e i cambiamenti climatici stanno causando la rapida scomparsa della biodiversità. Oggi solo nove specie di piante rappresentano il 66% della produzione totale, nonostante il fatto che nel corso della storia ne siano state coltivate oltre 6.000 per fini alimentari. Diversificare le coltivazioni è fondamentale per garantire diete sane e tutelare l'ambiente (Intini, 2019), una possibile modalità di un nuovo disegno del paesaggio – in quanto sempre ambito produttivo – deve contemplare e prevedere significative 'forme' del selvatico e, più in generale, una nuova teoria della 'formatività' naturale; – e se «[...] artefatti e natura costituiscono un unico biotopo, un sistema biologico co-evolutivo in cui il concetto di habitat torna a esprimere una nuova prospettiva ecologica dell'abitare» (Perriccioli, Ruggero and Salka, 2021, p. 40) possiamo realisticamente pensare che può non esistere più una dimensione 'divisiva' tra architettura e selvatico che, se interpretati insieme, possono ibridarsi e costruire dispositivi e spazi inediti, tutti orientati alla costruzione di una dimensione continua dell'ecologia del paesaggio terrestre.

La relazione tra architettura e selvatico come nuovo paradigma culturale

Da un'altra angolazione visiva, il tema del 'selvatico' non appare coerente soltanto con una prospettiva coevolutiva – o meglio rappresenta un aspetto importante ma non unico del tema – ma sembra essere aderente alla continua ricerca umana di una maggiore qualità del suo habitat che passi dal riavvicinamento o, perfino, dalla sovrapposizione con gli spazi di natura, dalla necessità di soddisfare le sue aspirazioni e i suoi desideri attraverso il godimento della dimensione 'selvatica' offerta dalla condizione anti-urbana.

In Campagne Urbane – Una Nuova Proposta di Paesaggio per la Città il geografo francese Pierre Donadieu (2006) evidenzia il caso di Plouzané, piccolo borgo costiero suburbano bretone, dove la volontà di abitanti, spesso non locali e quindi privi di memoria storica dei luoghi, di ricostituire un 'bocage urbano' in totale continuità con quello rurale, non conferisce solo un forte senso di naturalità agli spazi pubblici, ma crea una vera e propria rete ecologica che mette in comunicazione i corridoi ambientali interni che attraversano i centri abitati e le campagne con gli ecosistemi costieri atlantici: «[...] ricostruendo pendii e siepi in città, hanno restaurato il bocage perduto per trovare un'armonia con quello originale. [...] Una siepe campestre ideale, ma molto reale, che protegge dal vento e favorisce la fauna selvatica, ma soprattutto che gli stessi abitanti hanno piantato sul suolo bretone» (Donadieu, 2006, p. 134).

Il primo punto che si può mettere in luce è quindi dato dalla consapevolezza, maturata attraverso azioni spontanee e di autocostruzione, di una dimensione nuova dello spazio pubblico nel quale il verde formale, legato a stereotipi urbani e monospecifici, cede il passo a siepi selvatiche, architetture verdi appartenenti a una dimensione ancestrale e campestre che contempla l'attraversamento della fauna nello spazio urbano, la vegetazione incolta, informale, pervasiva, ma che si offre con le forme specifiche e riconoscibili dello spazio rurale.

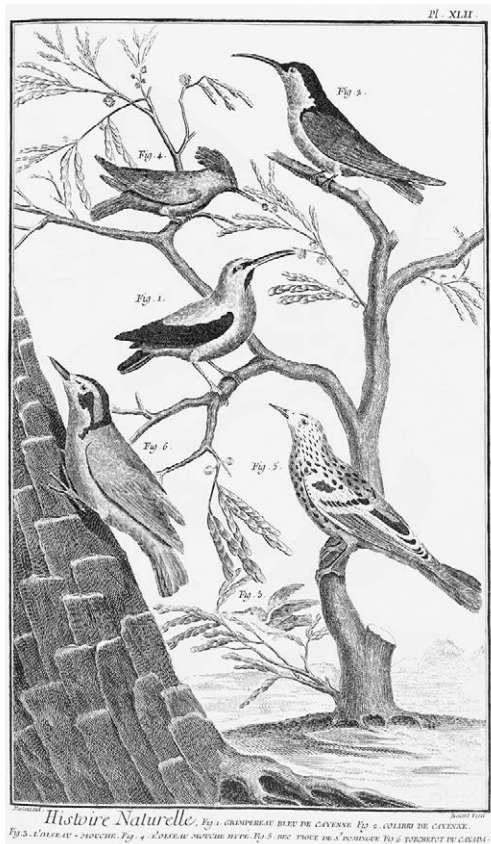


Fig. 1 | 'Le Chimborazo vu depuis le plateau de Tapia' (1810) by Alexander von Humboldt (source: von Humboldt, 1810).

Fig. 2 | Children playing on Manhattan's High Line: the new dimension of the wild in urban public space (credit: NYCED, 2021).

Fig. 3 | 'Histoire Naturelle' (source: Diderot and Le Rond d'Alembert, 1778-1882).

Un altro aspetto importante di questa ricerca ci è offerto dalla dimensione simbolica ed espressiva che la sfera del selvatico può comportare nella caratterizzazione dello spazio umano e del paesaggio che, in questo modo, come afferma Augustin Berque (2021, p. 92), «[...] è sempre qualcosa di ordine sia ecologico che simbolico; è sempre eco-simbolico»². Questa dimensione si misura con la variazione dell'immagine del selvatico rispetto al tempo, alla capacità dei sistemi selvatici di rappresentare i cicli naturali, i cambiamenti stagionali, di incorporare le variazioni climatiche e, persino, le alterazioni ambientali. Tale aspetto è significativo perché assume, in qualche misura, la necessità dell'uomo di ritrovarsi in situazioni spaziali e in condizioni percettive che riportano a una sua condizione ontologica di 'essere selvatico', questa volta, in senso Rousseauiano, di 'ritorno alla natura'.

Riportiamo, come brevi esempi, due opere di 'architetture del selvatico' che esprimono, in modo differente, questa ricerca. La prima è costituita dai Serpentine Gardens a Londra di Piet Oudolf, nei quali la moltitudine di specie diafane, evidentemente raggruppate in modo artificioso per colori, densità, associazioni di habitat, ha lo scopo di stilizzare, attraverso una visione accuratamente pianificata, una comunità vegetale selvatica (Oudolf and Kingsbury, 2013). Il giardino è dato da un grande prato lineare interno a una corte oblunga, definito da una varietà di erbacee che ha lo scopo di costruire una 'promenade' in grado di teatralizzare la successione delle specie vegetali attraverso l'incedere lento e la contemplazione del giardino (Fig. 4). Come ripete spesso Oudolf, il progetto di architettura del paesaggio non dovrebbe simulare la natura o riprodurre ecosistemi ma piuttosto 'conferire un senso di naturalezza' (Gerritzen and Oudolf, 2019).

Un'estrema rappresentazione di questo concetto ci è offerta dalla recente opera Deep Swamp (2018-2021) dell'artista australiana Tega Brain in cui tre ecosistemi palustri, custoditi in tre paludari in vetro (Fig. 5), sono controllati ciberneticamente per ottimizzare la loro crescita sperimentando tre effetti 'figurativi' differenti: tale performance presuppone, nell'era del cosiddetto 'fitocene' (Myers, 2018), che non sia più indispensabile coltivare ma 'monitorare' le piante, in quanto la dimensione estetica consente lo sviluppo e la conservazione degli ecosistemi molto più che non quella necessaria, ma non più sostenibile, dell'agricoltura contemporanea. Entrambe le esperienze mostrano quanto, «[...] in questa logica progressiva di incrocio e scambio, l'architettura si formula sempre più come un dispositivo vivo ed evolutivo, ambivalentemente 'naturartificiale', in una situazione che spinge all'estremo i paesaggi topologici degli anni Novanta e li espande verso nuovi metabolismi non solo ibridi, ma anche mutanti e mutabili» (Gausa, 2022, p. 18).

Architetture del camminare: il selvatico come paesaggio dell'attraversamento leggero | E, tuttavia, «[...] in una società di miraggi tecnogenerati, non ci possiamo sottrarre alla riconquista disciplinata della pratica sensoriale» (Ilich, 2009, p. 302), per cui l'obiettivo del progetto del 'selvatico' non può prescindere dalla pratica dell'esperire umano e quindi dalla possibilità che questo rientri all'interno degli spazi della collettività. In par-

ticolare la pratica del camminare, non solo come 'pratica estetica' (Careri, 2006), ma come strumento di amplificazione della dimensione selvatica dei luoghi – il 'passare leggeri' (Atzeni, 2023) contrapposto al 'lasciare tracce' – può diventare uno dei temi dominanti del progetto contemporaneo in luogo dei vuoti e incomunicanti 'recinti funzionali' della modernità. In tal senso il contributo propone alcuni scenari sperimentali di progetto nei paesaggi del selvatico sviluppati nella ricerca nell'ambito dell'Architettura del Paesaggio e, in particolare, la prefigurazione di un nuovo rapporto tra l'architettura in abbandono e la vegetazione spontanea.

Negli ultimi anni certamente l'esperienza dello studio NOWA fondato da Marco Navarra ha collegato una profonda ricerca teorica incentrata proprio sulla 'walking architecture' e una duplice dimensione del progetto non solo orientata alla costruzione di opere – la più importante è certamente il recupero del vecchio tracciato ferroviario tra Caltagiome e San Michele di Ganzaria come parco lineare (Figg. 6, 7) – ma anche all'azione diretta attraverso pratiche coordinate e workshop organizzati nei territori. Questi ultimi in particolare, come Pic-Nic al Tempio o il recentissimo Bosco Colto (Rocca, 2021), oscillano tra installazioni con materiali in parte forniti da artigiani locali o dagli stessi agricoltori – un esempio emblematico i 'blocchi di paglia' o le canne ricavate dalla pulizia dei bordi canale – in parte attraverso l'uso e la manipolazione di materiali del selvatico 'trovati nei luoghi', dalla creazione di una semplice radura ottenuta attraverso il calpestio alla segnalazione di percorsi campestri o particolari vedute attraverso il semplice allineamento di tronchi e rami raccolti nei campi o la costruzione di ombracoli di frasche.

Il 'giardino arena', due prati inclinati convergenti a compluvio verso una piattaforma centrale, costruito su una discarica abusiva presso la Stazione di Piazza Armerina, diventa una topografia che accoglie i prati campestri verso i quali si dispone senza soluzione di continuità e nella quale tali azioni costituiscono scene periodiche di un teatro all'aperto. Tali ricerche convergono in due volumi, relativi a due fasi di sviluppo successive del parco lineare, intitolati In Walk About City (Navarra, 2002, 2013) che disvelano i due caratteri essenziali dell'intero progetto: il recupero della pratica del camminare come agente di trasformazione capillare e attiva dei luoghi e la centralità della campagna, del periurbano, di ciò che non è città – o almeno non ancora – ma le sta 'intorno'.

Sulla scorta dell'esperienza del 'parco lineare' dal 2009 alcune ricerche del Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura dell'Università di Cagliari, in collaborazione con il Parco Geominerario, Storico e Ambientale della Sardegna, la Provincia del Sulcis Iglesiente prima e del Sud Sardegna più recentemente, e nell'ambito della definizione di una rete cicloviabilistica da parte della Regione Sardegna, si sono concentrate sul recupero delle vecchie ferrovie minerarie dismesse, alcune oggi recuperate a Green Ways, che permettono una certa, tangibile, riattivazione del paesaggio passante per il ristoro e lo svago all'aria aperta. Di una prima fase della ricerca si sono pubblicati, nel 2015, gli esiti nel lavoro Paesaggi Lineari – Strategie e Progetti per il Recupero dei Vecchi Tracciati Ferroviari del Sulcis Iglesiente (Dessi and Mucelli, 2015) nel quale si prefigu-

ravano scenari di totale o parziale riattivazione delle linee dismesse ancora in una prospettiva legata alla ricettività delle aree rurali e costiere e allo sviluppo turistico della regione.

Una recente evoluzione di queste ricerche ha invece cercato di compiere un passo in avanti collegando il recupero patrimoniale delle architetture storiche alla possibilità che queste linee abbandonate possano funzionare anche da nuove 'infrastrutture ecologiche' utilizzando il dinamismo della vegetazione selvatica che ne caratterizza l'attuale immagine occupando quasi totalmente i vecchi sedimi. La ferrovia abbandonata, infatti, che per sua stessa struttura (il rilevato del ballast, il canale di deflusso dell'acqua, i filari e le siepi di confine, i fossati di guardia) può essere interpretata come un corridoio ecologico 'praticabile' ed essere utilizzata, nel suo andamento lineare, come motore di riattivazione delle molteplici architetture che le stavano a presidio, diventa lo scheletro portante delle dinamiche di rinaturalizzazione selvatica. L'altro fondamentale aspetto di tale processo risiede nell'intercalarietà, talvolta anche nella sovrapposizione di queste infrastrutture con i 'cammini storici', soprattutto quelli minerari dei quali il più noto è quello di Santa Barbara, che permettono di arricchire la strategia di contenuti territoriali legati alla ritualità, alla dimensione simbolica e memoriale del lavoro minerario.

Queste due componenti, quella ecologica e quella simbolica, si rimandano vicendevolmente e si appoggiano sulla materializzazione di pratiche esperienziali nel territorio che vedono la dimensione selvatica come universo conservativo del paesaggio, allo stesso tempo, nella sua significatività naturale e nel suo valore monumentale. La pratica del camminare esprime, dunque, nel suo rinnovato senso sociale, anche una pratica di 'riattivazione leggera' della rete capillare del territorio fatta di ferrovie e percorsi.

Le architetture dismesse delle diverse aree minerarie, le laverie, i pozzi, le case operaie, le ville direzionali, così come quelle legate alle ferrovie, i caselli ferroviari, le case cantoniere e le innumerevoli opere d'arte a supporto dell'infrastruttura costituiscono il grande sistema di radicamento di nuove nature, proponendosi non solo come materie e spazi a disposizione di un nuovo uso informale del territorio, ma come 'catini biotici', costituendo, dunque, anche una nuova idea di paesaggio ampio operata dalla riconciliazione tra artificio produttivo e sistemi naturali. Esse diventano quindi 'casse di espansione del selvatico' anche in alcuni contesti e in presenza di suoli inerti, poco adatti allo sviluppo della vegetazione, determinando nuove configurazioni e possibilità per un paesaggio dalla forte compromissione ambientale.

In tutti i casi si propone un itinerario tra architetture abbandonate che possono diventare, in una configurazione evoluta nel tempo, 'giardini del selvatico', anche nella forma di piccoli punti ricreativi, piccole radure, nelle quali il limite imposto dalle bordure 'selvatiche' diventa, allo stesso tempo, elemento di ricostituzione del confine biologico nel paesaggio superando le discrasie dei precedenti limiti amministrativi delle aree minerarie (Clément, 2005), ma anche elemento primario del palinsesto di segni umani e naturali in grado di orientare nello spazio.

I progetti sviluppano, attraverso l'azione su ambiti puntuali, temi specifici come declinazione

della manipolazione delle dinamiche del 'selvatico'. Nell'area del metallifero della regione storica dell'arburese-guspinese, nel settore sud-occidentale sardo, tra il villaggio di Ingurtosu e la laveria di Naracauli, le radure di sterili e le architetture minerarie diventano il supporto di una colonizzazione spontanea che, popolando i percorsi principali attraverso la costruzione di terrazzi, argini (Fig. 8), piattaforme drenanti, direziona il cammino orientandolo verso i luoghi più significativi e offrendosi come nuovo codice di lettura del territorio. L'interno delle case diroccate costituisce un microclima adatto allo sviluppo di piccoli giardini spontanei nei quali l'intervento si limita a segnare ambiti di percorrenza o piccole piattaforme della sosta.

Nei casi più favorevoli è possibile far dialogare l'azione di inselvaticamento dei resti architettonici con un consolidamento necessario a prevedere una minima dotazione impiantistica per la sosta attrezzata, attraverso l'installazione di tende o all'uso ricreativo nelle traiettorie di camminamento. Nell'area compresa tra questi due luoghi e la costa, due edifici abitativi per operai, abbandonati e in stato di rudereizzazione, la casa delle cernitrici di Azuni e la casa operaia di Telle, interpretano il tema del deserto di sterili (Figg. 9-12) – su cui sorge la prima – e della radura nella foresta mediterranea – su cui è costruita la seconda – come paesaggi 'referenti' in grado di stabilire nuovi, ma allo stesso tempo antichi, ordini ecologici in cui l'uomo trova riparo, sosta temporanea e persino sostentamento dalle piante da frutto e da piccoli giardini nella radura.

Il tema del recupero del tracciato ferroviario tra la Miniera di Montevecchio e la Stazione di San Gavino (Fig. 13), dove si trovava la vecchia fonderia, questa volta lungo la connessione tra la miniera e la piana interna del Campidano, ha offerto la possibilità di coniugare interventi puntuali di differente natura anche qui strettamente legati al contenuto paesaggistico dei contesti più ampi (Fig. 14). In particolare la strategia di riqualificazione dell'infrastruttura abbandonata ha permesso di lavorare sui differenti 'gradienti' del paesaggio che, in questo 'transetto' ideale, si sviluppano da una condizione di coltivazione agricola periurbana, in mezzo alla piana, a una di tipo estrattivo-mineraria, all'interno del massiccio sud-occidentale. L'intervento si muove su tre tipi di manipolazione del selvatico: la costruzione di siepi e spalliere vegetali all'interno di un antico sistema di giardini di un'azienda rurale abbandonata per l'incremento della biodiversità della produzione agricola; la formalizzazione di un giardino 'spontaneo' e di abbeveratoio all'interno di una casa cantoniera dismessa che diventa uno spazio microclimatico 'ad impluvium' in grado di accogliere i viandanti nelle loro soste ristorative; la riqualificazione di una casa operaia diroccata, sopra la laveria di Naracauli, ridefinita in una sequenza di piccole cellule abitative e di patii interni assimilabili a piccoli orti dei semplici costituiti dalle essenze selvatiche del luogo, in una prospettiva di riappropriazione dei ruderi minerari che incontri possibili usi temporanei come quello di rifugio e riparo lungo le traversate tra entroterra e costa.

Conclusioni: la costruzione di nuove prospettive | Per Pierre Donadieu (1998, 1999) il tema del 'selvatico' costituisce un punto centrale dell'evol-

uzione del concetto stesso di paesaggio in quanto in grado di unire la dimensione delle 'scienze ecologiche con quella artistica'. Secondo la visione del geografo-ecologo francese, infatti, è possibile un ritorno al selvatico anche nella dimensione urbana, in particolare in quella dei parchi e dello spazio pubblico più in generale: il contributo ha provato ad argomentare e sviluppare tale posizione, mediandola con l'attuale dibattito internazionale sul significato di 'paesaggio contemporaneo' presente in alcune comunità scientifiche, rispetto al sempre più decisivo riconoscimento sia dei caratteri 'locali' sia dell'intensità delle trasformazioni globali. In tal senso le prospettive offerte dal contributo, tanto nella loro dimensione teorica quanto nell'esemplarità dei progetti trattati, si possono inquadrare all'interno di quelle ricerche sull'Architettura del Paesaggio che provano a fondare un nuovo modo di interpretare il progetto a partire dalla possibile nuova 'via' offerta dal 'selvatico'.

L'originalità di questo approccio, in conclusione, può risiedere in due aspetti più generali del tema: l'interpretazione dell'ecologia del 'selvatico' legata al progetto della vegetazione, come possibilità della sperimentazione progettuale contemporanea; spesso gli studi precedenti si sono focalizzati sugli oggetti costruiti e sui manufatti tecnici che confinavano la vegetazione rispetto a superfici minerali o pavimentate. Considerare la vegetazione spontanea una ricchezza significa interpretare la transizione ecologica anche nel senso di coevoluzione 'uomo-viventi', e ancora, la lettura del paesaggio dismesso e abbandonato non più orientata solamente al recupero e al riuso che, nei decenni precedenti si sono rivelati di difficile gestione, soprattutto nei territori marginali, ma piuttosto all'interno dell'esplorazione e della ricerca progettuale contemporanea in campo pae-



Fig. 4 | The Garden of the Serpentine Gallery (2011), designed by Peter Zumthor and Piet Oudolf (credit: W. Herfst, 2011).

Fig. 5 | Paludarium of the work Deep Swamp (2018-2021) by Tega Brain (credit: T. Brain, 2021).



Fig. 6, 7 | Sections of the cycle-pedestrian path of the Linear Park between Caltagirone and San Michele di Ganzaria, designed by Studio NOWA (credits: Lotus Navigator; 2003).

saggistico, incentrata sui temi del consumo di suolo, delle connessioni ecologiche, della conservazione e sviluppo delle biodiversità, delle nuove produzioni biotiche.

Il contributo, in tal senso, soprattutto nell'uso delle esperienze progettuali come strumento per riconoscere le potenzialità di sviluppo ed evoluzione del tema, apre prospettive differenti nell'ambito dell'architettura del paesaggio, ma si predispone anche all'inclusione di approfondimenti provenienti da altri ambiti disciplinari, in particolare sulla comprensione delle dinamiche dell'acqua, della vegetazione e delle terre, tentando di superare le prassi attuali che vedono nel binomio 'salvaguardia / bonifica' l'unico modo di pensare alla trasformazione dei paesaggi post-industriali e interpretando il selvatico come materia viva in grado di guidare tale trasformazione.

There is an incredible potential in the wild dimension, unexplored in many ways, which does not only pertain to the Rousseauian model of a 'return to nature' (Rousseau, 2016; Fig. 1), i.e. keeping alive that bond with the earth that would seem to be fundamental for man's physical and spiritual development, but much more to the possibility of creating new forms of sharing spaces – which can,

for example, direct design experimentation on a new idea of 'public space' (Fig. 2) – but also conceive, more widely, a different predisposition of the human ecosystem to other ecosystems, admitting (and also facilitating) the need for additional living species to colonise man's spaces, and to colonise the spaces of the human being. A principle of co-evolution that does not admit 'reserves' or 'spaces of non-action' but, on the contrary, engages the man in the continuous search for tools and operational modes – among which Architecture can acquire a truly renewed role in the contemporary world – of coexistence with the most expansive possible sphere of living creatures.

The first section of this paper will illustrate this hypothesis also in the idea of a more profound cultural renewal that can go hand in hand with the often more requirements of environmental protection and conservation and the reconstitution of ecological networks. Today this cultural attitude can be strengthened, especially after the pandemic experience, which has shown the most dramatic dyscrasias in the human-living being relationship. It can also be done through a different way of 'being on the earth', overturning certain practices consolidated in modern times, such as fast travel and land consumption as expressions of a progressive 'erosion of natural resources'.

The second section of this paper addresses this issue by foreshadowing the possibility of constructing cultural 'new paradigms' capable of supporting and reinforcing this perspective. This is in preparation for new models that contemplate a new idea of 'artifice' that is no longer closed within its own performance and functional requirements but open to the multiple connections with the biotic dimension.

The last section of this paper attempts to link the need to support a new awareness of the 'wild dimension' in the anthropic habitat with the re-proposition of specific habitus, proper to the human dimension but progressively abandoned, such as that of 'walking'. This 'habitus' represent reversible and 'light' ways of modifying the physical layers in which we live and an attempt to 're-approach' the spaces of nature through the recovery of simplified and direct forms of experiencing, greatly neglected in modern and contemporary times.

Wild as a co-evolutionary principle | In an interview by Francis Till for Hauser & Wirth Magazine in August 2020, Piet Oudolf states: «Gardens are not only for people. [...] There are so many more creatures that can enjoy what we are doing there, and you can see that. And then when the flowers have gone, then you get plants that have seeds, which is another source for birds to come to the garden. So I think the garden benefits more than just people»¹ (Fig. 3). The Dutch landscape architect offered an image that can only seemingly – and trivially – be associated with an ecological vision of the garden space. In reality, it presupposes a more profound, contemplative idea of natural cycles – plants losing their flowers, plants containing seeds, birds returning – enclosed in a typically human and 'artefactual' architecture, the garden, which becomes the theatre of everyday coexistence between species. In this case, man is the only secondary and passive among those species. As it is also evident from the last passage of Oudolf's

thought, in such a scenario, the garden appears as the elected space of coevolution: not as a place of 'peaceful coexistence' but as a space 'differently and manifoldly beneficial' for all the species that inhabit it.

Nevertheless, in contemporary times, is there another way to interpret humans' role in transforming of co-evolving space? In 2019, during the final critiques of the projects called upon to rethink the disused and abandoned landscapes of the mines in the Iglesiente region, in the context of the International Workshop 'Mining Landscapes', an interesting debate developed on the role of architecture concerning such environmentally compromised areas. In the presence of the author, Marco Navarra proposed to entrust architecture, as a human work, with a possible 'broadened' role both in content – no longer anthropocentric – and in the identification of new fields of action, new territories in which the design of space is no longer addressed only to man but also to other living beings; and to a 'totalising' wild dimension that can go as far as the prediction of configurations based on the absence of man himself, if necessary.

A further point of view to converge in the construction of such premises to the reasoning is offered by Beatrice Balducci and Francesco Camilli (2022, p. 90), who state: «[...] the human point of view is not excluded; however, it is no longer interpreted as an ordering principle but rather as an element of a non-hierarchical network of relationships. A similar paradigm shift appears necessary also in the context of the so-called ecological transition: pursuing the reduction of material impacts without however questioning the paradigm that sees nature as a resource to be exploited, as a different, non-human dimension, to be preserved almost as a pure commodity, resource or inert material [...] appears to be a way of facing the problem without questioning the development model that generated it».

The recent pandemic, as mentioned above, has highlighted precisely the lability of the balance in the relationship between man and nature: the models perpetrated by modernity according to which this relationship was interpreted either through excessive control (in the forms of the park and the formal garden) or through confinement (in those of reserves or nature parks) or, again, on the anathema of conservation tout-court (which has often been uncritically assumed by many ecologist instances) have shown themselves to be inadequate for the construction of a co-evolutionary itinerary, truly capable of interpreting the conditions of contemporaneity.

Therefore, the first point that we can highlight is: that the wild allows, through the support of a renewed design idea, to consider the increase in biodiversity as the main instrument (and at the same time, objective) of the ecological transition. On this first hypothesis, we highlight two additional elements that substantiate it and, at the same time, two points of view that have emerged as possible approaches to landscape design disciplines:

– whether it is true, as the Report to FAO World Food Day 2019 states, that intensive food production and climate change are causing the rapid disappearance of biodiversity; today, only nine plant species account for 66% of total production, even though over 6,000 species have been culti-

vated for food throughout history; diversifying cultivation is essential to ensure healthy diets and protect the environment (Intini, 2019), a possible mode of a new landscape design (as always a productive sphere) must contemplate and provide for significant ‘forms’ of the wild and, more generally, a new theory of natural ‘formativeness’; – and if «[...] artefacts and nature constitute a single biotope, a co-evolutive biological system in which the concept of habitat returns to express a new ecological prospect of living» (Perriccioli, Ruggero and Salka, 2021, p. 44) realistically we can think that there may no longer be a ‘divisive’ dimension between architecture and the wild, which, if interpreted together, can hybridise and construct novel devices and spaces, all oriented towards the construction of a continuous dimension of the ecology of the terrestrial landscape.

The relationship between architecture and the ‘wild’ as a new cultural paradigm | From another point of view, the theme of the ‘wild’ does not only appear consistent with a co-evolutionary perspective – or rather, this represents an important but not unique aspect of the theme – but seems to be adherent to the continuous human search for a higher quality of its habitat that passes from the rapprochement or even overlap with the spaces of nature, from the need to satisfy its aspirations and desires through the enjoyment of the ‘wild’ dimension offered by the anti-urban condition.

In Urban Countryside – A New Landscape Proposal for the City, the French geographer Pierre Donadieu (2006) highlights the case of Plouzanè. In this small suburban Breton coastal village, the desire of inhabitants, often non-local and therefore lacking in the historical memory of the places, to reconstitute an ‘urban bocage’ in total continuity with the rural one not only confers a strong sense of naturalness to the public spaces but also creates a true ecological network. This network connects the inland environmental corridors that cross the towns and the countryside with the Atlantic coastal ecosystems; according to Donadieu, by reconstructing slopes and hedges in the city, the lost bocage was brought back into harmony with the original one; an ideal but very real country hedge was planted by the inhabitants themselves on Breton land to protect from the wind and encourage wildlife.

The first point that we can highlight is therefore given by the awareness, which matures through spontaneous and self-construction actions, of a new dimension of public space in which formal greenery, linked to urban and monospecific stereotypes, gives way to wild hedges, green architectures belonging to an ancestral and rural dimension, which contemplates the crossing of fauna in urban space, uncultivated, informal, pervasive vegetation, and offers itself with the specific and recognisable forms of rural area.

Another important aspect of this research is offered to us by the symbolic and expressive di-

mension that the sphere of the wild can entail in the characterisation of human space and landscape, which, in this way, as Augustin Berque (2021) states, is always something of both ecological and symbolic order; it is always eco-symbolic². This dimension is measured by the variation of the image of the wild concerning time, to the capacity of wild systems to represent natural cycles, and seasonal changes, to incorporate climatic variations and even environmental alterations. This aspect is significant because it assumes, to some extent, man’s need to find himself in spatial situations and perceptual conditions that take him back to his ontological state of ‘being wild’, this time, in the Rousseauian sense, of ‘return to nature’.

Here are, as brief examples, two works of Architecture of the Wild that express this quest in different ways. The first is Piet Oudolf’s Serpentine Gardens in London, in which the multitude of diaphanous species, evidently artificially grouped by colour, density, and habitat associations, is intended to stylise, through a carefully planned vision, a wild plant community (Oudolf and Kingsbury, 2013). A large linear lawn gives the garden within an oblong courtyard, defined by a variety of herbaceous plants that aims to construct a ‘promenade’ capable of theatricalising the succession of plant species through the slow pacing and contemplation of the garden (Fig. 4). As Oudolf often repeats, landscape architecture design should not simulate nature or reproduce ecosystems but rather ‘confer a sense of naturalness’ (Gerritzen and Oudolf, 2019).

The recent work Deep Swamp (2018-2021) by the Australian artist Tega Brain offers an extreme representation of this concept: three swamp ecosystems housed in three glass swamps (Fig. 5) are cybernetically controlled to optimise their

growth by experiencing three different ‘figurative’ effects. In the era of the so-called ‘phytocene’ (Myers, 2018), this performance assumes that it is no longer essential to cultivate but to ‘monitor’ plants, as the aesthetic dimension allows for the development and preservation of ecosystems much more than the necessary, but no longer sustainable, contemporary agriculture. Both experiences show how «[...] Architecture, with its principle of intersection and exchange, becomes a living, evolving, ambivalently ‘naturartificial’ device, which takes the topological landscapes of the 1990s to the extreme and expands them towards new metabolisms hybrid but also mutant and mutable » (Gausa, 2022, p. 25).

Architectures of walking: the wild as a landscape of light crossing | However, in a society of techno-generated mirages, according to Illich (2009), we cannot escape the disciplined reconquest of sensory practice, whereby the objective of the project of the ‘wild’ cannot disregard the practice of human experiencing and therefore the possibility of this being part of the spaces of collectivity. In particular, the practice of walking not only as an ‘aesthetic practice’ (Careri, 2006) but as a means of amplifying the wild dimension of places – the ‘passing lightly’ (Atzeni, 2023) as opposed to ‘leaving traces’ – can become one of the dominant themes of contemporary design in place of the empty and uncommunicative ‘functional enclosures’ of modernity. In this sense, this paper proposes some experimental design scenarios in wild landscapes, developed in research in Landscape Architecture and, in particular, the prefiguration of a new relationship between abandoned architecture and spontaneous vegetation.

In recent years, the experience of the NOWA studio founded by Marco Navarra has certainly

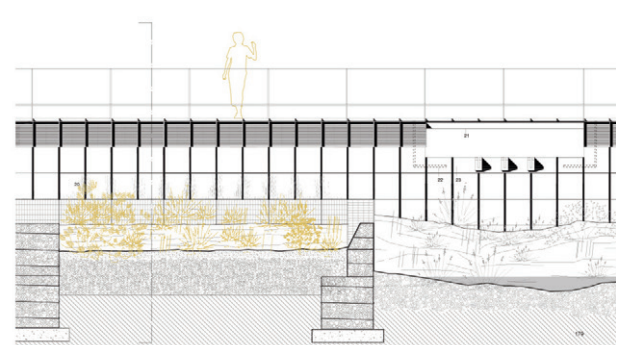
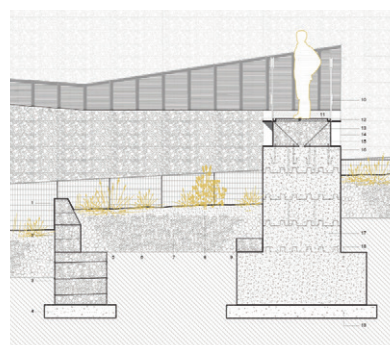
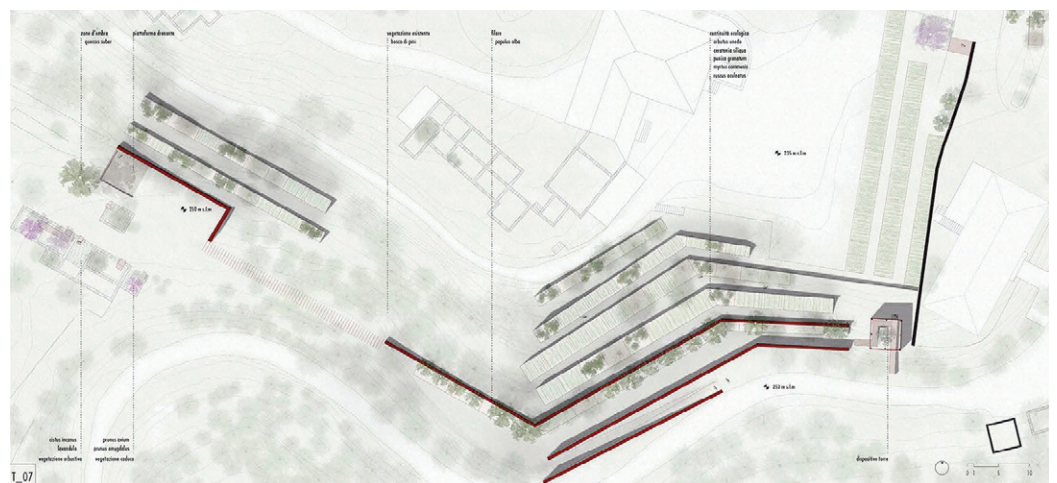
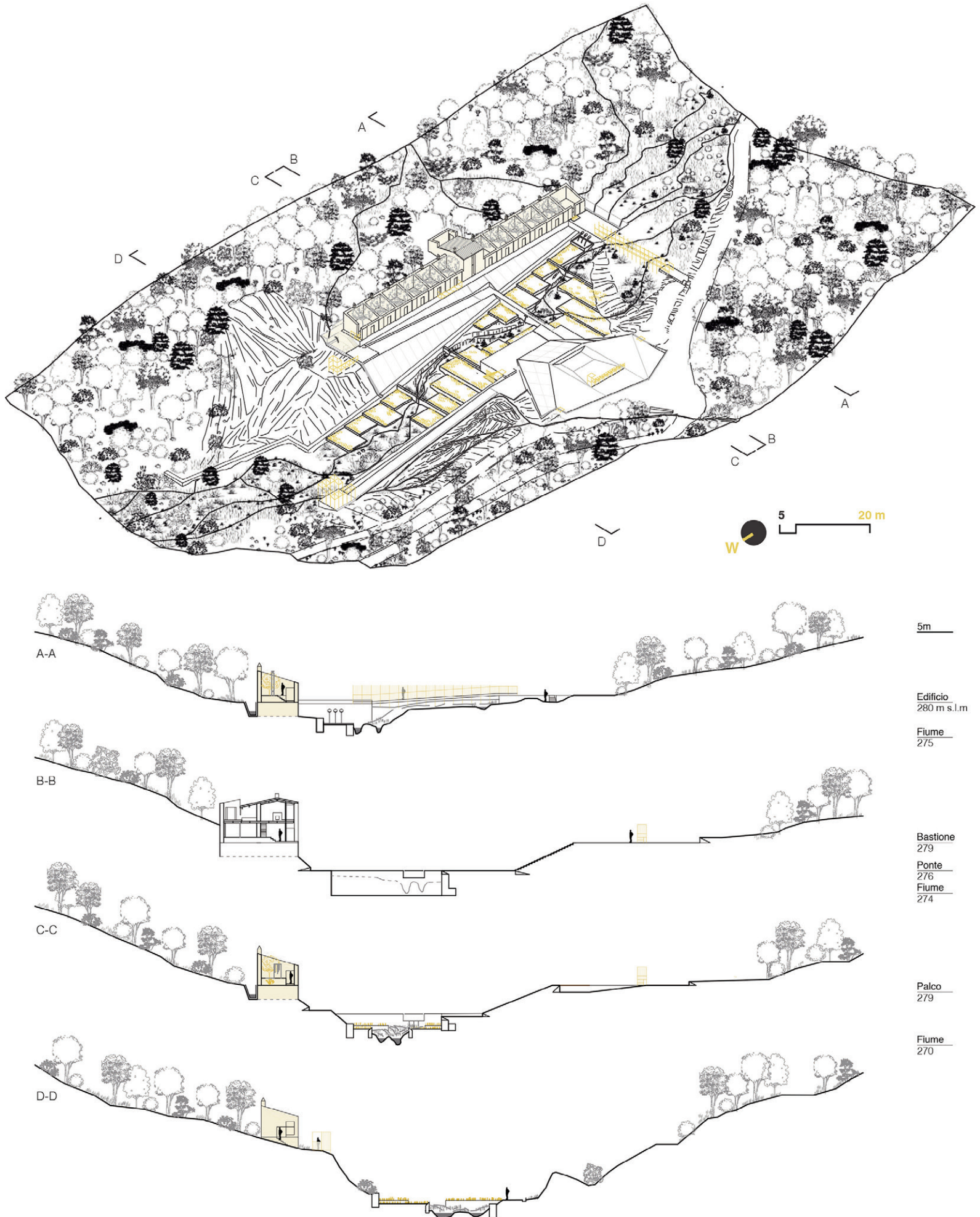
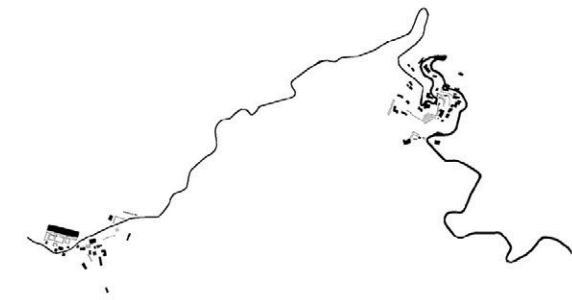
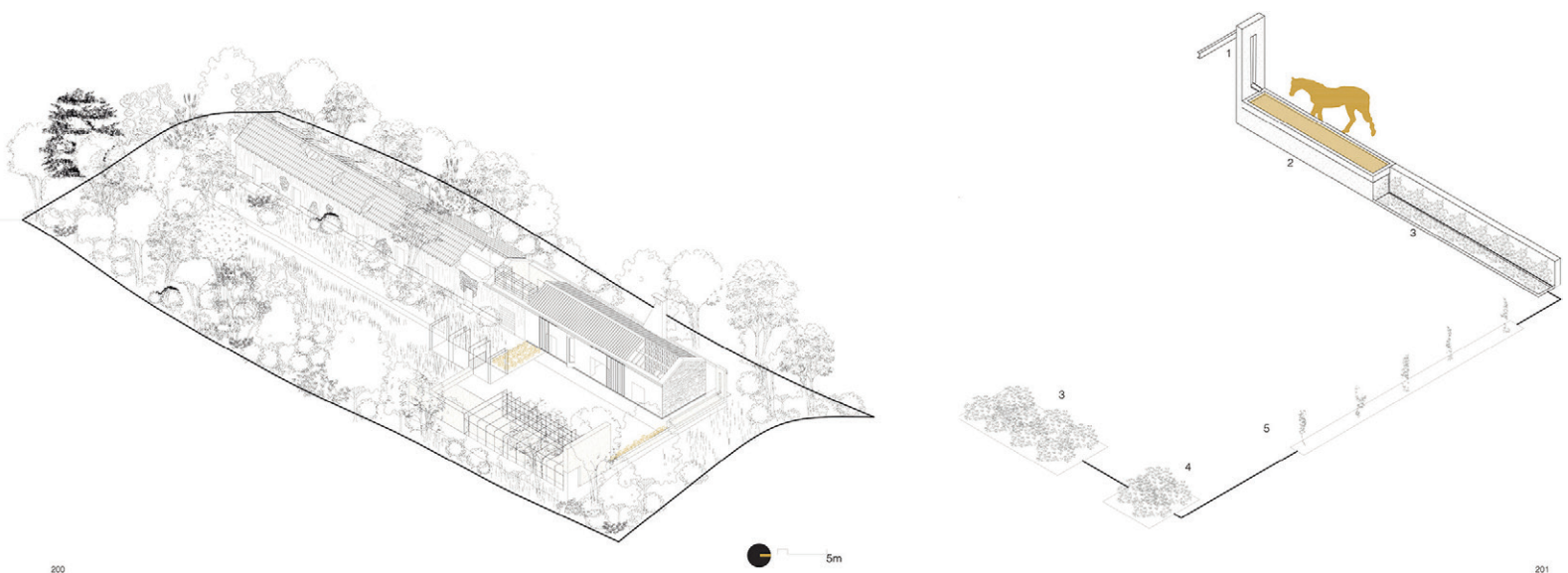


Fig. 8 | Terraced park and connecting paths in the former mining village of Ingurtosu (credit: F. Aresu and A. Melis, 2021).

Fig. 9 | Detailed sections and dynamics of wild inert re-colonisation in the former mining area of Azuni (credit: G. Oliveri and N. Pittau, 2021).



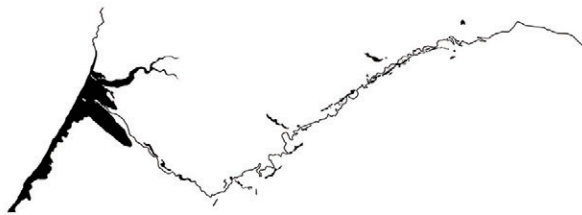
Figg. 10, 11 | Axonometry and landscape sections for the Azuni site (credits: G. Oliveri and N. Pittau, 2021).



MINE SARDINIA
 Progetto di rinaturalizzazione della miniera di Ingurtosu nel sistema del Parco Geominerario storico della Sardegna
 Alberto Melis, Federico Aresu



INNESTO
 Nuove dinamiche di colonizzazione del paesaggio retrodunale di Plage Mesu
 Gianmarco Marongiu



FARe WEST
 CAMMINARE COME ARCHITETTURA
 Esperienza attraverso i paesaggi ex-minerari di Montevecchio e Ingurtosu
 Nicola Pittau, Giovanni Oliveri



VIE TRAVERSE
 Progetto di una nuova rete ecologica nel paesaggio lagunare di Santa Caterina
 Giacomo Congiu



TERRITORIO ELEMENTARE
 Architetture minime come dispositivi di riappropriazione del paesaggio del sud-ovest della Sardegna
 Gabriele Sanna

Fig. 12, 13 | Reactivation of the building and farmyard for the Telle site (credit: G. Oliveri and N. Pittau, 2021); Summary diagrams of the interventions on the mining wilderness in Sulcis Iglesiente and Arburese Guspinese, south-west Sardinia (credit: F. Aresu, G. Congiu, G. Marongiu, A. Melis, G. Oliveri, N. Pittau and G. Sanna, 2023).



Fig. 14 | Close-up of the railway level standing out in the wooded scrub between San Gavino and Montevecchio (credit: N. Pittau, 2021).

Fig. 15 | Walking into the wild: spontaneous vegetation in the terraced streets of Canosa di Puglia (credit: A. Dessi, 2023).

linked profound theoretical research centred precisely on ‘walking architecture’ and a dual dimension of the project not only oriented towards the construction of works – the most important of which is undoubtedly the recovery of the old railway line between Caltagiome and San Michele di Ganzaria as a linear park (Figg. 6, 7) – but also towards direct action through coordinated practices and workshops organised in the territories. The latter, in particular, such as Pic-Nic al Tempio or the very recent Bosco Colto (Rocca, 2021), oscillate between installations with materials partly supplied by local craftsmen or farmers themselves – an emblematic example being the ‘straw blocks’ or reeds obtained from the cleaning of canal banks – and partly through the use and manipulation of wild materials ‘found in places’, from the creation of a simple clearing obtained through trampling to the signalling of rural routes or particular views through the simple alignment of trunks and branches gathered in the fields or the con-

struction of umbrellas of branches. The ‘arena garden’, two sloping lawns converging as a compluvium towards a central platform, built on an unauthorised dump near the Piazza Armerina Railway Station, becomes a topography that accommodates the rural lawns towards which it is arranged without interruption and in which these actions constitute periodic scenes of an open-air theatre. These researches converge in two volumes, relating to two successive phases of development of the linear park, entitled *In Walk About City* (Navarra, 2002, 2013), which reveal the two essential features of the entire project: the recovery of the practice of walking as an agent of capillary and active transformation of places and the centrality of the countryside, of the peri-urban, of what is not the city – or at least not yet – but is ‘around’ it.

Since 2009, based on the ‘linear park’ experience, some research by the Department of Civil, Environmental and Architectural Engineering of the University of Cagliari, in collaboration with the Geomining, Historical and Environmental Park of Sardinia (Italy), the Province of Sulcis Iglesiente first and South Sardinia more recently, and within the framework of the definition of a cycle path network by the Region of Sardinia, have focused on the recovery of the old disused mining railways, some of which have now been reclaimed as Green Ways, allowing a certain, tangible, reactivation of the passing landscape for refreshment and outdoor recreation. The results of an initial phase of research were published in 2015 in the study *Paesaggi Lineari – Strategie e Progetti per il Recupero dei Vecchi Tra Tracciati Ferroviari del Sulcis Iglesiente* (lit. *Linear Landscapes – Strategies and Recovery Projects for the Old Railway of Sulcis Iglesiente*; Dessi and Mucelli, 2015), in which scenarios of a total or partial reactivation of disused railway lines were prefigured, still in perspective linked to the hospitality of rural and coastal areas and the tourist development of the region.

Recent evolution of this research has instead attempted to take a step forward by linking the patrimonial recovery of historical architectures to the possibility that these abandoned lines could also function as new ‘ecological infrastructures’ by utilising the dynamism of the wild vegetation that, in many cases characterises their current image, occupying almost the entirety of the old sites.

The abandoned railway, which by its very structure (the ballast embankment, the water outflow channel, the rows and boundary hedges, the guard ditches) can be interpreted as an ‘accessible’ ecological corridor and be used, in its linear trend, as an engine for the reactivation of the multiple architectures that guarded it, becomes the load-bearing skeleton of the dynamics of wild re-naturalisation. The other fundamental aspect of this process lies in the intercalary, sometimes even overlapping these infrastructures with the ‘historical paths’, especially the mining ones. The best known is that of Santa Barbara. They allow the strategy to be enriched with territorial contents linked to the mining work’s rituality, the symbolic and memorial dimensions.

These two components, the ecological and the symbolic, refer to each other and rely on the materialisation of experiential practices in the territory that see the wild dimension as a universe

preserving the landscape, simultaneously in its natural significance and enormous value. Therefore, in its renewed social sense, walking also expresses a ‘light reactivation’ of the territory’s capillary network of railways and paths.

The disused architectures of the various mining areas, the washeries, the wells, the workers’ houses, the executive centre villas, as well as those linked to the railways, the railway tollhouses, the roadmen’s houses and the numerous works of art supporting the infrastructure, constitute the great system of the rootedness of new natures, proposing themselves not only as materials and spaces available for a new informal use of the territory but as ‘biotic basins’, thus also constituting a new idea of a broad landscape made by the reconciliation between productive artifice and natural systems. They, therefore, become a ‘detention basin of the wild’ even in certain contexts and in the presence of inert soils, poorly suited to the development of vegetation, determining new configurations and possibilities for a landscape with a solid environmental compromise.

In all cases, an itinerary is proposed between abandoned architectures that can become, in a configuration evolved, ‘gardens of the wild’, even in the form of minor recreational points, small clearings, in which the limit imposed by the ‘wild’ borders becomes, at the same time, an element of reconstitution of the biological boundary in the landscape, overcoming the dyscrasias of the previous administrative limits of the mining areas (Clément, 2005), but also a primary element of the palimpsest of human and natural signs capable of orienting in space.

Through action on punctual areas, the projects develop specific themes as a variation of manipulating the dynamics of the ‘wild’. In the metalliferous area of the historical region of Arburese-Guspinese, in the south-western sector of Sardinia, between the village of Ingurtosu and the washery of Naracauli, the clearings of tailings and mining architectures become the support of a spontaneous colonisation that, by populating the main routes through the construction of terraces, embankments (Fig. 8), and draining platforms, directs the path towards the most significant places and offers itself as a new code for reading the territory. The interior of the ruined houses constitutes a microclimate suitable for the development of small spontaneous gardens in which the intervention is limited to marking areas for walking or small platforms for resting.

In the most favourable cases, it is possible to make the action of wild states of the architectural remains dialogue with a consolidation necessary to provide a minimum of facilities for equipped resting places, areas favourable to the installation of tents or recreational use in the walking paths. In the area between these two sites and the coastline, two abandoned and ruderalised workers’ dwellings, the Azuni and Telle workers’ houses, interpose the theme of the desert of tailings (Figg. 9-12) – on which the former is built – and the clearing in the Mediterranean forest – on which the latter is built – as ‘referent’ landscapes capable of establishing new, but at the same time ancient, ecological orders in which man finds shelter, temporary respite and even sustenance from the fruit plants and small gardens in the clearing.

The theme of the recovery of the railway track

between the Montevecchio Mine and the San Gavino Station (Fig. 13), where the old foundry was located, this time along the connection between the mine and the internal Campidano plain, offered the possibility of combining punctual interventions of a different nature, again closely linked to the landscape content of the broader contexts (Fig. 14).

In particular, the redevelopment strategy of the abandoned infrastructure made it possible to work on the different 'gradients' of the landscape that, in this ideal 'transect', develop from a condition of peri-urban agricultural cultivation, in the middle of the plain, to one of mining and quarrying, within the south-western massif. The intervention moves on three types of manipulation of the wilderness: the construction of hedges and vegetal espaliers within an old garden system of an abandoned rural farm to increase the biodiversity of agricultural production; the formalisation of a 'spontaneous' garden and drinking trough within a disused cantonment house that becomes a microclimatic space 'ad impluvium' able to welcome wayfarers in their refreshment stops; the redevelopment of a dilapidated worker's house, above the Naracauli washery, redefined into a sequence of small living cells and internal patios similar to small gardens of simples made up of the wild essences of the place, in a perspective of re-appropriation of the mining ruins that encounters possible temporary uses such as shelter and refuge along the crossings between the hinterland and the coast.

Conclusions: the construction of new perspectives | For Pierre Donadieu (1998, 1999), the theme of the 'wild' represents a central point in the evolution of the concept of the landscape itself insofar as it is capable of uniting the dimension of the 'ecological sciences with the artistic'. According to the French geographer-ecologist's point of view, in fact, a return to the wild is also possible in the urban dimension, particularly in parks and public spaces, more generally. This paper attempted to argue and develop this position, mediating it with the current international debate on the meaning of the 'contemporary landscape' present in some scientific communities concerning the increasingly decisive recognition of both 'local' characteristics and the intensity of global transformations. In this sense, the perspectives offered by this paper, both in their theoretical dimension and in the exemplarity of the projects treated, can be framed within those researches on Landscape Architecture that try to find a new way of interpreting the project starting from the possible new 'way' offered by the 'wild'.

In conclusion, the originality of this approach may lie in two more general aspects of the topic. The interpretation of the ecology of the 'wild' linked to the design of vegetation as a possibility of contemporary design experimentation: previous studies often focused on built objects and technical artefacts that confined vegetation to mineral or paved surfaces; considering spontaneous vegetation a richness means interpreting the ecological transition also in the sense of 'man-

living' co-evolution. Moreover, again, the reading of the disused and abandoned landscape is no longer oriented only towards recovery and reuse, which in previous decades have proved challenging to manage, especially in marginal territories, but rather within the exploration and contemporary design research in the field of landscape, centred on the themes of soil consumption, ecological connections, conservation and development of biodiversity, and new biotic productions.

In this sense, this contribution opens up different perspectives in the field of landscape architecture, especially in the use of design experiences as a tool to recognise the potential for the development and evolution of the theme. It also prepares for the inclusion of insights from other disciplinary fields, particularly on the understanding of the dynamics of water, vegetation and land, attempting to overcome current practices that see the 'preservation/reclamation' binomial as the only way to think about the transformation of post-industrial landscapes, and interpreting the wild as a living matter capable of guiding this transformation.

Notes

1) For more on the interview entitled Attached to the World – Piet Oudolf on the Garden of Life conducted by Francis Till on 17 August 2020 for Hauser & Wirth Magazine, see: hauserwirth.com/ursula/29413-attached-world-piet-oudolf-garden-life/ [Accessed 17 April 2023].

2) A well-known definition of 'terrestrial space' is given by Augustin Berque (2021), according to whom the term ecosymbolic involves a simultaneous material and semantic appropriation of the earth's surface.

References

- Atzeni, S. (2023), *Passavamo sulla terra leggeri*, Sellerio (ed. 2023), Palermo.
- Balducci, F. and Camilli, B. (2022), "Progettare l'ecologia – Il vegetale come paradigma possibile di un'architettura sostenibile e resiliente | Designing ecology – The organic as a possible paradigm of a sustainable and resilient architecture", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 89-93. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1172022 [Accessed 17 April 2023].
- Berque, A. (2021) *Essere umani sulla terra – Principi di etica dell'ecumene*, Memesis Kosmos, Sesto San Giovanni.
- Careri, F. (2006), *Walkscapes – Camminare come pratica estetica*, Piccola Biblioteca Einaudi, Torino.
- Clément, G. (2005), *Manifesto del Terzo Paesaggio*, Quodlibet, Macerata.
- Dessi, A. and Mucelli, S. (eds) (2015), *Paesaggi Lineari – Strategie e progetti per il recupero dei vecchi tracciati ferroviari del Sulcis-Iglesiente*, Gangemi Editore, Roma.
- Diderot, D. and Le Rond d'Alembert, J. B. (eds) (1778-1782), *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des Sciences des Arts et des Métiers par une société de gens de lettres*, Sociétés Typographiques de Lausanne et de Bernes.
- Donadieu, P. (2006), *Campagne Urbane – Una nuova proposta di paesaggio per la città*, Donzelli editore, Roma.
- Donadieu, P. (1999), "Sauvages dans la ville – De l'inventaire naturaliste à l'écologie urbaine – Bernadette Lizet, Anne-Elizabeth Wolf et John Celecia (textes réunis par)", in *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, n. 38, pp. 120-121. [Online] Available at: hal.archives-ouvertes.fr/hal-01215684/ [Accessed 17 April 2023].
- Donadieu, P. (1998), "Vers un rural postindustriel – Rural et environnement dans huit pays européens", in *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, n. 34, pp. 129-130. [Online] Available at: hal.science/hal-01216060v1 [Accessed 17 April 2023].
- Gausa, M. (2022), "Topologie verdi e paesaggi oltre il paesaggio – 30 anni di ricerche sulla ibridizzazione del verde | Green topologies and landscapes beyond the land – A 30-years research on green hybridization", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 14-25. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1112022 [Accessed 17 April 2023].
- Gerritzen, H. and Oudolf, P. (2019), *Planting the Natural Garden*, Timber Press, Portland (US).
- Illich, I. (2009), *La perdita dei sensi*, Libreria Editrice Fiorentina, Firenze.
- Intini, E. (2019), "Più impollinatori, meno parassiti – Così la biodiversità migliora la resa dei raccolti", in *Focus.it*, 16/10/2019. [Online] Available at: focus.it/ambiente/ecologia/giornata-mondiale-alimentazione-biodiversita-migliora-raccolti [Accessed 17 April 2023].
- Myers, N. (2018), "How to grow livable worlds – Ten not-so-easy steps", in Oliver-Smith, K. (ed.), *The World to Come – Art in the Age of the Anthropocene*, Samuel P. Harn Museum of Art, University of Florida, Gainesville, pp. 53-63. [Online] Available at: academia.edu/40441118/How_to_grow_livable_worlds_Ten_not_so_easy_steps_2018_version_ [Accessed 17 April 2023].
- Navarra, M. (2013), *In Walk about City 2.0 – Architettura Geologica e Faglie del Tempo*, LetteraVentidue Edizioni, Siracusa.
- Navarra, M. (2002), *In Walk about City – Il paesaggio riscritto, un parco lineare tra Caltagirone e Piazza Armerina*, Biblioteca del Cenide, Catania.
- Oudolf, P. and Kingsbury, N. (2013), *Planting – A New Perspective*, Timber Press, Portland (US).
- Perriccioli, M., Ruggiero, R. and Salka, M. (2021), "Ecologia e tecnologie digitali – L'architettura alla piccola scala come luogo di connessioni | Ecology and digital technologies – Small-scale architecture as a place of connections", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 10, pp. 36-45. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1032021 [Accessed 17 April 2023].
- Rocca, A. (2021), *Costruire Naturale*, LetteraVentidue, Siracusa.
- Rousseau, J.-J. (2016), *Emilio. O dell'Educazione* [or. ed. *Émile ou De l'éducation*, 1792], Edizioni Studium, Roma.
- von Humboldt, A. (1810), *Vues des Cordillères, et monuments des peuples indigènes de l'Amérique*, F. Schoell, Paris.

ARTICLE INFO

Received	20 March 2023
Revised	02 May 2023
Accepted	09 May 2023
Published	30 June 2023

VERTICAL FARM

Dalle forme dell'agricoltura nuove architetture e città

VERTICAL FARM

New architectures and cities from the forms of agriculture

Sara Basso, Thomas Bisiani, Pierluigi Martorana, Adriano Venudo

ABSTRACT

L'articolo indaga la convergenza tra natura e architettura, analizzando il fenomeno delle vertical farm, quale manifestazione architettonica di alcune tendenze contemporanee. Questi edifici alti, funzionali all'agricoltura, presentano anche caratteristiche di sostenibilità, come la riduzione delle catene di approvvigionamento e del consumo di suolo. Il tema viene sviluppato attraverso quattro ambiti: l'origine dell'edificio alto come espressione simbolica e la sua evoluzione contemporanea; l'agricoltura fuori suolo in relazione alle categorie macroeconomiche classiche a partire dal '700; tre casi di studio di vertical farm sperimentali (Skyfarm, Farmscraper e Farmhouse), lette quali possibili origini di nuovi tipi architettonici. In conclusione viene svolta un'analisi critica delle possibili ricadute urbane delle vertical farm a partire dal concetto di diritto al cibo.

The paper investigates the convergence between nature and architecture, analysing the phenomenon of vertical farms as an architectural manifestation of specific contemporary trends. These high-rise buildings are functional for agriculture while also exhibiting sustainability features, such as the reduction of supply chains and land consumption. The issue is articulated through four areas: the origin of the tall building as a symbolic expression and its contemporary evolution; above-ground agriculture in relation to classical macroeconomic categories since the 1700s; and three case studies of experimental vertical farms (Skyfarm, Farmscraper and Farmhouse), interpreted as possible origins of new architectural types. In conclusion, a critical analysis of the potential urban impacts of vertical farms is conducted, based on the concept of the right to food.

KEYWORDS

fattorie verticali, Skyfarm, Farmscraper, Farmhouse, diritto al cibo

vertical farms, Skyfarm, Farmscraper, Farmhouse, right to food

Sara Basso, Architect and PhD, is an Associate Professor at the Department of Engineering and Architecture of the University of Trieste (Italy). She carries out research mainly in the field of urban planning, and is currently coordinating research to develop the central spaces of the Municipality of Staranzano (GO). E-mail: sara.basso@dia.units.it

Adriano Venudo, Architect and PhD, is a Researcher at the Department of Engineering and Architecture of the University of Trieste (Italy). He carries out research mainly in the field of composition and architectural design, and is currently the Scientific Director of the research project for the architectural and landscape rehabilitation of the former powder keg in Romans D'Isonzo (GO). E-mail: avenudo@units.it

Thomas Bisiani, Architect and PhD, is a Researcher at the Department of Engineering and Architecture of the University of Trieste (Italy). He carries out research mainly in the field of composition and architectural design, and is part of the Research Group for the redevelopment of the former Caserma Francescotto in Cividale del Friuli (UD). E-mail: tbisiani@units.it

Pierluigi Martorana is an Agronomist and partner of Studio Benincà (Verona, Italy). His work as a professional is mainly focused in the agronomic and environmental fields, both for agricultural entrepreneurs and Public Administrations, particularly as a specialised figure in preparing and evaluating urban planning tools. E-mail: pierluigimartorana@gmail.com



Possiamo definire la globalizzazione come l'estensione senza precedenti degli spazi di circolazione, di consumo e di comunicazione (Farinelli, 2019). In sostituzione dei confini è possibile immaginare delle frontiere, cioè uno spazio intermedio, meno definito, dove le differenze entrano in contatto e possono mescolarsi promuovendo fenomeni evolutivi (Zanini, 1997). Tra questi fenomeni di ibridazione il presente contributo indaga quello tra natura e architettura attraverso il tipo delle 'vertical farm', in quanto sembra essere una forma di convergenza di diverse tendenze dell'architettura contemporanea: da una parte la tendenza alla crescita, di cui l'edificio alto è una tipica fenomenologia, dall'altra una tendenza più recente, legata a nuovi grandi habitat, funzionali non tanto a ospitare l'essere umano, ma piuttosto agenti o forme di vita 'altre'. Non mancano gli aspetti di sostenibilità legati a fattori di densità ecologica, riduzione delle catene di approvvigionamento, riutilizzo di edifici obsoleti, riduzione del consumo di suolo e degli impatti paesaggistici. Tutti questi fattori concorrono a tratteggiare un nuovo profilo del rapporto tra natura e costruzione che caratterizza l'architettura come sapere. Una natura 'para-artificiale', contaminata nel suo svilupparsi in contesti 'duri'; una condizione ambigua, intermedia, ibrida tra oggetto e ambiente; sta proprio in questa condizione conflittuale, di incrocio, l'interesse del tema perché esplora quegli ambiti 'di contatto' dove la biodiversità architettonica è maggiore.

Dal punto di vista metodologico il tema viene sviluppato attraverso un approfondimento in quattro ambiti: una prima parte esplora i presupposti architettonico-disciplinari dell'edificio alto; un inquadramento dal punto di vista agronomico traccia il perimetro tecnico dell'agricoltura 'fuori suolo'; successivamente vengono analizzati dal punto di vista architettonico tre casi di studio significativi con l'obiettivo di individuare approcci, logiche e famiglie; infine vengono analizzate criticamente le ricadute urbane. In questa lettura multidisciplinare del tema è da leggersi l'originalità dei contenuti proposti. La componente relativa all'agricoltura urbana è uno spartiacque disciplinare che consente di riconoscere nelle vertical farm un ambito di indagine autonomo rispetto al tema affine, ampiamente dibattuto, del rapporto tra edifici alti e vegetazione con finalità estetico-ornamentali. Il presente studio è quindi molto specifico perché indaga una tipologia particolare, la fattoria verticale, che assume la forma del grattacielo; a tale scopo vengono selezionati casi studio e presentate teorie che circoscrivono la ricerca ad ambiti esclusivamente urbani e densamente abitati come ad esempio le metropoli asiatiche o americane, perché l'entità e l'impatto di un tale organismo architettonico e tecnologico e le relative risorse da mettere in atto per la realizzazione possono reggere al momento soltanto la dimensione e la scala di casi grandi ed estremi. Si tratta di quei contesti in cui l'uso del suolo si traduce nel 'metro quadrato come un bene primario' e le sue strategie di occupazione e organizzazione producono risvolti diretti sulla forma della città, sulla società e sull'economia, indirizzando non da ultimo a specifiche e proprie soluzioni architettoniche (Giedion, 1941).

Le vertical farm rappresentano 'soluzioni tipologiche' molto giovani, i cui primi studi teorici risalgono all'inizio di questo millennio (Despommier,

2010), mentre la ricerca progettuale e le applicazioni tecnologiche e commerciali non hanno più di quindici anni: manca quindi ancora una vera prospettiva sullo sviluppo, sull'applicabilità e sugli effetti di queste tipologie architettoniche verticali. Va anche aggiunto che se è possibile collezionare casi studio, prime realizzazioni ed esperimenti, ad oggi manca 'una distanza storica dall'argomento' e quindi anche una elaborazione della critica architettonica e urbana. Tuttavia si ritiene che quello delle vertical farm sia un modello che, in futuro, se debitamente scalato e riformulato rispetto alle specificità e alle istanze contestuali, potrà trovare applicazione e sviluppo in ambiti extraurbani o comunque non soltanto per le grandi città poiché porta con sé un naturale principio di 'risparmio di suolo' e di ottimizzazione funzionale che nascono proprio dall'integrazione tra le forme dell'abitare e quelle del coltivare.

Big, una storia verticale tra tipi e caratteri della globalizzazione

La costruzione in altezza ha un carattere 'primario' e l'innalzamento dei menhir è la prima azione che definisce un 'oggetto situato' (Careri, 2006), un cambio di posizione intenzionale che conferisce significati simbolici, religiosi, geometrici e geografici a un elemento che passa da uno stato naturale a una condizione artificiale. La verticalità rappresenta crescita e fertilità, l'erezione dei totem in molte culture esprime la fede nella capacità dell'essere umano di vivere in armonia con la natura (Rykwert, 1988). La costruzione in altezza è quindi una figura consolidata che è sempre stata presente nella cultura architettonica e ha un valore fortemente simbolico. Nel 1896 Henry Sullivan pubblica il celebre articolo *The Tall Office Building Artistically Considered* (Sullivan, 1896) stabilendo una nuova origine della costruzione in altezza. Il grattacielo viene riconosciuto come un innovativo tipo architettonico, espressione ottimistica del futuro in chiave tecnica e il suo sviluppo diviene inarrestabile fino agli anni '70 quando la crisi energetica evidenzia i punti di debolezza impliciti negli edifici con sviluppo verticale: è necessaria molta energia sia per costruire in altezza che per garantire il comfort e l'efficienza dell'edificio nel tempo, ma si pongono anche questioni legate alla salubrità degli ambienti (ad esempio per la limitata aerazione naturale). Su tali questioni secondo James Wines (2002) non si è stato avviato un adeguato dibattito costruttivo, soprattutto per la contrapposizione tra gli interessi speculativi legati allo sfruttamento in altezza e posizioni culturali più radicali che ha prodotto una sorta di lungo 'stallo critico'. Sempre James Wines, a partire da questi presupposti, ha riconosciuto una tendenza che ha chiamato *Vertiscapes*, una prima forma di design ecologico di cui fanno parte una generazione di edifici alti e 'verdi' disegnati da Roger Ferri (Fig. 1), SITE (Fig. 2) e Emilio Ambasz (Fig. 3).

Successivamente gli attentati alle Twin Towers del 2001 hanno evidenziato la fragilità del tipo più rappresentativo del XX secolo, mettendo in discussione la tipologia per questioni di sicurezza. Tuttavia la torre, quale 'edificio simbolo', continua a essere la tipologia che meglio rappresenta le realtà urbane più ricche e moderne, soprattutto negli Stati Uniti e in Asia; tutto ciò nonostante la recente pandemia da Covid-19 che, diffusa proprio a partire dalle popolose città cinesi, ha messo in discussione uno dei principi che definisce na-

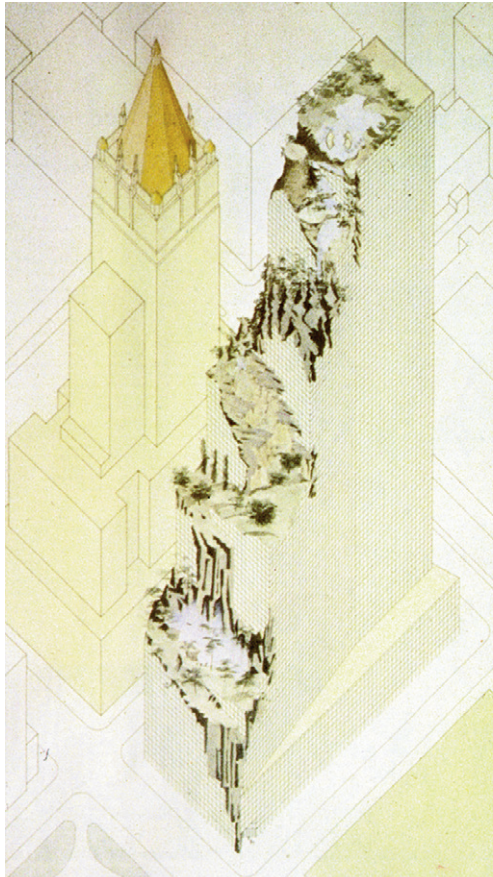
tura e ragione dell'edificio alto: la densità. Da simbolo ottimistico della tecnica il grattacielo si è trasformato progressivamente in manifestazione di forza finanziaria: la globalizzazione ha fatto leva sulle sue dimensioni stimolando negli anni '90 Mario Gandelsonas (1990) nella scrittura del saggio *Conditions for a Colossal Architecture* e Rem Koolhaas (1995) nella pubblicazione del suo celebre testo sulla *Bigness*. L'architettura 'grande' assume un carattere indifferente rispetto alle specificità dei luoghi e il suo valore consiste nelle dimensioni misurabili, che superano questioni qualitative e di merito. Un altro carattere tipico della globalizzazione è l'inversione dei rapporti tra città, architettura e infrastruttura: la qualità delle grandi città si misura in dotazioni infrastrutturali, connessioni e collegamenti con altre città, altrettanto grandi. La logistica e le interfacce tra infrastrutture definiscono nuovi spazi fisici a supporto dei flussi materiali e immateriali; gli edifici che ne derivano sono una forma di architettura senza l'uomo (Koolhaas, 2020).

Tra i numerosi esempi si segnalano gli Amazon's Robotics Fulfillment Centers, centri logistici in cui lo spazio è interdetto agli umani e in cui i data centers, 'le case di internet', si sviluppano per migliaia di metri quadri ospitando solo pochi tecnici; siamo in presenza di nuovi tipi, apparentemente senza qualità architettoniche, dove parcheggi e superfici vetrate scompaiono perché non servono alle entità che li abitano. A questa nuova categoria appartiene il progetto *Pig City* di MVRDV del 2001 (Fig. 4), un allevamento biologico di maiali ospitato in edifici alti per limitare il consumo di suolo in Olanda, un Paese in cui questa risorsa è particolarmente limitata. Meno nobile appare invece il recente *Pig Palace*, costituito da due corpi di fabbrica di 26 piani ciascuno realizzati a Ezhou, che con i suoi 390.000 metri quadri di superficie è il più grande e il più 'alto' allevamento intensivo della Cina e del mondo.

Dark ecologies e verticalismo | Prende corpo così un nuovo rapporto tra uomo e natura e Timothy Morton (2007) conia il termine 'dark ecology', un modello ecologico che presuppone sistemi aperti in cui la vita, prospera in questi spazi intermedi tra categorie tutt'altro che rigide. L'esplorazione di una nuova natura, in relazione con l'abitare umano e meno aderente a una ortodossia ecologista, produce, per Manuel Gausa (2022), architetture sempre più sperimentali, ibride, mutanti e mutabili in cui naturale e artificiale, verde vegetale e grigio minerale si mescolano in un nuovo cromatismo, la 'dark ecology'. Questa tendenza si sposa con il carattere ibrido dei grandi edifici contemporanei la cui dimensione consente di accogliere una varietà di funzioni, conferendo una nuova qualità che mette in discussione il carattere monofunzionale dell'edificio alto nei termini teorizzati da Sullivan.

I programmi complessi delle città, di solito affrontati bidimensionalmente, oggi possono trovare applicazione sfruttando il 'verticalismo' (Ábalos and Grau, 2011) e combinazioni multifunzionali in altezza che costituiscono parti urbane compiute dove l'articolazione della sezione in verticale diventa l'equivalente del tradizionale progetto di suolo. Il grattacielo continua a essere quindi una tipologia attuale, efficace e rappresentativa nonostante le criticità legate alla sostenibilità e alla si-

curezza, aspetti per i quali studi e ricerche contemporanee indagano soluzioni e modelli sempre più efficienti, orientati a ridurre l'impronta ecologica e il consumo energetico dei nuovi edifici privilegiando forme naturali di controllo del microclima interno. La tendenza prevalente mira a sviluppare una dimensione in cui il verde integrato ha un carattere urbano ed estetico, una valenza ornamentale come nella Torre di Giunigi a Lucca che fa da contraltare al verde agricolo produttivo dei Giardini di Babilonia. In quest'ottica la relazio-



ne tra architettura verticale e agricoltura, che determina forme contemporanee particolari, ha un carattere di specificità che giustifica l'individuazione di una nuova area di studio da indagare compiutamente; il concetto di fattoria verticale infatti è stato coniato solo recentemente da Dickson Despommier (2010), mentre la prima opera divulgativa in Italia risale a pochi anni fa (Cigliano and Bellavista, 2019).

Agricoltura: dal maggese alla vertical farm |

L'edificio alto, così come descritto, appare come una soluzione architettonica ideale per integrare non solo forme di vegetazione (Talenti and Teodosio, 2022) ma anche di agricoltura avanzata, definita 'fuori suolo'. Nasce così una convergenza transcalare e transdisciplinare (Tesoriere, 2020) tra una forma architettonica tipicamente urbana e l'agricoltura, che è il principale agente delle trasformazioni territoriali dei paesaggi in funzione delle esigenze produttive.

L'attuale condizione è l'esito di almeno due 'salti evolutivi' tecnici e agronomici; la prima grande rivoluzione agricola risale alla fine del '700 con un'evoluzione tecnologica che introduce macchinari e rotazione agraria per aumentare la produttività dei terreni. Oltre al maggese viene meno la proprietà collettiva e si assiste alla riduzione della maglia podereale e a una maggiore variabilità culturale. La manodopera, l'unica risorsa abbondante, surroga i fattori produttivi terra e capitale fino alla metà del '900; in questa seconda fase, l'agricoltura si ritrova priva di risorse. In molti Paesi il numero degli addetti si riduce sensibilmente: in Italia, ad esempio, dal 1951 al 1971 si passa da 8,2 milioni a 3,2 milioni di addetti, e data la scarsità della manodopera vengono applicati i principi della semplificazione culturale e della meccanizzazione. Conseguentemente il territorio si trasforma in funzione delle macchine: aumentano le dimensioni e la regolarità dei campi; scompaiono siepi e filari; aumentano la specializzazione e la desertificazione delle aree rurali, si riduce la biodiversità. Il fattore produttivo lavoro viene sostituito dalla meccanizzazione, mentre il fattore terra gioca un ruolo ambiguo: la disponibilità delle aree non aumenta, anzi viene ridotta dall'urbanizzazione e dall'abbandono delle aree marginali.

In questo scenario si colloca la tecnica di produzione definita come coltivazione fuori suolo, o vertical farm nel caso i processi di produzione e trasformazione siano condotti in ambienti costruiti, con impianti che utilizzano sistemi di coltivazione senza substrato, cioè che non prevedono l'ancoraggio delle radici delle piante. Si tratta in ogni caso di coltivazioni con crescita limitata, quali lattughe, fragole e alcune floricole prodotte prevalentemente con la tecnica idroponica NFT (Nutrient Film Technique): uno strato di soluzione nutritiva all'interno di canalette alimenta l'apparato radicale delle piante parzialmente immerso nel liquido. Una seconda tipologia idroponica è il Floating System, nel quale le piante, sostenute da pannelli di polistirolo ad alta densità, galleggiano in vasche di soluzione nutritiva. A queste tecniche

si affianca la coltivazione aeroponica, nella quale le piante vengono sostenute da pannelli in materiale plastico ancorati a una struttura di supporto. In tutti e tre i casi il terreno, quale fonte di sostegno e nutrimento, diventa un elemento superfluo.

Vantaggi e svantaggi delle vertical farm per il futuro dell'agricoltura urbana |

L'utilizzo di serre o tunnel non consente vantaggi significativi in termini di consumo suolo, mentre garantisce una riduzione del 90-95% delle risorse idriche e un prodotto più sano poiché un ambiente protetto limita i patogeni e riduce l'uso di fitofarmaci. Vantaggi consistenti, in termini di consumo di suolo, sono legati a un processo più sofisticato, attraverso il controllo del microclima e dei parametri ambientali. La luce naturale viene sostituita da un'illuminazione a LED che riproduce la radiazione solare; l'aria viene trattata con sistemi di filtraggio che impediscono la diffusione di microrganismi e spore fungine; la temperatura viene controllata con sistemi di condizionamento. Questo ambiente, creato all'interno di strutture dedicate, consente di organizzare la coltivazione su piani sovrapposti o verticali e si presta a una robotizzazione del ciclo produttivo che riduce la manodopera.

Svincolando la produzione agricola dal terreno, la superficie produttiva si riduce al sedime dell'edificio che ospita il processo; si apre quindi uno scenario nuovo in termini di pianificazione: possono essere edificate nuove strutture in ambito urbano o possono essere recuperati fabbricati dismessi. Si minimizza di conseguenza la distanza tra produzione e consumo, con evidenti benefici in termini di filiera di approvvigionamento e con consistenti risparmi per la collettività.

Non possono però essere trascurate alcune criticità: sono necessari significativi volumi di investimento, proporzionali al livello di automazione che riguardano tutte le fasi, dalla realizzazione delle strutture fino ai sistemi di controllo hardware e di gestione software. Sono necessari impianti avanzati di controllo del microclima e deve essere impiegato personale specializzato, in termini strettamente agronomici, ma anche capace di gestire i sistemi che governano l'impianto; inoltre edifici di questo tipo, risultano fortemente energivori.

La vertical farm è spesso considerata l'espressione di una nuova rivoluzione agricola, ma questa valutazione deve essere ridimensionata poiché il modello è limitato a comparti produttivi specifici, quali l'orticoltura e il florovivaismo e il suolo 'risparmiato' tendenzialmente viene occupato da altre produzioni agricole tradizionali, quali seminativi e specie arboree di altri comparti produttivi. Forse la vera rivoluzione in atto è rappresentata dall'adozione di sofisticati sistemi di automazione (i cosiddetti 'farm bots') che tendono a sostituire sempre più la manodopera.

Evoluzione e rivoluzione introdotte dalle vertical farm: casi studio e 'salti di specie' |

A partire da queste considerazioni sulla natura dell'edificio alto e sull'agricoltura fuori suolo sono stati individuati tre esempi di vertical farm. Si tratta di casi paradigmatici perché nelle loro declinazioni preludono a un possibile salto di specie tipologico, come fu per i primi grattacieli di Sullivan o per le sperimentazioni metaboliste degli anni '60. Tre casi esemplificativi di combinazione della vertical farm con il grattacielo tradizionale: da un lato l'a-

Fig. 1 | New York Skyscraper (1976), designed by Roger Ferri (source: archiveofaffinities.tumblr.com, 2023).

Fig. 2 | High-rise of Homes (1982), designed by SITE (source: sitenewyork.com 2023).

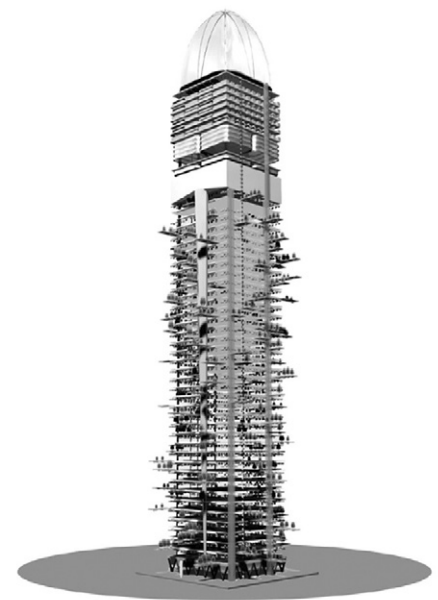
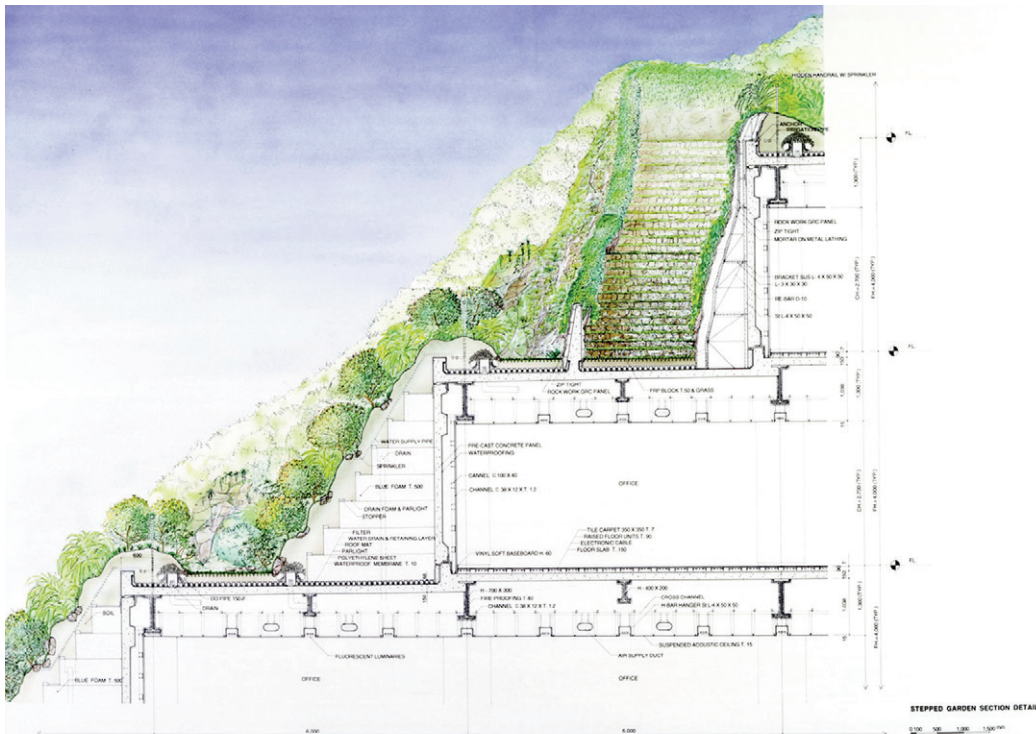


Fig. 3 | ACROS Fukuoka (1995), designed by Emilio Ambasz (source: floormature.it, 2023).

Fig. 4 | PigCity, vertical farm prototype in Holland (2001-2022), designed by MVRDV (source: mvrdiv.nl, 2023).

zienda agricola centralizzata, pura (Skyfarm) oppure che dialoga con altre attività (Farmscraper), e dall'altro la fattoria intesa come aggregazione di piccoli centri produttivi corrispondenti a singole unità residenziali (Farmhouse), una tipologia nuova da indagare.

Il primo concept di vertical farm compare nel 2007-2008 alla Columbia University grazie agli studi di Despommier¹ a cui segue una prima prolifica serie di prototipi e metaprogetti intorno al 2009-2010 tra la Silicon Valley e la Harvard University². Dal 2012 ad oggi si registrano molte sperimentazioni tra Stati Uniti e Paesi asiatici³, ma pochi sono i progetti che hanno raggiunto livelli esecutivi e ancora meno quelli che sono stati realizzati⁴, cosa tutt'altro che anomala se consideriamo che la vertical farm è 'una tipologia giovanissima' e quella che si sviluppa con altezze da grattacielo e neonata.

I tre casi studio selezionati si ritengono emblematici per varie ragioni: in primo luogo perché sono fra i pochi ad aver superato l'entusiasmo della fase iniziale di concept per arrivare a definizioni più esecutive di forma e funzione e di costi-benefici; poi perché sono fra i pochissimi sul panorama mondiale che integrano efficacemente la 'fattoria verticale' con la tipologia, ben più consolidata, del grattacielo e quindi propongono possibili alternative di ricerca progettuale in termini abitativi spaziali, urbani, strutturali, distributivi, tipologici e urbani (di relazione con il contesto) innovativi; perché l'articolazione del programma e il mix funzionale interno e interno-esterno mostrano tre possibili alternative in grado di generare sistemi complessi, nuovi modi di vivere e quindi anche nuove forme di società; il quarto motivo riguarda le tre possibili declinazioni del modello produttivo agricolo, centralizzato, policentrico e misto; il quinto riguarda, per tutti e tre, l'importante risvolto urbano (sociale ed economico) di un'agricoltura senza suolo e della relativa produzione e distribuzione alimentare (a chilometro zero) in contesti metropolitani densi e fortemente antropizzati.

I casi studio esemplificano tre ecologie: se nel medio periodo risultassero funzionali e funzionanti, questi tre 'modelli insediativi' potrebbero essere esportati (e magari anche combinati tra loro come gli habitat nelle ecologie) in tutte le megalopoli, garantendo potenzialmente produzione alimentare e cibo a prescindere dalle condizioni climatiche, geografiche, di rendita e soprattutto logistiche (la distanza logistica e il livello di servizio infrastrutturale sono sempre stati dei fattori di 'differenza' o di uguaglianza sociale). A questi modelli agricoli verticali corrispondono conformazioni architettoniche che reinterpretano la 'forma grattacielo' a livello compositivo e di linguaggio, ma anche su un piano di nuove relazioni funzionali, sociali, economiche e di significato. I tre casi selezionati sono metamorfosi: la tipologia del grattacielo veicola nuove forme urbane, un elemento 'geneticamente modificato' che, come il grattacielo a fine Ottocento, può introdurre nuovi paradigmi perché la costruzione in altezza è anche e soprattutto un fatto antropologico e culturale.

Skyfarm (Figg. 5, 6) è un modello elaborato da Richard Rogers (RSHP) in occasione dell'Expo 2015 di Milano - Nutrire il Pianeta. Si tratta di una vertical farm 'pura', una macchina architettonica pensata come soluzione agricola per garantire autosufficienza energetica e alimentare entro il 2050 quando l'80% della popolazione mondiale vivrà nelle città. La struttura a 'tensegrity', costituita da componenti discreti compressi ed elementi continui in tensione, è pensata in bambù per costituire un iperboloido rigido e leggero che massimizza l'esposizione solare. La geometria consente una facile scalabilità consentendo varianti sia per città medio-piccole che per aree urbane più dense, ulteriormente modulabili in funzione di latitudine e irraggiamento solare.

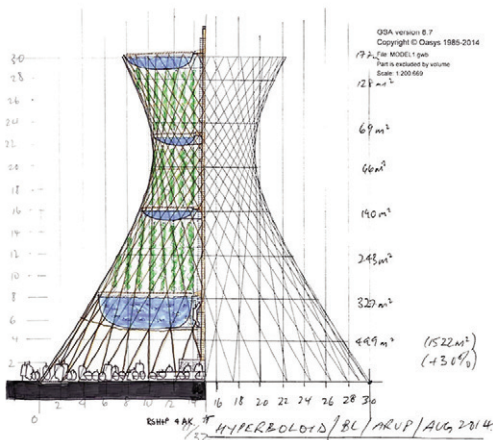
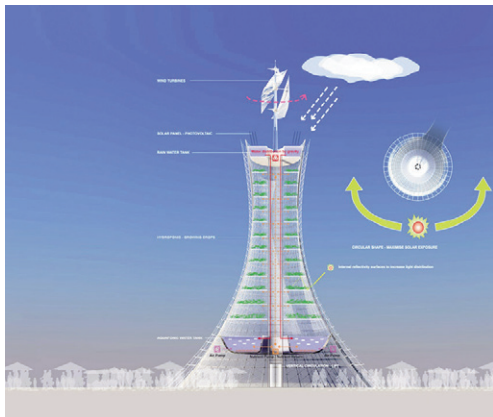
Skyfarm ospita un sistema acquaponico 'circolare' per colture vegetali e ittiche: gli scarti dei pesci nutrono le piante, le quali fungono da filtro per l'habitat dei pesci. La grande vasca, posta sopra l'ingresso, offre stabilità alla struttura ed è con-

trobilanciata da una vasca superiore per l'itticoltura in acqua dolce, che filtra la luce e raccoglie l'acqua piovana. Gli altri piani ospitano coltivazioni fuori suolo mentre sulla sommità sono installate turbine eoliche e pannelli solari mobili. Al piano terra sono presenti spazi pubblici, comuni, di vendita per i prodotti e una piazza coperta a tutt'altezza che rende visibile la struttura, le varie attività e i macchinari di produzione.

La Jian Mu Tower (Figg. 7, 8), progettata da Carlo Ratti con Italo Rota nel 2021, è localizzata a Shenzhen, una delle aree più dense del pianeta. Il Farmscraper di 51 piani prevede coltivazioni indoor, residenze, uffici, attività commerciali e spazi pubblici. L'edificio, che è posto nell'ultimo isolato libero nel quartiere degli affari della città cinese, riveste un valore strategico in termini di servizi, vita sociale e per lo skyline urbano. La principale tecnica agricola prevista è quella idroponica, alla quale viene dedicato 1/8 della superficie dell'edificio; ulteriori 10.000 metri quadri, distribuiti su vari livelli, sono dedicati a microcolture con tecniche diversificate, a cui si aggiungono serre verticali, agrumeti e food court che nell'insieme introducono così un innovativo modello di 'orto diffuso' integrato.

La produzione alimentare stimata è di 270 tonnellate all'anno capace di soddisfare il fabbisogno di circa 40.000 persone: una filiera alimentare autosufficiente gestirà la coltivazione, il raccolto, la vendita e il consumo all'interno dell'edificio stesso attraverso un 'agronomo virtuale' supportato dall'intelligenza artificiale. Le facciate sono intese come diaframmi abitati, serre con funzione di autoregolazione climatica mentre lo sviluppo verticale è scandito da 5 'piani-loggia' con giardini, orti e spazi comuni che si aprono su hall interne a più altezze, su cui si affacciano le altre attività; in definitiva sono dispositivi architettonici che garantiscono la superficie coltivabile e definiscono lo sviluppo compositivo del grattacielo.

Affascinato dagli Immeubles-villas di Le Corbusier per l'articolazione distributiva delle unità residenziali duplex, lo studio di Chris Precht ha



Figg. 5, 6 | Skyfarm, vertical farm prototype (2015), designed by RSHP (source: dezeen.com, 2023; rshp.com, 2023).

progettato nel 2019 un complesso sistema di aggregazione a torre di abitazioni dotate di 'orti verticali', dimensionati per soddisfare il micro-fabbisogno degli abitanti di ogni cellula; l'eccedenza viene commercializzata in un mercato al piano terra che funge anche da spazio pubblico, insomma un sistema autosufficiente di appartamenti-fattoria abitati da inquilini-agricoltori che costituiscono una comunità agricola urbana verticale, la Farmhouse (Figg. 9, 10).

La struttura è un sistema modulare triangolare prefabbricato in legno lamellare che consente di articolare i duplex collocando la distribuzione ogni due livelli; i moduli strutturali lasciati vuoti configurano le terrazze per la coltivazione, 'balconi agricoli' attrezzati per la produzione in vaso o con tecniche idroponiche; le unità immobiliari riutilizzano l'acqua piovana e soddisfano il fabbisogno energetico grazie a pannelli solari e microturbine eoliche. L'articolazione morfologica della torre, basata sul principio strutturale delle 'diagrid' e sul principio compositivo del 'traliccio riempito', risulta geometricamente complessa e ricca, con riferimenti all'architettura capsulare degli anni '60; ad ogni piano sono presenti ulteriori moduli aperti destinati a giardini comuni che attraversano l'edificio e consentono il passaggio di luce e aria. Il sistema risulta flessibile anche in altezza, potendo svilupparsi dai 18 ai 30 piani in modo da adattarsi sia alle grandi metropoli cinesi sia alle città europee.

I tre casi studio rappresentano la china di una complessa sperimentazione di dimensioni planetarie che, seppur molto recente (non ha più di 15-20 anni), preannuncia una nuova forma di archi-

tettura, ma anche di città e conseguentemente di società perché propone contemporaneamente nuovi modelli integrati di produzione (indoor farming), di distribuzione agroalimentare e di approvvigionamento del cibo 'più facile' in tutte quelle aree densamente urbane dove invece questo aspetto si presenta sempre più problematico e spesso contraddittorio, come denunciato dalla FAO nel Global Food Losses and Food Waste Report del 2018 (cit. in Cigliano and Bellavista, 2019). I tre casi ci mostrano in modo diversificato le possibili combinazioni e ibridazioni tra il grattacielo e l'indoor farming e rappresentano una risposta concreta allo scenario agroalimentare urbano. La comparazione di questi tre modelli di Vertical Farm (Tab. 1) consente di tracciare un percorso progettuale importante che va oltre lo sviluppo del modello tecnologico agroalimentare, di per sé già considerevole perché la coltivazione su piani verticali sovrapposti permette di moltiplicare non solo i cicli di produzione, e quindi la marginalità e redditività per unità di superficie, ma anche l'incremento proporzionale per unità di superficie. A questo va aggiunto che l'indoor farming 'porta il cibo vicino alle persone', abbattendo i costi di logistica e di trasporto, riducendo il deperimento nutrizionale del prodotto. Questo principio assume maggior significato proprio se applicato nelle metropoli, in quelle aree urbane che entro il 2030 accoglieranno il 70% della popolazione mondiale (Demographia, 2022), dove il valore del metro quadrato e dell'unità di superficie, che è un bene primario, è elevatissimo.

Le vertical farm oggetto dello studio sono state selezionate rispetto alla tipologia di coltivazione, l'orticoltura, ad eccezione della Skyfarm che contempla anche una quota parte di itticultura, in ragione della fattibilità e sostenibilità dell'investimento complessivo, della redditività e del rapporto costi-benefici, dell'impatto ambientale e della possibilità di integrare forme di abitabilità. Sono state escluse le sperimentazioni zootecniche perché ancora a uno stadio embrionale di sviluppo e ingegnerizzazione e caratterizzate da notevoli criticità rispetto alle emissioni e al trattamento dei reflui da deiezioni⁵, ma soprattutto difficilmente integrabili in ambito urbano.

I tre casi presentati sono molto evoluti sia rispetto al modello tecnologico agroalimentare che all'integrazione e articolazione architettonica⁶; rappresentano tre possibili e alternativi modi di integrare l'indoor farming con la tipologia del grattacielo e tutti e tre portano con sé forme, seppur diverse, di abitabilità e di coltivazione su piani sovrapposti. Tutti e tre prevedono un impianto radicato 'socialmente' ed economicamente al suolo urbano attraverso un piano terra aperto e accessibile che integra spazi pubblici (piazze, percorsi, giardini e aree per la socialità) con la funzione primaria della vertical farm, mercati e spazi di vendita (Skyscraper e Farmscraper) o di scambio (Farmhouse) di ciò che viene prodotto all'interno, un vero e proprio mercato a chilometro zero.

Lo Skyfarm propone tecniche di coltivazione molto diversificate fornendo così un ventaglio produttivo agroalimentare molto ampio e all'azienda agricola verticale unisce didattica e cultura (diversi piani sono visitabili come una sorta di museo), mentre Farmscraper e Farmhouse alternano funzioni differenti. Se Farmscraper sviluppa il programma funzionale e l'assetto morfologico del

grattacielo secondo un 'principio classico', a blocchi funzionali organizzati come un'azienda agricola con comunità di 'contadini urbani', Farmhouse organizza l'insieme a partire dalla combinazione pulviscolare in verticale di cellule residenziali, piccoli orti e spazi produttivi, replicando una sorta di comunità orticola verticale. In tutti e tre i casi la vertical farm oltre che fattoria urbana si fa grattacielo e poi città, generando nuovi morfemi spaziali, forse anche nuove tipologie (Figg. 11, 12).

Food: riscrivere il rapporto tra città e campagna

Potenzialità e criticità dell'agricoltura fuori suolo sono chiare, così come appaiono stimolanti gli ottimistici scenari progettuali che invitano a nuove esplorazioni architettoniche sia tipologiche che morfologiche. La disciplina urbanistica riconosce nelle vertical farm una possibile risposta al problema della sicurezza alimentare (Al-Kodmany, 2018; Despommier, 2010), in quanto ad oggi il raggiungimento dell'Obiettivo 2 – Zero Hunger dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite (UN, 2015) appare ancora difficile da raggiungere. In quest'ottica la città continua a rimanere un campo di sperimentazione privilegiato per sviluppare politiche e progetti finalizzati agli obiettivi di sostenibilità indicati dagli SDG (Sonnino, Tegoni and De Cunto, 2019). Le ragioni sono chiare: ad oggi, il 55% della popolazione vive in aree urbane e si prevede che nel 2050 questa percentuale aumenterà fino al 70% (FAO, 2019). Se 'nutrire la città' è un imperativo, altrettanto importanti sono la garanzia di sostenibilità dei sistemi alimentari e un più generale e diffuso diritto al cibo (Rodotà, 2014).

Dall'inizio del nuovo millennio considerare il cibo un tema di Urban Planning e Urban Design è riconosciuto come una necessità (Viljoen and Wiskerke, 2012; Viljoen et alii, 2015; Lohrberg et alii, 2016). Da una prospettiva progettuale il riconoscimento ha comportato sforzi per riconfigurare il limite tra urbano e rurale come luogo generativo di attività e pratiche orientate a riapprossimare città e campagna (Donadieu, 1998; Mininni, 2013). Ampiamente dibattuto è il ruolo che l'agricoltura può avere per ridisegnare i bordi urbani, recuperare spazi ed edifici abbandonati, rigenerare e valorizzare forme di naturalità in città: è, in particolare, nelle molteplici forme di agricoltura urbana e periurbana che si riconosce il potenziale per rendere più sostenibili i sistemi di produzione agricola e più resilienti le città (de Zeeuw and Drechsel, 2015; Mougeot 2005).

Guardando al contesto europeo, tuttavia, il dibattito su forme di agricoltura urbana intensiva che, svincolandosi dal fattore suolo, sfruttino la densità in altezza come leva della produttività appare meno evoluto. Ancora limitata è la ricerca sulle vertical farm come occasione di riflessione sulla forma urbana, forse smorzata anche dagli esiti contraddittori delle esperienze nei più maturi contesti americano e asiatico (Butturini and Marcellis, 2020). Si può osservare, soprattutto nelle più note sperimentazioni di fattorie verticali, come l'edificio rimanga isolato o, comunque, non sia in grado di porsi in forte relazione con il tessuto urbano, quantomeno per generare un principio insediativo in grado di riscrivere la forma della città. In quest'ottica è da chiedersi se le vertical farm possano davvero integrarsi nei tessuti urbani generando nuovi spazi abitabili e al contempo rispondere ai bisogni alimentari della città.

Vertical farm come occasione di rigenerazione urbana, tra recupero, riciclo e giustizia socio-spaziale

I termini 'food security' e 'foodability' rimandano a un concetto di accesso al cibo che comprende, oltre alla distanza fisica dai luoghi di produzione e distribuzione alimentare, le condizioni economiche degli utenti e la loro capacità di riconoscere e procurarsi alimenti salutarì e appropriati (Rodotà, 2014), ma anche l'idea che l'ambiente in cui gli utenti abitano consenta uno stile di vita sano. Questa 'apertura' concettuale è significativa perché sposta l'attenzione dal cibo al contesto in cui viene prodotto, distribuito, consumato, riciclato; lette attraverso le questioni di sicurezza alimentare, diritto al cibo e salute pubblica, le vertical farm mostrano alcuni limiti.

In linea di massima esse sembrano rispondere, almeno parzialmente, ai temi posti dall'accessibilità al cibo, portando la produzione alimentare intensiva in città, indipendentemente dalla disponibilità del fattore suolo. Se le vertical farm rientrano, a tutti gli effetti, tra le forme di agricoltura urbana, la natura specificatamente imprenditoriale degli investimenti alla base di questa attività, rende difficile riconoscerne, almeno al momento, concrete potenzialità sociali. Un tema, quello del rapporto con il contesto, che potrebbe aprire a riflessioni e sperimentazioni utili a ripensare la tipologia della vertical farm in forme nuove dove, come evidenziato nei casi di studio illustrati, l'attacco a terra possa riconfigurarsi come uno spazio di mediazione l'intorno urbano.

Piuttosto che liquidare le vertical farm come una soluzione troppo ardua, o controversa, per affrontare il tema della produzione alimentare in città e, più in generale, quello della sicurezza alimentare, possiamo provare a capire quali possano essere le strade da percorrere per rendere questa una soluzione praticabile per 'nutrire la città', oltre che un campo innovativo di progetto per nuovi grattacieli. La distanza tra visioni e realizzazioni offre l'opportunità di ragionare sull'idea della vertical farm come una complessa 'food infrastructure', spostando l'attenzione dalla 'macchina grattacielo' alla sua capacità di innescare relazioni virtuose con il contesto urbano in una prospettiva di rigenerazione e metabolismo urbano (Gasparrini and Terracciano, 2016; Grulois, Tosi and Crosas, 2018; Dal Ri, Farvaggiotti and Albatici, 2020). A tal fine appaiono oggetto di possibili ulteriori approfondimenti quegli esempi nei quali le forme di agricoltura indoor si accompagnano al recupero di edifici abbandonati e a più complessi processi di rigenerazione urbana (Cigliano and Bellavista, 2019).

The Plant, ad esempio, è una vertical farm che si insedia in un edificio un tempo dedicato alla stagionatura della carne nel distretto del meatpacking di Chicago (Despommier, 2020): oltre a una diversificazione produttiva (si alleva pesce, si fermenta birra, si produce kombucha e si coltivano funghi), ciò che appare interessante è il tentativo di rendere il tutto sostenibile, attraverso il riciclo dei rifiuti anche delle aziende vicine tramite un digestore anaerobico biogas. Ugualmente importante appare il coinvolgimento di piccoli produttori locali in un mercato aperto tutto l'anno, come pure le attività commerciali legate alla ristorazione e allo svago (ristoranti, birrerie, ecc.). Insomma a rendere 'sostenibile' l'intervento è l'idea che la vertical farm sia un elemento di un più complesso

'condensatore sociale' basato su forme di agricoltura 'sostenibile' (Figg. 13, 14): ne deriva un possibile ulteriore filone tipologico e di ricerca dal quale ricavare almeno tre elementi di riflessione per il progetto di fattorie verticali che orientino il progetto della città.

La prima considerazione va fatta riconoscendo che, in contesti come quello europeo, la strada più plausibile per includere le vertical farm all'interno delle città sia quella volta al recupero di contenitori in disuso e/o aree abbandonate; le vertical farm possono fungere da driver per operazioni di rigenerazione di aree dismesse più complesse. Una seconda considerazione riguarda la possibilità che le vertical farm entrino in sinergia, piuttosto che in competizione, con forme di agricoltura tradizionale. Per costruire tali sinergie appare utile caratterizzare l'edificio con una mixité di funzioni, che apre a importanti margini di sperimentazione tipologica, ma anche valorizzare le potenzialità delle vertical farm nel favorire forme di relazioni più strutturate con il contesto urbano attraverso la produzione agricoltura e il suo indotto (vendita e consumo di cibo, istruzione, ricerca e sperimentazione) che trovano nel 'livello zero' delle vertical farm lo 'spazio di connessione' tra gli edifici e il contesto (Dal Ri, Farvaggiotti and Albatici, 2020). La sfida per il progetto delle vertical farm è aperta e si pone quindi come occasione per reinventare il rapporto tra l'edificio multifunzionale, i nuovi modi di abitare e il progetto della città.

Globalisation can be defined as the unprecedented extension of the spaces of circulation, consumption, and communication (Farinelli, 2019). In place of borders, it is possible to imagine frontiers, namely an intermediate, less defined space where differences come into contact and can mingle, promoting evolutionary phenomena (Zanini, 1997). Among these hybridisation phenomena, this study explores the one between nature and architecture through the type of 'vertical farms', an apparent form of convergence of different trends in contemporary architecture. On the one hand, the tendency toward growth, of which the tall building is the typical phenomenology, and on the other hand, a more recent trend related to significant new habitats, which are functional to accommodate, rather than humans, agents or 'other' life forms. There is no shortage of sustainability aspects related to ecological density factors, reduction of supply chains, reuse of obsolete buildings, reduction of land consumption and landscape impacts. All these factors combine to outline a new profile of the relationship between nature and construction that characterises architecture as knowledge. A 'para-artificial' nature, contaminated by its development in 'harsh' contexts; an ambiguous, intermediate, hybrid condition between object and environment. In this conflicting, intersecting condition, the issue's interest lies in exploring those 'contact' areas where architectural biodiversity is greatest.

Methodologically, the topic is developed by

Figg. 7, 8 | Farming System and Zero srl, Farmscraper, vertical farm project in Shenzhen (2016), designed by Carlo Ratti with Italo Rota and Arup (source: carloratti.com, 2023).

in-depth study in four areas: the first part explores the architectural-disciplinary assumptions of the tall building, then a framing from an agronomic point of view traces the technical perimeter of 'above-ground' agriculture, and subsequently, three significant case studies are analysed architecturally with the aim of identifying approaches, logics, and families, and, finally, urban impacts are critically analysed. The originality of the proposed contribution can also be found in this structure, which approaches the topic in multidisciplinary terms. The urban agriculture component, in particular, is a disciplinary divide that allows vertical farms to be recognised as an autonomous field of inquiry with respect to the related and widely debated topic of the relationship between tall buildings and vegetation for aesthetic-ornamental purposes. The present study is, therefore, very specific because it investigates a particular typology, the vertical farm, which takes the form of a high-rise building. For this purpose, the selected case studies and theories circumscribe the research solely to urban settings, within densely populated contexts such as Asian or American metropolises, as the scale and impact of such an architectural and technological organism and the associated resources to be put in place for implementation can only currently accommodate the size and



scale of significant and extreme cases. This concerns those contexts in which land use translates into the 'square meter as a primary commodity' and its strategies of occupation and organisation produce direct implications for the form of the city, society, and economy, ultimately leading to specific and distinctive architectural solutions (Giedion, 1941).

Vertical farms represent very young 'typological solutions', with the first theoretical studies dating back to the beginning of this millennium (Despommier, 2010), while design research and technological and commercial applications are no more than fifteen years old. Thus, there is still no real perspective on the development, applicability and effects of these vertical architectural typologies. Moreover, it is worth adding that, while it is possible to collect case studies, early realisations, and experiments, as of today the 'historical distance from the topic' is not sufficient, and therefore an elaboration of architectural and urban criticism does not yet exist. However, it is believed

that the vertical farm model, if duly scaled and reformulated with respect to contextual specifics and instances, may find application and development in suburban areas in the future, or at any rate, not only in large cities, since it naturally entails a principle of 'land saving' and functional optimisation arising precisely from the integration of forms of living and forms of cultivation.

Big, a vertical narrative between types and characters of globalisation | Construction in height has a 'primary' character.

The raising of menhirs is the first action that defines a 'situated object' (Careri, 2006), an intentional change of position conferring symbolic, religious, geometric, and geographic meanings on an element that moves from a natural state to an artificial condition. The verticality represents growth and fertility; the erection of totems in many cultures expresses faith in the ability of human beings to live in harmony with nature (Rykwert, 1988). The tall structure is thus an established figure that has always been present in architectural culture and has a strong symbolic value. In 1896 Henry Sullivan published his famous article *The Tall Office Building Artistically Considered* (Sullivan, 1896), establishing a new origin of height building. The skyscraper was recognised as an innovative architectural type, an optimistic expression of the future in a technical key, and its development became unstoppable until the 1970s when the energy crisis highlighted the weaknesses implicit in vertically developed buildings: a great deal of energy is needed both to build high and to ensure the building's comfort and efficiency over time, but there are also issues related to the healthiness of the rooms (e.g. limited natural ventilation. According to James Wines (2002), a constructive debate has yet to ensue on these issues, mainly due to the clash between speculative development interests at height and more radical cultural positions that have produced a long 'critical stalemate'. From these assumptions, James Wines recognised a trend he named *Vertiscapes*, an early form of ecological design, which includes a generation of tall 'green' buildings designed by Roger Ferri (Fig. 1), from SITE (Fig. 2) and by Emilio Ambasz (Fig. 3).

Subsequently, the attacks on the Twin Towers in 2001 highlighted the fragility of the most 20th century's most iconic architectural typology of the 20th century, questioning it for security reasons. Nevertheless, the tower, as a 'symbolic building', continues to be the typology that most represents the richest and most modern urban realities, especially in the United States and Asia; all this in spite of the recent Covid-19 pandemic, which spread precisely from the populous Chinese cities and called into question one of the principles that define the nature and reason for tall buildings: density. From an optimistic symbol of technology, the skyscraper has gradually manifested financial strength. Globalisation has leveraged its size. In the 90s, Mario Gandelsonas (1990)

wrote the essay *Conditions for a Colossal Architecture*, and later Rem Koolhaas (1995) published his famous text on *Bigness*. The tall building takes on an indifferent character with respect to the specificities of places, and its value is deposited in measurable dimensions, which outweigh questions of quality and merit. Another typical characteristic of globalisation is the inversion of the relationships between cities, architecture, and infrastructure. The quality of large cities is measured in infrastructure facilities, connections and links with other, equally large cities. Logistics and infrastructure interfaces define new physical spaces to support material and immaterial flows; the resulting buildings are a form of architecture devoid of humans (Koolhaas, 2020).

The references are numerous. Amazon's Robotics Fulfillment Centers are logistics centres where space is precluded to humans, data centres, 'the homes of the internet', spread over thousands of square meters, housing only a few technicians, new types, seemingly without architectural qualities, where parking lots and glass surfaces disappear, because they do not serve the entities that inhabit them. MVRDV's 2001 Pig City project belongs to this new category (Fig. 4), an organic pig farm housed in tall buildings to limit land consumption in a country such as Holland, where this resource is minimal. Less noble, however, is the recent Pig Palace, two 26-story buildings built in Ezhou that, at 390,000 square meters, is China's largest intensive livestock farm and the tallest in the world.

Dark ecology and verticalism | As a new relationship between humans and nature emerges, and Timoty Morton (2007) coins the term 'dark ecology', an ecological model that implies open systems where life thrives in these intermediate spaces between far-form rigid categories. According to Manuel Gausa (2022), the exploration of a new nature, in relation to human habitation and less adherence to an ecological orthodoxy, produces increasingly experimental, hybrid, 'mutant and mutable' architectures in which natural and artificial, the green of plant and the grey of the mineral mix into a new chromatism, the 'dark ecology'. Their breadth makes it possible to accommodate a variety of functions, a quality that challenges the monofunctional character of the tall building in the terms theorised by Sullivan.

Usually approached two-dimensionally, complex city programmes can now be realised by exploiting 'verticalism' (Ábalos and Grau, 2011) and multifunctional height combinations that constitute completed urban parts where the articulation of the vertical section becomes the equivalent of the traditional ground plan. The skyscraper, therefore, continues to be a current, adequate and representative type, despite the weaknesses related to sustainability and safety. Contemporary studies and research explore increasingly efficient solutions and models aimed at reducing the ecological footprint of new buildings, reducing energy consumption, and favouring natural forms of control of the internal microclimate. The prevailing trend is to develop a dimension in which integrated greenery has an urban and aesthetic character, an ornamental value, as in the Torre di Giunigi in Lucca, as opposed to the productive agricultural greenery of the Gardens of Babylon. From



Fig. 9, 10 | Farmhouse, vertical farm prototype (2019), designed by Chris Precht (source: dezeen.com, 2023).

Next page

Tab. 1 | Skyfarm, Farmscraper and Farmhouse: scheme of comparison, common futures and markers (credit: the Authors, 2023).

N°	Common features and markers	Skyfarm Richard Rogers – RSHP	Farmscraper Carlo Ratti – CRA	Farmhouse Chris Precht
1	Context		Metropolitan (urban density)	
2	Intervention typology		Ex novo	
3	Prevalent typological development		Tower	
4	Use of decorative greenery In facade		No	
5	Year	2015-17	2020-21	2019-21
6	Design level	Advanced prototype, 3 – 5 projects under development	Final design in development	Advanced prototype, one project under development
7	Height	15 – 150 m	218 m	218 m
8	Floor number	3 – 30	51	15 – 30
9	Scaling	●		
10	Modularity			●
11	Non-agricultural residential use		●	
12	Production and retail (km zero market)	●	●	●
13	Functional mix (excluding ground floor)		●	●
14	Ground floor open to public	●	●	●
15	Ground floor integrated to the urban context	●	●	●
16	Indoor public spaces (excluding the ground floor)		●	Semi-public, only for inhabitants
17	Centralized and organized production on a single farm	●	●	
18	Production autonomy or free microproductions			●
19	Horticulture	●	●	●
20	Cultivation mix	●	●	●
21	Hydroponic crops	●	●	●
22	Aeroponic crops	●	●	
23	Land-based crops		●	●
24	Self-production energy	●	●	●
25	Overall satisfaction of energy needs	●		Partial
26	Climate self-regulation	●	●	
27	Use of sustainable materials for structures	Wood		Wood
28	Figurative research and formal experimentation	Hyperboloid	Excavated block	Modular assembly and three-dimensional pattern

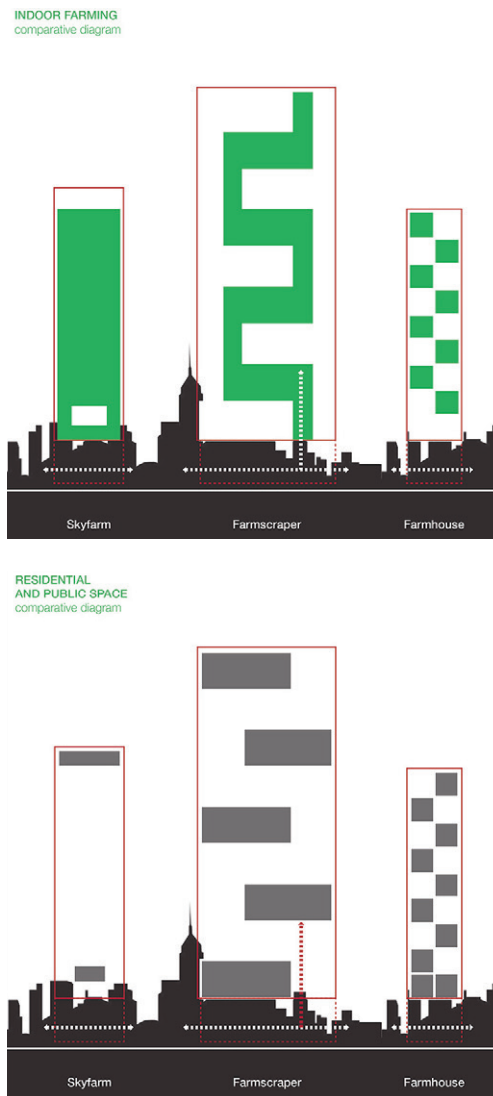


Fig. 11, 12 | Skyfarm, Farmscraper and Farmhouse: comparative diagrams, indoor farming and residential and public space (credits: the Authors, 2023).

this perspective, the relationship between vertical architecture and agriculture, which determines particular contemporary forms, has a character of specificity that justifies the identification of a new area of study to be fully investigated; in fact, the concept of the vertical farm was coined only recently by Dickson Despommier (2010), while the first popularised work in Italy dates back a few years ago (Cigliano and Bellavista, 2019).

Agriculture: from fallow to vertical farm | The tall building, as described, appears as an ideal architectural solution to integrate not only forms of vegetation (Talentì and Teodosio, 2022) but also advanced agriculture, defined as 'soilless'. This results in a transcalar and transdisciplinary convergence (Tesoriere, 2020) between a typically urban architectural form and agriculture, which is the main agent of spatial landscape transformations based on production needs.

The current condition results from at least two technical and agronomic 'evolutionary leaps'. The first major agricultural revolution was in the late 1700s. A technological evolution that introduces operating machines and crop rotation, increasing land productivity. In addition to the abandonment of fallow land, collective properties disappear, ac-

companied by a reduction in the farm grid and more significant crop variability. Manpower, the only abundant resource, supersedes the productive factors of land and capital until the mid-1900s. In this second phase, agriculture finds itself devoid of resources. In many countries, the number of employees declined significantly: in Italy, for example, from 1951 to 1971, the number of employees fell from 8.2 million to 3.2 million. Given the scarcity of manpower, crop simplification and mechanisation principles are applied. Consequently, the territory is transformed according to the machines: the size and regularity of fields increase; hedges and rows disappear; specialisation and desertification of rural areas increase; and biodiversity is reduced. The labour production factor is replaced by mechanisation, while the land factor plays an ambiguous role: the availability of land does not increase; instead, it is reduced by urbanisation and the abandonment of marginal areas.

The production technique defined as above-ground cultivation, or vertical farms in the case of production and processing processes being conducted in built environments, is part of this scenario, with plants using cultivation systems without substrate, i.e. without the anchoring of plant roots. These are, in any case, crops with limited growth, such as lettuces, strawberries and some floricultural crops produced mainly with the hydroponic technique NFT (Nutrient Film Technique), which involves a layer of nutrient solution inside gutters feeding the plants' root system partially immersed in the liquid. A second hydroponic type is the Floating System, in which plants, supported by high-density polystyrene panels, float in nutrient solution tanks. Alongside these techniques is aeroponic cultivation, in which plants are supported by plastic panels anchored to a support structure. Regardless of the method used, the soil becomes superfluous as a source of support and nutrition.

Advantages and disadvantages of vertical farms for the future of urban agriculture |

Using greenhouses or tunnels does not provide any significant benefits in terms of soil consumption, while it guarantees a 90-95% reduction in water resources and a healthier product since a protected environment limits pathogens and reduces the use of pesticides. Substantial advantages in land consumption are linked to a more sophisticated process through controlling the microclimate and environmental parameters. Natural light is replaced by LED lighting that reproduces solar radiation; the air is treated with filtering systems that prevent the spread of microorganisms and fungal spores; the temperature is controlled with air conditioning systems. This environment, created within dedicated facilities, allows cultivation to be organised on overlapping or vertical planes and lends itself to the robotisation of the production cycle, reducing labour.

By decoupling agricultural production from the land, the productive area is reduced to the building site that houses the process, thus creating a new scenario in terms of planning: new structures can be built in urban areas, or abandoned buildings can be reclaimed. Consequently, the distance between production and consumption is minimised, with obvious benefits in terms of

supply chain and substantial savings for the community. However, it is not possible to overlook specific critical issues. Significant investment volumes are required, proportional to the level of automation. Investments cover all phases, from the construction of facilities to hardware control and software management systems. Advanced microclimate control facilities are needed, and specialised personnel must be employed, in strictly agronomic terms, but also capable of managing the systems that regulate the facility. In addition, buildings of this type are highly energy intensive.

The vertical farm is often seen as the expression of a new agricultural revolution, but this assessment must be scaled back since the model is limited to specific production sectors, such as horticulture and floriculture, and the 'saved' land tends to be occupied by other traditional agricultural production, such as arable crops and tree species from other production sectors. Perhaps the real revolution taking place is the adoption of sophisticated automation systems (so-called 'farm bots') that increasingly replace labour.

Evolution and revolution introduced by vertical farms: case studies and 'leaps of species' |

Three cases of vertical farms were identified Based on these considerations on the nature of tall buildings and above-ground farming. These are paradigmatic examples because they foreshadow a possible typological species leap, as with Sullivan's early skyscrapers or the metabolist experiments of the 1960s. Three sample cases of the combination of the vertical farm with the traditional skyscraper: on the one hand, the centralised, pure farm (Skyfarm) or one that dialogues with other activities (Farmscraper), and on the other hand, the farm understood as an aggregation of small production centres corresponding to individual residential units (Farmhouse), a new typology to be investigated.

According to this view, the first vertical farm concept appeared in 2007-2008 at Columbia University thanks to Despommier's studies¹, followed by a first prolific series of prototypes and meta-projects around 2009-2010 between Silicon Valley and Harvard University². As of 2012 to date, many experiments have taken place in the United States and Asian countries³, but few projects have reached executive levels, and even fewer have been implemented⁴. This is not unusual if we consider that we are talking about 'a very young typology', and the one that takes on the true vertical form of the skyscraper, the vertical farm, is in its infancy.

The three selected case studies are considered emblematic for several reasons: firstly because these projects are among the few that have overcome the enthusiasm of the initial concept phase to achieve more executive definitions of form and function and cost-benefit; second, because they are among the very few on the world scene that effectively integrate the 'vertical farm' with the far more established typology of the skyscraper, thus proposing possible alternatives for design research in innovative spatial, urban, structural, distributional, typological and urban (context-relationship) terms; the third reason concerns the articulation of the program and the indoor and indoor-outdoor functional mix (showing three possible alternatives) capable of generating

complex systems, new ways of living and thus also new forms of society; the fourth reason concerns the three possible declinations of the agricultural production model, centralized, polycentric and mixed; and the fifth reason concerns, for all three, the important urban (social and economic) implication of soil-free agriculture and related (zero-mile) food production and distribution in dense and highly anthropized metropolitan contexts.

The proposed case studies exemplify three ecologies. In fact, in the medium term, these three 'settlement models' could be exported (and perhaps even combined as habitats in ecologies) in all megacities, potentially guaranteeing food production and food regardless of climatic, geographical, income and, above all, logistical conditions (the logistical distance and the level of infrastructural service have always been factors of 'difference' or social equality). These vertical agricultural patterns correspond to architectural conformations that reinterpret the 'skyscraper form' at the level of composition and language but also on a level of new functional, social, economic, and meaningful relationships. The three selected cases are metamorphoses: the skyscraper typology conveys new urban forms, a 'genetically modified' element that, like the skyscraper in the late 19th century, can introduce new paradigms because building in height is also, and above all, an anthropological and cultural fact.

Skyfarm (Fig. 5, 6) is a model developed by Richard Rogers (RSHP) during the Milan 2015 Expo – Feeding the Planet. This is a 'pure' vertical farm, an architectural machine designed as an agricultural solution to ensure energy and food self-sufficiency by 2050, when 80% of the world's population will live in cities. The 'tensegrity' structure, consisting of compressed discrete components and continuous elements in tension, is designed in bamboo to form a rigid, lightweight hyperboloid that maximises solar exposure. The geometry allows for easy scalability: versions are available for medium-small cities and denser urban areas, which can be modulated according to latitude and solar radiation. Skyfarm houses a 'circular' aquaponics system for plant and fish crops:

fish waste feeds the plants, which act as a filter for the fish habitat. The large tank, located above the entrance, provides stability and is counterbalanced by an upper freshwater fish tank, which filters light and collects rainwater. The other floors house soilless crops, while wind turbines and mobile solar panels are installed on the top. Public spaces are located on the ground floor: common and sales areas for products and a full-height covered plaza that makes the facility, various activities, and operating machines visible.

The Jian Mu Tower (Fig. 7, 8), designed by Carlo Ratti with Italo Rota in 2021, is located in Shenzhen, one of the densest areas on the planet. The 51-storey Farmscraper includes indoor crops, residences, offices, businesses and public spaces. The building, located on the last vacant block in the Chinese city's business district, is of strategic value in terms of services, social life and its architectural role in the skyline. The main agricultural technique planned is hydroponics, to which 1/8 of the building area is dedicated. An additional 10,000 square meters, distributed on various levels, are dedicated to microcultures with diversified techniques, to be joined by vertical greenhouses, citrus groves, and food courts, thus introducing an innovative model of an integrated 'widespread vegetable garden'.

The estimated food production is 270 tons per year, serving the needs of about 40,000 people: a self-sufficient food supply chain will manage cultivation, harvest, sale, and consumption within the building itself through a 'virtual agronomist' supported by artificial intelligence. On the outside, facades are intended as inhabited diaphragms, greenhouses with the function of climate self-regulation. The vertical development is marked by 5 'loggia floors' with gardens, vegetable gardens and common areas that open onto inner halls at multiple heights, on which other activities overlook. Architectural devices secure the cultivable area and define the compositional development of the skyscraper.

Fascinated by Le Corbusier's Immeubles-villas for the distributional articulation of duplex residential units, in 2019, Chris Precht's studio de-

signed a complex tower aggregation system of homes equipped with a 'vertical vegetable garden', sized to meet the micro-needs of the inhabitants of each cell. The surplus is commercialised in a market on the ground floor, serving as a public space. A self-sufficient system of apartment farmhouses inhabited by tenant farmers, constituting a vertical urban farming community: the Farmhouse (Fig. 9, 10).

The structure is a prefabricated triangular modular system made of laminated wood, which allows for the articulation of duplexes by placing the distribution every two levels. The terraces for cultivation correspond to the empty structural modules; these innovative 'agricultural balconies' are equipped for production in pots or with hydroponic techniques. The housing units reuse rainwater and meet energy needs through solar panels and micro wind turbines. The morphological articulation of the tower, based on the structural principle of 'diagrids' and the compositional principle of 'filled trellis', is geometrically complex and rich, with references to the capsular architecture of the 1960s. Each floor features additional open modules intended as communal gardens that run through the building, allowing light and air to pass through. The system is also flexible in height, as it can vary from 18 to 30 floors to adapt both to large Chinese metropolises and European cities.

The three case studies represent the slope of complex experimentation of planetary dimensions that, although very recent (no more than 15-20 years old), foreshadows a new form of architecture, but also of cities and consequently of society, because it simultaneously presumes new integrated models of production (indoor farming), agribusiness distribution and 'easier' food procurement in all those densely urban areas where instead this aspect is increasingly problematic and often contradictory, as reported by the FAO in the 2018 Global Food Losses and Food Waste Report (cit. in Cigliano and Bellavista, 2019). The three cases show us three diversified possible combinations and hybridisations between skyscraper and indoor farming and represent a concrete response to the urban agri-food scenario. The com-



Fig. 13 | The Plant (credit: E. A. Rogers, 2015).

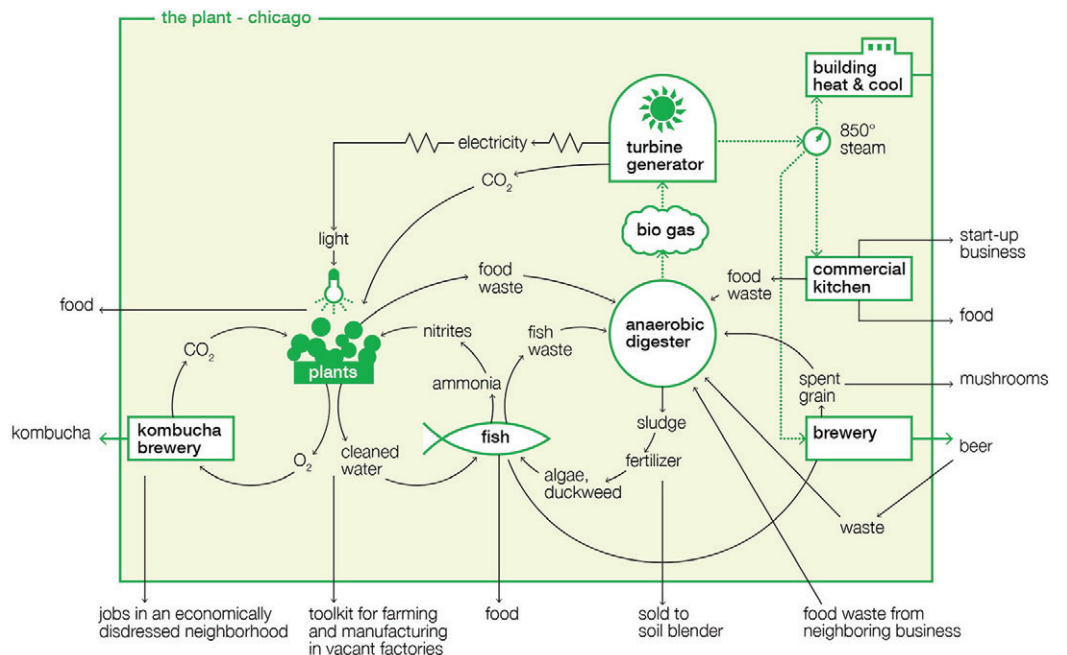


Fig. 14 | The Plant, Closed Loop diagram (credit: M. Bergstrom, 2016; the Authors, 2023).

parison between these three models of Vertical Farm (Tab. 1) traces an important design path that goes beyond the development of the agri-food technological model, in itself already considerable because the cultivation of overlapping vertical planes allows for the multiplication of not only the production cycles, and therefore the marginality and profitability per unit area, but also of the proportional increase per unit area. In addition, indoor farming 'brings food close to people', lowering logistic and transportation costs and reducing nutritional spoilage of the product. This principle takes on greater significance when applied in the metropolises, those urban areas that by 2030 will accommodate 70% of the world's population (Demographia, 2022), and where the value of the square meter and unit area, which is a primary commodity, is exceptionally high.

The analysed vertical farms were selected with respect to the type of farming, horticulture, except the Skyfarm, which also contemplates a share of fish farming, because of the feasibility and sustainability of the overall investment, profitability and cost-effectiveness, environmental impact, and the possibility of integrating forms of habitability. In fact, zootechnical experiments have been excluded because they are still at an embryonic stage of development and engineering and are characterised by significant problems concerning emissions and wastewater treatment from manure⁵, but above all not integrable with forms of urban life.

The three cases presented here are very advanced both with regard to the agri-food technological model and the integration and architectural articulation⁶. They represent three possible and alternative ways of integrating indoor farming with the skyscraper building type, and all three also bring different forms of living and growing on stacked floors. All three provide for 'socially' and economically rooted support to the urban territory through an open and accessible ground floor that integrates public spaces (squares, pathways, gardens, and areas for socialising) with the primary function of the vertical farm: markets and spaces for selling (Skyscraper and Farmscraper) or exchanging (Farmhouse) what is produced inside, a real zero-mile market.

The Skyfarm proposes highly diversified cultivation techniques, thus providing a wide range of agribusiness production, and the vertical farm combines education and culture (several floors can be visited as a kind of museum). At the same time, Farmscraper and Farmhouse intersperse functions, mixing 'vertical fields' with residential units and public spaces for sociability, as if the city 'entered inside the skyscraper'. Farmscraper develops the functional program and morphological layout of the high-rise building according to a 'classical principle', with functional blocks organised as a farm with communities of 'urban farmers'. In contrast, Farmhouse organises the whole from the pulviscular, vertical combination of residential cells, small gardens, and production spaces, replicating a sort of vertical horticultural community.

In all three cases, the vertical farm, as well as the urban farm, becomes a skyscraper and then a city, generating new spatial morphemes, perhaps even new typologies (Fig. 11, 12).

Food: rewriting the relationship between city and countryside

The potential and criticalities of above-ground agriculture are clear, as are the optimistic design scenarios that invite new typological and morphological architectural explorations. Conversely, urban planning recognises vertical farms as a possible answer to the problem of food security (Al-Kodmany, 2018; Despommier, 2010). As of today, Goal 2 – Zero Hunger of the United Nations 2030 Agenda (UN, 2015) still appears difficult to achieve. Within this framework, the city remains a privileged field of intervention to develop policies to achieve the sustainability objectives set by the SDGs (Sonnino, Tegoni and De Cunto, 2019). The reasons are clear: as of today, 55% of the population lives in urban areas, which is expected to increase to 70% by 2050 (FAO, 2019). If 'feeding the city' is imperative, ensuring the sustainability of food systems and a more general and widespread right to food are equally important (Rodotà, 2014).

Since the beginning of the new millennium, the consideration of food as an Urban Planning and Urban Design issue has been acknowledged as a necessity (Viljoen and Wiskerke, 2012; Viljoen et alii, 2015; Lohrberg et alii, 2016). From a design perspective, recognition has involved efforts to reconfigure the boundary between urban and rural as a place that generates activities and practices geared toward the reapproximation of city and countryside (Donadieu, 1998; Mininni, 2013). The role that agriculture can play in redesigning urban edges, reclaiming abandoned spaces and buildings, and regenerating and enhancing forms of naturalness in cities is widely debated: in particular, the potential to make agricultural production systems more sustainable and cities more resilient is recognised in the multiple forms of urban and peri-urban agriculture (de Zeeuw and Drechsel, 2015; Mougeot 2005).

When looking at the European context, however, the debate on forms of intensive urban agriculture, which are untethered from the land factor exploit height density as a productivity lever, needs to be more evolved. The research on vertical farms as an opportunity for reflection on urban form still appears weak, perhaps also muffled by the contradictory outcomes of experiences in the more mature American and Asian contexts (Butturini and Marcellis, 2020). It is worth noting, especially with regard to the best-known experiments with vertical farms, that the building remains isolated or, at any rate, is unable to stand in strong relation to the urban fabric, at the very least to generate a settlement principle capable of rewriting the shape of the city. This begs the question: can vertical farms integrate into urban fabrics by generating new living spaces while meeting the city's nutritional needs?

The vertical farm as an opportunity for urban regeneration, between recovery, recycling and socio-spatial justice

The terms 'food security' and 'foodability' refer to a concept of access to food that also includes the idea that the environment in which users live enables a healthy lifestyle, in addition to the physical distance from places of food production and distribution, the economic conditions of users, their ability to recognise and procure healthy and appropriate food (Rodotà, 2014). This conceptual shift is significant because

it shifts the focus from food to the context in which it is distributed, consumed, and recycled. Vertical farms, as read through the issues of food safety, right to food and public health, show some limitations. In principle, they seem to respond, at least partially, to the issues posed by food accessibility by bringing food production to the city in intensive forms that are independent of land availability. For all intents and purposes, vertical farms are included among the forms of urban agriculture; however, the highly entrepreneurial nature of the initiatives underlying this activity makes it difficult to recognise, at least at present, their concrete social potential. That of the relationship with the context is a theme that could lead to valuable reflections and experiments to rethink the typology of the vertical farm in new forms where, as highlighted in the illustrated case studies, the attachment to the ground can reconfigure itself as a space of mediation with the city.

Rather than dismissing vertical farms as too bold or controversial, in addressing the issue of food production in the city and that of food security more generally, it is possible to try to understand what avenues can be pursued to make this a viable solution to 'feed the city', as well as an innovative field of design for new high-rise buildings. The distance between vision and implementation offers an opportunity to reflect on the idea of the vertical farm as a complex 'food infrastructure', shifting the focus from the skyscraper machine to its ability to initiate virtuous relationships with the urban context in a perspective of urban regeneration and metabolism (Gasparrini and Terracciano, 2016; Grulois, Tosi and Crosas, 2018; Dal Ri, Farvagiotti and Albatici, 2020). To this end, those examples where forms of indoor agriculture are accompanied by the rehabilitation of abandoned buildings and more complex processes of urban regeneration could be the subject of possible further investigation (Cigliano and Bellavista, 2019).

The Plant, for example, is a vertical farm that settles into a building once dedicated to meat seasoning in Chicago's meatpacking district (Despommier, 2020). In addition to production diversification (fish farming, beer brewing, kombucha production, and mushroom cultivation), what appears interesting is the attempt at sustainability by recycling waste from neighbouring farms as well through an anaerobic biogas digester. Equally important is the involvement of small local producers in the year-round market, as well as the commercial activities related to the presence of the kitchen, brewery, etc. In short, what makes the operation 'sustainable is the idea that the vertical farm is an element of a more complex 'social condenser' based on 'sustainable' forms of agriculture (Fig. 13, 14). The result is a possible additional typological and research strand to draw at least three insights for designing vertical farms to guide the city's design.

The first consideration is to recognise how, in contexts such as Europe, the most plausible way to include vertical farms within cities is to rehabilitate disused containers and/or abandoned areas. Vertical farms can catalyse more complex brown-field regeneration operations, as is currently being attempted. A second consideration concerns the possibility of vertical farms entering into synergy, rather than competition, with traditional forms of agriculture. In order to build such synergies, it

seems helpful to characterise the building with a mixité of functions, which opens up stimulating prospects for typological experimentation, but also to exploit the potential of vertical farms in fostering more structured forms of relations within

the urban context through agricultural production and its allied industries (sale and consumption of food, education, research and experimentation), which find in the 'zero level' of vertical farms the 'connection space' between buildings and the

context (Dal Ri, Farvagiotti and Albatici, 2020). The challenge for the vertical farms design is open; it presents itself as an opportunity to reinvent the relationship between the multifunctional building, i.e. a new way of living, and the city's design.

Acknowledgements

The contribution is the result of a common reflection of the authors. Nevertheless, the introductory paragraph, 'Big, a vertical narrative between types and characters of globalisation' and 'Dark ecology and verticalism' are to be attributed to T. Bisiani, the paragraphs 'Agriculture: from fallow to vertical farm' and 'Advantages and disadvantages of vertical farms for the future of urban agriculture' to P. Martorana, the paragraph 'Evolution and revolution introduced by vertical farms: case studies and leaps of species' to A. Venudo, the paragraphs 'Food: rewriting the relationship between city and countryside' and 'The vertical farm as an opportunity for urban regeneration, between recovery, recycling and socio-spatial justice' to S. Basso.

Notes

1) Vertical farming solutions had already been hypothesised in the first half of the 1900s, but only as technological solutions for the optimisation of water and soil and processes of agricultural industrialisation; the contemporary meaning of vertical farm comes from the research of Dickson Despommier (2010) Professor Emeritus of Microbiology and Public Health at Columbia University, and in particular, from research conducted between 2005 and 2007 on the problem of food supply for the two million inhabitants of Manhattan and the eight million of New York.

2) Research project by I. Rocker and dissertation of GSD Harvard University (Nam, 2011).

3) The very first design experiments are listed as examples: Urban Vertical Farming Prototype for New York (2009), designed by Jugmin Nam (GSD Harvard University); Eco-Laboratory in Seattle (2010), designed by Dan Albert, Myer Harrell, Brian Geller, Chris Dukehart, and Weber Thompson; Eurofresh Farm in the desert near Wilcox Arizona (2012); Harvest Green Tower (2012) in Vancouver, designed by Romes Architects; Dragonfly Tower (2012) in New York, designed by Vincent Callebout.

4) We refer to the Planet Farm in Milan, currently nearing completion, which, however, is a solution that is still a long way from the high-rise typology and the development of extensive levels of habitability.

5) In an otherwise suburban setting, the only case of a vertical farm proposing intensive vertical barn farming has been implemented in Ezhou, China. It involves two 100-meter-tall skyscrapers that will contain one million pigs, and integration with other activities or forms of habitation is impossible.

6) The three case studies are hereby compared and published for the first time. Iconographic materials and project documentation were retrieved directly from the source. For information, see the webpages: precht.at/project/001-the-farmhouse/?index=0; carloratti.com/project/jian-mu-tower/; rshp.com/projects/health-and-science/skyfarm/ [Accessed 04 May 2023].

References

Ábalos, I. and Grau, U. (2011), "Verticalism – The future of skyscraper", in a+t research group, Fernandez Per, A., Mozas, J. and Arpa, J. (eds), *This is Hybrid – An analysis of mixed-use buildings*, a+t architecture publishers, Vitoria-Gasteiz, pp. 276-298.

Al-Kodmany, K. (2018), "The vertical farm – A Review of Developments and Implications for the vertical City", in *Buildings*, vol. 8, issue 2, article 24, pp. 1-36 [Online] Available at: doi.org/10.3390/buildings8020024 [Accessed 15 March 2023].

Butturini, M. and Marcellis, L. F. M. (2020), "Vertical farming in Europe – Present status and outlook", in Kozai, T., Niu, G. and Takagaki, M. (eds), *Plant Factory – An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production*, Academic Press, New York, pp. 77-91. [Online] Available at: doi.org/10.1016/B978-0-12-816691-8.00004-2 [Accessed 04 May 2023].

Careri, F. (2006), *Walkscapes – Camminare come pratica estetica*, Einaudi, Torino.

Cigliano, B. and Bellavista, M. (2019), *Vertical Farming*, Licosia, Salerno.

Dal Ri, S., Favargiotti, S. and Albatici, R. (2020), "The role of vertical farming in re-thinking and re-designing cities within a circular perspective", in *Tema*, vol. 6, issue 1, pp. 96-106. [Online] Available at: doi.org/10.30682/tema0601i [Accessed 15 March 2023].

de Zeeuw, H. and Drechsel, P. (eds) (2015), *Cities and Agriculture – Developing resilient urban food systems*, Routledge, New York.

Demographia, (2022), *Demographia World Urban Areas – 18th Annual 2022.07*, Belleville. [Online] Available at: demographia.com/db-worldua.pdf [Accessed 04 May 2023].

Despommier, D. (2020), "Vertical farming systems for urban agriculture", in Wiskerke, J. S. C. (ed.), *Achieving sustainable urban agriculture*, Burleigh Dodds, Cambridge, pp. 143-171. [Online] Available at: doi.org/10.19103/AS.2019.0063.10 [Accessed 15 March 2023].

Despommier, D. (2010), *The vertical farm – Feeding the world in the 21st century*, Mcmillan, New York.

Donadieu, P. (1998), *Campagnes urbaines*, Actes Sud, Arles.

FAO (2019), *FAO framework for the Urban Food Agenda – Leveraging sub-national and local government action to ensure sustainable food systems and improved nutrition*, Rome. [Online] Available at: doi.org/10.4060/ca3151en [Accessed 15 March 2023].

Farinelli, F. (2019), *L'invenzione della Terra*, Sellerio, Palermo.

Gandelsonas, M. (1990), "Conditions for a Colossal Architecture", in Goldberger, P., Gandelsonas, M. and Pastier, J. (eds), *Cesar Pelli – Buildings and Projects 1965-1990*, Rizzoli, New York, pp. 9-12.

Gasparini, C. and Terracciano, A. (eds) (2016), *Dross City – Metabolismo urbano, resilienza e progetto di riciclo dei drosscape*, ListLab, Trento.

Gausa, M. (2022), "Topologie verdi e paesaggi oltre il paesaggio – 30 anni di ricerche sulla ibridizzazione del verde | Green topologies and landscapes beyond the land – A 30-years research on green hybridization", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 14-25. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1112022 [Accessed 15 March 2023].

Giedion, S. (1941), *Spazio Tempo ed Architettura – Lo sviluppo di una nuova tradizione*, Hoepli, Milano.

Grulois, G., Tosi, M. C. and Crosas, C. (eds) (2018), *Designing Territorial Metabolism – Metropolitan Studio on Barcelona, Brussels and Veneto*, Jovis, Berlin.

Koolhaas, R. (2020), "TRIC – Post-human architecture", in AMO and Koolhaas, R. (eds), *Countryside – A Report*, Taschen, Colonia, pp. 272-273.

Koolhaas, R. (1995), "Bigness, or the problem of Large", in O.M.A., Koolhaas, R. and Mau, B. (eds), *S,M,L,XL*, The Monacelli Press, New York, pp. 494-517.

Lohrberg, F., Lička, L., Scazzosi, L. and Timpe, A. (eds)

(2016), *Urban agriculture Europe*, Jovis, Berlin. [Online] Available at: ideabooks.it/wp-content/uploads/2016/12/Urban-Agriculture-Europe.pdf [Accessed 15 March 2023].

Mininni, M. (2013), *Approssimazioni alla città – Urbana, rurale, ecologia*, Donzelli, Roma.

Morton, T. (2007), *Ecology without Nature – Rethinking Environmental Aesthetics*, Harvard University Press, Cambridge.

Mougeot, L. J. A. (ed.) (2005), *Agropolis – The social, political, and environmental dimensions of urban agriculture*, Routledge, London.

Nam, J. (2011), "Urban Epicenter/ NYC", in *worldarchitecture.org*, 21/04/2011. [Online] Available at: worldarchitecture.org/architecture-projects/mzme/urban-epicenter-nyc-project-pages.html [Accessed 15 March 2023].

Rodotà, S. (2014), *Il diritto al cibo*, RCS MediaGroup, Milano.

Rykwert, J. (1988), *Necessità dell'artificio*, Edizioni di Comunità, Milano.

Sonnino, R., Tegoni, C. L. S. and De Cunto, A. (2019), "The challenge of food systemic food change – Insights from cities", in *Cities*, vol. 85, pp. 110-116. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.cities.2018.08.008 [Accessed 15 March 2023].

Sullivan, L. H. (1896), "The tall office building artistically considered", in *Lippincott's Magazine*, n. 57, pp. 403-409. [Online] Available at: archive.org/details/tallofficebuildi00sull [Accessed 15 March 2023].

Talenti, S. and Teodosio, A. (2022), "Grattacieli e vegetazione – Una simbiosi inedita | Skyscrapers and greenery – An unprecedented symbiosis", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 94-103. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1182022 [Accessed 15 March 2023].

Tesoriere, Z. (2020), "Il territorio nell'architettura – Grande scala e agricoltura nell'architettura italiana, 1966-1978 | The territory into architecture – Big scale and agriculture in Italian Architecture, 1966-1978", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 07, pp. 44-53. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/752020 [Accessed 15 March 2023].

UN – United Nations (2015), *Transforming Our World – The 2030 Agenda for Sustainable Development*, Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. [Online] Available at: sdgs.un.org/2030agenda [Accessed 15 March 2023].

Viljoen, A. and Wiskerke, H. (eds) (2012), *Sustainable food planning – Evolving theory and practice*, Wageningen Academic Publisher, Wageningen. [Online] Available at: doi.org/10.3920/978-90-8686-187-3 [Accessed 15 March 2023].

Viljoen, A., Schlesinger, J., Bohn, K. and Drescher, A. (2015), "Agriculture in Urban Planning and Spatial Design", in de Zeeuw, H. and Drechsel, P. (eds), *Cities and Agriculture – Developing Resilient Urban Food System*, Routledge, New York, pp. 88-120. [Online] Available at: iwmi.cgiar.org/Publications/Books/PDF/cities_and_agriculture-developing_resilient_urban_food_systems.pdf [Accessed 15 March 2023].

Wines, J. (2002), "Vertiscapes – The Skyscraper as Garden", in Gissen D. (ed.), *Big & Green toward sustainable architecture in the 21st century*, Princeton Architectural Press, New York, pp. 78-87.

Zanini, P. (1997), *Significati del confine – I limiti naturali, storici, mentali*, Bruno Mondadori, Milano.

ARTICLE INFO

Received	20 March 2023
Revised	09 May 2023
Accepted	01 June 2023
Published	30 June 2023

ECOLOGIA DELLO SPAZIO

Progetto architettonico e
relazioni transfrontaliere

AN ECOLOGY OF SPACE

Architectural design for
transboundary relationships

Hisham El-Hitami, Mona Mahall, Asli Serbest

ABSTRACT

Sebbene il dibattito architettonico sul termine ecologia si concentri prevalentemente su questioni tecniche, una lettura più inclusiva del suo significato e dei suoi aspetti di inter-relazione tra costruito ed esseri viventi può consentire di acquisire una prospettiva più ampia con la quale l'architettura ecologica potrebbe assumere un ruolo centrale nel plasmare le relazioni che l'uomo intrattiene con il proprio ambiente. Identificando nella facciata il subsistema edilizio chiave per le relazioni di confine che collegano gli spazi interni ed esterni, il contributo analizza dei casi studio desunti, dall'architettura storica e contemporanea, nei quali i progettisti hanno concepito le chiusure verticali come spazi di transizione per promuovere tali relazioni. Il caso ad esempio dei doppi infissi, pensati storicamente per garantire un più alto isolamento termico, ma sempre più impiegati per caratterizzare architettonicamente l'edificio, supporta la tesi che alcuni elementi edilizi possono assumere un ruolo ecologico centrale nel plasmare le relazioni che l'uomo intrattiene con il proprio ambiente.

While architectural discussions on ecology focus on technical considerations, a deeper understanding of the notion and its aspects of the inter-relationality between things and beings presents a broader perspective. Ecological architecture could play a central role in shaping the relationships that human beings have with their environment. By identifying the façade as the focal point for cross-border relationships linking interior and exterior spaces, an analysis of historical and contemporary architecture shows how architects have designed transitional spaces to promote these relationships. Such ambiguous spaces are exemplarily found in historic box-type windows, initially intended for thermal insulation. Even these little transitional spaces bear the potential of mediating between inside and out. In this sense, architecture might assume a central ecological role in shaping the relationships humans entertain with their environments.

KEYWORDS

ecologia, architettura, finestra, facciata, spazi ambigui

ecology, architecture, window, façade, ambiguous space

Hisham El-Hitami is a Research Fellow at the Faculty of Architecture and Urbanism at the Bauhaus-University in Weimar (Germany). He is a team member of the CRC 1244 Adaptive Skins and Structures. In his research, he focuses on spatial adaptivity and its ecological potential in architecture. E-mail: hisham.el-hitami@uni-weimar.de

Mona Mahall is a Full Professor at the Faculty of Architecture and Urbanism at the Bauhaus-University in Weimar (Germany). As a collective with Asli Serbest, her work spans research, exhibitions, installations, videotexts, concepts, and publications on the relation between art and architecture and is published internationally. She is a member of the board of the CRC 1244 Adaptive Skins and Structures. E-mail: mona.mahall@uni-weimar.de

Asli Serbest is a Full Professor at the Department of Art and Design at the University of the Arts in Bremen (Germany). As a collective with Mona Mahall, her work spans research, exhibitions, installations, videotexts, concepts, and publications on the relation between art and architecture and is published internationally. She is a member of the board of the CRC 1244 Adaptive Skins and Structures. E-mail: asli.serbest@hfk-bremen.de



Il presente contributo sostiene la tesi che l'ecologia dello spazio debba concentrarsi sull'analisi e lo sviluppo di soluzioni architettoniche in grado di mettere in relazione gli esseri umani e gli altri esseri viventi, piuttosto che sulla dialettica tra architettura e natura. Pensare e agire in modo consequenziale, nel considerare le diverse interazioni tra gli elementi che costituiscono l'ambiente costruito in un particolare luogo e momento, diviene centrale rispetto agli attuali approcci ecologici; tuttavia nell'ambito del dibattito corrente sull'architettura la consequenzialità citata non trova riscontro nella pratica e l'ecologia è spesso ridotta a significare gli aspetti di impatto ambientale degli edifici. Pertanto per la definizione di soluzioni tecnologiche adeguate allo scopo, l'architettura stessa, in quanto agente nello spazio, deve partecipare alla costituzione delle relazioni tra umani e viventi, contribuendo eventualmente a riparare eventuali relazioni perdute tra l'uomo e l'ambiente circostante.

La letteratura scientifica sul tema, da un punto di vista teorico, è ampia. Con il termine 'ecosofia' Félix Guattari (2000) critica l'approccio convenzionale e tecnocratico all'ecologia nella speranza che si metta a punto una strategia ecologica capace di integrare questioni ambientali, sociali e psicologiche. Karen Barad (2007) invoca un ripensamento radicale della conoscenza e della percezione complessiva del mondo per affrontare le sfide del nostro tempo; con il suo 'realismo agenziale' Barad sostiene che esseri umani e viventi sono entità profondamente relazionate e, pertanto, non dovrebbero essere concettualmente separate. Dello stesso parere è Timothy Morton (2010a) che critica la visione per la quale la natura debba provvedere all'esistenza umana senza essere considerata parte della nostra società e propone una lettura non dicotomica dell'ecologia nella quale la coesistenza di tutti gli esseri e le cose è implicita.

In linea con queste teorie la facciata di un edificio può essere intesa come un subsistema edilizio che delinea la separazione tra le nozioni dicotomiche di interno ed esterno ed è quindi identificabile come uno dei fattori cruciali per la ricerca sulla capacità dell'architettura di agire in senso ecologico. Alcuni edifici realizzati in contesti geografici diversi e in periodi storici differenti dimostrano come nel tempo l'architettura sia stata in grado di superare questa dicotomia, introducendo sequenze spaziali in grado di creare relazioni 'strette' e 'intime' tra spazi confinati e ambienti esterni attraverso l'ausilio di portici, verande, cortili, terrazze, soggiorni e giardini che assumono la funzione di spazi di connessione 'ambigui'.

Poiché la costruzione di questi spazi di connessione richiede spesso risorse finanziarie aggiuntive e ulteriore consumo di suolo risulta evidente come le finestre doppie presenti nell'architettura storica e impiegate anche in molte architetture contemporanee possano risultare un'interessante soluzione da impiegare nell'edificio per realizzare i citati spazi 'di relazione'. Le finestre doppie, infatti, possono essere intese come un confine esteso e abitabile, un filtro integrabile nelle facciate, alla cui lettura sono certamente di supporto gli studi di George Teyssot (2013) che attribuisce loro le funzioni di connessione e separazione tra ambienti esterno e interno. La ricerca illustrata in queste pagine parte proprio dalle rifles-

sioni di Teyssot e, attraverso la presentazione di una soluzione progettuale a firma degli Autori, sottolinea le capacità di questi elementi tecnologici di caratterizzare lo spazio e le loro potenzialità ecologiche in termini di spazi 'di relazione'. Il contributo si inserisce quindi all'interno del dibattito attuale sul tema dell'ecologia in architettura, proponendo un approccio olistico basato sull'integrazione di considerazioni spaziali e relazionali.

Ecologia | Pimm e Smith (2023) definiscono l'ecologia come la scienza che studia le interrelazioni tra gli organismi e tra loro e l'ambiente; in questa prospettiva è da leggersi anche la capacità dell'architettura di plasmare gli spazi e i loro limiti fisici e di conseguenza di aprire a relazioni potenziali tra gli attori in gioco in prossimità dei confini spaziali. L'architettura contemporanea, tuttavia, ha inteso l'approccio ecologico in un'ottica finalizzata a trovare soluzioni tecnologiche per minimizzare le emissioni di anidride carbonica del settore edilizio, concentrando le proprie attenzioni su scelta, quantità, origine e riciclabilità dei materiali da costruzione o su questioni impiantistiche per abbattere i consumi energetici degli edifici. Sebbene questi aspetti tecnici possano essere considerati molto importanti si avverte la necessità di adottare un approccio ecologico più olistico e sistemico, come richiesto dal New European Bauhaus¹ (European Commission, 2021), un Programma di attuazione dell'European Green Deal che include le dimensioni sociali ed esperienziali della sostenibilità (Scalisi and Ness, 2022).

La necessità di un approccio olistico per attivare un cambiamento ecologico significativo è presente nella definizione di 'ecosofia' di Guattari (2000) il quale, nel volume *The Three Ecologies*, critica i Governi perché si accontentano di affrontare l'inquinamento atmosferico del settore industriale attraverso una prospettiva puramente tecnocratica, mentre solo una visione etico-politica potrebbe risolvere il problema. L'ecosofia, con i suoi tre registri ecologici (ambiente, relazioni sociali e soggettività umana) fortemente intrecciati e co-dipendenti, individua nella nostra capacità di (ri)integrare l'azione tecno-spaziale con la percezione mentale e psicosociale la soluzione al cambiamento ambientale. Guattari invita a pensare il 'reale' in modo trasversale, poiché esso non è semplicemente un numero di domini discreti, ma un unico mondo che può essere osservato attraverso le lenti intercambiabili delle tre ecologie: in altre parole la precondizione per un'esistenza umana ecologicamente equilibrata nel mondo dipende dalla relazione soggettiva che gli esseri umani intrattengono con il loro ambiente.

Secondo Karen Barad (2007) gli esseri umani e viventi sono comunque entità, distinte solo in relazione ai loro reciproci rapporti e non esistono come individualità. Criticando la separazione ideologica tra sociale e naturale inoltre Barad teorizza la relazione tra questi presunti opposti, senza ritenere che natura o cultura possano essere l'una il referente dell'altra e viceversa, e promuove il concetto di 'intra-azione', secondo il quale entità come natura e cultura tendano a convergere l'una verso l'altra piuttosto che respingersi concettualmente a vicenda, essendo, quindi, intrinsecamente inseparabili.

A partire dall'analisi delle teorie pubblicate Timothy Morton (2010a) critica il concetto di natura

come sistema chiuso e metafisico poiché ritenuto responsabile dell'incapacità dell'uomo di agire in modo realmente ecologico. Morton sviluppa la sua critica osservando come un tale concetto di natura si contrapponga all'idea di cultura determinando una dicotomia che porta alla concezione generale che gli esseri umani non fanno parte della natura; la differenza tra soggetto e oggetto determina un dualismo che può essere letto come la ragione filosofica della distruzione dell'ambiente da parte degli esseri umani. Tuttavia, secondo Morton, se fossimo in grado non solo di capire, ma anche di sperimentare, che siamo una parte del nostro pianeta Terra allora saremmo meno propensi a distruggerlo. Il dualismo soggetto / oggetto dipende dalla distinzione tra interno ed esterno: il soggetto è 'questo', 'qui', dentro; l'oggetto è 'quello', 'là', fuori.

L'uso da parte di Morton delle nozioni di 'dentro' e 'fuori' è sia concettuale che spaziale, in quanto si riferisce direttamente al corpo umano che, pur essendo una forma permeabile e interrelata (Morton 2010b) è immaginato come sistema chiuso. Trasferendo questa argomentazione all'architettura, i cui spazi interni ed esterni hanno una dimensione sia fisica che esperienziale, possiamo individuare un dualismo soggetto / oggetto: gli individui all'interno si percepiscono come soggetti distinti rispetto al mondo esterno, all'ambiente, all'oggetto, alla natura.

Seguendo le linee di pensiero di Barad e Morton è possibile strutturare un diverso approccio ecologico all'architettura a partire dalla risoluzione della dicotomia tra soggetto e oggetto, tra gli umani e l'ambiente, tra interno ed esterno. Mettendo in relazione cose, esseri e attività in uno spazio condiviso l'architettura può enfatizzare l'esperienza dell'intimità, attivando negli spazi di prossimità connessioni fondate su interessi e benessere reciproci. Attraverso un'adeguata progettazione dei 'confini spaziali' – come le facciate (Lucarelli et alii, 2020) – che collegano anziché separare, l'architettura può diventare un agente del pensiero ecologico (Ulber, Mahall and Serbest, 2021), una mediatrice delle relazioni tra individui, umani e viventi, presenti su entrambi i lati dei confini, superando l'attuale visione antropocentrica e migliorando il nostro rapporto con la Terra.

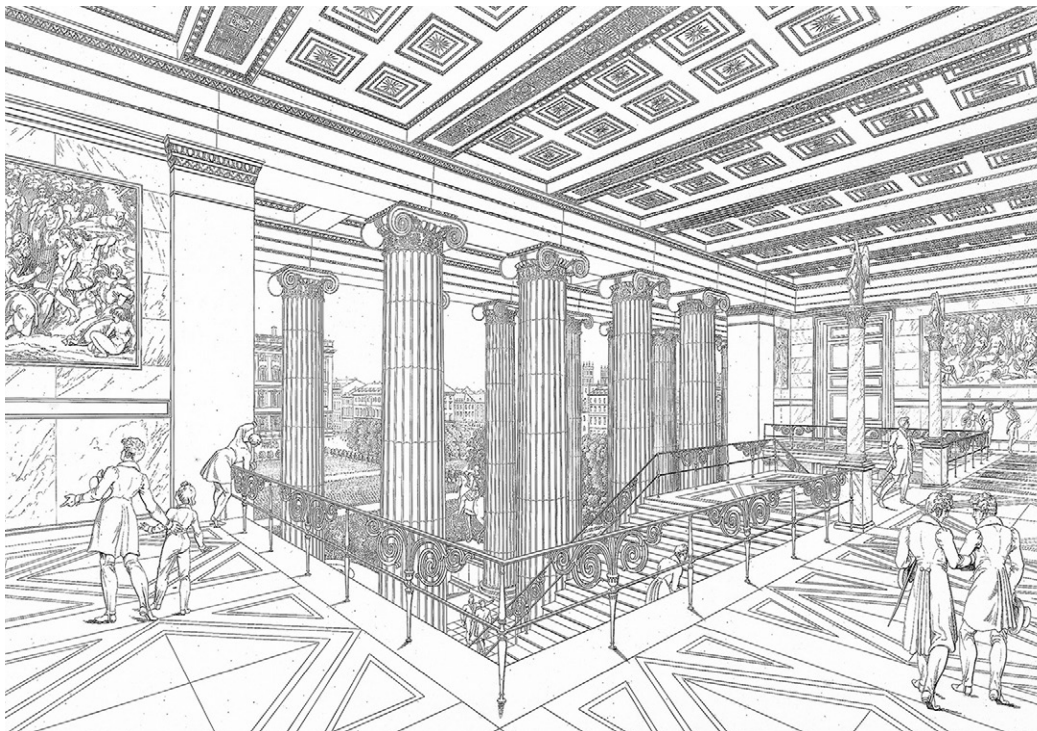
Il tema del collegamento tra spazi interni ed esterno ha da sempre caratterizzato l'architettura e può essere considerato un elemento chiave del progetto architettonico. Tuttavia, a partire dall'architettura moderna, la tecnologia e l'industrializzazione hanno concorso a rendere sempre più netta la distinzione tra interno ed esterno, così come tra soggetti e oggetti, amplificando una distanza che produce quell'alienazione e quegli effetti negativi sul benessere mentale dell'uomo, divenuti particolarmente percepibili durante la pandemia da Covid-19, quando una particolare tipologia di spazi, ad esempio i balconi, hanno svolto un ruolo importante per la salute collettiva (Grigoriadou, 2020). Per stimolare la riproposizione di spazi di confine capaci di riattivare le relazioni ci riferiamo ad alcune architetture ritenute significative.

Spazio ambiguo | Un'architettura emblematica che presenta un elemento filtro tra gli spazi interni e il paesaggio circostante è La Rotonda, la villa completata a Vicenza nel 1569 da Andrea Palladio; il progetto si caratterizza per la composizione

simmetrica e la presenza di quattro logge, poste su ciascun lato del corpo cubico principale, previste da Palladio per esaltare la vista dall'edificio, che si trova sulla sommità di una collina, verso tutte le direzioni (Plagemann, 2011). L'impianto compositivo ha una valenza intrinsecamente ecologica in quanto finalizzato a collegare un dominio umano – l'interno – con il paesaggio circostante popolato da animali e mutevole al cambiare delle stagioni. La loggia funge quindi da connettore tra interno ed esterno, funzionando come uno spazio la cui natura 'ambigua' è determinata dalle modalità con cui i suoi confini spaziali sono trattati: una parete di fondo che ospita la porta d'ingresso, due pareti laterali che presentano grandi aperture simili a finestre non vetrate e la facciata principale scandita da sei colonne ioniche determinano nell'insieme uno spazio con qualità e carat-

teristiche sia da interno che da esterno, capace di mediare la relazione tra il 'dentro' e il 'fuori'.

Una simile lettura della 'soglia' è riportata da Colin St. John Wilson (1992, p. 42) quando descrive l'esperienza della commovente visita all'ingresso principale dell'Altes Museum di Berlino progettato da Karl Friedrich Schinkel (Fig. 1): «Enveloped in that shadow you believe that you have passed into the building. But then, turning on the half-landing, you re-emerge into daylight beneath the full ceiling height of the portico. The sudden sense of spatial release coincides with the surprise realisation that your [sic] are still 'outside' after all. Ascending the second flight, you arrive back on the central axis of the building to take the view into the 'Lustgarten' between the capitals of the giant order whose profiles cut the air sharp and clear as a trumpet call».



La descrizione di Wilson evidenzia la caratteristica distintiva dell'ingresso al Museo: l'ambiguità degli spazi che guidano il visitatore dall'esterno verso l'interno, offrendo la percezione di uno spazio interno e al contempo esterno. Il culmine della narrazione è il momento in cui Wilson si rende conto di essere 'fuori' nonostante avesse avuto la sensazione di trovarsi 'dentro'; in realtà nessuna delle due percezioni è del tutto vera: il visitatore attraversa uno spazio 'tra' la comune comprensione di interno e di esterno, la cui ambiguità attira la sua attenzione e lo fa indugiare all'interno mentre, guardando indietro il Lustgarten, si relaziona con l'ambiente circostante.

Anche la Villa le Lac di Le Corbusier del 1924 sul Lago di Ginevra (Fig. 2) instaura relazioni con il suo contesto in modo particolarmente interessante. Lungo il confine del lotto corre un muro la cui altezza varia per alternare vedute e privacy in relazione al contesto. Nella parete prospiciente il lago è presente una buca alla quale è addossato un tavolo che evoca l'atmosfera di una sala da pranzo e che, a suo modo, trasforma l'ambiente in uno spazio ambiguo. Soffermarci su questo spazio ci aiuta a comprendere il significato ecologico di abitare, oltre l'interiorità delle mura domestiche, un luogo aperto che permette di creare una connessione intima tra i suoi abitanti e l'ambiente circostante.

Nella casa per Jaime e Isabelle Ted'A architectes ha progettato nel 2011 un cortile complesso e ambiguo dal punto di vista spaziale, caratterizzato dalla presenza di propagine proiettate verso gli spazi interni (Figg. 3, 4), da un reticolo di elementi strutturali in cemento, da un arredo che richiama tavoli, sedie e scaffali, ma anche da una fitta vegetazione e vasche d'acqua. Scorrendo le immagini del progetto non sempre è chiaro se si stia guardando uno spazio interno o esterno; solo le aperture in copertura palesano la natura di questo spazio, consentendo un collegamento 'ecologico' tra gli spazi abitati e le condizioni climatiche del luogo. La transizione tra interno ed esterno è fluida e determina una stretta relazione tra gli spazi che possono essere circoscritti termicamente e quelli aperti.

Le architetture descritte rappresentano esempi emblematici che interpretano la relazione tra interno ed esterno generando una fruizione dello spazio più intima ed ecologica. Quest'attenzione alla soglia e allo spazio di transizione non è una prerogativa della sola architettura europea ma è rintracciabile anche in altre culture, come quella giapponese in cui la 'engawa', ambiente delle residenze tradizionali, ha la funzione di filtro tra lo spazio confinato e l'ambiente esterno (Fig. 5). L'ambiguità della 'engawa' è amplificata dalla sua versatilità d'uso come 'cuscinetto termico', corridoio, veranda o deposito (Speidel, Kuhnert and Ngo, 2012), ma anche dalle stesse porte scorrevoli che possono essere chiuse, aperte o smontate, a seconda della stagione e dell'ora del giorno. La 'engawa' quindi oltre che fungere da spazio di transizione e da connessione tra i residenti e l'ambiente circostante (Boettger, 2014) è anche uno

Fig. 1 | Altes Museum Berlin (1825-1830), designed by Karl Friedrich Schinkel (credit: K. F. Schinkel, 1831).

Fig. 2 | Villa le Lac in Corseaux (1923-1924), designed by Le Corbusier (credit: iJuliaAn, 2015).



Figg. 3, 4 | Jaime and Isabelle's Home in Palma (2011-2018), designed by Ted'A architectes (credits: L. Diaz Diaz).

spazio termoregolatore delle condizioni climatiche.

Nella Tanikawa House di Kazuo Shinohara del 1972 l'intero soggiorno assume la funzione di spazio di transizione. Situata all'interno di una foresta l'abitazione si integra con la morfologia del terreno su cui si adagia: la pavimentazione, che ne segue la pendenza ed è ricoperta da terra battuta, e il sistema strutturale, che richiama gli alberi circostanti, sembrano finalizzati esclusivamente a trovare relazioni forzate con il contesto piuttosto che a soddisfare le più elementari esigenze di un abitante. In questo caso, nel quale è l'ambiguità dello spazio interno a determinare la particolare esperienza dell'utente nel contesto naturale, ci sembra di ritrovare l'idea di Morton rispetto alla quale la sensazione di interrelazione precede e rende possibile la consapevolezza e l'azione ecologica.

Le finestre | I progetti fin qui discussi rappresentano esempi emblematici che si sviluppano prevalentemente su ampie superfici e sono realizzati con budget non indifferenti: la stragrande maggioranza delle persone non ha l'accessibilità ad abitazioni simili e, poiché anche il metroquadro costruito rientra tra le preoccupazioni ecologiche,

la questione della scalabilità delle soluzioni architettoniche descritte si pone sia in interventi residenziali su larga scala che in progetti di minore dimensione.

Un recente progetto a basso costo che sperimenta le qualità connettive delle finestre è l'Anarchistenhaus, progettato da Peter Grundmann a Rutenberg / Lychen in Germania (Figg. 6, 7). Il piccolo cottage per le vacanze, realizzato nel 2015, si caratterizza per la presenza di tre volumi parallelepipedi vetrati nei quali trovano collocazione la cucina, il letto e la doccia. I volumi a sbalzo creano il proprio spazio di transizione nel quale trovano posto le rispettive funzioni del cucinare, dormire e fare la doccia; in questo modo gli abitanti sono proiettati verso l'esterno e aumenta il loro coinvolgimento con l'ambiente circostante. L'Anarchistenhaus sembra essere perfettamente in linea con le indicazioni su 'la collocazione della finestra' riportate nel libro *A Pattern Language* di Alexander, Ishikawa e Silverstein (1977, p. 834) i quali sostengono la necessità di prevedere 'comfortable places' in prossimità alle finestre, dichiarando che la loro mancanza «[...] seldom allows you to feel fully comfortable or perfectly at ease

[and will rather] keep you in a state of perpetual unresolved conflict and tension – slight, perhaps, but definite». Ci si trova quindi di fronte al dilemma da un lato di volersi sentire a proprio agio e dall'altro di essere attratto da qualcos'altro: non è solo la luce ad attirare gli esseri umani, ma tutte le potenziali connessioni che si possono intrecciare con l'ambiente.

Tuttavia sedersi accanto a una finestra come semplice osservatore non crea necessariamente una connessione ecologica, piuttosto genera con l'ambiente circostante una relazione univoca dell'individuo il quale, nella maggior parte dei casi, vede l'esterno senza essere visto. Nel saggio *Windows and Screens* Georges Teyssoit (2013) analizza le caratteristiche di connessione e separazione riconducibili alla percezione che si ha dalle finestre; basandosi sulla riflessione che Leon Battista Alberti fa confrontando una finestra e un dipinto incominciato Teyssoit dimostra come attraverso la prima il mondo esterno si riduca a un'immagine: amplificata dalla cornice l'immagine perde tutta la sua continuità spaziale con il punto di vista dell'osservatore e riduce quest'ultimo al ruolo di spettatore non coinvolto che vede 'senza essere visto'.

Teyssot fa inoltre riferimento a Georg Simmel (1902) e al suo saggio sul ruolo delle cornici per le opere d'arte. Simmel teorizza che un'opera d'arte, proprio come l'anima e a differenza di qualsiasi altro elemento della natura, costituisca un intero senza dipendenze esterne e quindi abbia bisogno di una cornice per enfatizzare la sua autonomia dal mondo. Sempre secondo Simmel le decorazioni della cornice hanno il compito di trasformarla in un confine che a sua volta trasforma l'opera in un'isola. In quest'ottica le relazioni che si possono instaurare tra una finestra e l'ambiente

circostante devono essere adeguatamente valutate quando si ragiona sulle potenzialità ecologiche di una facciata, per cui ritornando al caso studio dell'Anarchistenhaus possiamo asserire che le sue finestre sono molto diverse dalla finestra a cui si riferisce Alberti poiché quelle 'volumetriche' di Grundmann sono 'accessibili', incoraggiano e persino richiedono l'interazione. Il confronto richiama alla memoria le differenze tra la scultura cubista di Alberto Giacometti, un'opera completa in sé rispetto alla quale l'utente è spettatore (come rilevato da Simmel), e gli Environ-

ments di Allan Kaprow, una forma d'arte 'aperta e fluida come le forme della nostra esperienza quotidiana' con 'una responsabilità maggiore sui visitatori' (Kaprow, 1958; Ulber, Mahall and Serbest, 2021). Le attività che si svolgono all'interno delle finestre dell'Anarchistenhaus possono essere percepite anche dall'esterno, trasformando la relazione univoca dell'osservatore in un rapporto di reciprocità con l'ambiente; inoltre la presenza di oggetti all'interno del volume finestrato determina una prospettiva che aggiunge un ulteriore intreccio visivo tra interno ed esterno; tuttavia le finestre dell'Anarchistenhaus non sono apribili, il che costituisce un vincolo significativo per le relazioni fisiche oltre confine.

Un componente edilizio d'interesse ai fini della presente trattazione è il doppio infisso, costituito da due finestre apribili che condividono lo stesso telaio e sono distanziate da uno spazio pari allo spessore murario; la sua origine è riferibile al XVI secolo e a partire dalla metà del XIX secolo è ampiamente utilizzato negli edifici del Nord Europa (Braun and Klos, 2010). La camera d'aria presente tra le due finestre funge da isolante contribuendo a migliorare il comfort termico degli ambienti interni, ma l'intercapedine ha qualità spazialmente ambigue e può svolgere anche altre funzioni.

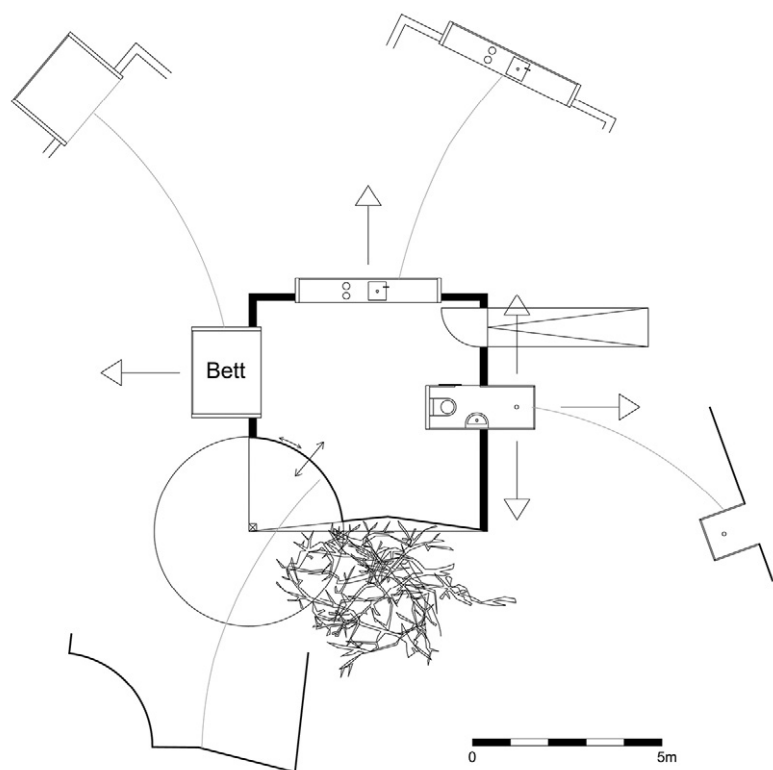
Questo particolare componente scandisce la sequenza tra i due spazi limitrofi, quello interno e quello esterno. Rispetto alla presenza di un singolo infisso quello doppio modifica la percezione della facciata in modo piuttosto significativo, creando un effetto di profondità grazie alla sequenza prospettica dei telai mobili e del riflesso sul vetro dell'ambiente esterno, mentre la finestra singola tende a creare un'immagine piuttosto piatta, come afferma uno studio dell'Autorità per la Protezione dei Monumenti di Berlino (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, 2016).

Inoltre a seconda dei sensi di apertura delle finestre doppie lo spazio intermedio può essere utilizzato per altri scopi: laddove le due finestre hanno sensi di apertura diversi (la finestra esterna si apre verso l'esterno e quella interna verso l'interno) lo spazio intermedio può essere utilizzato, ad esempio, per la coltivazione di piante oppure alloggiare libri e altri oggetti (Sethmann, 2016). Durante l'inverno nei Paesi nordici, dove la temperatura tra le finestre è notevolmente inferiore a quella interna, lo spazio intermedio è stato utilizzato in passato anche come frigorifero, una pratica in parte ancora comune, come riferito nel suo blog da Lucas-Michael Kopecky², che ha ereditato dalla nonna l'idea del 'frigorifero con termometro incorporato' (Fig. 9).

Un recente caso studio è quello della Domus Demain di Yves Lion del 1984 nella quale tutta la facciata del grattacielo a uso residenziale presenta finestre doppie che creano uno spazio ambiguo attrezzato, con funzioni diverse e su cui camminare (Figg. 10-12); in una larghezza di circa 70 centimetri tra la vetrata interna e quella esterna, nell'intercapedine trovano posto scrivanie, lavabi, servizi igienici, docce, vasche da bagno, piani cucina e vasi per piante: come nell'Anarchistenhaus la Domus Demain attira i suoi abitanti verso i limiti esterni dei loro spazi abitati.



Fig. 5 | Traditional 'engawa' at Tamozawa Imperial Villa, Nikko, 1899 (credit: B. Syarov).



Figg. 6, 7 | Anarchistenhaus in Rutenberg/Lychen (2015), designed by Peter Grundmann (credits: P. Grundmann).

Tuttavia guardando l'edificio dall'esterno la presenza degli abitanti può essere in parte oscurata dalle scelte compositive e formali dell'architetto e, se la sensazione di interrelazione è maggiore quando si è all'interno e si guarda fuori, la facciata con infissi doppi risulta più comunicativa per chi sta fuori l'edificio. Come osserva Teyssot (2013, p. 264): «Without eyes that look, facades pierced by rows of windows are like a visage without a gaze – that is, the architectural window is blind [and] often resembled the blind face of power; it remained all the more so with the introduction of the glazed curtain wall in the twentieth century. Within architecture, then, is a type of disembodied 'subject'». È proprio questa 'disincarnazione' da un lato e l'alienazione dell'uomo verso gli spazi e gli ambienti che abita dall'altro che devono tornare al centro del dibattito architettonico per creare una vera consapevolezza sulle relazioni ecologiche, sia tra gli umani sia tra loro e l'ambiente.

Caso studio | Nell'ambito del progetto di ricerca Collaborative Research Center 1244, sulla base delle riflessioni riportate, gli Autori del presente contributo hanno concepito una soluzione architettonica per un grattacielo sperimentale all'interno del Campus dell'Università di Stoccarda. Il progetto prevede la realizzazione di una facciata 'a doppia pelle' con una intercapedine di 70 cm (Figg. 13-17), uno spazio ambiguo per differenti utilizzi a seconda delle necessità/esigenze dei suoi abitanti. La scelta di collocare alcune funzioni all'interno di questi spazi di transizione ambigui incoraggia il coinvolgimento con l'ambiente circostante e, rispetto alla Domus Demain, favorisce una relazione più intima tra gli esseri umani su entrambi i lati del suo confine spaziale, poiché questo particolare spazio dialoga in modo trasparente con il mondo esterno e limita l'interferenza delle scelte stilistiche del progettista al minimo indispensabile.

Oltre a questi fattori di connessione / introspezione visiva un importante elemento emerso

nel corso della progettazione è la variabilità delle dimensioni fisiche di questo spazio di confine. Per renderla ancora più ambigua l'intercapedine tra i due 'confini' può essere aumentata e ridotta a seconda delle esigenze spaziali: questa dilatazione/compressione dello spazio intermedio non elimina il confine tra dentro e fuori, ma piuttosto lo enfatizza rendendolo percepibile come perimetro variabile. Spostando e smaterializzando i confini spaziali la facciata rivela le sue qualità di connessione e separazione e consente agli abitanti di sperimentare la possibilità di modificare i propri limiti fisici e di instaurare una relazione più produttiva, intima ed ecologica con l'ambiente circostante.

Conclusioni | Secondo Timothy Morton (2010a) se l'uomo fosse in grado non solo di capire, ma soprattutto di sperimentare che è radicato nel suo mondo, sarebbe meno propenso a distruggerlo; una tale visione sembra riferirsi direttamente agli architetti, poiché l'architettura opera nel nostro mondo e può permetterci anche di sperimentarlo. Tra le possibili soluzioni che possono contribuire a raggiungere questo obiettivo è il connettere spazialmente le nostre abitazioni con il mondo esterno attraverso spazi di transizione 'ambigui', soluzione che, con le diverse varianti, ha scandito per secoli la storia dell'architettura in diverse aree geografiche. È da rilevare comunque che nonostante il contributo si sia focalizzato sulle connessioni visive anche quelle che coinvolgono altri sensi possono essere considerate promettenti per avviare nuove sperimentazioni.

In generale si ritiene che il presente contributo possa raggiungere l'obiettivo di avviare una riflessione olistica sulla questione ecologica in architettura che può trovare fondamento in un approccio di maggiore sensibilità alle relazioni tra spazi interni ed esterni, anche attraverso il supporto di scienze come la filosofia ed espressioni della cultura umana come l'arte; in questo senso l'approc-

cio descritto è trasferibile a vari campi di studio che si occupano di sfide ecologiche. Per integrare un simile approccio alla prassi progettuale è necessario superare il preconcetto che le buone pratiche possano essere guidate solo dall'innovazione tecnologica: la cogente sfida che ci troviamo a fronteggiare rispetto al tema ambientale ed ecologico ci impone di affrontare la questione su più livelli, partendo dal presupposto che un approccio ecologico non determina di per se un compromesso che penalizza la qualità architettonica, ma piuttosto crea un'opportunità per raggiungere gradi di qualità spaziale più alta.

Ecology of space should focus on the possible architectural ways of spatially relating humans and more-than-human beings in the environment rather than on the dialectics of architecture and nature. Considering the various interactions between elements in a given place and time, relational thinking and action become central in current ecological approaches. However, within ecological architecture, the relational aspect has hardly shown any consequence and ecology is often reduced to revolving around the carbon footprint of buildings. Therefore, to complement technological measures, architecture itself, as a spatial agent, must participate in the constitution of relationships between human and non-human beings, possibly helping to repair lost relationships between human beings and their environments. This point arose from several authors in the humanities.

Coining the term 'ecosophy', Félix Guattari (2000) criticises the conventional, technocratic approach to ecology; instead, he calls for a more comprehensive ecological strategy that integrates environmental, social, and psychological aspects of the word. Karen Barad (2007) pleads for a radical rethinking of our overall knowledge and per-



Fig. 8 | Box-type window with plants (credit: Antranias).



Fig. 9 | Box-type window used as a refrigerator in Vienna (source: flyingsufi.com, 2019).

ception of the world to meet the challenges of our time; with their concept of 'agential realism', Barad claims human and non-human beings are deeply intertwined entities and should not be conceptually separated. On a similar note, Timothy Morton (2010a) criticises the idea that nature provides for human existence without being considered part of our society; instead, they propose a non-dichotomic understanding of ecology, in which the coexistence of all beings and things is implicit.

Following these ideas of entanglement, the façade presents an architectural element that delineates the separation between the dichotomised notions of inside and outside and hence is identified as one of the crucial contexts for research on the capacity of architecture to act ecologically. As historical and contemporary buildings across cultures illustrate, architecture has transcended this opposition throughout history by introducing spatial sequences to form intimate connections between enclosed spaces and their surroundings. Porticos, verandas, courtyards, terraces or even entire living rooms and gardens appear as ambiguous connecting spaces. Since the construction of such large spaces often requires considerable funds and land consumption, the analysis of the historic box-type window and recent architectural projects shows the ability of windows to integrate ambiguous spaces in their structure. They constitute an extended, inhabitable boundary that cannot be assigned to either side but exists conceptually, aesthetically and functionally in between. A discussion of windows through the work of George

Teyssot (2013) on their connecting and separating characteristics helps to develop design principles for these spaces. These design principles are applied to a case-study project by the authors, illustrating the spatial and ecological capacities of ambiguous spaces. The paper thus intends to open the current discourse on ecology in architecture to a more holistic approach by integrating spatial and relational considerations.

Ecology | Ecology is the science dedicated to «[...] the study of the interrelationships of organisms with their environment and each other» (Pimm and Smith, 2023). This perspective emphasises the relational capacity of architecture to shape spaces and their physical boundaries, thus framing the connection between actors across spatial boundaries and influencing these relationships. Within the contemporary architectural discourse, however, the approach to ecology revolves around design techniques aimed at minimising the carbon dioxide emissions of the building industry, questioning the choice, quantity, origin and recyclability of building materials and the energy effort involved in heating and cooling buildings. Although these technical aspects remain relevant, calls for a more comprehensive approach to ecology are increasing, including on the part of the New European Bauhaus¹ (European Commission, 2021) which incorporates the social and experiential dimensions of sustainability in its vision of implementing the European Green Deal (Scalisi and Ness, 2022).

The importance of a holistic approach to ecology to bring about ecological change was emphasised in 'ecosophy', a concept structured by the French psychoanalyst and philosopher Félix Guattari. In *The Three Ecologies*, Guattari (2000, pp. 27-28) criticises executive authorities who «[...] are generally content to simply tackle industrial pollution and then from a purely technocratic perspective, whereas only an ethico-political articulation – which I call ecosophy between the three ecological registers (the environment, social relations and human subjectivity) would be likely to clarify these questions». As these three concepts are strongly intertwined and co-dependent, environmental change relies on our capacity to (re-)integrate techno-spatial action with mental and psycho-social perception. Guattari (2000, p. 42) also calls for a transversal thinking of the Real that is not a «[...] number of discrete domains but one world that can be observed through the] interchangeable lenses [...] of the three ecologies». In other words, an ecologically balanced human existence today relies on the relationship between human beings and their environment.

According to Karen Barad (2007, p. 33), human and non-human beings are agencies that are «[...] only distinct in relation to their mutual entanglement; they don't exist as individual elements». Criticising the ideological separation between the social versus the natural, among others, Barad (2007, p. 30) instead theorises the relationship between these alleged opposites «[...] without defining one against the other or holding either nature

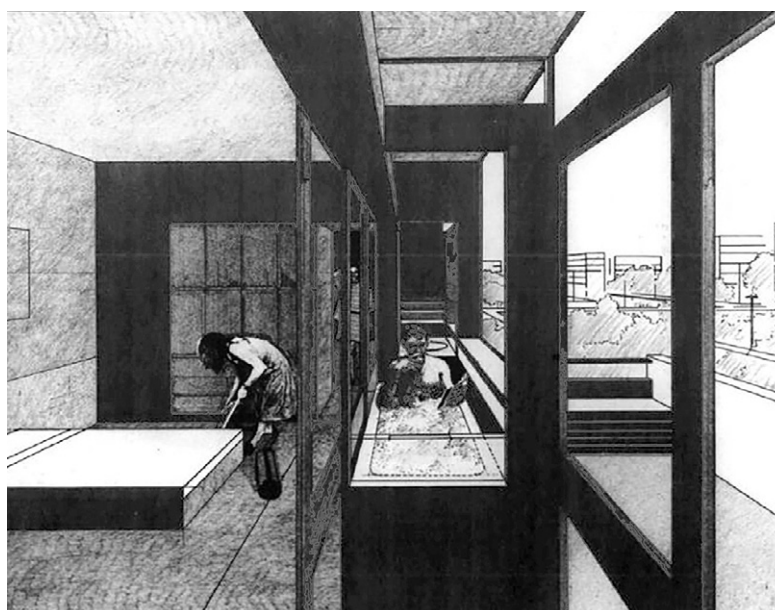
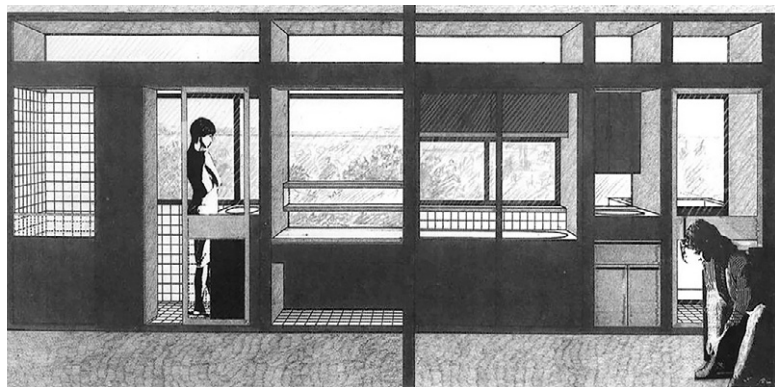


Fig. 10-12 | Domus Demain, unbuilt project, 1984 (credits: Ateliers Lion).

or culture as the fixed referent for understanding the other». Their concept of 'intra-action' emphasises that agencies such as nature and culture emerge through each other, rather than conceptually excluding one another, and are thus inherently inseparable.

From a perspective of literary theory, Timothy Morton deconstructs the concept of nature as a metaphysical, closed system altogether. According to the philosopher and literary scholar, the exclusive notion of nature is precisely one of the reasons why human beings fail to act truly ecologically. Morton unfolds their critique by observing that the concept of nature is contrasted with the idea of culture and therefore helps create a dichotomy which leads to the general conception that human beings are not part of nature. Morton (2010a, p. 64) argues that «[...] the difference between subject and object [is] a dualism [that can be] seen as the fundamental philosophical reason for human beings' destruction of the environment. If we could not merely figure out but actually experience the fact that we were embedded in our world, then we would be less likely to destroy it. The subject-object dualism depends upon a distinction between inside and outside. The subject is 'this', 'over here', inside; the object is 'that', 'over there', outside».

The use by Morton of notions of 'inside' and 'outside' is both conceptual and spatial, as it refers directly to the human body, which, although a permeable and interrelated form (Morton 2010b), has been imagined as closed. Taking this argu-

ment to the scale of architectural space, where interior and exterior spaces exist on a physical and experiential level, we recognise the (re)production of the subject-object dualism: individuals inside perceive themselves as subjects in distinction with the outside world, the environment, the object, nature.

Following the thinking of Barad and Morton, an ecological approach to architecture could begin by addressing and challenging the fundamental dichotomy built between subject and object, between human beings and their environment, and between inside and outside. By assembling related things, beings and practices in a shared space, architecture could emphasise the experience of intimacy, indicating a bond characterised by the mutual interest and comfort in spatial proximity. By designing spatial boundaries such as the façade (Lucarelli et alii, 2020) and by connecting elements instead of distancing them architecture can become an agent of ecological thinking (Ulber, Mahall and Serbest, 2021). Thus mediating the relationship between individuals, human and non-human, on either side of spatial boundaries, architecture could help to question perceptions of ourselves or others and our actions in the world.

The question of how interior spaces connect to the exterior might be as old as architecture and is one of the most crucial design elements in ambitious architectural projects. However, within modern, technology-driven, industrialised architecture, we recognise an increasing separation and distancing between the interior and the exterior, as

between subjects and objects. This alienation and its adverse effects on the mental well-being of human beings became especially visible during the Covid-19 pandemic, where architectural spaces like balconies were to play a significant role in maintaining social health (Grigoriadou, 2020). To re-activate previous spatial relationships, we will analyse selected examples from the history of architecture.

Ambiguous space | A typology that focuses on the relationship between interior spaces and the surrounding landscape is that of the villa. La Rotonda, completed in Vicenza in 1569 by Andrea Palladio, is the most prominent model of its time. Two distinctive features of the house are its point symmetry and the four loggias attached to each side of the main cuboid body of the villa. According to Palladio, the reason for the symmetrical design and implementation of the four loggias in the villa is the fact that it is located on top of a hill and enjoys a great view in all directions (Plagemann, 2011). This thought can be read as inherently ecological, as it aims at connecting an interior human domain with a surrounding vegetational landscape populated by animals and subject to seasonal changes. The loggia thus serves as a spatial connector between the inside and outside by functioning as an ambiguous space. The ambiguity relies on the treatment of the spatial boundaries of the loggia, which consist of the rear wall with the entrance door, the two side walls containing large openings similar to unglazed windows, and the

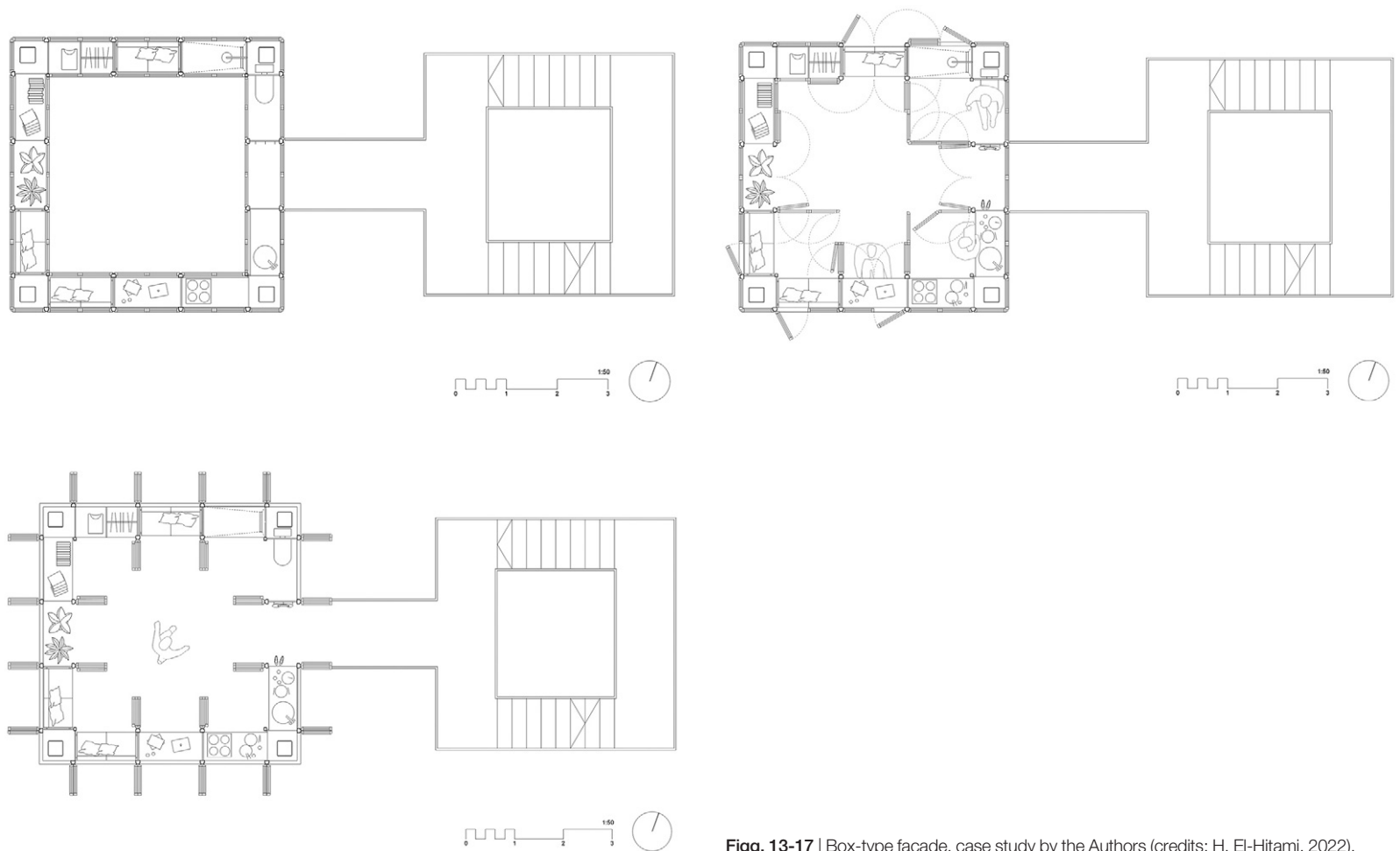


Fig. 13-17 | Box-type façade, case study by the Authors (credits: H. El-Hitami, 2022).

front façade, composed of six Ionic columns. This disposition creates an ambiguous space comprising internal and external qualities, where contrasting internal and external areas are mediated.

Colin St. John Wilson (1992, p. 42) made similar observations at the Altes Museum of Karl Friedrich Schinkel in Berlin (Fig. 1), which he was deeply moved by upon his first entering: «Enveloped in that shadow you believe that you have passed into the building. But then, turning on the half-landing, you re-emerge into daylight beneath the full ceiling height of the portico. The sudden sense of spatial release coincides with the surprise realisation that your [sic] are still 'outside' after all. Ascending the second flight, you arrive back on the central axis of the building to take the view into the Lustgarten between the capitals of the giant order whose profiles cut the air sharp and clear as a trumpet call».

According to Wilson, the distinctive quality of the museum entrance is the ambiguity of the spaces that guide the visitor from the outside to the inside, providing a blend of both interior and exterior spatial qualities. The narrative climax is when Wilson realises he is 'outside', despite thinking he is 'inside'. Ultimately, none of the two assumptions is entirely true – the visitor was passing through a space 'in between' the common understanding of inside and outside. This state of spatial ambiguity attracted his attention and caused him to linger within, gazing back at the Lustgarten and connecting himself with his surroundings.

Le Corbusier's 1924 Villa le Lac on Lake Geneva (Fig. 2) ties in with its surroundings in an interesting way. Following the site boundary, a wall

surrounds the house, varying in height to permit views and privacy depending on its orientation. In the lake-facing wall, there is an unglazed window-like opening accompanied by an adjacent built-in table; this generates an outdoor dining room ambience that transforms the entire site into an ambiguous space. Lingering in this space amplifies the ecological notion of inhabiting an extended place beyond the interiority of the dwelling and enables the emergence of an intimate connection between dwellers and their surroundings.

In their 2011 house for Jaime and Isabelle, Ted'A arquitectes set up a spatially complex and highly ambiguous courtyard with meandering borders towards its surrounding interior spaces (Fig. 3, 4). The yard has a network of concrete beams, tables, chairs and shelf-like structures with plants and ponds. When browsing through project images, it is often not evident at first sight whether one is looking at an interior or an exterior space. Since the latter is open towards the sky, it enables an ecological connection with the climatic conditions of the inhabited place. The transition between inside and outside is fluid creating a close relationship between thermally closed and open spaces.

The projects above show how lowering the contrast between interior and exterior spaces lays the foundation for a less dichotomised and more intimate and ecological experience of space. This engagement with spatial transitions did not only occur in European architecture over time. Comparable methods exist in many other cultures, such as the traditional 'engawa' in Japanese residential architecture. It is a space in between the

indoor living space and the outdoor environment, assuming the form of a veranda with sliding doors both inwards and outwards (Fig. 5). The ambiguity of the 'engawa' is amplified by its various usages as a thermal buffer zone, a corridor, a veranda, or a storage space (Speidel, Kuhnert and Ngo, 2012). Furthermore, the interior and exterior sliding doors can be closed or opened and stored away, depending on the season and the time of day. The 'engawa' thus acts as a transitional space, translating even the climatic conditions of the surroundings into the layout of the interior spaces, thus connecting the inhabitants even more closely with their environment (Boettger, 2014).

At Tanikawa House, built by Kazuo Shinohara in 1972, the whole living room becomes a transitional space. The most remarkable quality of the room, lying in the forest, is the flooring, sloping at the same steep angle as the slope on which it is located and covered with unpaved earth. Enhanced by the tree-like appearance of the supporting structure, the space seems committed to imitating the forest rather than meeting the functional needs of a human dweller. It is once again the ambiguity of this space that allows for the human experience of a non-human context. In addition, integrating climatic and topographical conditions into the design of a building and the experience of its inhabitants responds to the idea of Morton that the feeling of interrelatedness precedes and enables ecological awareness and action.

Windows | The projects discussed so far represent architectural examples with favourable starting points, as they are set on large plots of land



and supported by substantial economic budgets. Since many people cannot afford to live in such houses and the amount of individually inhabited space is also part of our ecological concern today, the question arises of the scalability of the preceding spatial observations. How can the aforementioned architectural methods be applied to more modest projects or large-scale housing developments?

A recent low-cost project that experiments with the connective qualities of windows is the 2015 Anarchistenhaus by Peter Grundmann in Rutenberg / Lychen, Germany (Figg. 6, 7). The small holiday cottage features three cuboid windows forming the kitchen, bed and shower. These windows cantilever into the exterior, creating each their own transitional space for cooking, sleeping and showering. It is inconclusive, for example, to answer the question of whether one is taking a shower inside or outside the house since the two sensations occur simultaneously. Beyond that, however, overlaying the features of a window with any other domestic function results in dwellers unavoidably being drawn towards the outside, whereby incidentally increasing their engagement with their exterior surroundings.

The Anarchistenhaus seems to conform to the 'window place' pattern in the 1977 book *A Pattern Language*. Here the authors advocate the necessity of comfortable places next to windows, arguing that a lack thereof «[...] seldom allows you to feel fully comfortable or perfectly at ease [and will rather] keep you in a state of perpetual unresolved conflict and tension – slight, perhaps, but definite» (Alexander, Ishikawa and Silverstein, 1977, p. 834). According to the book, this conflict arises from the dilemma of wanting to be comfortable on the one hand and being drawn to the light on the other. One could argue that it is not only light that attracts human beings but also all the potential connections they can form with their environment.

However, sitting down next to a window as a mere observer does not necessarily make for an ecological link since this results in a rather unilateral relationship between individuals and their surroundings, who in most instances would see outside without being seen from there. In his essay *Windows and Screens*, Georges Teyssot discusses connecting and separating features of windows. Based on the comparison by Leon Battista Alberti between a window and a framed painting, Teyssot (2013) shows how the outside world is reduced to an image when viewed through a window. Amplified by the window frame, this image loses all spatial continuity with the standpoint of the observer and reduces the latter to an uninvolved spectator, whom Teyssot (2013) criticises for seeing 'without being seen'.

He further refers to Georg Simmel (1902) and his essay on the role of frames in relation to artworks. Simmel assumes that a work of art, much like the soul and unlike any part of nature, is whole without dependencies beyond itself and therefore requires its frame to symbolise and emphasise this disconnection towards the world. Simmel even includes the ornaments of the frame in his reflections, allotting them the task of rendering the frame into a current, which in turn transforms the work of art into an island.

The disconnection between the content of a

frame, now itself a window frame, and the surrounding environment needs careful consideration when discussing the ecological potential of a façade. Returning to the analysis of the Anarchistenhaus, there are two remarkable differences between its cuboid, spatial windows, and the classical window Alberti refers to. For one thing, Grundmann's windows are accessible and encourage – even demand – interaction. This represents the same distinction one can see when comparing the modernist conception of art in Alberto Giacometti's *Cube* sculpture with the *Environments* by Allan Kaprow (Ulber, Mahall and Serbest, 2021). While the former relies on a completed object and its observer, much like the Simmel understanding of artworks, the latter depends on interaction and intimacy. The activities occurring inside the windows of the Anarchistenhaus can also be perceived from the outside, transforming the logic of a unilateral observer into that of a bilateral exchange. The superposition of objects in the windows and the prospect outside further adds to the visual entanglement of interior and exterior spaces. However, the windows of the Anarchistenhaus cannot open, which is a significant constraint for cross-border relations.

A compelling building component in this context is the historic box-type window, which consists of two layers of operable windows within the same window frame and a space in between. It originated in the 16th century and was widely installed in Northern Europe by the Mid-19th century (Braun and Klos, 2010). The spacing between the inner and outer windows would act as insulation and significantly improve the thermal comfort of the inhabitants. Despite its purely thermal justification, this in-between space has spatially ambiguous qualities and can assume other roles.

Firstly, it articulates the spatial sequence between the two neighbouring spaces inside and out. From the outside, this changes the perception of the façade quite significantly, as it creates a feeling of depth by pointing towards the inside of the building and superimposing the perspective of the interior window frame with the reflection of the surroundings of the façade. In comparison, punctuated façades with single-layered windows tend to create a flat image, as a study by the monument protection authority in Berlin asserts (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, 2016).

Secondly, depending on the direction of the window opening, the space in between can be used for other purposes. Unlike the Berlin box-type window, which opens both windows to the inside, in the case of the Hamburg box-type window, the inner window opens to the interior and the external window to the exterior (Sethmann, 2016). It leaves the space in between the two unaffected and therefore prone to appropriation by the inhabitants, its most evident usage being the cultivation of plants and the accommodation of books and other objects (Fig. 8). Since the temperature between the windows is considerably lower than inside during winter, the space in between was even used as a refrigerator in the past. This is partially still common practice, as Lucas-Michael Kopecky² demonstrates in his web blog, the window fridge and its built-in thermometer being an idea he inherited from his grandmother (Fig. 9).

In the *Domus Demain* by Yves Lion of 1984, the entire façade of the residential high rise constitutes a box-type window, an ambiguous space, and a walk-in piece of furniture (Figg. 10-12): with a spacing of around 70 centimetres between the inner and outer glazing, the façade includes desks, washbasins, toilets, showers, bathtubs, kitchen counters and built-in plant containers. Like in the Anarchistenhaus, besides sequencing spatial layers between the indoors and outdoors, the *Domus Demain* draws its inhabitants to the outer limits of their enclosed inhabited spaces, engaging them with space in between and pointing them toward their exterior surroundings.

However, when looking at the building from the outside, some of the presence of the inhabitants gets obscured by the architect's handwriting. While the feeling of interconnectedness might be strong when inside the building, facing outwards, the façade itself could communicate more to the outsiders about its inhabitants. As Teyssot (2013, p. 264) remarks: «Without eyes that look, facades pierced by rows of windows are like a visage without a gaze – that is, the architectural window is blind [and] often resembled the blind face of power; it remained all the more so with the introduction of the glazed curtain wall in the twentieth century. Within architecture, then, is a type of disembodied 'subject'». It is precisely this disembodiment, on the one hand, and the alienation of humans towards the spaces and the environments they inhabit on the other that need to move closer to the centre of architectural discourse to create a genuine awareness of ecological relationships, both among humans and between them and their non-human surroundings.

Case study | As part of the research project Collaborative Research Centre 1244, and expanding on the findings described in this paper, the authors have conceived a first case study for implementation in an experimental high-rise building on the campus of the University of Stuttgart. The project comprises a double-layered façade with a 70 cm space between the interior and exterior layer (Figg. 13-17). The ambiguity of this space rests on different conditions, including its ability to be curated freely by the occupants. As we have seen, placing spatial functions within ambiguous transitional spaces encourages engagement with the surroundings. Furthermore, compared to *Domus Demain*, the project allows for a more intimate relationship between beings on both sides of its spatial boundary, as it speaks transparently to the outside world of its current inhabitants or uses and minimises visual interference with the architect's handwriting.

But besides these visually connecting features, a significant discovery during the conception of the case study was the modifiability of the physical dimensions of the ambiguous space. To further enhance its ambiguity, the space between the two layers can be adjusted, expanded, or contracted based on spatial needs; it can also be opened towards the inside, enabling the expansion of the interior space from the first layer to the second layer of the façade. These adjustments do not eliminate the boundary between inside and out; instead, they address its presence and make it perceptible as a distinct position and concept. By shifting and challenging spatial borders, the

façade reveals its connecting and separating qualities and allows dwellers to experience the negotiability of their physical limitations, thus engaging in a productive and possibly intimate and ecological relationship with their surroundings.

Conclusion remarks | According to Timothy Morton (2010a, p. 64) «If we could not merely figure out but actually experience the fact that we were embedded in our world, then we would be less likely to destroy it». The ecological statement by Morton seems to be aimed directly at architects. Architecture not only provides a physical setting for human existence within the world but also enables individuals to actively engage and experience their surroundings. One way to achieve this is by spatially connecting our dwellings with the outside world using ambiguous transitional spaces. As we have seen, this has been a common way

of interweaving indoor and outdoor spaces for centuries all over the world. Though this article focuses on predominantly visual connections, auditory and tactile methods also sound (and feel) promising and provide an incentive for further research.

The presented research covers one aspect of a more holistic perspective on the ecological question in architecture – much more is likely to emerge when adopting a conceptual approach to ecology, which allows one to draw inspiration and knowledge from the fields of philosophy, the arts and many others. In this sense, the method is transferable to different study fields dealing with ecological challenges. However, integrating such approaches will require addressing the inhibition of technology-driven best practices towards immeasurable progress. It is evident that there are a number of arguments concerning ecology in ar-

chitecture that go beyond technical considerations. This article aims to expand the current discourse and explore these broader aspects.

Considering the urgency of the ecological crisis facing humanity today, it is crucial that the issue takes a broad approach. Furthermore, responsibility for ecological thinking about our planet is not a compromise in architectural design but rather an opportunity to achieve high levels of spatial quality.

Acknowledgements

The paper is based on research funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, German Research Foundation) – Project-ID 279064222 – SFB 1244.

Notes

1) For more information see the webpage: new-european-bauhaus.europa.eu/about/about-initiative_en [Accessed 17 May 2023].

2) For more information, see the webpage: flyingsuffi.com/dosen-wirtschaft-fenster-store/ [Accessed 17 May 2023].

References

- Alexander, C., Ishikawa, S. and Silverstein, M. (1977), *A Pattern Language – Towns, Buildings, Construction*, Oxford University Press, New York. [Online] Available at: arl.human.cornell.edu/linked%20docs/Alexander_A_Pattern_Language.pdf [Accessed 17 May 2023].
- Barad, K. (2007), *Meeting the Universe Halfway*, Duke University Press, Durham.
- Boettger, T. (2014), *Schwelleräume*, Birkhäuser, Basel.
- Braun, K. and Klos, H. (2010), *Isolierglasfenster*, Holzmanufaktur Rottweil GmbH, Rottweil. [Online] Available at: holzmanufaktur-rottweil.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/PDF/Holzmanufaktur_Isolierglasfenster.pdf [Accessed 17 May 2023].
- European Commission (2021), *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – New European Bauhaus Beautiful, Sustainable, Together*, document 52021DC0573, 573 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021DC0573 [Accessed 15 May 2022].
- Grigoriadou, E. T. (2020), “The urban balcony as the new public space for well-being in times of social distancing”, in *Cities & Health*, vol. 5, issue sup.1, pp. 208-211. [Online] Available at: doi.org/10.1080/23748834.2020.1795405 [Accessed 17 May 2022].
- Guattari, F. (2000), *The three Ecologies* [or. ed. *Les Trois Écologies*, 1989], The Athlone Press, London.
- Kaprow, A. (1958), “Notes on the creation of a Total Art”, in Kaprow, A. and Kelley, J. (eds) (1993), *Essays on the Blurring of art and life*, University of California Press, pp. 10-12.
- Lucarelli, M. T., Milardi, M., Mandaglio, M. and Musarella, C. C. (2020), “Fenomeni macro vs risposte micro – Approcci multiscolari nei rapporti dinamici tra involucro e

contesto | Macro phenomena vs micro responses – Multi-scale approaches in the dynamic relationship between envelope and context”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 07, pp. 26-33. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/732020 [Accessed 17 May 2023].

Morton, T. (2010a), *Ecology Without Nature – Rethinking Environmental Aesthetics*, Harvard University Press, Cambridge. [Online] Available at: academia.edu/60761060/Ecology_without_Nature_Rethinking_Environmental_Aesthetics_Timothy_Morton [Accessed 17 May 2023].

Morton, T. (2010b), “Guest Column – Queer Ecology”, in *PMLA*, vol. 125, issue 2, pp. 273-282. [Online] Available at: doi.org/10.1632/pmla.2010.125.2.273 [Accessed 17 May 2023].

Pimm, S. L. and Smith, R. L. (2023), *Ecology, Encyclopaedia Britannica*. [Online] Available at: [britannica.com/science/ecology](https://www.britannica.com/science/ecology) [Accessed 17 May 2023].

Plagemann, V. (2011), *Die Villen des Andrea Palladio*, Ellert & Richter Verlag, Hamburg.

Scalisi, F. and Ness, D. (2022), “Simbiosi tra vegetazione e costruito – Un approccio olistico, sistemico e multilivello | Symbiosis of greenery with built form – A holistic, systems, multi-level approach”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 26-39. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1122_022 [Accessed 17 May 2023].

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (2016), *Berliner Kastenfenster – Instandsetzung, Modernisierung, Austausch*. [Online] Available at: ak-berlin.de/fileadmin/user_upload/Fachthemen_Nachhaltiges_Planen_und_Bauen/Planen_und_Bauen/Kastenfenster-Arbeitshilfe-Maerz2016.pdf [Accessed 17 May 2023].

Sethmann, J. (2016), “Kastendoppelfenster – Die Augen des Berliner Mietshauses”, in *MieterMagazin*, 06/10/2016. [Online] Available at: berliner-mieterverein.de/magazin/online/mm1016/kastendoppelfenster-die-augen-des-berliner-mietshauses-101624.htm [Accessed 17 May 2023].

Simmel, G. (1902), “Der Bildrahmen – Ein ästhetischer Versuch”, in *Der Tag*, n. 541. [Online] Available at: socio.ch/sim/verschiedenes/1902/bildrahmen.htm [Accessed 17 May 2023].

Speidel, M., Kuhnert, N. and Ngo, A.-L. (2012), “Editorial – Tokio – Die Stadt bewohnen”, in *Arch +*, vol. 208, pp. 20-25. [Online] Available at: archplus.net/download/artikel/3871/ [Accessed 17 May 2023].

Teyssot, G. (2013), *A Topology of Everyday Constellations*, MIT Press, Cambridge.

Ulber, M., Mahall, M. and Serbest, A. (2021), “Environments – Actions of Adaptation in Architecture”, in *Loci Communes | International Journal of Studies on Spaces in*

Arts and Humanities, Anthropology and Architecture, vol. 1, issue 1, pp. 1-17. [Online] Available at: doi.org/10.31261/LC.2021.01.04 [Accessed 17 May 2023].

Wilson, C. S. J. (1992), *Architectural Reflections – Studies in the Philosophy and Practice of Architecture*, Butterworth Heinemann.

ARTICLE INFO

Received	19 March 2023
Revised	05 May 2023
Accepted	15 May 2023
Published	30 June 2023

AMBIENTI CULTURALI CON PROSPETTIVE NON SOLO UMANE

Prototipazione attraverso ricerca e formazione

CULTURAL ENVIRONMENTS WITH MORE-THAN-HUMAN PERSPECTIVES

Prototyping through research and training

Marie Davidová, Shany Barath, Susannah Dickinson

ABSTRACT

Il contributo illustra diversi casi studio tra ricerca e progettazione sistemica, mettendo in relazione sistemi ecologici, tecnologici e sociali in una prospettiva 'non solo umana'. La complessità del mondo reale richiede l'impiego di metodi, strumenti e processi digitali che favoriscano la progettazione di ambienti non solo per umani e anche più ecologici, dinamici e interconnessi. Gli Autori sostengono che per raggiungere la giustizia sociale è necessario raggiungere anche quella ambientale in sinergia con il pianeta, Gaia; questo ethos è la cifra dei casi studio illustrati che dimostrano la possibilità di instaurare relazioni tra i sistemi socio-ambientali progettati e/o realizzati e valutano da un lato le azioni necessarie, incluse quelle di contrasto allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili, per rendere la terra abitabile attraverso innovazione e sostenibilità, dall'altro i relativi risvolti per una prassi più inclusiva in termini di ricerca accademica, obiettivi pedagogici e progettualità.

The paper focuses on several systemic research-by-design case studies relating ecological, technological and social systems with a more-than-human perspective. The complexity of the real requires methods that leverage digital tools and processes proposed to enable the design of more ecological, dynamic, interrelated posthuman environments. We argue that to achieve social justice, we must also reach environmental justice and become in synergy with the planet, with Gaia. This ethos is presented in multiple case studies demonstrating the relationships between designed and existing socio and environmental systems, evaluating whether our actions on the Earth and use of non-renewable resources are sustainably innovative and what this means for more inclusive practice, the academy and our pedagogical foci and design methods.

KEYWORDS

post-Anthropocene, prospettiva 'non solo umana', architettura non antropocentrica, design sistemico, cibernetica

post-Anthropocene, more-than-human, non-anthropocentric architecture, systemic design, cybernetics

Marie Davidová, Systemic Designer, is an independent junior research group leader at IntCDC University of Stuttgart (Germany). She is the chair of the Collaborative Collective practice design-research network NGO, a founding and board member of the Systemic Design Association, and a founding member of the Creative Systemic Research Platform Institute. She founded the Systemic Approach to Architectural Performance research by codesign field. E-mail: marie.davidova@intcdc.uni-stuttgart.de

Shany Barath, Architect, is the Director of Disrupt Design Research Laboratory, and an Assistant Professor in the Architecture and Town Planning Faculty at the Technion – Israel Institute of Technology (Israel). Her research focuses on computational design and manufacturing technologies to improve the sustainability and quality of the built environment. E-mail: barathshany@technion.ac.il

Susannah Dickinson, Architect, is an Associate Professor at the University of Arizona (USA) and a co-founder of the Adaptive Environments Design Lab. Her research connects multi-scalar theories of biomimetics and complexity with digital processes and design pedagogy, to bring more life and sustainability into the built environment. Email: srd@arizona.edu



Il paper per il volume sulla Innovability[®] (parte II) – Transizione Ecologica presenta gli esiti di una Tavola Rotonda tenutasi in occasione del Relating Systems Thinking and Design Symposium 2022, durante la quale gli esperti coinvolti hanno discusso del post-Anthropocene ipotizzando che gli umani possano vivere insieme agli altri ‘esseri’ in maggiore simbiosi e valutando le relative implicazioni per il mondo accademico e professionale. Per esseri non umani si intendono quelli riferibili alla natura biotica e abiotica e alle innovazioni tecnologiche come l’intelligenza artificiale o i robot¹. Il saggio affronta quindi il tema postumanista proposto da Donna Haraway (1991) e Bruno Latour (1993) su prototipi e processi di vita reale finalizzati a decentralizzare l’uomo, per renderlo più aperto alle istanze degli altri esseri, e sull’individuazione di percorsi per la sostenibilità.

Sebbene le persone facciamo parte dell’ecosistema spesso le attività antropiche tradiscono questa realtà, innescando meccanismi diretti e indiretti che già oggi portano alla perdita di biodiversità e nel tempo determineranno l’estinzione dell’uomo nell’Anthropocene (Wagler, 2017). Per modificare questa nefasta prospettiva ci vengono in soccorso alcune scienze come l’ecologia della conservazione, che si concentra sulla protezione e sul ripristino della biodiversità in territori naturali incontaminati o degradati, o come l’ecologia della riconciliazione, che studia i modi in cui gli ecosistemi dominati dall’uomo possono essere modificati per favorire altre prospettive oltre a quelle umane (Rosenzweig, 2003), tutte fondate su una visione post-anthropocena di particolare interesse in quanto potenziale supporto sia per la ricerca ecologica che per gli interventi a supporto della biodiversità. L’ambiente costruito non solo copre vaste aree che aumenteranno ulteriormente con l’urbanizzazione globale, ma è legato anche all’industria delle costruzioni che da sola è responsabile di una ingente quantità di emissioni di anidride carbonica (Myhr et alii, 2019).

L’ambiente è dinamico e interconnesso rispetto ai parametri scala e materia e pertanto anche le città e gli insediamenti urbanizzati determinano effetti e impatti che si ripercuotono sul contesto. Gli habitat urbani possono essere considerati dei casi estremi tipici, al pari di altri insediamenti antropici, e hanno un ruolo fondamentale per la sopravvivenza di tutti, non solo degli esseri umani; ad esempio le attività antropiche che insistono su aree cruciali per la migrazione possono costituire un problema a causa della tossicità dei terreni agricoli dovuta a pesticidi, erbicidi, ecc. (Spotswood et alii, 2021). Per progredire in simbiosi con la natura, cioè trovare un equilibrio tra le attività antropiche e i nostri sistemi sociali e gli altri abitanti dell’ecosistema, dobbiamo riconoscere e considerare questa complessa rete di scale e interdipendenze in qualsiasi proposta progettuale di ambiente costruito. La società è organizzata in strutture dicotomiche e la ricerca della conoscenza è generalmente affrontata attraverso le due prospettive, della tecnologia e della natura (Capra, 2015); in questo senso dobbiamo ripensare la relazioni che intercorrono tra gli uomini e gli altri esseri viventi che fanno parte dell’ecosistema che ci sostiene, il nostro posto in questo mondo e il modo in cui creiamo e influenziamo i diversi habitat.

La programmazione delle smart city sta inizian-

do solo ora a fare i conti con i temi dell’accessibilità alla residenza, dell’inclusione digitale e della giustizia sociale. L’elenco delle sfide è piuttosto lungo (Foth, 2017); tuttavia la presa di coscienza della complessità socio-ambientale del periodo in cui viviamo sembra stimolare nuove opportunità per riconoscere valori, doveri ed etica dei non umani; la disciplina del Design può supportare tale cambio di paradigma andando oltre l’esperienza e i bisogni umani, soprattutto alla luce delle attuali crisi ambientali ed economiche.

Per far evolvere gli approcci progettuali è necessario spostare il focus da ciò che è prerogativa umana e contemporaneamente considerare il ruolo e le prospettive dei non-umani (Forlano, 2016). Il tema della convivenza tra esseri diversi (umani, altre specie, IA, robot) è stato ampiamente dibattuto in letteratura e sollevato tra i primi da Donna Haraway (1991) e Bruno Latour (1993); successivi studi sono quelli di bioinformatica a cura dei cibernetici Stafford Beer e Gordon Pask (Pickering, 2009), di Benjamin Bratton (2013) che ha introdotto l’era post-anthropocena ridimensionando la centralità dell’agente umano rispetto al suo operato, di Gregory Bateson (2000) sul legame tra esseri viventi ed ecologia e di Lovelock (2000) con la sua Teoria di Gaia, mentre l’Architettura Non-Anthropocentrica è stata discussa da Hensel (2013).

I casi studio riferiti affrontano questi approcci sia nel mondo reale che nei processi di progettazione architettonica, urbana e del territorio, muovendosi verso un nuovo paradigma tra integrazione di artificiale e naturale, tecnologia e sostenibilità, digitale ed ecologia (Tucci and Ratti, 2022). Molti interventi che adottano questa nuova prassi sono il risultato di ricerche applicate o sperimentali (Scalisi and Ness, 2021) condotte da studi di progettazione come ecoLogicStudio (Valenti and Pasquero, 2021) o Terreform ONE con il Monarch Butterfly Sanctuary di Manhattan a New York che insiste sul percorso migratorio della farfalla monarca e funge da biotopo artificiale (Joachim, Aiolova and Terreform ONE, 2019). Questi esempi emblematici però si concentrano solo su un tipo di specie o soluzione (alghe, farfalle, inverdimenti), mentre i casi di studio presentati nel prosieguo del contributo, sviluppati dagli Autori e dai loro team, coinvolgono uno spettro più ampio di specie.

Metodologia e casi studio | I casi studio che si riportano sono il risultato di una ricerca applicata e adottano un approccio con una prospettiva sistemica (Sevaldson, 2010) in cui il Design è improntato alla ‘cultura materiale’ e alle ‘arti del progettare, inventare, realizzare e fare’ (Cross, 2007), approccio questo che accomuna il modus operandi di tutti gli Autori. Al pari dell’operato di alcuni ricercatori – afferenti a un esiguo numero di Università di diversa nazionalità – armati di eccellenti competenze digitali e di strumentazioni proprie dei ‘makers’ che, a fronte di una progettazione altamente complessa, sono in grado di realizzare manufatti estremamente semplici e per i quali non sono necessarie competenze di produzione e attrezzature costose (Pone, 2022), il contributo illustra alcuni casi studio innovativi, con impiego di tecnologie a basso costo, inclusivi e basati sulle opportunità, la fattibilità e il benessere delle parti interessate. Sebbene i casi studio interessino scale diverse e aree climatiche differenti (Austria, Ger-

mania, Israele, Italia e il deserto di Sonora, a cavallo tra Stati Uniti e Messico), così come vari sono i contesti e le persone coinvolte, è possibile individuare un comune denominatore nell’obiettivo primario del progetto, ovvero mirare all’inclusività e fornire soluzioni rispetto alle specificità locali e ai principi di equità e sostenibilità, aprendo un’ampia gamma di opportunità per la ricerca, l’insegnamento e il coinvolgimento degli utenti. Le differenze riguardano gli obiettivi programmatici specifici e il fatto che alcuni casi studio sono rimasti solo progetti mentre altri sono stati realizzati.

Primo caso studio: interventi COLife, Stoccarda

Il primo gruppo di casi studio fa parte del più ampio progetto in corso COLife e coinvolge il patrimonio edilizio esistente utilizzando prototipi sviluppati e installati su parete e usati come dimostratori per coinvolgere la comunità locale. Si è deciso di lavorare con il patrimonio edilizio esistente perché rappresenta la maggior parte delle città europee; nello specifico, poiché in molte città lo spazio pubblico per sostenere la biodiversità è ridotto, l’installazione del prototipo è avvenuta all’interno di spazi privati e sui balconi.

I casi studio sono assimilabili a prototipi in scala reale (Hensel and Menges, 2006) o a interventi urbani prototipali (Doherty, 2005) e sono parte del cosiddetto ‘laboratorio di co-design della vita reale’, il che significa che vengono sviluppati e progettati per un caso reale in un ambiente reale (Davidová, 2020; Davidová and Zimová, 2021), un approccio questo molto efficiente che adotta una prospettiva non solo umana e genera un ampio coinvolgimento sociale: le realizzazioni aiutano la città a stimolare l’attenzione dei cittadini verso i processi di rigenerazione degli ecosistemi naturali e possono essere anche validi strumenti per una maggiore coesione sociale (Barbero, Giraldo Nohra and Campagnaro, 2022).

I due interventi stimolano il coinvolgimento sociale tramite specifici codici QR riportati sui prototipi che indirizzano al blog² e all’applicazione di citizen science Spot-A-Bee³: mentre il blog riporta le istruzioni d’uso fai da te che gli utenti possono seguire dai loro balconi, grazie alla collaborazione con l’Università di Cardiff l’applicazione Spot-A-Bee consente il riconoscimento tramite immagini delle piante utili alle api e presto consentirà di assegnare specifici punteggi alle prestazioni dell’impollinatore (Davidová et alii, 2022). Il blog, che in futuro potrebbe riversare i propri contenuti in un’applicazione interattiva per smartphone, riporta le istruzioni fai da te delle diverse soluzioni progettuali classificate per tipo di riproduzione: alcune sono facilmente realizzabili da parte di un bambino su un piccolo tavolo da cucina e con materiale trovato nel bosco o nel parco, altre sono rivolte a persone che hanno familiarità con attrezzi e laboratori, altre ancora sono indirizzate alla comunità dei ‘makers’ con accesso al Fablab o addirittura a un robot.

Il primo intervento del progetto COLife è POL-AI (Fig. 1) dove POL sta per impollinazione e AI per intelligenza artificiale. Il santuario POL-AI (Davidová, Fischer and Teye, 2022) è un hotel ‘responsivo’ in legno massello per insetti (Davidová and Prokop, 2018) con relativo giardino per impollinatori; i pannelli divisorii consentono alle singole camere di avere climi diversi per soddisfare le differenti esigenze degli insetti, in altre parole sostengono la biodiversità. La facciata responsiva



Fig. 1 | POL-AI Responsive Solid Wood Sanctuary (credit: G. Koemel, 2022).

in legno massello Ray (Davidová, 2016) è prodotta tagliando il tronco dell'albero in pannelli secondo la sezione longitudinale; grazie alla diversa densità delle fibre sui due lati il pannello si deforma verso il lato sinistro in caso di clima caldo e secco mentre in caso di umidità elevata e basse temperature ritorna alla configurazione iniziale o addirittura si deforma nella direzione opposta: con tali variazioni termoigrometriche il sistema dei pannelli favorisce il ricambio d'aria delle camere.

Il motivo per cui i pannelli si deformano in modo diverso è che provengono da parti diverse del tronco: quelli tagliati a partire dal centro si deformano meno o quasi per niente, mentre quelli più esterni sono molto sensibili alle variazioni di umidità (Hoadley, 1980). La biodiversità viene promossa utilizzando camere di dimensioni ed esposizioni diverse e 'giardini' in cui è messa a dimora una vegetazione autoctona appositamente selezionata per l'esposizione a meridione. Mentre il gruppo di ricercatori sta cercando di addestrare il sistema al riconoscimento delle immagini per registrare il comportamento degli impollinatori, a breve saranno installati dei dispositivi Arduino a bassa tecnologia con sensori utili a registrare l'umidità relativa interna ed esterna, la temperatura e il contenuto di umidità del suolo: allo scopo è stato aperto un blog didattico sperimentale per condividere la fase di progettazione (Fig. 2).

BioDivelIn (Fig. 3) è una seconda installazione sviluppata nel laboratorio didattico che simula gli habitat (con adeguate dimensioni) di specie come pipistrelli, rondoni, piccoli volatili, utilizzando alberghi per insetti (compresi quelli responsivi), vasi per piante e zone per il foraggiamento e il ristoro di volatili, scoiattoli e insetti. Mentre la realizzazione di POL-AI richiede una tecnologia avanzata, ad esempio un braccio robotico e una macchina a controllo numerico, BioDivelIn può essere prodotto in un tradizionale laboratorio di falegnameria o addirittura con gli strumenti che le persone hanno in casa. I BioDivelIn sono stati realizzati in un la-

boratorio di bricolage da giovani di età compresa tra i 12 e i 13 anni (Fig. 4) presso il Dillmann Gymnasium di Stuttgart e i moduli sono stati posizionati sulle recinzioni e sugli alberi, in quanto l'edificio è vincolato. Seguendo le istruzioni fai da te gli utenti hanno potuto scegliere il modulo in base allo spazio disponibile (ad esempio quello del balcone); le piante sono state messe a dimora in primavera in occasione di un evento di giardinaggio promosso tramite una piattaforma (Fig. 5) coinvolgendo la comunità a interagire e a riprodurre i prototipi. Naturalmente per alcune delle installazioni si è reso necessario l'uso di una piattaforma elevatrice.

Secondo caso studio: progetto e produzione multispecie | Il secondo gruppo di casi studio prende in esame la progettazione e la produzione di strutture per facilitare l'insediamento multispecie in un ambiente costruito. Vengono presentati tre progetti di ricerca in corso che si caratterizzano per altrettanti approcci: il primo computazionale richiede competenze di ecologia e di architettura per la progettazione di involucri edilizi, il secondo basato sulla fabbricazione digitale mette in relazione i requisiti ecologici specifici del sito con le geometrie di un sistema di pannellature e il terzo basato sui materiali per integrare processi microbiologici e stampa additiva.

Approccio computazionale – ECOLOPES (acronimo di ECOlogical building enveLOPES) è un progetto di ricerca⁴ HORIZON 2020 finalizzato a rendere disponibili conoscenze di biologia per sviluppare soluzioni capaci di accogliere le esigenze di più abitanti (uomini, piante, animali e microbioti) nelle diverse attività e fasi di progettazione. L'involucro dell'edificio è il punto di partenza per un intervento di progettazione multispecie che media tra gli ambienti interni ed esterni, migliorando le prestazioni dell'edificio e potenzialmente favorisce la colonizzazione di organismi viventi (Mahrous et alii, 2022; Mirzabeigi and Razkenari, 2022).

Sebbene esistano altre ricerche sul miglioramento della biodiversità nell'ambiente costruito (Mata et alii, 2020) la loro influenza ecologica alla scala dell'edificio è piuttosto limitata. L'obiettivo di EcoLopes è introdurre il valore ecologico nella progettazione architettonica (Weisser et alii 2023), attraverso un approccio progettuale basato su un'ampia gamma di conoscenze specialistiche provenienti dai campi dell'architettura, dell'ecologia e dell'informatica.

Poiché la progettazione di involucri edilizi multispecie deve tenere conto in egual misura delle esigenze umane e di quelle di altri organismi viventi (Perini et alii, 2021; Canepa et alii, 2022; Weisser et alii, 2023) la progettazione deve risolvere e mediare eventuali conflitti attraverso un approccio sistemico e oggettivo, per agevolare il processo decisionale. Le attività di ricerca, tutt'ora in corso, impiegano una metodologia del tipo Multi-Criteria Decision-Making – MCDM (Selvan et alii, 2023b) che si basa sull'individuazione di indicatori (KPI) 'nidificati' per misurare le prestazioni architettoniche ed ecologiche in situazioni complesse, appunto come quelle in cui occorre integrare alcuni obiettivi ecologici nella progettazione architettonica (Fig. 6). La metodologia MCDM, integrata con la strategia KPI, è stata implementata in ambiente computazionale e testata su un involucro edilizio generico: i primi risultati hanno confermato il potenziale di questa metodologia integrata consentendo di confrontare e classificare le diverse soluzioni e prestazioni ecologico-architettoniche simulate (Selvan et alii, 2023a).

Approccio basato sulla fabbricazione digitale – Il progetto Subtractive Habitation nasce dall'osservazione di quelle superfici continue, prive di aggetti e impermeabili che caratterizzano la maggior parte degli involucri edilizi e che, a prima vista, sembrano offrire poche possibilità a una colonizzazione multispecie nelle città; tuttavia proprio le loro caratteristiche fisiche possono essere utili per sviluppare nuove soluzioni ecologiche. Mentre sono numerosi gli esempi di habitat verticali artificiali realizzati negli ecosistemi marini (Vozzo et alii, 2021), in ambito architettonico le soluzioni più diffuse impiegano la vegetazione o permettono la colonizzazione di singole specie animali (Joachim, Aiolova and Terreform ONE, 2019; Alton and Ratsnieks, 2020; Meier, Raps and Leistner, 2020). Per ampliare l'abitabilità delle superfici verticali a più specie è importante identificare le specie target rilevanti (Apfelbeck et alii, 2019) selezionando quelle combinazioni di specie uniche che sono proprie della città, ma non si trovano all'interno del loro bioma e proprio per questo sono considerate ecosistemi 'nuovi' (Hobbs et alii, 2006). Esaminare le loro caratteristiche e le condizioni favorevoli al loro insediamento può aiutare a definire gli obiettivi e i criteri di prestazione per gli interventi a supporto della biodiversità.

La progettazione computazionale abbinata a tecniche di produzione avanzata, come la fabbricazione digitale e i macchinari multiassiali, consente di modellare elementi geometrici complessi (Cohen and Barath, 2023) che meglio possono rispondere contemporaneamente alle numerose e specifiche esigenze di specie diverse, sia animali che vegetali. La fabbricazione digitale con metodo sottrattivo ha consentito la produzione di pannelli di Calcestruzzo Aerato Autoclavato (AAC) capaci di rispondere alle esigenze ecologiche specifiche

del sito (Fig. 7) e con le caratteristiche di leggerezza, resistenza al fuoco, isolamento termico e acustico nonché facilità di taglio, lavorazione e riutilizzo. (Kalpana and Mohith, 2020). Gli elevati gradi di porosità aperta, la superficie ruvida e la sensibilità ai processi naturali di carbonatazione, in seguito ai quali il suo PH si stabilizza alla neutralità, accrescono la sua bio-ricettività, cioè la capacità del materiale da costruzione di essere colonizzato da organismi viventi (Guillitte, 1995).

Mettendo a sistema le conoscenze del gruppo di lavoro nei settori dell'architettura, del design industriale, dell'ecologia urbana e della fabbricazione digitale, attraverso una serie di indagini sulla fauna selvatica e osservazioni sul campo, si è individuata una porzione di muro (3 m x 12 m) in un giardino ecologico urbano, nel quale rintracciare una serie di specie target rappresentative di colonizzatori pionieri, piante vascolari superiori, insetti, rettili, piccoli mammiferi e uccelli. Gli elementi geometrici identificati che soddisfano i requisiti di habitat delle specie target sono stati modellati parametricamente e distribuiti in base a potenziali posizioni favorevoli per gruppi di specie (ad esempio, per uccelli che nidificano oltre una determinata altezza o per alcune specie che potrebbero aver bisogno di maggiore di spazi più isolati).

Gli strumenti parametrici hanno permesso di

sperimentare molteplici configurazioni dell'intera parete e una partitura con pannelli che alle diverse fasce verticali presentano caratteristiche differenti mentre la fresatura robotizzata a cinque assi ha consentito un'ampia libertà nella realizzazione di elementi geometricamente complessi, come cavità, fessure e aggetti a uso delle specie target selezionate (Fig. 7). Terminata la fase di prototipazione si procederà con l'installazione dei pannelli e si valuterà la sua bioricettività che sarà di supporto nello sviluppo di linee guida progettuali e su come le caratteristiche fisiche possono influenzare la colonizzazione di più specie.

Approccio basato sui materiali: biomanufacturing di prototipi con cianobatteri – Una prospettiva multispecie può essere raggiunta anche integrando organismi viventi nel processo costruttivo e producendo materiali con proprietà biologiche come lo stoccaggio dell'anidride carbonica, la biodegradabilità e l'adattabilità all'ambiente (Qiu et alii, 2021). Attualmente la produzione della gran parte dei materiali da costruzione svolge un ruolo significativo nel depauperamento ambientale e dell'ecosistema, soprattutto se consideriamo cemento e calcestruzzo che da soli sono responsabili dell'8% delle emissioni annuali di gas serra a livello mondiale e contribuiscono all'aumento dei rifiuti industriali (Nature Board, 2021).

Analogamente ad altre attività di ricerca applicata e sperimentale su organismi viventi come alghe e miceli (Valenti and Pasquero, 2021) il gruppo di lavoro ha preso in esame i cianobatteri fotosintetici mettendo a punto un processo di co-fabbricazione multispecie capace di dosare, con strumenti robotici, il deposito di una biomiscela e la Precipitazione Carbonatica Microbica (MCP), denominati 'deposito batterico' (Fig. 8; Armaly et alii, 2023). Quindi mentre l'MCP, all'interno dei suoli bio-mediati, riduce lo spazio dei pori tra le particelle di sabbia legandole attraverso la precipitazione di calcite (DeJong et alii, 2010), i cianobatteri producono minerali di carbonato sotto forma di cristalli di calcite (CaCO_3) catturando e convertendo CO_2 attraverso i processi di fotosintesi (Kamennaya et alii, 2012). La natura fotosintetica dei batteri ben si adatta alla fabbricazione additiva che consente di stampare strutture porose di grande superficie da esporre alla luce per consentire l'aumento di MCP (Armaly et alii, 2023). Sfruttando la consolidata relazione tra l'attività dei cianobatteri e la stabilità del suolo, lo stoccaggio del carbonio e la forma geometrica sono stati selezionati per la sperimentazione di due ceppi di altrettanti generi di cianobatteri (Synechococcus sp. ceppo PCC 7002 e Synechocystis sp. ceppo PCC 6803; Fig. 9).



Fig. 2 | CoDesign Workshop (credit: M. Davidová, 2022).

Fig. 3 | BioDiveIn (credit: H. Behnam, 2023).

Fig. 4 | BioDiveIn DIY Workshop at Dillmann Gymnasium in Stuttgart (credit: H. Behnam, 2023).

Fig. 5 | BioDiveIn Gardening Event and Opening in Stuttgart (credit: H. Behnam, 2023).

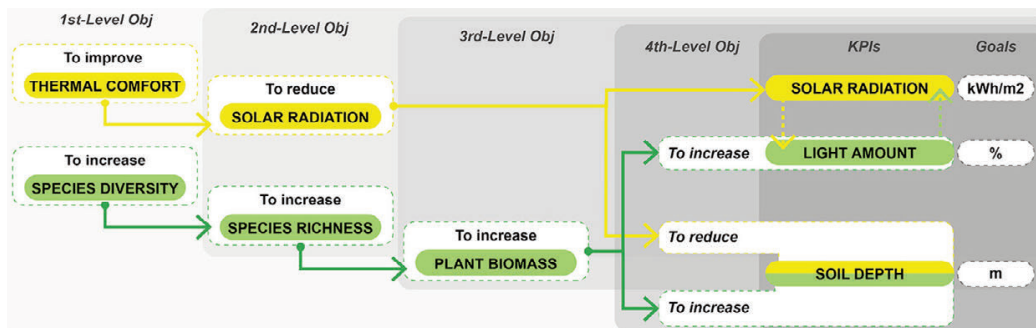


Fig. 6 | An example of nested key performance indicators (KPIs) to evaluate first-level architectural (yellow) and ecological (green) objectives (source: Selvan et alii, 2023a).

Fig. 7 | Computer-Aided Design (CAD) to Computer-Aided Manufacturing (CAM) workflow; Identified geometric features catering to the target species habitat requirements are fabricated on AAC (Autoclaved Aerated Concrete) panels (credits: S. Barath, D. Metcalfe, R. Fogel, 2022).



Per trovare la corretta relazione tra requisiti biologici e soluzioni architettoniche nel processo di co-fabbricazione additiva è quindi necessario introdurre gli architetti ai processi microbiologici. Questo insieme di conoscenze ha consentito al gruppo di lavoro di definire alcuni protocolli, rivolti ai progettisti, per la crescita e la proliferazione delle cellule e per facilitare le attività di manutenzione (Fig. 10). È stata infatti sviluppata una bio-miscela che può funzionare contemporaneamente alla scala biologica, come habitat dei batteri per un microambiente biocompatibile, e alla scala architettonica, tramite la stampa digitale, composta da sabbia di quarzo, agar con una soluzione nutritiva e cianobatteri, migliorando la solidificazione dei componenti architettonici additivati con la deposizione batterica.

Terzo caso studio: interventi di confine, il deserto di Sonora | Il terzo gruppo dei casi studio riguarda due progetti di Climate Change and Design, temi di altrettanti Laboratori, uno facoltativo l'altro obbligatorio, del Master of Science in Architecture dell'Università dell'Arizona, nei quali l'orientamento teorico fa riferimento al postumanesimo, alla teoria della complessità e ai processi ecologici e dei confini. La sperimentazione progettuale è fatta nel deserto di Sonora, a cavallo tra Stati Uniti e Messico; è luogo comune che i deserti siano regioni desolate e sterili, prive di acqua e di alberi e in generale di ogni forma di vita, quindi i partecipanti iniziano fin dalle prime ore del corso a capire quanto questo preconcepito sia infondato: il Sonora è uno dei quattro principali deserti del Nord America, ma l'unico a livello globale con due stagioni di pioggia, il che spiega in parte la straordinaria e ricca vita biotica di questo particolare bioma arido che vanta oltre 2.000 specie di piante, metà delle quali di origine tropicale (Dimmitt, 2020). Degne di nota sono anche storia e cultura dei nativi americani, al di là del colonialismo europeo che spesso è stato privilegiato nei libri (Henni, 2022).

Le attività antropiche sono state le principali responsabili della desertificazione della regione: ridistribuzione dell'acqua ed espansione agricola da un lato ed estrazione di minerali dall'altro tendono a distruggere le comunità biotiche piuttosto che lavorare in simbiosi con l'ambiente. Le criticità dell'area sono state rilevate dallo United States Geological Survey che, nei suoi numerosi Rapporti, ha identificato le prossime sfide da affron-

tare in materia di ecologia, risorse idriche, ambiente e salute umana, attività antropica, risorse energetiche e minerarie, rischi naturali e sicurezza delle frontiere (Fitzpatrick et alii, 2013).

Per affrontare il tema, innovando in modo significativo e sostenibile, è necessario anche in questo caso un approccio tutt'altro che antropocentrico. Le tecnologie digitali e l'IA possono aiutare a comprendere la complessità del sito di intervento fornendo ulteriori strumenti rispetto a quelli più tradizionali di progettazione e analisi, come le mappe tematiche e i diagrammi, comunque necessari. Si potranno quindi acquisire tutti quei dati che sono ormai accessibili, dai big data alle immagini satellitari e così via, ma rimane la necessità di mettere a punto un complesso processo digitale di editing che consenta un'analisi sistemica di tutte le informazioni.

La qualità, l'origine e la tipologia delle informazioni da analizzare sono fondamentali: i giovani designer riescono a reperire anche quelle spesso poco accessibili e diffuse su disuguaglianze ambientali e sociali, prevaricazioni perpretate nel periodo coloniale sui nativi e orientamenti della politica, rendendo visibile quell'invisibile che spesso rappresenta un limite per le attività di ricerca. I ricercatori e i progettisti devono maturare quindi adeguate capacità per reperire e sistemizzare anche dati e immagini del passato affinché sia possibile ipotizzare scenari a lungo termine (Weizman, 2018). A tal fine sono state sviluppate diverse metodologie progettuali, teorizzati nuovi valori e messi a punto strumenti dinamici, tra cui il GIS (Geographic Information Systems) e software parametrici, discussi in pubblicazioni sulla teoria della complessità (Dickinson, 2021), sulla pedagogia, sugli strumenti digitali, sulla progettazione fondata su 'discipline altre' e sulla ricerca sul campo (Dickinson and Ida, 2021), riferibili a studi già consolidati tra cui quelli di Kiel Moe e del Santa Fe Institute.⁵

Nel primo caso studio Asif Zeshan ha indagato la condizione del muro di confine nelle città di Calexico (California) e Mexicali (Baja, Messico) da una prospettiva 'non umana', esplorandone le potenzialità per specie ed elementi naturali diversi. La ricerca ha evidenziato che, al di là del divario socio-politico ed economico dei due Stati, i sistemi produttivi locali dell'agricoltura e dell'industria hanno determinato uno scenario catastrofico per la biodiversità e la qualità dell'aria e dell'acqua. Poiché dal punto di vista politico sarebbe stato ingenuo proporre l'abbattimento del muro, si è

optato per alcune puntuali modifiche e adattamenti finalizzati a promuovere la convivenza tra i sistemi biotici e abiotici che lo circondano. Ad esempio nelle aree ad alto inquinamento atmosferico è stata prevista la presenza di pannelli con alghe per purificare l'aria, mentre laddove la presenza antropica è rilevante è stato ipotizzato di installare dei pannelli, da sviluppare con la prossima generazione di intelligenza artificiale, che si adattano cineticamente alle sensazioni umane (Fig. 11).

Per il secondo progetto Clarissa Becerril e Gregory Veitch hanno scelto di concentrarsi sulla comunità dei nativi americani Tohono O'odham, insediata a cavallo del confine tra Arizona (USA) e Sonora (Messico), in una zona del deserto di Sonora molto ricca dal punto di vista ecologico e culturale (Greenwald et alii, 2017). Lungo la linea di confine sono presenti delle Torri Permanenti Integrate (IFT) realizzate perché la comunità locale si è rifiutata di costruire una recinzione per i pedoni alta circa nove metri piedi in sostituzione della barriera per veicoli alta circa 1,80 metri⁶. Prima delle attività progettuali le mappature, che erano restituite su singoli layer nel GIS online, contenevano alcuni dati sulle condizioni ecologiche e umane di confine (Fig. 12).

Le attività di ricerca su quest'area hanno consentito di comprendere che la relazione tra i Tohono O'odham, il cactus saguaro e il pipistrello impollinatore dal naso più corto e le relative criticità per la ricchezza ecologica dell'area, insieme al percorso migratorio del volatile, non erano stati adeguatamente restituiti su mappe tematiche. Attraverso ricerche desk e sul campo sui Campi Elettrici e Magnetici (CEM) delle IFT si è proceduto a simulare il loro potenziale impatto sui percorsi migratori dei pipistrelli (Fig. 13) e a formulare una proposta progettuale caratterizzata dalla presenza di un'architettura in grado di monitorare e registrare la relazione tra l'uomo, i saguari e i pipistrelli, mettendo a sistema i valori e le pratiche culturali della comunità locale con le più recenti tecnologie di osservazione e monitoraggio. Si è fatto riferimento a un sistema costruttivo semplice, intelaiato e tradizionale, con materiali locali e sensori per il monitoraggio in aree lontane dal raggio di interferenza delle IFT e delle pattuglie di frontiera degli Stati Uniti. La progettazione è stata sviluppata seguendo i principi dei sistemi complessi, discretizzando cioè forme e soluzioni, riportandole a elementi semplici poi combinati e assemblati sul

campo con le tecniche tradizionali (Mitchell, 2011; Moe, 2013; Fig. 14).

L'obiettivo del progetto è fornire alla comunità le informazioni sugli impatti ecologici necessarie a supportare decisioni consapevoli per la salvaguardia e lo sviluppo della riserva, attraverso installazioni che, all'interno di questo paesaggio post-antropoceno, riescano a valorizzare contemporaneamente le caratteristiche naturali, la vita degli altri esseri viventi, la cultura locale e le tecnologie innovative (Fig. 15).

Un tale approccio è fondamentale per comprendere l'ecologia in chiave multiscale, dalla dimensione molecolare a quella territoriale (Ibañez, Hutton and Moe, 2019), ma allo stesso tempo è importante per attivare una progettazione più inclusiva (a doppio senso), processi più flessibili e strategie del tipo bottom-up con una maggiore interattività e adattabilità a più utenti e ambienti (Tramontin, 2006; Armstrong, 2018). La biomimetica e i sistemi abiotici naturali possono insegnarci molte cose, ad esempio con quali modalità le piante sopravvivono e conservano l'acqua in climi estremi come quello del deserto di Sonoran; nel caso di specie anche i modi di vivere e le pratiche delle popolazioni indigene e pre-coloniali, che erano spesso in sintonia con l'ambiente, hanno potuto fornire preziose indicazioni per il progetto. Non essendo possibile avere un'unica risposta a questioni complesse differenti, è necessario approfondire la conoscenza del reale per livelli e fasi di apprendimento successivi.

Discussione e conclusioni | I casi studio presentati impiegano approcci metodologici differenti per raggiungere il medesimo obiettivo, ovvero una maggiore inclusività e innovazione per andare verso un futuro più sostenibile, realizzabile decentralizzando l'uomo dal sistema di valori del progettista e acquisendo coscienza delle molteplici relazioni esistenti tra l'uomo e gli altri esseri viventi. Questi ultimi possono anche svolgere un ruolo attivo nel processo di progettazione, anche tramite l'intelligenza artificiale, e contribuire a realizzare un mondo improntato all'etica della diversità: soluzioni e prospettive multiple si fondano così, nel senso più ampio possibile, su conoscenza e tecnologia, da quella più innovativa a quella più tradizionale. È chiaro che occorre superare il pregiudizio di vedere il mondo attraverso una lente antropocentrica, fare autocritica ed essere disposti all'apprendimento permanente (soprattutto per chi lavora nell'accademia), verificando continuamente le ipotesi e gli scenari futuri in chiave etica.

Attraverso casi studio che tengono in considerazione le caratteristiche locali, i microclimi e gli abitanti, il contributo presenta una strategia di progettazione sistemica multicentrica con una prospettiva che non interessa più solo l'uomo ma mira alla simbiosi tra più esseri (viventi o non viventi, compresi gli esseri umani), trasferibile in luoghi che hanno specificità e caratteristiche diverse. La strategia è supportata dalle potenzialità della fab-

bricazione digitale, che supera i limiti della produzione industriale in serie, da tecnologie più tradizionali, da una progettazione partecipata e dall'interazione con gli utenti attraverso istruzioni fai da te, laboratori locali e applicazioni mobili per le comunità dei 'maker'. Tutto ciò conduce verso l'era post-antropoceno (Bratton, 2013, 2019) nella quale persone e altri esseri convivono in simbiosi valorizzando la reciproca diversità (Davidová and Zavoleas, 2020).

Diversi sono gli appelli a un cambiamento di prospettiva radicale e tra questi quelli di Fridays for Future, Extinction Rebellion, The Last Generation che richiamano come, in un mondo complesso nel quale giustizia sociale e ambientale sono strettamente dipendenti (McIntyre-Mills, 2014; Haase, 2017), il futuro dell'intero ecosistema debba essere di tipo simbiotico, inclusivo e transdisciplinare, capace di comprendere in profondità e a più livelli le differenze e le sfumature degli attori che popolano la Terra. Le strategie illustrate, trasferibili anche al settore edilizio e implementabili da politiche pubbliche, sono già realizzabili con il coinvolgimento dei cittadini attraverso interventi di ristrutturazione e riqualificazione di edifici o sul balcone di casa tramite le semplici istruzioni del fai da te; una diffusa applicazione delle strategie citate potrà produrre positivi risvolti socio-economici per una maggiore salubrità e vivibilità degli insediamenti urbani, aumentando contestualmente il valore economico delle proprietà, del quartiere e della città.

otic nature, and our technological innovations such as Artificial Intelligence or robots¹. The essay is bringing the posthumanist discourse started with Donna Haraway (1991) and Bruno Latour (1993) into real-life prototypes and processes as a way of decentering the human to be more inclusive of others to find more sustainable paths forwards. Humans are part of the environment's overall ecosystem; however, recent human activity does not often reflect this, which has led to increased biodiversity loss and Anthropocene Extinction (Wagler, 2017). While some fields, such as conservation ecology, focus on the protection and restoration of biodiversity in pristine or degraded natural territories, others, such as reconciliation ecology, look at ways through which human-dominated ecosystems can be modified to encourage more-than-human perspectives (Rosenzweig, 2003). This post-Anthropocene perspective is of particular interest for the built environment as a potential facilitator for both ecological research and bio-enhancing interventions. The built environment not only covers vast areas, which will increase as the world urbanises, but it also reinforces a construction industry that is responsible for substantial emissions of carbon dioxide (Myhr et alii, 2019).

The environment is dynamic and interrelated in scale and matter; cities and urban environments have effects, impacts and connections to their surrounding environments. Urban habitats are typically the extremes of our anthropocentric interventions and are critical to the survival of all, not only for humans. For example, they are often located on critical migration paths, which are becoming increasingly strained as agricultural lands become toxic by pesticides, herbicides, etc. (Spotswood et alii, 2021). This complex web of scale and interdependencies needs to be addressed and acknowledged in our design proposals for the built environment if we are to move forward in a more synergetic nature, this means connecting our social activities and systems with those of the rest of the environment around us.

This submission for the Innovability[®] (part II) – Ecological Transition issue develops a panel discussion at the Relating Systems Thinking and Design Symposium 2022. The panel discussed the post-Anthropocene, where we speculated on how humans and other beings could live together in greater synergy and what this means for the academy and practice. These other beings are other than the human species, including biotic and abi-

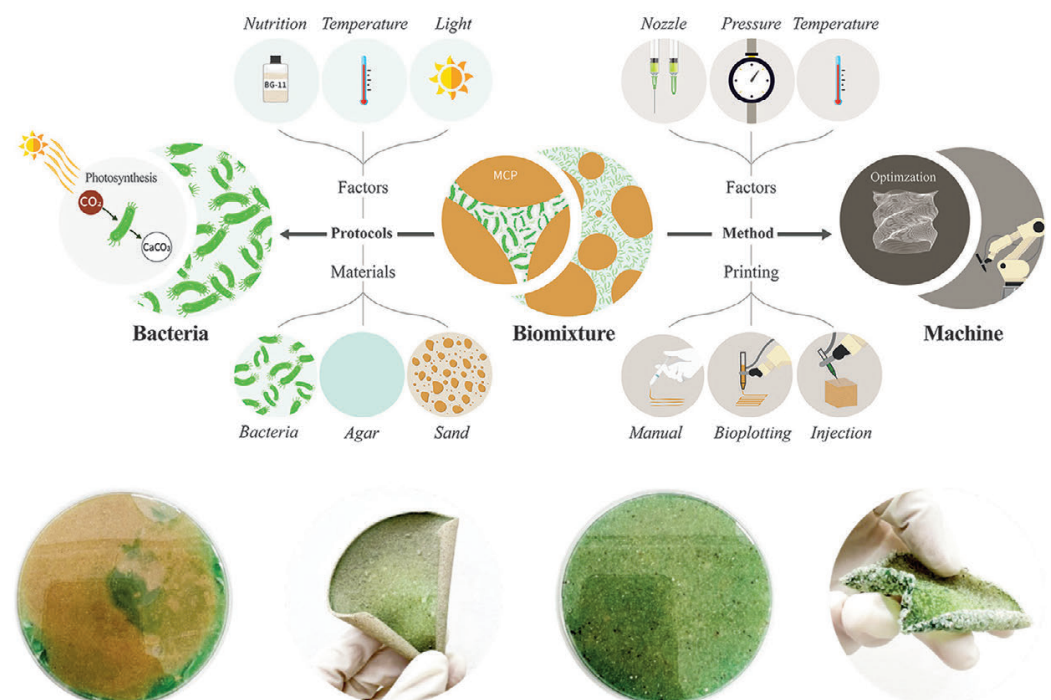


Fig. 8 | Co-fabrication diagram correlating biological and architectural requirements within an additive printing process (source: Armaly et alii, 2023).

Fig. 9 | Comparison of spatial cell distribution and solidification of selected strain within quartz sand and thin sand (source: Armaly et alii, 2023).



Fig. 10 | Developing material protocols within the design biolab (credit: S. Barath, P. Armaly, 2023).

Human society remains in dichotomous structures. The search for knowledge has been generally approached through two perspectives, either technological or natural (Capra, 2015). If we are to acknowledge the interconnected web of life and the more-than-human ecosystem that sustains us, we need to radically rethink not only our place in this world but the way we create and impact urban habitats. So far, the smart city agenda is only starting to come to terms with issues of housing affordability, digital inclusion, and social justice. However, the list of challenges does not end there (Foth, 2017). Given the socio-technical complexity of the current period and the enthusiasm for design, it would seem that we have more opportunities to delegate values, duties, and ethics to nonhumans. It is increasingly important for the field of design to find ways to move beyond human needs and the human experience of the world, particularly in light of environmental and economic crises.

One way of evolving design methodologies is to decentre the human and simultaneously consider the role(s) and perspectives of nonhumans (Forlano, 2016). The discussion of coliving amongst different beings (humans, other species, AI, robots) has been brought up by Dona Haraway (1991) and Bruno Latour (1993). Biological computing was investigated by cyberneticians Stafford Beer and Gordon Pask (Pickering, 2009). Benjamin Bratton (2013) introduced the post-Anthropocene era as articulation in advance of the displacement of the human agent from the subjective centre of its operations. Whilst the connection of natural beings on our planet concerning ecology has been discussed by cybernetician Gregory Bateson (2000) or by Gaia Theory (Lovelock, 2000), Non-Anthropocentric Architecture has been discussed by Hensel (2013).

The discussed case studies are bringing these concepts into the real world and design processes. The new urban and territorial approach is moving towards a new paradigm of integration between artificial and natural, technology and sustainability, digital and ecology (Tucci and Ratti, 2022). Many intervention cases towards increasing urban connectivity have been presented by research by design practices, such as ecoLogicStudio (Scalisi and Ness, 2021) or Monarch But-

terfly Sanctuary designed for Manhattan, New York by Terreform|ONE. That one is located on the monarch butterfly's migratory path and serves as an artificial biotope (Joachim, Aiolova and Terreform ONE, 2019). These examples, however, focus only on one type of species (greenery, algae, butterfly). The presented case studies developed by the authors and their teams focus on a wider biodiversity.

Methodology and case studies | The methodology of the following examples takes the approach of research by design, which is approached through a systemic perspective (Sevaldson, 2010). Design encompasses the appreciation of 'material culture' and the application of 'the arts of planning, inventing, making and doing' (Cross, 2007). This is what is common to the authors. A handful of researchers in a select number of universities, armed with extraordinary digital skills and maker-type instrumentation, are creating new experimental constructions and models in which highly complex design is combined with sometimes extremely simple construction, which do not necessarily require the manufacturing skills and expensive equipment that populate traditional construction sites (Pone, 2022). This paper shows how both advanced and low-tech case studies can also be combined; it, therefore, suggests inclusive proposals based on the stakeholders' opportunities, viability and well-being.

The case studies present multiple examples in different scales and climatic environments; Austria, Germany, Israel, Italy and the Sonoran Desert, USA and Mexico. The variety of locations including users, helps highlight some of the similarities in approach: all of which aim to be more inclusive and layered to issues of local diversity, equity and sustainability. The case studies also highlight a large range of opportunities in design research from pedagogy to large research teams to community-based design projects. The differences relate more to the specifics of the different geo-locations, scales and foci of the projects and design and construction phases, i.e. whether they are hypothetical design projects or built.

Case study one: COLife interventions, Stuttgart | The two following interventions from the work-in-progress project COLife are dealing with existing building stock. They are installed on the selected wall as prototypes as well as demonstrators to engage social systems. The idea behind working with existing building stock is clear. The majority of cities in Europe are already built. Instead of tearing down and building new buildings, the project argues for adapting existing architecture to current needs. In many cities, there is not much space to support biodiversity in public spaces. Therefore, the project suggests interventions in architectural boundaries and semi-interior spaces, such as balconies.

The following discussed work involves full-scale prototyping (Hensel and Menges, 2006) and prototypical urban interventions (Doherty, 2005). These interventions are placed in a so-called 'real-life codesign laboratory', which means that they are codesigned in real life with their real-life environments (Davidová, 2020; Davidová and Zimová, 2021). The real-life codesign laboratory is a very efficient way of codesigning with a more-

than-human perspective. However, it also very importantly generates engagement in human social systems. Such realisations in real life help the city to solicit the attention of citizens toward the idea that regeneration processes of natural ecosystems, and can also be valuable devices for greater social cohesion (Barbero, Giraldo Nohra and Campagnaro, 2022).

As mentioned, the following interventions are also demonstrators of social engagement. They have attached QR codes that lead to blog² and the citizen science application Spot-A-Bee³. The blog publishes DIY recipes that people can reproduce for their balconies. Thanks to the collaboration with Cardiff University, the Spot-A-Bee application collects images of pollinators' pollination for image recognition. This is to be experimented on by assigning value to the pollinator's performance and future multispecies economy (Davidová et alii, 2022). The blog covers several DIY recipes with different difficulties of reproduction. Some recipes could be reproduced with a material you find in the forest or park by a small child on the kitchen table; some address handy people with tools and possibly a workshop; some address makers' community with access to Fablab or even a robot, all of this should be synchronised in one interactive mobile application in the future.

POL-AI (Fig. 1) is the first intervention of project COLife. POL stands for pollination and AI for artificial intelligence. POL-AI sanctuary (Davidová, Fischer and Teye, 2022) is a responsive solid wood insect hotel (Davidová and Prokop, 2018) and pollinators garden. Thanks to the different panels' responsivity, different chambers in the hotel have different climates. This supports insects' biodiversity, as different species have different climatic preferences. The insect hotel uses a concept of responsive solid wood façade Ray (Davidová, 2016). The solid tree trunk is cut for panels in the tangential section. Thanks to the different densities of the fibre on the left and right sides of the panel, the panel warps towards the left side in hot and dry weather. In high humidity and low temperature, the panel narrows again or even warps in the opposite direction. Thus, the panelling is airing the chambers.

The reason why the panels warp differently is that they are from different positions of the tree trunk; the panels cut from the centre of the tree trunk warp less or almost not at all, whilst the panels from the edge of the tree trunk are very reactive (Hoadley, 1980). In addition, we promote diversity by using different sizes and angles of the chambers, which provide a diversity of sun exposure. The prototype itself involves pollinators' gardens of local edible species for all. It covers several local herbs specially selected for south wall orientation exposure. We are trying to train image recognition for registering the pollinators' activity. Also, low-tech Arduino robots with different sensors for registering inner and outer relative humidity and temperature, and soil moisture content will be soon installed. An experimental training blog was involved in codesigning the installation (Fig. 2).

BioDiveIn (Fig. 3) is a second, current installation developed through experimental studio training. The installation covers several species' habitats, such as bats, swifts, small birds, insect hotels (including responsive ones), diverse plant pots, bird and squirrel feeders and water pools for

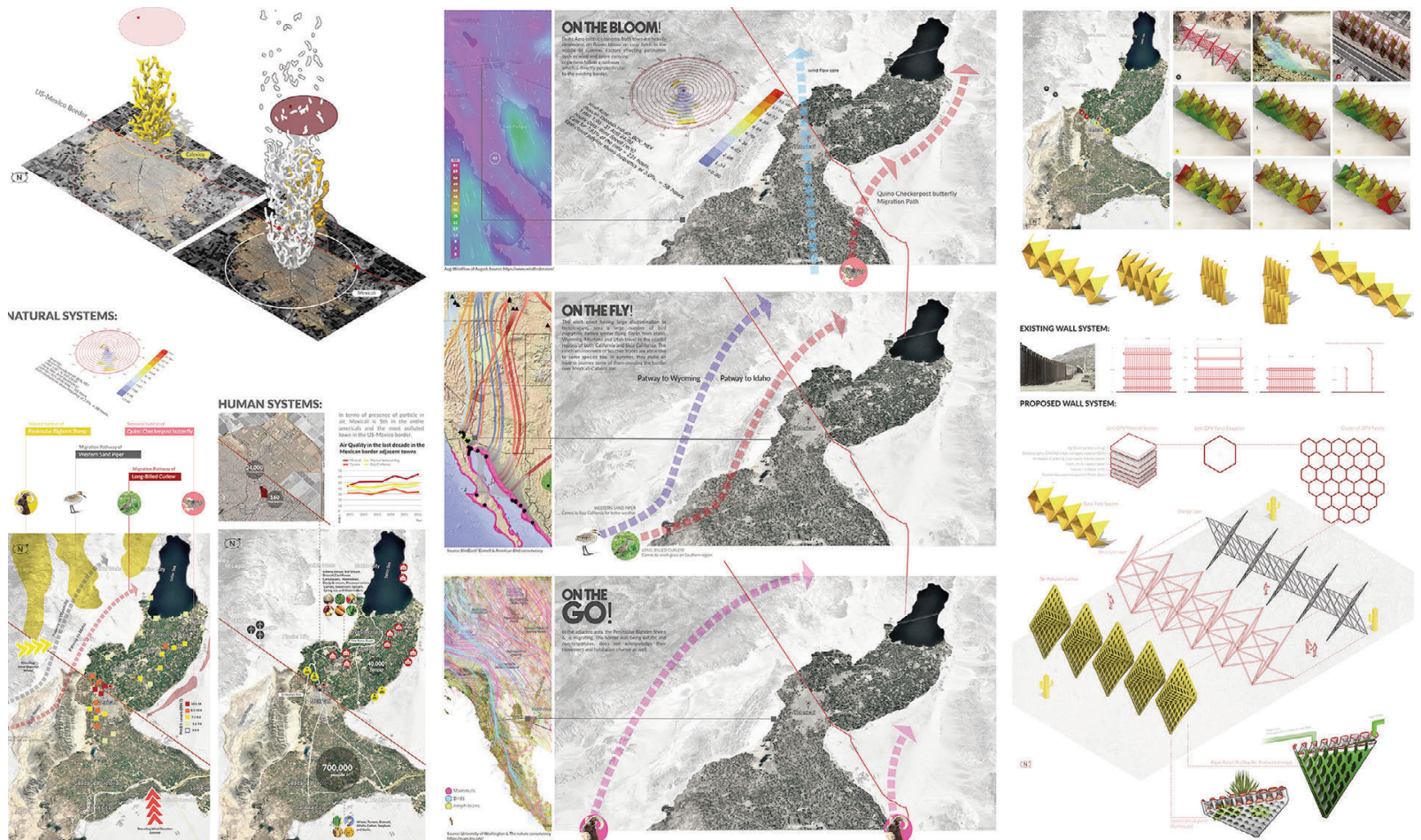


Fig. 11 | Studies showing mapping various natural and human systems with proposed adaptable border wall (credit: A. Zeshan, 2022).

birds and insects. Different species require different designs, heights and distances from each other. Whilst POL-AI requires advanced technology for prototyping, such as a robotic arm and CNC, BioDiveln could be produced in a traditional carpenter workshop or even with tools people have at home.

A local DIY workshop was performed at the local Dillmann Gymnasium with learners aged between 12 and 13 years (Fig. 4). The modules were placed on their fences and trees, as the building itself is protected. DIY users were able to choose a single module based on the height of their location (the height of the balcony, for example); this information was provided. Afterwards, plants were planted at the prototype opening this spring as a gardening event with a platform (Fig. 5), engaging the community to interact and possibly reproduce the recipes. Of course, a moving platform was necessary for some of our installations.

Case study two: multispecies design and manufacturing | The second group of case studies examines multispecies design and manufacturing frameworks for the built environment. Three ongoing research projects are presented: a computational approach of ecological and architectural synergies for designing buildings envelopes, a manufacturing approach correlating site-specific ecological requirements within fabricated geometries for a panelling system, and a material approach integrating microbiological processes within an additive co-fabrication workflow.

Computational approach – ECOLOPES (ECO-

logical building envelope) is a HORIZON 2020 research project⁴ that aims to make ecological knowledge available for architectural design and enable the understanding of trade-offs between the needs of multiple inhabitants, i.e., humans, plants, animals, and microbiota, within the design process. It proposes the building envelope as a starting point for multispecies design intervention as they are significant in mediating indoor and outdoor environments, enhancing building performance, and potentially supporting the colonisation of living organisms (Mahrouss et alii, 2022; Mirzabeigi and Razkenari, 2022). Although research on improving biodiversity in the built environment exists (Mata et alii, 2020), ecological influence at the building scale is limited. Therefore, this multispecies design framework aims to introduce ecological value into architectural design solutions (Weisser et alii, 2023). In the Ecologies, this involves the development of a computational design approach based on a wide range of expert knowledge from the fields of architecture, ecology, and computer science.

As multispecies building envelope design should equally account for human requirements and the requirements of other living organisms (Perini et alii, 2021; Canepa et alii, 2022; Weisser et alii, 2023), accounting for conflicting design criteria through a systematic and objective approach to decision-making is necessary. In this ongoing research, computational Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methodology is developed to support multispecies building envelope designs (Selvan et alii, 2023b).

The methodology outlines a nested Key Performance Indicators (KPIs) strategy to measure architectural and ecological performances that address the complexity of evaluating ecological objectives in architectural design (Fig. 6). The proposed MCDM methodology integrated with the KPI strategy was implemented in a computational environment and tested on a generic building envelope. Initial results showcase the potential of employing MCDM in a parametric environment to evaluate architectural and ecological performances of envelope design alternatives and rank the resulting optimised design solutions (Selvan et alii, 2023a).

Manufacturing approach – The Subtractive Habitation project originates from the smooth, flat, and impermeable surfaces, which predominantly characterise buildings and afford the little possibility for multispecies colonisation in cities. At the same time, physical features could be key to attributing such surfaces with new affordances. While there are multiple examples of artificially manufactured vertical habitats in marine ecosystems (Vozzo et alii, 2021), architectural approaches to enhancing ecosystems focus primarily on vegetation or singular animal species (Joachim, Aiolova and Terreform ONE, 2019; Alton and Ratnieks, 2020; Meier, Raps and Leistner, 2020). To enable the inhabitation of vertical surfaces by multispecies, it is important to identify relevant target species (Apfelbeck et alii, 2019). Cities possess unique species combinations which do not occur otherwise within their given biome and are considered 'novel' ecosystems (Hobbs et alii, 2006).

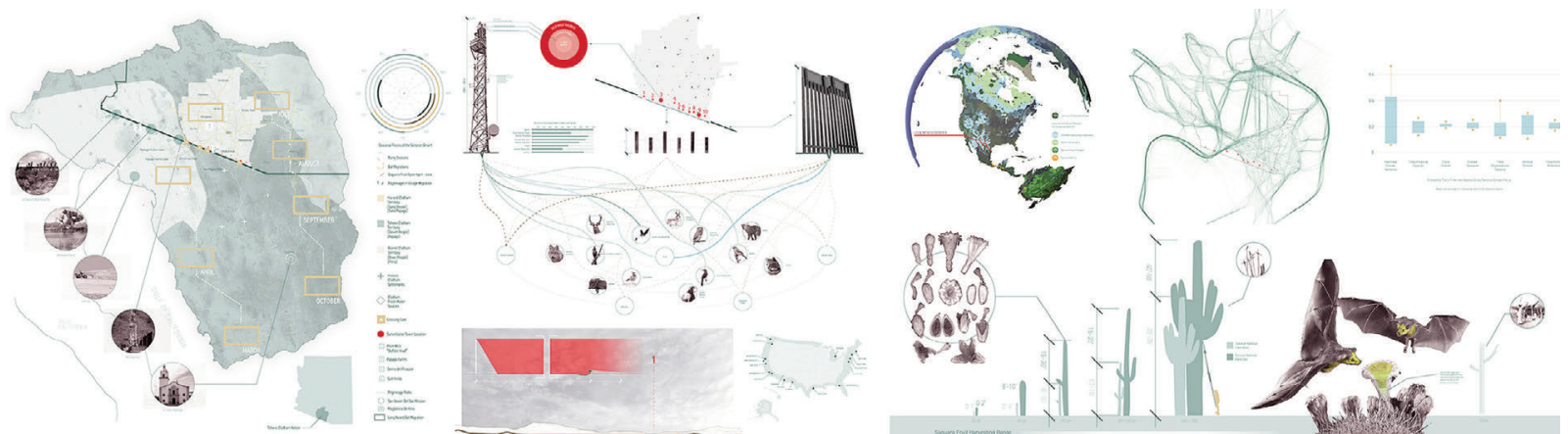
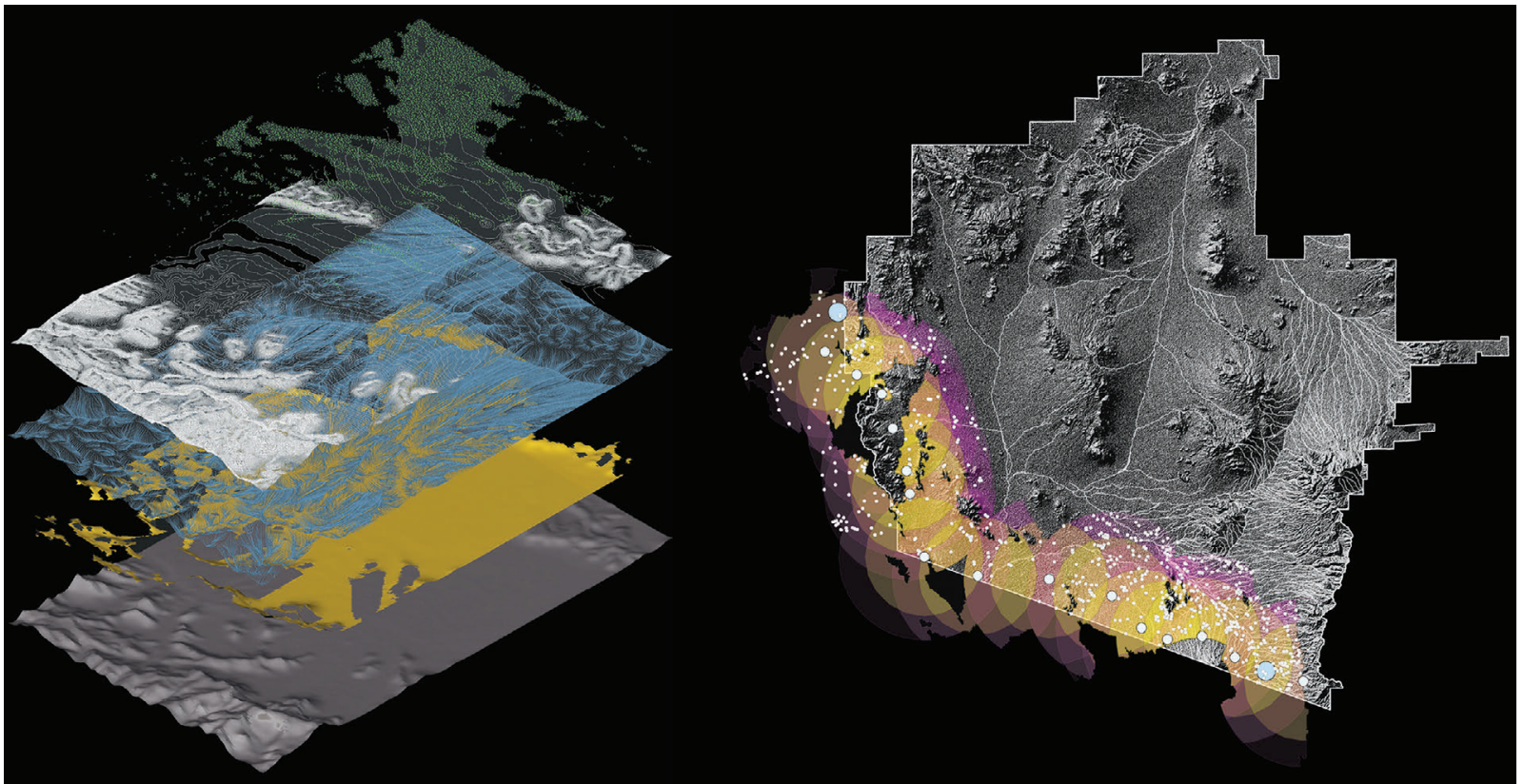


Fig. 12 | GIS layers and mappings relating to ecological and human border conditions (credit: C. Becerril and G. Veitch, 2022).

Fig. 13 | Mappings of areas of cultural importance, Integrated Fixed Towers (IFT) and Electric and Magnetic Fields (EMF) fields and Bat/Saguaro relationships (credit: C. Becerril and G. Veitch, 2022).

Examining their traits and the conditions which are advantageous to their establishment can help define relevant objectives and performance criteria for bio-enhancing interventions.

Computational design tools coupled with advanced manufacturing techniques such as robotic fabrication allow for the modelling of articulated geometrical features and their translation to physical form with multi-axis freedom (Cohen and Barath, 2023). This enables integrating potential ecological inputs, such as animal shelter specification through the manufacturing of articulated geometries advantageous for numerous animal and plant species.

Subtractive robotic manufacturing methods were tested on Autoclaved Aerated Concrete (AAC) panels to establish site-specific ecological requirements within geometrical modelling (Fig. 7). AAC is lightweight, fire-resistant, a good insulator for both thermal and sound, and can be easily

cut, processed, and repurposed (Kalpana and Mohith, 2020). It contains high degrees of open porosity, possesses a rough surface, and naturally undergoes a carbonation process, following which its PH stabilises at neutrality. These characteristics contribute to bio-receptivity, i.e., the ability of a building material to be colonised by living organisms (Guillitte, 1995).

Integrating knowledge from architecture, industrial design, urban ecology, and robotic manufacturing, a wall segment (3 m x 12 m) in an urban ecological garden was selected and assessed through wildlife surveys and field observations in order to identify a set of representative target species for colonisation; pioneer colonisers, higher plants, insects, reptiles, small mammals and birds. Identified geometric features catering to the target species' habitat requirements were modelled parametrically and distributed according to potential locations favourable for species groups (i.e., birds

nesting beyond a given height or species which might require separation from others).

The parametric workflow enabled examining multiple configurations of the overall wall and its segmentation into panels in terms of feature continuity. Five-axis robotic milling allowed for extended freedom of movement to fabricate geometrically complex features, such as cavities, crevices, and overhangs, which were identified for the selected target species (Fig. 7). Following the prototyping and installation phase, species establishment will be assessed over time towards the development of empirical guidelines into how physical features influence multispecies colonisation.

Material approach: biomanufacturing of architectural prototypes with cyanobacteria – A multispecies perspective can also be examined through the integration of living organisms in construction processes and materials. Such materials present biological properties such as carbon diox-

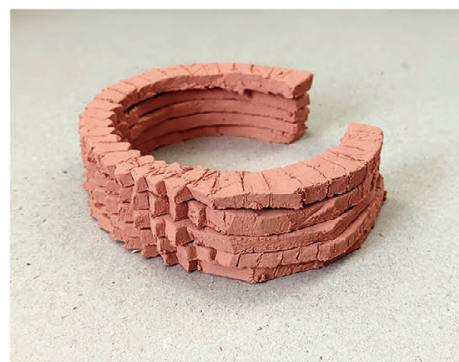
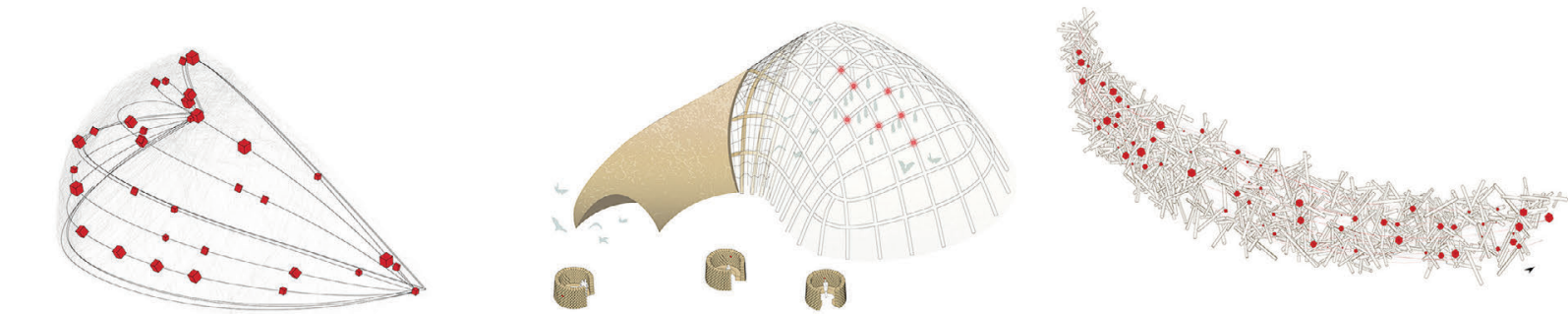
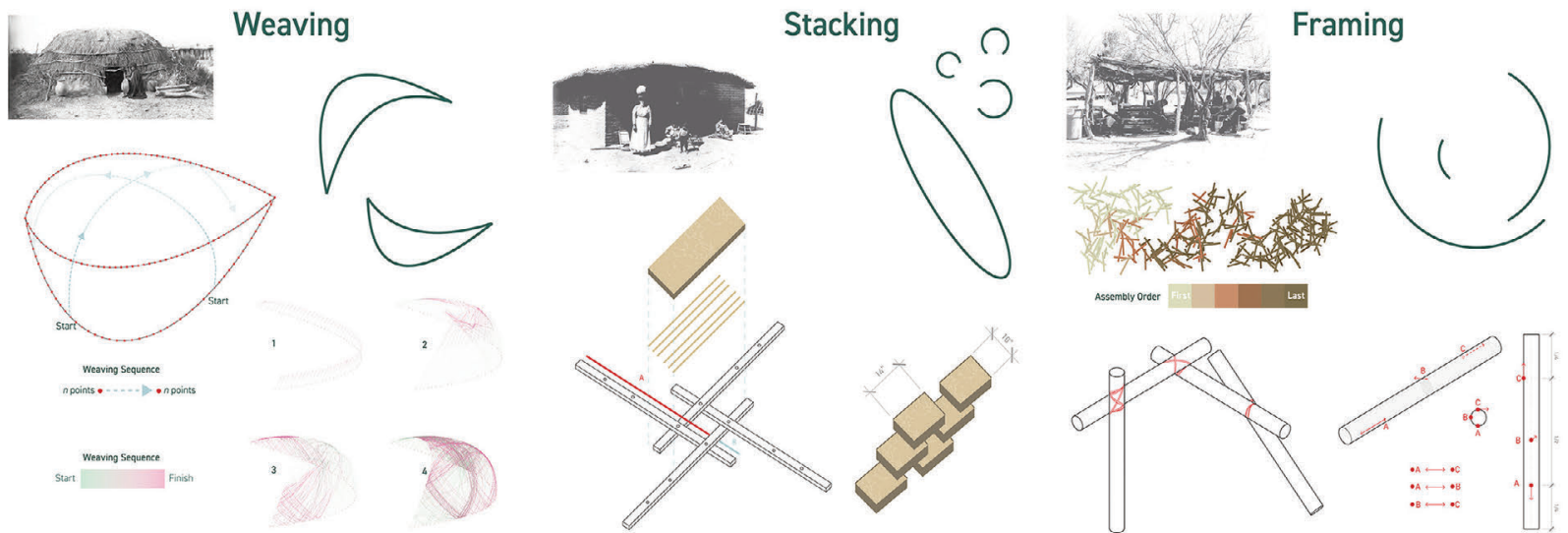
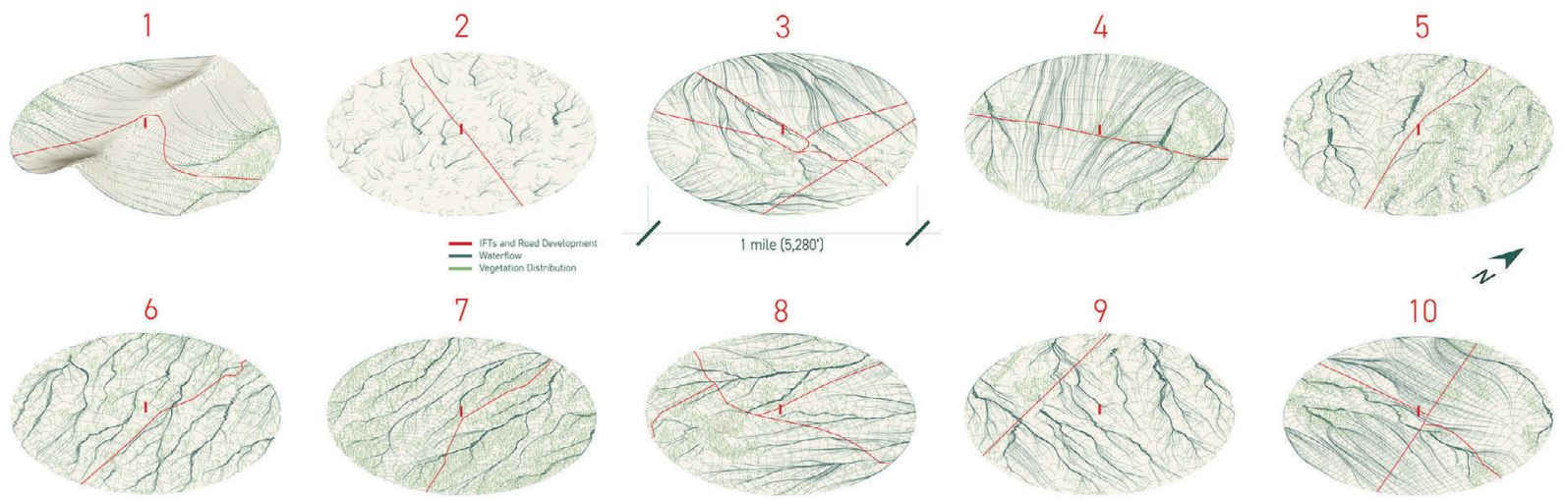


Fig. 14 | Proposed sites and methods for constructing prototypes based on weaving, stacking and framing (credit: C. Becerril and G. Veitch, 2022).



Fig. 15 | Final prototypes in the post-Anthropocene landscape (credit: C. Becerril and G. Veitch, 2022).

ide fixation, biodegradability, and adaptability to the environment (Qiu et alii, 2021). Currently, most building materials and their production play a significant role in the degradation of environmental and ecological conditions. This is particularly relevant for cement and concrete production, which are responsible for nearly 8% of the world's annual emissions of greenhouse gas carbon dioxide and contribute to increasing industrial waste (Nature Board, 2021).

Similar to the expanding research with living organisms such as algae and mycelium in design applications (Valenti and Pasquero, 2021), this project examines living bacteria, specifically the photosynthetic cyanobacteria in order to design a multispecies co-fabrication process calibrating human-led robotic deposition of a biomixture, and Microbial Carbonate Precipitation (MCP) which we refer to as 'bacterial deposition' (Fig. 8; Armaly et alii, 2023). MCP, within bio-mediated soils, reduces the pore space between sand particles and binds them together through calcite precipitation (DeJong et alii, 2010). Cyanobacteria can produce carbonate minerals in the shape of calcite crystals (CaCO_3) by capturing and converting CO_2 through the process of photosynthesis (Kamennaya et alii, 2012). The photosynthetic nature of the bacteria correlates well with additive manufacturing that enables the printing of porous structures with increased surface area for light exposure and there-

fore increased MCP (Armaly et alii, 2023). Based on the substantiated relation between cyanobacterial activity to soil stability, carbon fixation and geometrical form, two strains of two genera of cyanobacteria (*Synechococcus* sp. strain PCC 7002 and *Synechocystis* sp. strain PCC 6803) were selected for experimentation (Fig. 9).

Introducing architectural designers to microbiological processes is essential within a co-fabrication workflow in order to correlate biological and architectural requirements. This involves a wide range of knowledge from different fields: architecture, microbiology, and additive manufacturing. This knowledge exchange resulted in protocols for growing and proliferating the cells, oriented toward designers, to ease the appliance of biological maintenance (Fig. 10). A bio mixture was developed that can perform simultaneously in two scales: biologically as the bacteria habitat with a biocompatible microenvironment and architecturally as a printing medium composed of quartz sand, agar with a nutritional solution and cyanobacteria, enhancing solidification of biobased additive architectural components with bacterial deposition.

Case study three: borderland interventions, the Sonoran Desert | The third group of case studies disseminates two projects from Climate Change and Design, a vertical research option studio and a required course for the Master of Science in Ar-

chitecture program at the University of Arizona. The studio's theoretical thrust is through the lens of posthumanism, complexity theory, ecological processes and borders and boundaries, with design research centred on the Sonoran Desert region, which straddles USA and Mexico, as the setting for their subsequent architectural interventions. Deserts are desolate, barren regions, waterless and treeless, generally considered to be devoid of life, including those of humans. What young designers immediately begin to learn is the inaccuracy of these pre-conceptions. The Sonoran Desert is one of four major deserts in North America, but the only one globally with two rainy seasons, which in part explains the extraordinary richness of biotic life in this particular, arid biome with over 2,000 species of plants, half of which is tropical in origin (Dimmitt, 2020).

There is also a rich cultural history of Native Americans beyond the often-prioritised European colonialism (Henni, 2022). Recent human development is responsible for the desertification of the region, related to water distribution, mineral extraction and agriculture, which increases to support the trend of domination and destruction of biotic communities rather than working symbiotically with the environment. United States Geological Survey's Reports have identified Borderland Challenges in ecology, water resources, the environment and human health, human activity, energy and mineral resources, natural hazards and border security (Fitzpatrick et alii, 2013).

A postclassical, posthuman lens is critical for innovating in any meaningful, sustainable way. Digital technologies and AI can help professionals and learners understand the complexities of the real without becoming overwhelmed by the typically and often necessary reductive design, mapping and diagrammatic processes, but getting a sense of the real is a task in itself. There is plenty of access to information now, including satellite imagery, big data, etc., but it is a complex digital process of editing, refining and mapping all this information.

The content quality and origin are also key. Learners need to also begin to uncover and connect more invisible information and data, often relating to environmental and social inequities, past colonial atrocities and political information, which is often not as apparent and accessible as more mainstream content. Making the invisible visible is an important design aspect of a research process today. Architects need detective-like capabilities to find and sort through data and images from the past and present to help make forward-thinking projections (Weizman, 2018).

Various design methods, theoretical values and dynamic tools were explored to do this, including learning Geographic Information Systems (GIS) tools and parametric optimisation, which have been detailed in past publications relating to complexity theory (Dickinson, 2021), pedagogy, digital methods, design-based on 'alternative disciplines' and field research (Dickinson and Ida, 2021) building on the work and theories of others, particularly those of Kiel Moe and The Santa Fe Institute.⁵

In the first example, Asif Zeshan chose to look at the border wall condition in the border cities of Calexico (California) and Mexicali (Baja, Mexico), from a posthuman perspective, exploring the possibility of different species and natural elements. His research led him to the realisation that beyond

the socio-political and economic divide, the local human systems related to agriculture and industry have created a catastrophic scenario for the biodiversity and quality of air and water. Politically he deemed it naive just to propose tearing the wall down but proposed a transformation to the wall that would adapt at various locations to promote synergy with the biotic and abiotic systems around it. For example, in areas of high air pollution, algae panels would be installed to help purify the air, and in other areas where humans are actively present, panels would adapt kinetically to human sensations, which would hopefully develop with the next generation of posthuman intelligence (Fig. 11).

In the second example, Clarissa Becerril and Gregory Veitch chose to focus on the Native American Tohono O'odham community, which straddles the border between Arizona, USA and Sonora, Mexico, in a very ecologically and culturally rich part of the Sonoran Desert and globe (Greenwald et alii, 2017). The current border condition consists of Integrated Fixed Towers (IFTs) after the tribe refused to construct a new 30-foot-tall pedestrian fence in replacement of the 6-foot-tall vehicle barrier⁶. Initially, their mappings related to online GIS layers, relating to ecological and human border conditions (Fig. 12).

Research activities on this area led to the understanding of the relationship between the Tohono O'odham, the saguaro cactus, and the lesser long-nosed bat pollinators, as one of the most critical to both human culture and ecological richness. Little mapping and documentation exist of this relationship and critical migration path. With field and remote research into the Electric and Magnetic Fields (EMFs) of these new IFTs, they simulated the potential impact these may have on the migratory paths of the bats (Fig. 13). The final proposal was to propose an architecture that could monitor and record this relationship between humans, saguaros and bats as a form of stewardship connecting the tribe's values and cultural practices with contemporary technological ways of observing and monitoring.

The speculative future proposed laid out simple rules of methods of construction with local materials and sensors for spaces of gathering and monitoring in proposed sites out of site of the IFTs and US Border Patrol, based on historical methods of weaving, stacking and framing. The design methods followed principles of complex systems in the sense that numerous forms and conditions could arise from simple rules which could be easily assembled in the field with traditional techniques (Mitchell, 2011; Moe, 2013; Fig. 14). The

goal was to empower the community with information on ecological impacts in order for them to make future informed decisions related to their reservation lands. The final proposal hypothesised on how these installations could fit in this post-Anthropocene landscape with synergy between the natural features, life beyond humans, human culture and related technologies (Fig. 15).

These concepts and realities of time flows and cycles are key to understanding ecological realities, which is also why multi-scalar work is important to understand the connection of the molecular to the territorial (Ibañez, Hutton and Moe, 2019). Designing more inclusively is key, which means including softer forms of architecture and processes, which recent industrialisation often ignored, i.e., setting up a process or strategy that is not so top-down and controlling of others but allows for more interactive and adaptable for multiple users and environments (Tramontin, 2006; Armstrong, 2018). The goal is not just being inclusive of others but learning from them and including life beyond humans. Biomimetics and learning from natural abiotic systems can teach us many things, e.g., how plants survive and conserve water in extreme climates like in the Sonoran Desert, plus past indigenous and pre-colonial ways of living and making were often more in tune with the local environment around us. It is not necessary or even possible to always have an answer to complex issues, but what we need are steps in the layering and understanding of the complexity of the real.

Discussion and conclusions | The discussed case studies show various methodological approaches towards the same goals of greater inclusivity and innovation towards a more sustainable future. At the core is the need to de-centre the human from the designer's value system, understanding their relationship to other beings. These other beings can also be generators in the design process (e.g., by artificial intelligence), to enable us to design more inclusively in a complex world. Multiple solutions and perspectives are valid in a more inclusive society, but there is an urgent need for us to embrace this ethic of diversity and inclusivity and to use available knowledge and technology in non-reductive ways, integrating multiple expertise or sometimes using low-tech solutions or methods to get complex, inclusive results. Obviously, we all have our biases, and there is a fundamental challenge in understanding the world through a non-anthropocentric lens, so we continually need to critique, em-

brace life-long learning for those in the academy and beyond and continually check our assumptions and ethics moving forwards.

We are introducing a systemic multicentred design strategy with a more-than-human perspective. Such an approach searches for synergy across multiple beings. Therefore, it is different from a human top-down approach, which would, for instance, focus only on one species and design for them instead of with them. The discussed case studies have necessary local attributes, which respond to specific place-based microclimates and users, however, these methodologies are transferrable to other locations, where local conditions would be analysed. Also, advanced manufacturing does not need to follow past examples of industrialisation and globalisation to be a one size fits all corporate model, there are scalable low and high-tech potentials through increased interaction and community design, such as DIY recipes, local workshops and mobile applications for maker communities. The discussed approaches lead towards the post-Anthropocene era (Bratton, 2013, 2019), where people and others live together in synergy with greater diversity (Davidová and Zavoleas, 2020).

We appreciate a lot of calls for a similar change in some current movements, such as Fridays for Future, Extinction Rebellion, The Last Generation and others. In our complex world, as social and environmental justice are closely dependent (McIntyre-Mills, 2014; Haase, 2017) synergistic futures have to be inclusive and transdisciplinary across multiple beings, which involves a greater understanding, depth and uncovering of the layers, differences, nuances and relationships between us, others and the matter which makes up our environment. The research is also transferrable to the building industry and might also be implemented by public policy. Much of that is also achievable by public engagement, either through local owners' building renovation or in the example of case study one just applying the DIY on someone's balcony. This will result in clear socio-economic implications, leading to healthier and liveable cities for all, increasing the value of properties, the neighbourhood and the city.

Acknowledgements

The contribution is the result of a common reflection of the Authors.

POL-AI Prototype | Design: M. Davidová, M. Teye, M. Guimaraes di Stasi, M. C. Valverde, H. Behnam (Institute of Social Sciences, University of Stuttgart); Ecosystem Consultancy: L. K. Fischer (Institute of Landscape Planning and Ecology, University of Stuttgart), M. Thiv (State Museum of Natural History Stuttgart and KomBioTa); Digital Fabrication Consultancy: T. Schwinn (ICD, University of

Stuttgart); Grasshopper Consultancy: Z. Akkbar (ICD, University of Stuttgart), Š. Prokop (MOLAB, FA CTU in Prague), L. Siriwardena (ICD, University of Stuttgart); Structural Consultancy: G. Neubauer (ITKE, University of Stuttgart); Student Assistants: M. He, H. Hildebrandt, W. Man Chau, A. Pelin Asa, C. Chun Kuo (ITECH, University of Stuttgart); Students: E. Blagojevic, R. Hillebrecht, T. Hillemanns, M. Schaal, M. Spielvogel (Architecture and Urban Planning and Master Planning and Participation, University of Stuttgart).

BioDiveln Prototype | Studio Lead: M. Davidová (Insti-

tute of Social Sciences, University of Stuttgart); Tutors: M. C. Valverde, H. Behnam (Institute of Social Sciences, University of Stuttgart); Ecosystem Consultancy: L. K. Fischer (Institute of Landscape Planning and Ecology, University of Stuttgart); Wood Workshop Consultancy: M. Schneider and P. Duncan (Faculty of Architecture and Urbanism); Students: T. Fadini, J. Hauweise, A. Hauke, M. Florescu, V. Ferrari, A. P. Ros, N. Vujovic, S. Knutelsky, O. Wosiak, M. Candia (Bc and Master of Architecture and Urban Planning, University of Stuttgart).

ECOLOPES | Technion Research Team: S. Barath, Y.

Grobman, S. U. Selvan, T. Saroglou. The Authors would like to extend their gratitude to all members of the ECOLOPES consortium for their support and toward further research developments.

Subtractive Habitation | Technion Research Team: S. Barath, D. Metcalfe, R. Fogel; Ecological consultancy: O. Kolodny; Material supplier: YTONG Israel.

Biomufacturing of architectural prototypes with cyanobacteria | Technion Research Team: S. Barath, P. Armaly, L. Illiasafov, Y. Kashi, S. Kirzner.

Borderland Intervention | The work shown is from the third iteration of the course taught solely by the respective Author. The previous two iterations were conceived and co-taught with a past colleague, Dr A. Ida. Beyond funded visitors and input, thank you to our Faculty Peers at the University of Arizona who gave lectures and/or workshops from their various disciplines, in particular Associate Professor S. Li, School of Landscape Architecture, University of Arizona.

Funding | This publication was funded by the German Research Foundation (DFG) grant Open Access Publication Funding 2023-2024, University of Stuttgart (512689491). The research published in this article is partially supported by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, German Research Foundation) under Germany's Excellence Strategy – EXC 2120/1–390831618. The Authors cordially thank the DFG. The ECOLOPES work is supported by the H2020-EU.1.2.1. – FET Open (Grant Agreement ID 964414). The Biomufacturing of architectural prototypes with cyanobacteria is supported by the Technion Additive Manufacturing Center (TAMC). Borderland Interventions was funded by the College of Architecture, Planning, and Landscape Architecture at the University of Arizona, with an in-house Grassroots Teaching Innovation Grant, which helped fund guest lectures, field tools, and various other items for the inaugural studio Climate Change and Design.

Notes

1) For more information see the panel on Cultural Environments with More-than-Human Perspectives at the webpage: rsdsymposium.org/cultural-environments-with-more-than-human-perspectives/ [Accessed 14 April 2023].

2) For more information see the webpage: systemicaproachtoarchitecturalperformance.wordpress.com/ [Accessed 14 April 2023].

3) For more information on Spot-A-Bee see the webpage: spotabee.buzz/ [Accessed 14 April 2023].

4) For more information on Ecolopes see the webpage: cordis.europa.eu/project/id/964414 [Accessed 14 April 2023].

5) For more information see the webpage: santafe.edu/ [Accessed 14 April 2023].

6) For more information on Deserted Border Lands – Mapping Surveillance Along the Tohono O'odham Nation see the webpage: archleague.org/article/deserted-borderlands-mapping-surveillance-along-tohono-oodham-nation/?printpage=true [Accessed 14 April 2023].

References

Alton, K. and Ratnieks, F. L. W. (2020), "Caveat Emptor – Do Products Sold to Help Bees and Pollinating Insects Actually Work?", in *Bee World*, vol. 97, issue 2, pp. 57-60. [Online] Available at: doi.org/10.1080/0005772X.2019.1702271 [Accessed 14 May 2023].

Apfelbeck, B., Jakoby, C., Hanusch, M., Boas Steffani, E., Hauck, T. E. and Weisser, W. W. (2019), "A Conceptual Framework for Choosing Target Species for Wildlife-Inclusive Urban Design", in *Sustainability*, vol. 11, issue 4, article 6972, pp. 1-20. [Online] Available at: doi.org/10.3390/SU11246972 [Accessed 14 May 2023].

Armaly, P., Kirzner, S., Kashi, Y. and Barath, S. (2023), "Biomufacturing of architectural prototypes with cyanobacteria", in *Human-Centric | 28th International Conference of the Association for Computer-aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA) 2023*, Association for

Computer-Aided Architectural Design in Asia, Ahmedabad, pp. 149-158. [Online] Available at: doi.org/10.52842/conf.caadria.2023.2.149 [Accessed 14 May 2023].

Armstrong, R. (2018), *Soft Living Architecture – An Alternative View of Bio-informed Practice*, Bloomsbury Publishing, London. [Online] Available at: bloomsburycollections.com/book/soft-living-architecture-an-alternative-view-of-bio-informed-practice/ [Accessed 14 May 2023].

Barbero, S., Giraldo Nohra, C. and Campagnaro, C. (2022), "Soluzioni sistemiche per un benessere olistico delle città – Processi, risultati e riflessioni | Systemic Solutions for the Holistic Well-Being of Cities – Processes, results and reflections", in *Agathon | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 50-61. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1142022 [Accessed 14 May 2023].

Bateson, G. (2000), *Steps to Ecology of Mind – Collected Essays in Anthropology, Psychiatry, Evolution, and Epistemology*, The University of Chicago.

Bratton, B. H. (2019), "Further Trace Effects of the Post-Anthropocene", in *Architectural Design*, vol. 89, issue 1, pp. 14-21. [Online] Available at: doi.org/10.1002/ad.2382 [Accessed 14 May 2023].

Bratton, B. H. (2013), "Some Trace Effects of the Post-Anthropocene – On Accelerationist Geopolitical Aesthetics", in *e-flux journal*, issue 46, pp. 1-12. [Online] Available at: e-flux.com/journal/46/60076/some-trace-effects-of-the-post-anthropocene-on-accelerationist-geopolitical-aesthetics/ [Accessed 14 May 2023].

Canepa, M., Mosca, F., Barath, S., Changenet, A., Hauck, T. E., Ludwig, F., Roccotiello, E., Pianta, M., Selvan, S. U., Vogler, V. and Perini, K. (2022), "Ecolopes, oltre l'inverdimento – Un approccio multi-specie per lo spazio urbano | Ecolopes, beyond greening – A multi-species approach for urban design", in *Agathon | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 238-245. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11212022 [Accessed 14 May 2023].

Capra, F. (2015), "Fritjof Capra on science and spirituality", in *Sutra Journal*, 12/2015. [Online] Available at: sutrajournal.com/science-and-spirituality-by-fritjof-capra/ [Accessed 14 May 2023].

Cohen, A. and Barath, S. (2023), "Integrating Large-Scale Additive Manufacturing and Bioplastic Compounds for Architectural Acoustic Performance", in *Human-Centric | 28th International Conference of the Association for Computer-aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA) 2023*, Association for Computer-Aided Architectural Design in Asia, Ahmedabad, pp. 179-188. [Online] Available at: doi.org/10.52842/conf.caadria.2023.2.179 [Accessed 14 May 2023].

Cross, N. (2007), *Designerly Ways of Knowing*, Birkhäuser, Basel.

Davidová, M. (2020), "Synergy in the systemic approach to architectural performance – The integral multi- and cross-layered agencies in eco-systemic generative design processes of the post-Anthropocene", in *FormAkademisk | Research Journal of Design and Design Education*, vol. 13, issue 2, pp. 1-30. [Online] Available at: doi.org/10.7577/formakademisk.3387 [Accessed 14 May 2023].

Davidová, M. (2016), *Wood as a Primary Medium to Architectural Performance – A Case Study in Performance Oriented Architecture Approached through Systems Oriented Design*, Doctoral Thesis, Technical University of Liberec, Liberec. [Online] Available at: researchgate.net/publication/307957987_Wood_as_a_Primary_Medium_to_Architectural_Performance_A_Case_Study_in_Performance_Oriented_Architecture_Approached_through_Systems_Oriented_Design [Accessed 14 May 2023].

Davidová, M., Fischer, L. K. and Teye, M. (2022), "POL-AI – Leveraging Urban EcoSystem", in *Proceedings of Relating Systems Thinking and Design (RSD11) 2022 Symposium, University of Brighton, Brighton (UK), October 13-15, 2022*, Systemic Design Association, Brighton, pp. 1-11. [Online] Available at: researchgate.net/publication/367157532_POL-AI_Leveraging_Urban_EcoSystem [Accessed 14 May 2023].

Davidová, M. and Prokop, Š. (2018), "TreeHugger – The Eco-Systemic Prototypical Urban Intervention", in Kon-tovourkis, O. (ed.), *Sustainable Computational Workflows – 6th eCAADe Regional International Workshop Proceedings – Department of Architecture, University of Cyprus, Nicosia, Cyprus, 24-25 May 2018*, pp. 75-84. [Online] Available at: papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/ecaaderis2018_103 [Accessed 14 May 2023].

Davidová, M., Sharma, S., McMeel, D. and Loizides, F. (2022), "Co-De|GT – The Gamification and Tokenisation of More-Than-Human Qualities and Values", in *Sustainability*, vol. 14, issue 7, article 3787, pp. 1-20. [Online] Available at: doi.org/10.3390/SU14073787 [Accessed 14 May 2023].

Davidová, M. and Zavoleas, Y. (2020), "Post-Anthropocene – The Design after the Human Centered Design Age", in Holzer, D., Nakapan, W., Globa, A. and Koh, I. (eds), *RE – Anthropocene, Design in the Age of Humans – Proceedings of the 25th CAADRIA Conference – Volume 2, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 5-6 August 2020*, pp. 203-212. [Online] Available at: doi.org/10.52842/conf.caadria.2020.2.203 [Accessed 14 May 2023].

Davidová, M. and Zimová, K. (2021), "COLreg – The Tokenised Cross – Species Multicentred Regenerative Region Co-Creation", in *Sustainability*, vol. 13, issue 12, article 6638, pp. 1-23. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su13126638 [Accessed 14 May 2023].

DeJong, J. T., Mortensen, B. M., Martinez, B. C. and Nelson, D. C. (2010), "Bio-mediated soil improvement", in *Ecological Engineering*, vol. 36, issue 2, pp. 197-210. [Online] Available at: doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2008.12.029 [Accessed 14 May 2023].

Dickinson, S. (2021), "The Complexity of the Built and Natural Environments", in Lastman, R. (ed.), *The City and Complexity – Life, Design and Commerce in the Built Environment*, AMPS, London, pp. 80-87. [Online] Available at: architecturemps.com/wp-content/uploads/2021/04/Am-pps-Proceedings-Series-19.2.pdf [Accessed 14 May 2023].

Dickinson, S. and Ida, A. (2021), "Dynamic Interscalar Methods for Adaptive Design Futures", in Gomez, P. and Braidia, F. (eds), *Designing Possibilities – Proceedings of the XXV International Conference of the Ibero-American Society of Digital Graphics (SIGraDi 2021), online, 8-12 November 2021*, Association for Computer-Aided Architectural Design in Asia, pp. 41-53. [Online] Available at: papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?sigradid2021_312 [Accessed 14 May 2023].

Dimmitt, M. (2020), "Biomes and Communities of the Sonoran Desert Region", in Phillips, S. J. and Wentworth Comus, P. (eds), *A Natural History of the Sonoran Desert*, Arizona-Sonora Desert Museum Press, University of California Press, Tucson, Los Angeles, pp. 3-18. [Online] Available at: content.ucpress.edu/chapters/8707001.ch02.pdf [Accessed 14 May 2023].

Doherty, G. (2005), "Prototypes in Pinkenba", in *Nordes | Nordic Design Research*, vol. 1, pp. 1-5. [Online] Available at: nordes.org/opj/index.php/n13/article/view/262/245 [Accessed 14 May 2023].

Fitzpatrick, J., Gray, F., Dubiel, R., Langman, J., Moring, J. B., Norman, L. M., Page, W. R. and Parcher, J. W. (2013), "The Borderlands and climate change – Chapter 10", in *United States-Mexican Borderlands – Facing tomorrow's challenges through USGS science*, U.S. Geological Survey, Reston (VA), pp. 235-271. [Online] Available at: doi.org/10.3133/CIR138010 [Accessed 14 May 2023].

Forlano, L. (2016), "Decentering the Human in the Design of Collaborative Cities", in *Design Issues*, vol. 32, issue 3, pp. 42-54. [Online] Available at: doi.org/10.1162/DESI_A_00398 [Accessed 14 May 2023].

Foth, M. (2017), "The next urban paradigm – Cohabitation in the smart city", in *IT | Information Technology*, vol. 59, issue 6, pp. 259-262. [Online] Available at: doi.org/10.1515/itit-2017-0034 [Accessed 14 May 2023].

Greenwald, N., Segee, B., Curry, T. and Bradley, C. (2017), *A Wall in the Wild – The Disastrous Impacts of Trump's Border Wall on Wildlife*, Center for Biological Diversity Report, Tucson. [Online] Available at: doi.org/

- 10.13140/RG.2.2.36526.97602 [Accessed 14 May 2023].
- Guillitte, O. (1995), “Bioreceptivity – A new concept for building ecology studies”, in *Science of the Total Environment*, vol. 167, issues 1-3, pp. 215-220. [Online] Available at: doi.org/10.1016/0048-9697(95)04582-L [Accessed 14 May 2023].
- Haase, A. (2017), “The Contribution of Nature-Based Solutions to Socially Inclusive Urban Development – Some Reflections from a Social-environmental Perspective”, in Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., Bonn, A. (eds), *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas – Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions*, Springer, Cham, pp. 221-236. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_13 [Accessed 14 May 2023].
- Haraway, D. (1991), *Simians, Cyborgs and Women – The Reinvention of Nature*, Routledge, New York.
- Henni, S. (ed.) (2022), *Deserts Are Not Empty*, Columbia University, Graduate School of Architecture, New York.
- Hensel, M. (2013), *Performance-Oriented Architecture – Rethinking Architectural Design and the Built Environment*, John Wiley & Sons Ltd., West Sussex.
- Hensel, M. and Menges, A. (2006), *Morpho-Ecologies – Towards heterogeneous space in architectural design*, AA Publications, London.
- Hoadley, R. B. (1980), *Understanding wood – A craftsman’s guide to wood technology*, The Taunton Press, New Town.
- Hobbs, R. J., Arico, S., Aronson, J., Baron, J. S., Bridgewater, P., Cramer, V. A., Epstein, P. R., Ewel, J. J., Klink, C. A., Lugo, A. E., Norton, D., Ojima, D., Richardson, D. M., Sanderson, E. W., Valladares, F., Vilà, M., Zamora, R. and Zobel, M. (2006), “Novel ecosystems – Theoretical and management aspects of the new ecological world order”, in *Global Ecology and Biogeography*, vol. 15, issue 1, pp. 1-7. [Online] Available at: doi.org/10.1111/J.1466-822X.2006.00212.X [Accessed 14 May 2023].
- Ibañez, D., Hutton, J. and Moe, K. (2019), *Wood Urbanism – From the Molecular to the Territorial*, Actar, New York-Barcelona.
- Joachim, M., Aiolova, M. and Terreform ONE (eds) (2019), *Design with Life – Biotech Architecture and Resilient Cities*, Actar, New York.
- Kalpana, M. and Mohith, S. (2020), “Study on autoclaved aerated concrete – Review”, in *Materials Today | Proceedings*, vol. 22, part 3, pp. 894-896. [Online] Available at: doi.org/10.1016/J.MATPR.2019.11.099 [Accessed 14 May 2023].
- Kamennaya, N. A., Ajo-Franklin, C. M., Northen, T. and Jansson, C. (2012), “Cyanobacteria as Biocatalysts for Carbonate Mineralization”, in *Minerals*, vol. 2, issue 4, pp. 338-364. [Online] Available at: doi.org/10.3390/MIN2040338 [Accessed 14 May 2023].
- Latour, B. (1993), *We Have never been Modern*, Harvard University Press, Cambridge. [Online] Available at: monoskop.org/images/e/e4/Latour_Bruno_We_Have_Never_Been_Modern.pdf [Accessed 14 May 2023].
- Lovelock, J. (2000), *Gaia – A New Look at Life on Earth*, Oxford University Press, Oxford.
- Mahrous, R., Giancola, E., Osman, A., Asawa, T. and Mahmoud, H. (2022), “Review of key factors that affect the implementation of bio-receptive façades in a hot arid climate – Case study north Egypt”, in *Building and Environment*, vol. 214, article 108920, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2022.108920 [Accessed 14 May 2023].
- Mata, L., Ramalho, C. E., Kennedy, J., Parris, K. M., Valentine, L., Miller, M., Bekessy, S., Hurley, S. and Cumpston, Z. (2020), “Bringing nature back into cities”, in *People and Nature*, vol. 2, issue 2, pp. 350-368. [Online] Available at: doi.org/10.1002/PAN3.10088 [Accessed 14 May 2023].
- McIntyre-Mills, J. (2014), “Systemic Ethics for Social and Environmental Justice”, in *Systemic Ethics and Non-Anthropocentric Stewardship*, Springer, Cham, pp. 121-153. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-319-07656-0_6 [Accessed 14 May 2023].
- Meier, L., Raps, J. and Leistner, P. (2020), “Insect Habitat Systems Integrated into Façades-Impact on Building Physics and Awareness of Society”, in *Sustainability*, vol. 12, issue 2, article 570, pp. 1-22. [Online] Available at: doi.org/10.3390/SU12020570 [Accessed 14 May 2023].
- Mirzabeigi, S. and Razkenari, M. (2022), “Design optimization of urban typologies – A framework for evaluating building energy performance and outdoor thermal comfort”, in *Sustainable Cities and Society*, vol. 76, article 103515, pp. 1-15. [Online] Available at: doi.org/10.1016/J.SCS.2021.103515 [Accessed 14 May 2023].
- Mitchell, M. (2011), *Complexity – A Guided Tour*, Oxford University Press, Oxford.
- Moe, K. (2013), “The Complicated and the Complex”, in *Convergence – An Architectural Agenda for Energy*, Routledge, New York, pp. 80-105.
- Myhr, A., Røyne, F., Brandtsegg, A. S., Bjerkseter, C., Throne-Holst, H., Borch, A., Wentzel, A. and Røyne, A. (2019), “Towards a low CO₂ emission building material employing bacterial metabolism (2/2) – Prospects for global warming potential reduction in the concrete industry”, in *PLOS ONE*, vol. 14, issue 4, e0208643, pp. 1-26. [Online] Available at: doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0208643 [Accessed 14 May 2023].
- Nature Board (2021), “Editorial | Concrete needs to lose its colossal carbon footprint”, in *Nature*, vol. 597, pp. 593-594. [Online] Available at: doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0208643 [Accessed 14 May 2023].
- Perini, K., Barath, S., Canepa, M., Hensel, M., Mimet, A., Mosca, F., Roccotiello, E., Selami, T., Hensel, D., Tyc, J., Selvan, S. U., Vogler, V. and Weisser, W. W. (2021), “ECOLOPES – A multi-species design approach to building envelope design for regenerative urban ecosystems”, in Markoupoulou, A. (ed.), *Responsive Cities – Design with Nature – Symposium Proceedings 2021*, Institut d’Arquitectura Avançada de Catalunya, Barcelona, pp. 368-380. [Online] Available at: researchgate.net/publication/360938775_ECOLOPES_A_multi-species_design_approach_to_building_envelope_design_for_regenerative_urban_ecosystems [Accessed 14 May 2023].
- Pickering, A. (2009), “Beyond design – Cybernetics, biological computers and hylozoism”, in *Synthese*, vol. 168, issue 3, pp. 469-491. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s11229-008-9446-z [Accessed 14 May 2023].
- Pone, S. (2022), “Maker – Il ritorno dei costruttori – Una possibile transizione digitale per l’Architettura | Maker – The return of the builders – A possible digital transition for Architecture”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 12, pp. 14-23. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1212022 [Accessed 14 May 2023].
- Qiu, J., Artier, J., Cook, S., Srubar III, W. V., Cameron, J. C. and Hubler M. H. (2021), “Engineering living building materials for enhanced bacterial viability and mechanical properties”, in *iScience*, vol. 24, issue 2, article 102083, pp. 1-8. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.isci.2021.102083 [Accessed 14 May 2023].
- Rosenzweig, M. L. (2003), “Reconciliation ecology and the future of species diversity”, in *Oryx*, vol. 37, issue 2, pp. 194-205. [Online] Available at: doi.org/10.1017/S0030605303000371 [Accessed 14 May 2023].
- Scalisi, F. and Ness, D. (2022), “Simbiosi tra vegetazione e costruito – Un approccio olistico, sistemico e multilivello | Symbiosis of greenery with built form – A holistic, systems, multi-level approach”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 26-39. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/112022 [Accessed 14 May 2023].
- Selvan, S. U., Saroglou, S. T., Mosca, F., Tyc, J., Joschinski, J., Calbi, M., Vogler, V., Weisser, W. W., Grobman, Y. G. and Barath, S. (2023a), “Multi-species building envelopes – Developing a multi-criteria design decision-making methodology for cohabitation”, in *Human-Centric | 28th International Conference of the Association for Computer-aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA) 2023*, Association for Computer-Aided Architectural Design in Asia, Ahmedabad, pp. 645-654. [Online] Available at: doi.org/10.52842/conf.caadria.2023.2.643 [Accessed 14 May 2023].
- Selvan, S. U., Saroglou, S. T., Joschinski, J., Calbi, M., Vogler, V., Barath, S. and Grobman, Y. G. (2023b), “Toward multi-species building envelopes – A critical literature review of multi-criteria decision-making for design support”, in *Building and Environment*, vol. 231, article 110006, pp. 1-21. [Online] Available at: doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2023.110006 [Accessed 14 May 2023].
- Sevaldson, B. (2010), “Discussions & Movements in Design Research – A systems approach to practice research in design”, in *FormAkademisk | Research Journal of Design and Design Education*, vol. 3, issue 1, pp. 8-35. [Online] Available at: doi.org/10.7577/formakademisk.137 [Accessed 14 May 2023].
- Spotswood, E. N., Beller, E. E., Grossinger, R., Grenier, J. L., Heller, N. E. and Aronson, M. F. J. (2021), “The Biological Deserts Fallacy – Cities in Their Landscapes Contribute More than We Think to Regional Biodiversity”, in *BioScience*, vol. 71, issue 2, pp. 148-160. [Online] Available at: doi.org/10.1093/biosci/biaa155 [Accessed 14 May 2023].
- Tramontin, M. L. (2006), “Textile Tectonics – An Interview with Lars Spueybroek”, in *Architectural Design*, vol. 76, issue 6, pp. 52-59. [Online] Available at: doi.org/10.1002/AD.357 [Accessed 14 May 2023].
- Tucci, G. and Carlo Ratti Associati (2023), “La tecnologia come abilitatore di un nuovo ecosistema urbano responsivo – Intervista a Carlo Ratti (CRA Studio) | Technology as an enabler of a new ecosystem responsive urbanism – Interview with Carlo Ratti (CRA Studio)”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 12, pp. 190-201. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/12172022 [Accessed 14 May 2023].
- Valenti, A. and Pasquero, C. (2021), “La seconda vita dei micro organismi – Il design bi-digitale per una nuova ecologia dello spazio e del comportamento | The second life of micro-organisms – Bio-digital design for a new ecology of space and behaviour”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 9, pp. 42-53. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/942021 [Accessed 14 May 2023].
- Vozzo, M. L., Mayer-Pinto, M., Bishop, M. J., Cumbo, V. R., Bugnot, A. B., Dafforn, K. A., Johnston, E. L., Steinberg, P. D. and Strain, E. M. A. (2021), “Making seawalls multifunctional – The positive effects of seeded bivalves and habitat structure on species diversity and filtration rates”, in *Marine Environmental Research*, vol. 165, article 105243, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.1016/J.MARENRES.2020.105243 [Accessed 14 May 2023].
- Wagler, R. (2017) “Anthropocene extinction”, in *Access Science*. [Online] Available at: doi.org/10.1036/1097-8542.039350 [Accessed 14 May 2023].
- Weisser, W. W., Hensel, M., Barath, S., Culshaw, V., Grobman, Y. J., Hauck, T. E., Joschinski, J., Ludwig, F., Mimet, A., Perini, K., Roccotiello, E., Schloter, M., Schwartz, A., Hensel, D. S. and Vogler, V. (2023), “Creating ecologically sound buildings by integrating ecology, architecture and computational design”, in *People and Nature*, vol. 5, issue 1, pp. 4-20. [Online] Available at: doi.org/10.1002/PAN3.10411 [Accessed 14 May 2023].
- Weizman, E. (2018), *Forensic Architecture – Violence at the Threshold of Detectability*, Zone Books, New York. [Online] Available at: doi.org/10.2307/j.ctv14gphth [Accessed 14 May 2023].

ARTICLE INFO

Received 20 March 2023
Revised 27 April 2023
Accepted 02 May 2023
Published 30 June 2023

MODELLI EVOLUTI PER LA COSTRUZIONE DI UN CATALOGO NBS PER LA RESILIENZA E LA BIODIVERSITÀ

ADVANCED MODELS FOR THE CONSTRUCTION OF AN NBS CATALOGUE FOR RESILIENCE AND BIODIVERSITY

Roberto Bologna, Giulio Hasanaj

ABSTRACT

L'articolo illustra i risultati di un'indagine ricognitiva, operata dagli autori nell'ambito delle attività di ricerca del Centro Nazionale Biodiversità costituito in base agli obiettivi del PNRR, sulle principali piattaforme di catalogazione di Nature-based Solutions (NbS) per la biodiversità urbana finalizzata al ripristino delle risorse naturali, alla creazione di ecosistemi resilienti e alla promozione di benefici ecosistemici nelle città. L'analisi e comparazione dei modelli di cataloghi di casi di studio incentrati sulle NbS ha portato alla messa a punto di una struttura organizzativa di metadati per la loro catalogazione da adottare nel contesto mediterraneo per i processi di forestazione urbana, rigenerazione basate sulla natura e miglioramento della connettività ecologica tra le aree urbane, periurbane e rurali.

The article illustrates the results of a survey undertaken by the authors within the research activities of the National Biodiversity Center established according to the PNRR objectives, regarding the main cataloguing platforms of Nature-based Solutions (NbS) for urban biodiversity aimed at restoring natural resources, creating resilient ecosystems, and promoting ecosystem benefits in cities. The analysis and comparison of case study catalogue models focused on NbS has led to the development of an organisational structure of metadata for their cataloguing, to be adopted in the Mediterranean context for the processes of urban forestation, nature-based regeneration, and improvement of ecological connectivity between urban, peri-urban, and rural areas.

KEYWORDS

biodiversità urbana, soluzioni basate sulla natura, modelli di catalogazione, metadati, piattaforme digitali online

urban biodiversity, nature-based solutions, cataloguing models, metadata, online digital platforms

Roberto Bologna, Architect and PhD, is a Full Professor of Architecture Technology, Deputy Director of the Department of Architecture of the University of Florence (Italy) and Director of the Interuniversity Research Center TESIS 'Systems and Technologies for Social, Health and Education Structures' (University of Florence, 'Sapienza' University of Rome, Politecnico di Torino), Scientific Manager for the Department of Architecture for the Spoke5 in the National Biodiversity Center, where he focuses on environmental and technological design for mitigation and adaptation to the effects of climate change in the urban environment. Mob. +39 335/62.34.621 | E-mail: roberto.bologna@unifi.it

Giulio Hasanaj, Architect and PhD, is a Researcher at the Department of Architecture of the University of Florence (Italy) related to the National Biodiversity Center. His research focuses on environmental design related to increasing the resilience and biodiversity of urban systems vulnerable to climate change and on collective housing systems and models related to housing interventions and residences for university students. Mob. +39 320/76.15.572 | E-mail: giulio.hasanaj@unifi.it



Nel suo ultimo saggio sul cambiamento climatico Ghosh (2022) individua nella visione utilitaristica delle terre conquistate dai colonizzatori occidentali nel XVII secolo la causa scatenante della rottura degli equilibri tra gli esseri umani e la natura, vista solo come risorsa da sfruttare e non come entità di un ecosistema di cui fanno parte tutti gli esseri viventi. Non a caso Lewis e Maslin (2019), sulla base di precisi riscontri geofisici, proprio agli inizi del 1600 collocano la data di avvio dell'epoca geologica dell'Antropocene, simbolo del controllo superlativo e dominio sull'ambiente da parte degli esseri umani. In maniera analoga, Capra e Luisi (2020) rilevano che gli attuali squilibri sociali ed economici stanno avendo esiti drammatici poiché generati da uno scompenso ecologico planetario, le cui conseguenze hanno portato, tra gli altri aspetti, all'esplosione della pandemia del Covid-19.

Cambiamento climatico, perdita di biodiversità, collasso degli ecosistemi e diffusione di pandemie devastanti rappresentano le principali minacce che l'umanità dovrà affrontare nel prossimo decennio (WEF, 2020) e costituiscono le sfide globali su cui si basa la Strategia Europea sulla Biodiversità per il 2030 (European Commission, 2020). Quest'ultima infatti ribadisce l'urgenza di ricostruire il rapporto perso con la natura asserendo la necessità di riportarla all'interno dei nostri ambienti di vita, non soltanto per il nostro benessere fisico e mentale (EEA, 2021) ma anche e soprattutto per la sua capacità di far fronte ai cambiamenti climatici (European Commission, 2020; IPCC, 2022), alle minacce per la salute (IIEP, 2016; European Commission, 2020) e alle catastrofi causate dagli eventi estremi¹ (European Commission, 2020; UNDRR, 2021).

La pandemia Covid-19 ha mostrato quanto sia importante intervenire per proteggere e ripristinare la natura dando priorità alle relazioni che esistono tra la salute dell'uomo e quella degli ecosistemi urbani (EEA, 2021) e adottando sistemi di approvvigionamento e metodi di consumo sostenibili che non forzano i limiti del pianeta (UN-Habitat, 2020). Il rischio di insorgenza e diffusione di malattie infettive e l'incremento della vulnerabilità da eventi climatici estremi aumenta all'aumentare del depauperamento dei sistemi naturali (IPBES, 2019). Per incrementare la resilienza al cambiamento climatico e prevenire la diffusione di malattie future è perciò fondamentale proteggere e ripristinare la biodiversità e il buon funzionamento degli ecosistemi tanto in ambito urbano e periurbano quanto in quello rurale (European Commission, 2020).

Nonostante le indicazioni delle comunità scientifiche siano chiare, gli ecosistemi globali versano in condizioni critiche e le principali cause della perdita di biodiversità sono riconducibili alle modifiche dell'uso del suolo, allo sfruttamento eccessivo delle risorse, ai cambiamenti climatici, all'inquinamento e alle specie esotiche invasive (IPBES, 2019; European Commission, 2020). Secondo le Nazioni Unite le città, oltre ad essere causa del 75% delle emissioni di gas serra in atmosfera e di oltre il 60% dell'uso delle risorse non rinnovabili, stanno relegando gli spazi naturali nei limiti di superfici sempre più ridotte² (Scalisi and Ness, 2022). Gli spazi verdi nelle aree urbane coprono mediamente meno del 10% della superficie antropizzata (UN-Habitat, 2020), negli ultimi 40 anni

la fauna selvatica del pianeta si è ridotta del 60% a causa delle attività umane (WWF, 2018; IPBES, 2019) e un quinto della superficie terrestre (più di 2 miliardi di ettari) è in avanzato stato di degrado e minaccia il benessere di circa 3,2 miliardi di persone¹. Molte città del mondo stanno attuando politiche e programmi per preservare e incrementare la biodiversità urbana attraverso l'impiego di NbS e infrastrutture verdi e blu (EEA, 2021; Scalisi and Ness, 2022), attribuendo a queste ultime un ruolo cruciale e integrandole nella pianificazione urbana degli spazi pubblici e degli edifici (European Commission, 2020).

La International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2016) riconosce alle NbS un ruolo fondamentale per il miglioramento della qualità dell'aria e dell'acqua, la riduzione dell'inquinamento, la formazione di habitat per la fauna selvatica e la creazione di spazi verdi sicuri per il benessere della popolazione, il consolidamento delle relazioni sociali e lo sviluppo economico. In virtù dei loro servizi ecosistemici, le NbS contribuiscono a mitigare il cambiamento climatico e a incrementare la resilienza delle città in risposta agli eventi estremi, ripristinando e/o potenziando gli ecosistemi verdi urbani e periurbani. Per ristabilire un nuovo rapporto di equilibrio con la natura è necessaria una visione ecosistemica capace di integrare natura e città attraverso l'uso di nuovi repertori spaziali e architettonici ibridi con l'impiego della vegetazione (Gausa, 2022); in altre parole, disporre di un catalogo di NbS a cui attingere per orientare gli interventi di trasformazione e riqualificazione. Si tratta, in sostanza, di applicare ai processi di rigenerazione urbana i principi regolativi esistenti in natura, concentrandosi paritariamente su tutti gli esseri viventi, umani, piante, animali e organismi microbici (Canepa et alii, 2022).

L'obiettivo del contributo è descrivere l'esito di una prima fase della ricerca sull'analisi delle principali piattaforme digitali di casi di studio di NbS e la proposta di un modello di catalogazione delle NbS finalizzato all'applicazione progettuale. La ricerca si sviluppa nell'ambito del National Biodiversity Future Center (NBFC) finanziato in base al PNRR e vede il coinvolgimento dei Dipartimenti di Architettura, Scienze Agrarie e Forestale e Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università di Firenze in una formazione multidisciplinare.

L'articolo è strutturato in una prima parte di ricognizione della letteratura scientifica e di progetti di ricerca sulle piattaforme di casi di studio cui sono state applicate le NbS; una seconda parte di modellizzazione e comparazione di una selezione di repertori; una terza parte di descrizione del modello di un'architettura di metadati per la realizzazione di un catalogo di soluzioni NbS informatizzato e interrogabile che possa orientare le trasformazioni urbane coerentemente con i principi di resilienza climatica e incremento della biodiversità. L'originalità del contributo risiede nel censimento delle piattaforme di casi studio di NbS, nella rappresentazione del modello della struttura di dati di alcuni repertori secondo un principio di input / output e nella proposta di un modello di catalogo di NbS quale strumento multidisciplinare che interseca gli ambiti di architettura-urbanistica, paesaggio, agronomia, botanica e biologia.

Ricognizione di repertori di casi di studio e applicazione di NbS | Attraverso un'operazione di

ricognizione della letteratura e delle piattaforme online è stato ricostruito un quadro complessivo di repertori ad oggi disponibili. Numerosi sono i progetti di ricerca europei in corso³ (tra cui Progi-Reg, ReGreen, Conexus, Operandum) e conclusi⁴ (tra cui Connecting Nature, Nature4city, Eclipse, Greeninurbs) che trattano di NbS per i contesti urbani. Su questo tema sono presenti importanti report nazionali (SOS4Life, 2020; Dessì et alii, 2018; Life Metro Adapt, 2020), internazionali (EEA, 2021; World Bank, 2021) e piattaforme di catalogazione informatiche. In merito a queste ultime una prima selezione viene fornita dal report EEA (2021) che identifica 12 piattaforme che si occupano di NbS per l'adattamento ai cambiamenti climatici e la riduzione del rischio catastrofi a livello europeo, tra cui: BISE, Climatescan, Climate ADAPT, DRMKC, Natural Hazards-NbS platform, NbS Initiative, Urban Nature Atlas, NWRM, Panorama, ThinkNature, Oppla, weADAPT.⁵

Per le finalità specifiche della ricerca del Centro Nazionale Biodiversità sono state prese in considerazione anche le piattaforme NatureNetwork⁶, Climate Adaptation app e GeoIKP. Un quadro complessivo delle potenzialità offerte dai nuovi strumenti digitali della conoscenza è sinteticamente rappresentato nella Tabella 1 dove si descrivono gli obiettivi delle piattaforme e si estrapolano le NbS utili ai fini della ricerca.

Una fase più approfondita dell'indagine sulle piattaforme, operata attraverso l'individuazione degli obiettivi specifici e la verifica della presenza di casi di studio e soluzioni inerenti la biodiversità urbana in Europa e, nello specifico, nell'area mediterranea, ha permesso di selezionare alcuni repertori tenendo conto del criterio di maggiore corrispondenza con gli obiettivi di costruzione del catalogo di NbS. Le analisi dei modelli di catalogazione e la successiva comparazione è stata effettuata, pertanto, su un numero ristretto di piattaforme che sono state ritenute maggiormente significative per portata del progetto di ricerca che le ha generate e autorialità riconducibile alle istituzioni partecipanti al Centro Nazionale Biodiversità: tra queste Oppla, GeoIKP, Urban Nature Atlas e Climate Adaptation.

Modellizzazione e comparazione dei repertori di casi di NbS | L'indagine circoscritta alle piattaforme digitali per la catalogazione di NbS ha

condotto, da un lato, a una ricognizione dei principali portali web di repertori di NbS e, dall'altro, a una lettura dei principali modelli di catalogazione e dei metadati⁷ impiegati per le classificazioni. L'analisi e il confronto di cataloghi di NbS hanno permesso di definire i principali metadati, sia strutturali che di contenuto, impiegati per le classificazioni di soluzioni e casi di studio. La raccolta dei metadati è stata sviluppata a partire dalla selezione delle informazioni presenti nelle homepage delle piattaforme, nella quale l'utente inserisce i dati di input applicando gli opportuni filtri di ricerca. Una seconda fase di raccolta di metadati è stata operata nella sezione degli output di ricerca, selezionando un caso studio o soluzione campione e analizzando le informazioni presenti sia in forma descrittiva che sintetica.

La messa a punto di metodologie e strumenti informatici, come la costruzione di un catalogo di NbS orientate all'incremento della biodiversità e alla mitigazione e adattamento climatico delle

N°	Platform	Contents description	Useful case study for the research
1	BISE	Portal providing data and information and developing knowledge for the implementation of the European Biodiversity Strategy and the Aichi Convention	-
2	Climatescan	Interactive web mapping application based on the international knowledge exchange of "green and blue" projects focusing mainly on the themes of urban resilience and climate adaptation	1 case study of NbS
3	Climate ADAPT	European Climate Adaptation Platform aiming to promote informed decision-making processes, providing the appropriate knowledge and facilitating information sharing at all levels and all stages of adaptation policy implementation;	5 case studies of NbS
4	DRMKC (Disaster Risk Management Knowledge Centre)	Providing scientific knowledge and evidence at all levels and stages of disaster risk management (prevention, mitigation, preparedness, response, and recovery), including climate-associated disasters	-
5	Natural Hazards-NbS platform (developed by the World Bank)	Platform of NbS projects addressing the challenges of disaster risk management and water resources to mitigate or adapt to the effects of climate change or natural hazards	-
6	NbS Initiative	Interdisciplinary research, policy advice and training platform based at the University of Oxford (UK) focusing on NbS to address global challenges and increase its sustainable application	-
7	Urban Nature Atlas platform (developed by Horizon 2020's Naturvation research project, 2017-2020)	Containing 1,000 illustrative examples of NbS from about 100 European cities	37 case studies of NbS
8	NWRM (Natural Water Retention Measures)	Platform collecting Europe-wide information on NbS and Green Infrastructures (GI) applied to the water sector to achieve the objectives of the EU Green Infrastructure Strategy and in accordance with the Water and Flood Directives	2 case studies of NbS
9	Panorama	Web portal documenting over 600 case studies (of projects or project aspects/phases/activities) successfully applied and replicable, to conserve or enhance biodiversity and ecosystems	2 case studies of NbS
10	ThinkNature (Horizon 2020 research project, 2016-2019)	Developing multi-stakeholder dialogue platform and think tank to support the understanding and promotion of NbS at local, regional, European, and international levels	27 case studies of NbS
11	Oppla	European NbS repository collecting the most up-to-date knowledge on natural capital and ecosystem services, whose purpose is to simplify the way in which knowledge on NbS is shared, accessed, and created	57 case studies of NbS
12	weADAPT	Platform focusing on ecosystem-based climate adaptation and disaster risk reduction and contains descriptions and links to digital resources	-
13	NatureNetwork	Project developed to create opportunities for local, regional and international cooperation and maximize the impact and dissemination of NbS solutions for the benefit of different actor and stakeholder communities	57 case studies of NbS
14	Climate Adaptation app	Platform providing designers (architects, urban planners, engineers, etc.) the opportunity to identify feasible measures for a project according to a specific climate adaptation goal	12 solutions NbS
15	GeoIKP	Platform focusing on NbS as a strategy for hydrometeorological risk reduction and mitigation (floods, landslides, coastal erosion, etc.) in both urban and suburban settings	30 case studies of NbS

Tab. 1 | Framework of the main NbS platform (credit: the Authors, 2023).

Platform	Metadata's structure	Metadata's content
Oppla	Scale	global, continental, sub-continental, national, sub-national, local
	Type	NbS projects case study, natural capital and ecosystem services case study, NbS city overview case study
	Focus Point	NBS in cities case study, existing ecosystem-based initiatives at the EU level, NbS in Brazil
GeoIKP	Hazard	agricultural drought, coastal erosion, coastal, flood, cold wave, drought, eutrophication, flash flood, flood, forest fire, etc.
	Approach	implementation, protection, restoration, sustainable management
	Ecosystem	coastal, cropland, grassland, heathland and shrub, marine inlets and transitional waters, pen ocean, urban, etc.
	Target	air quality, biodiversity, climate change adaptation and resilience, etc.
	Policy level	EU, global, international, local, national, regional
	Intervention type	afforestation, agroforestry, bioswales, green roof, etc.
Urban Nature Atlas	Challenges	climate action, environmental quality, green space, habitat, regeneration, land use, and urban development, etc.
	NbS	blue infrastructures, community gardens, nature in buildings, parks and urban forest, green areas for water management, etc.
	Location	global, geographical region, national, city
	Focus	creation of new green areas, creation of semi-natural blue areas, maintenance and management of urban nature, etc.
	Management set-up	government-led, co-governance with government and non-government actors, led by non-government actors, etc.
	Initiating organization	national government, regional government, local municipality, public sector institution, civil society
	Cost	less than €10,000 more than € 4,000,000
	Founding	creation earmarked public budget, etc.
Climate Adaptation app	Impact	climate, energy and emissions, social justice and cohesion, increase in gdp, increase of jobs, etc.
	Monitoring system	yes, no, no information
	Adaptation target	costal and fluvial flooding, pluvial flooding, groundwater flooding, heat, drought
	Land use	city center, industrial area, suburban area, rural area, park
	Dominant soil type	send, peat, clay, bed rock
	Surface level and slope	sloaping area, flat area on high ground, flat area on low ground
	Scale	city, neighbourhood, street, building
Project type	new development, redevelopment, improving existing situation	

Tab. 2 | Overview of analysed platforms metadata's input (credit: the Authors, 2023).

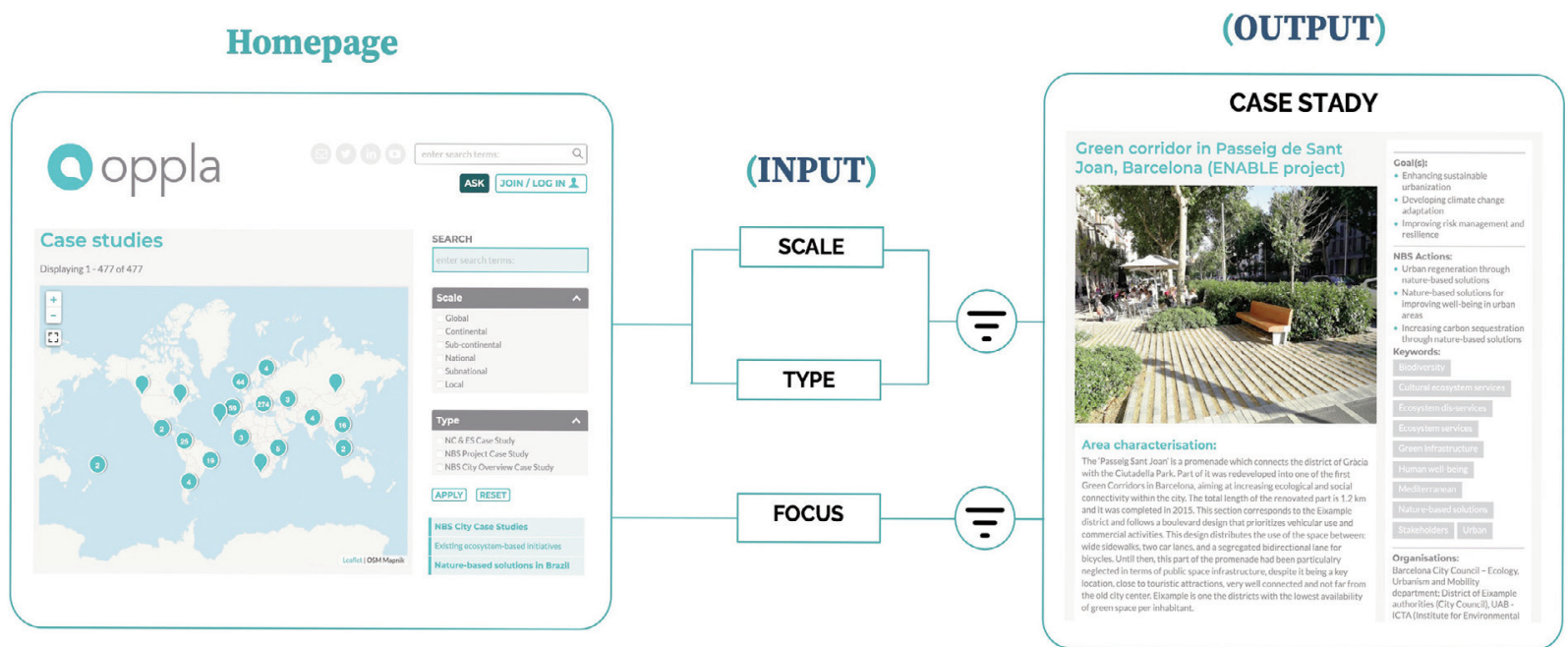


Fig. 1 | Oppla platform structure metadata cataloguing model | credit: the Authors, 2023).

aree urbane, periurbane e rurali rappresenta, da un lato, un aggiornamento delle conoscenze scientifiche sull'argomento e, dall'altro, un primo passaggio fondamentale per la creazione di uno strumento informatico a supporto della progettazione per la realizzazione di ecosistemi urbani resilienti capaci di promuovere la riqualificazione ambientale, la salute e il benessere della popolazione.

Il primo modello di catalogazione analizzato è la piattaforma Oppla⁸. Il portale rappresenta l'archivio europeo delle soluzioni basate sulla natura in cui confluiscono le conoscenze più aggiornate sul capitale naturale, sui servizi ecosistemici e sulle soluzioni basate sulla natura. Lo scopo di Oppla è quello di semplificare il modo di condivisione, accesso e creazione della conoscenza sulle NbS ed è pensata per utenti con esigenze e interessi diversi, provenienti dal mondo della ricerca, dalla politica e dalla pratica professionale. La piattaforma raccoglie 467 casi di studio che coprono settori come la gestione delle acque, la silvicoltura, l'agricoltura, la città e le aree costiere.

Dalla homepage della piattaforma è possibile inserire uno o più filtri (input utente) in relazione alla scala, al tipo di caso studio ricercato o accedere ad una sezione di approfondimento su focus tematici specifici (Tab. 2). Dall'inserimento degli opportuni filtri, ovvero fornendo al programma gli input di ricerca, la piattaforma restituisce dei casi di studio di progetti di NbS a livello internazionale (Fig. 1) in cui le informazioni sono raccolte in due sezioni: una descrittiva in forma estesa e una sintetica in cui sono raccolti i caratteri distintivi del caso studio (Tab. 3). Per gli obiettivi specifici della ricerca è stato possibile individuare in Oppla, nel contesto mediterraneo, 53 casi di studio di NbS.

La piattaforma GeolKP⁹ consente di visualizzare ed esplorare i dati sulle NbS per la riduzione del rischio idrometeorologico, di utilizzare strumenti di mappatura avanzati, di sfogliare casi di studio sulle NbS e di trovare le politiche maggiormente rilevanti sull'argomento. La piattaforma è

progettata per essere facilmente utilizzata da utenti con diversi livelli di esperienza, offrendo un'interfaccia intuitiva e una vasta gamma di strumenti di analisi e visualizzazione. Tra i filtri della piattaforma (Fig. 2) sono presenti: hazard, ecosistemi, approcci, obiettivi connessi agli SDGs, livello di governance, tipi di intervento (Tab. 2). L'output a cui si perviene attraverso la scelta degli opportuni input dell'utente (che variano in relazione esigenze dell'utente) sono casi di studio geolocalizzati in Europa e descritti attraverso l'uso di cinque sezioni di approfondimento: panoramica generale del caso di studio, fonti, NbS correlate, policy correlate, dataset correlati (Tab. 3). Dall'applicazione dei filtri specifici, in relazione alla ricerca sulla biodiversità urbana è stato possibile individuare 30 casi studio di NbS.

La piattaforma Urban Nature Atlas¹⁰ (UNA) nasce con l'obiettivo di raccogliere dati sulle NbS a supporto delle sfide della sostenibilità urbana e per valutare la loro applicazione nella città. UNA lavora con le comunità e le parti interessate e utilizza le conoscenze acquisite per informare i decisori politici e i professionisti. Le città presenti nell'atlante raccolgono diverse condizioni urbane, ambientali e climatiche; degli oltre 1.000 casi di studio in tutto il mondo se ne possono identificare 47 in area mediterranea.

Nei filtri della piattaforma (Fig. 3) l'utente può scegliere tra sfide-obiettivi, soluzioni NbS, localizzazione geografica, focus dell'intervento, governance, organizzazione promotrice, costo del progetto, tipo di finanziamento, impatti ambientali, sociali e economici, sistema di monitoraggio (Tab. 2). La scelta dei filtri di input consente di ottenere come output il caso di studio articolato in due sezioni: una descrittiva e una sintetica. La sezione descrittiva raccoglie informazioni in merito a panoramica del caso studio, governance, finanziamento, impatti e monitoraggio e riferimenti, nonché le informazioni anagrafiche del caso studio (Tab. 3).

La piattaforma Climate Adaptation¹¹ app fornisce una selezione di misure per l'adattamento

climatico in relazione al target di adattamento, inteso come criticità a cui la soluzione risponde, all'ambito di applicazione, al tipo di suolo, alla scala dell'intervento, alla quota e all'inclinazione della superficie dell'area e, infine, in relazione al tipo di progetto (Tab. 2). A titolo esemplificativo la piattaforma fornisce un determinato numero di soluzioni di adattamento in relazione agli input progettuali che di volta in volta possono caratterizzare la progettazione di uno spazio urbano per rispondere agli effetti del cambiamento climatico (Fig. 4). L'output che si ottiene a seguito del processo di attribuzione dei filtri è una scheda tecnica della soluzione di adattamento che, seppur con un certo grado di approssimazione, fornisce una descrizione di massima della soluzione e dei benchmark prestazionali raggiungibili rispetto alle differenti sfide climatiche (Tab. 3). Anche se la soluzione non esplicita la metodologia di calcolo per la valutazione prestazionale e non riporta l'indicatore adottato, il tentativo di individuare il grado di incisività specifico della soluzione tecnica per ciascuna sfida climatica è finalizzato a definire strumenti innovativi in grado di fornire un supporto decisionale nelle diverse fasi del processo edilizio alle diverse categorie di attori coinvolti.

Quest'ultimo approccio metodologico consente di collegare in maniera diretta le metodologie proprie della progettazione tecnologica e ambientale all'interno di campi con forti connotazioni specialistiche e interdisciplinari (Bentz and Franzato, 2017) e di avvicinarsi ai principi definiti nella piattaforma Climate-Adapt¹² della EEA per la realizzazione di cataloghi di soluzioni tecniche coerenti con il framework operativo alla base dei processi di standardizzazione avviato nel 2017 con la redazione della norma ISO 14092 per l'adattamento climatico dal titolo Requirements and Guidance on Adaptation Planning for Local Governments and Communities (Ambrosino and Leone, 2017).

Proposta di metadati per un catalogo NbS finalizzato all'incremento della resilienza e della

biodiversità urbana in ambito mediterraneo |

Dall'analisi delle piattaforme e dalla schematizzazione dei loro modelli di catalogazione e accesso alle informazioni digitali è emersa una metodologia comune di strutturazione dei database incentrato su un approccio 'circolare' (Fig. 5). I differenti cataloghi esplorati presentano informazioni che descrivono un determinato oggetto (casi di studio di NbS o soluzione di adattamento). Il catalogo digitale raccoglie tutte le informazioni in merito agli oggetti descritti e, attraverso dei filtri scelti dall'organizzatore della piattaforma, consente di pervenire all'individuazione di un dato specifico richiesto dall'utente in relazione alle sue esigenze o finalità.

È utile ricordare che i filtri applicati nelle piattaforme digitali analizzate vengono scelti in relazione alle informazioni contenute nel database, consentendo ai processi di ricerca informatica di poterli successivamente rintracciare attraverso l'utilizzo di tag¹³; non è pertanto possibile applicare dei filtri che non siano stati precedentemente inseriti come informazione all'interno del database. Questo approccio metodologico viene descritto attraverso la definizione dei termini di informazione, conoscenza e pensiero in cui «[...] l'informazione, consiste nel semplice 'accumulo' di dati, la 'conoscenza' riguarda l'organizzazione di quei dati accumulati e il 'pensiero' è invece la 'relazione' tra i dati che nasce dall'organizzazione attuata dalla 'conoscenza'» (Colamedici and Gancitano, 2021, p. 53).

Gli output a cui si perviene dall'interrogazione delle diverse piattaforme analizzate sono differenti (Fig. 6): le piattaforme Oppla, GeoIKP e Urban Nature Atlas offrono all'utente come risultato di ricerca informazioni diversificate relative a casi di studio di NbS, mentre la piattaforma Climate Adaptation app è l'unica che consente di giungere all'identificazione della soluzione (anche se circoscritta all'adattamento climatico).

Per le finalità di intervento progettuale emerge la necessità di una piattaforma di catalogazione digitale che, attraverso gli opportuni filtri di ricerca, consenta di pervenire all'individuazione della idonea soluzione NbS per l'incremento della biodiversità urbana e della resilienza in ambito mediterraneo. Pertanto, a tale scopo, un possibile modello di proposta di metadati per un catalogo di NbS dovrebbe contenere le seguenti informazioni per le soluzioni (Fig. 7): contesto (urbano, suburbano, rurale), hazard, fasce climatiche secondo la struttura climatica nazionale delle Province Eco-regionali adottata dal PNRR (Ministero della Transizione Ecologica, 2021), ambito urbano di intervento (in relazione allo specifico contesto geografico-territoriale o urbano), categorie di spazi urbani di applicazione (riferita agli elementi dello spazio urbano come strada, piazza, parcheggio, corte, edificio, etc.), obiettivi / sfide / target climatici, ambientali e sociali (correlati con gli SDGs dell'Agenda 2030) e co-benefici (Tab. 4).

Il risultato a cui si giunge attraverso l'interrogazione della piattaforma, inserendo gli opportuni filtri (input utente), è la schedatura sistematica delle soluzioni NbS, la loro puntuale descrizione e parametrizzazione e l'indicazione del livello della loro efficacia prestazionale raggiungibile rispetto a indicatori quali-quantitativi per le differenti sfide (Tab. 4).

Un approccio analogo è stato impiegato nella ricerca PRIN dal titolo Adaptive Design e Innovazioni Tecnologiche per la Rigenerazione Resiliente dei Distretti Urbani Degradati in Regime di Cambiamento climatico (2017-2020) in cui è stata proposta una struttura di repertorio di NbS articolata in base alla tipologia (verde, grigia e blu), all'ambito urbano di applicazione (strada, piazza, parcheggio, corte, edificio), alle pericolosità climatiche affrontate (isole di calore, allagamenti pluviali, siccità, tempeste di vento) e al loro funzionamen-

to, individuando indicatori prestazionali, aspetti progettuali e costruttivi e parametri caratteristici per il progetto (Bologna et alii, 2021).

Conclusioni e prospettive della ricerca | La ricerca ha selezionato le principali piattaforme digitali di catalogazione di casi di studio nei quali sono state applicate le NbS evidenziando l'importanza a livello internazionale, nella letteratura scientifica e nelle politiche, della questione della crisi climatica e della perdita di biodiversità. L'analisi dei modelli di catalogazione nelle piattaforme online ha evidenziato la necessità di integrare e/o reimpostare la strutturazione dei metadati ai fini della costruzione di uno strumento informatizzato in grado di pervenire, attraverso un'opportuna azione di interrogazione, a una classificazione e dettagliata descrizione delle principali soluzioni NbS per l'incremento della resilienza e della biodiversità nei contesti urbani, periurbani e extraurbani. Tale approccio risulta il presupposto fondamentale per la messa in pratica degli interventi di trasformazione e riqualificazione dei territori atti a garantire il perseguimento degli obiettivi della transizione ecologica previsti dal PNRR italiano (Ministero dello Sviluppo Economico, 2021).

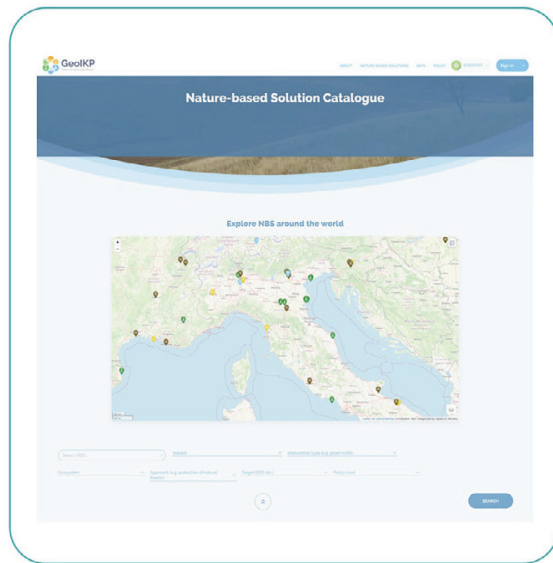
Il modello di catalogazione è stato validato sulla base di un confronto tra le Istituzioni rappresentate nel NBFC e al momento deve ancora essere testato tramite una simulazione applicativa il cui esito dovrà condurre a una integrazione degli indicatori pertinenti alle sfide / target che le NbS si propongono di affrontare.

Gli ulteriori sviluppi della ricerca riguardano prioritariamente la costruzione del repertorio di soluzioni NbS, attraverso la costruzione della sua architettura digitale (metadati di struttura) e l'inserimento delle informazioni specifiche all'interno di un database interrogabile (metadati di contenuto). La realizzazione del database è parte integrante

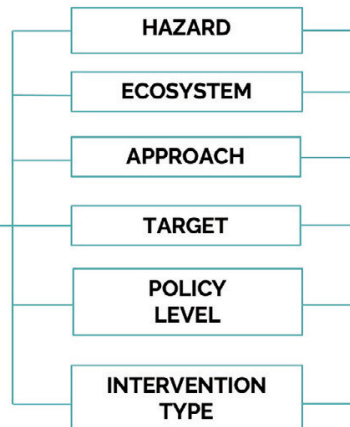
Platform	Brief section	Descriptive section
Oppla	objectives, key words, actions implemented, organizations involved, designers, awards, publications, and reports	objectives, actions implemented, challenges, impacts, benefits achieved, stakeholder participation, governance, success and limiting factors, case study drivers, monitoring and evaluations, transferability of results, lessons learned, type of funding, and references
GeoIKP	-	general overview of the case study (challenges, solutions, benefits, challenges, type of NbS, potential co-benefits, hazard, type of intervention, goal, ecosystem, approach, implementation status, start and end of intervention), sources, related NbS, related policies, related datasets
Urban Nature Atlas	location, catchment area, implementation timeline, status and scale of the intervention, type of urban setting in which the intervention fits	case study overview (NbS, key challenges, focus, project objectives activities implemented, climate actions, main beneficiaries), governance (sponsoring organization, participatory approaches, communities and organizations involved), financing (cost of intervention, type and source of funding), impacts and monitoring (environmental-economic-social impacts, presence of monitoring systems), references
Climate adaptation app	incidence/percentage/range of adaptation in relation to the five targets: rainfall flooding, drought, heat, coastal and riverine flooding, groundwater	definition of solution, primary function, co-benefits, details

Tab. 3 | Overview of analysed platforms metadata's output (credit: the Authors, 2023).

Homepage



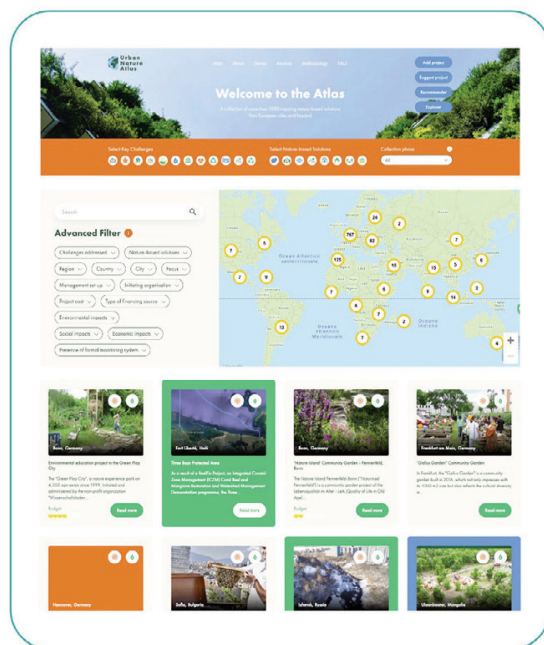
(INPUT)



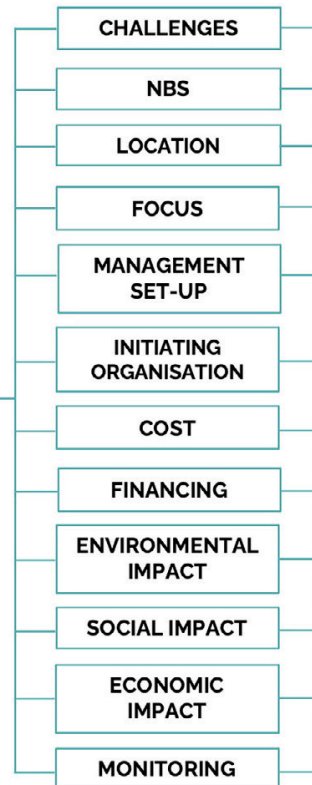
(OUTPUT)



Homepage



(INPUT)



(OUTPUT)



della ricerca in quanto consente di individuare le specifiche soluzioni in relazione alle query dell'utente. Un secondo step si riferisce allo studio degli indicatori di ciascuna NbS in ambito urbano per la risposta a obiettivi / sfide specifiche, mentre un ulteriore avanzamento della ricerca riguarda la valutazione dell'efficacia, singola o combinata delle NbS, all'interno di un banco di prova simulato o rispetto a misurazioni in loco di casi di studio effettivamente realizzati.

Infine un ultimo passaggio riguarda la predisposizione a livello nazionale di linee guida comuni a supporto di una pianificazione urbana integrata del verde per la realizzazione di infrastrutture basate sulle NbS resilienti, robuste e preparate. Tale strumento si rivolge a tutti gli stakeholders coinvolti nei processi di trasformazione del territorio,

dagli Enti di governo alle Pubbliche Amministrazioni, ai pianificatori e progettisti.

La crisi della biodiversità e quella climatica sono intrinsecamente legate e portano all'impoverimento dell'ambiente naturale; tuttavia tale interconnessione unisce non solamente i problemi ma anche le soluzioni e, in questo, le NbS rappresentano l'alleato principale da cui partire per una reale transizione ecologica finalizzata a dotare gli insediamenti urbani di un adeguato grado di resilienza per affrontare le sfide future.

In his latest essay on climate change, Ghosh (2022) identifies the utilitarian view of the lands conquered by Western colonisers in the 17th cen-

tury as the triggering cause of the breakdown in the balance between humans and nature, seen only as a resource to be exploited and not as an entity in an ecosystem that includes all living things. It is no coincidence that Lewis and Maslin (2019), on the basis of precise geophysical findings, squarely place the start date of the geological epoch of the Anthropocene, a symbol of mankind's superlative control and dominion over the environment, at the very beginning of the 1600s. Similarly, Capra and Luisi (2020) note that the current social and economic imbalances are producing dramatic outcomes as they are generated by a planetary ecological imbalance, the consequences of which have led to, among other aspects, the outbreak of the Covid-19 pandemic.

Climate change, biodiversity loss, ecosystem

collapse and the spread of devastating pandemics are the main threats humanity will face within the next decade (WEF, 2020) and represent the global challenges upon which the European Biodiversity Strategy for 2030 is based (European Commission, 2020). In fact, the latter reiterates the urgency of rebuilding the lost relationship with nature, asserting the need to bring it back into our living environments, not only for our physical and mental well-being (EEA, 2021) but also, and above all, for its ability to cope with climate change (European Commission, 2020; IPCC, 2022), health threats (IEEP, 2016; European Commission, 2020) and disasters caused by extreme events¹

(European Commission, 2020; UNDRR, 2021).

The Covid-19 pandemic has exposed how important it is to take action to protect and restore nature by prioritising the relationships that exist between human health and that of urban ecosystems (EEA, 2021) and by adopting sustainable supply systems and methods of consumption that do not strain the planet's limits (UN-Habitat, 2020). Indeed, the risk of outbreaks and the spread of infectious diseases coupled with the increased vulnerability to extreme weather events increases with the depletion of natural systems (IPBES, 2019). To increase resilience to climate change and prevent the outbreak of future dis-

eases, it is crucial to protect and restore biodiversity and well-functioning ecosystems in urban and peri-urban areas, as well as in rural environments. (European Commission, 2020).

Despite clear indications from the scientific communities, global ecosystems are in a critical condition, and the main causes of biodiversity loss can be traced to land use change, over-exploitation of resources, climate change, pollution, and invasive exotic species (IPBES, 2019; European Commission, 2020). According to the United Nations, cities, in addition to causing 75% of atmospheric greenhouse gas emissions and more than 60% of non-renewable resource use,

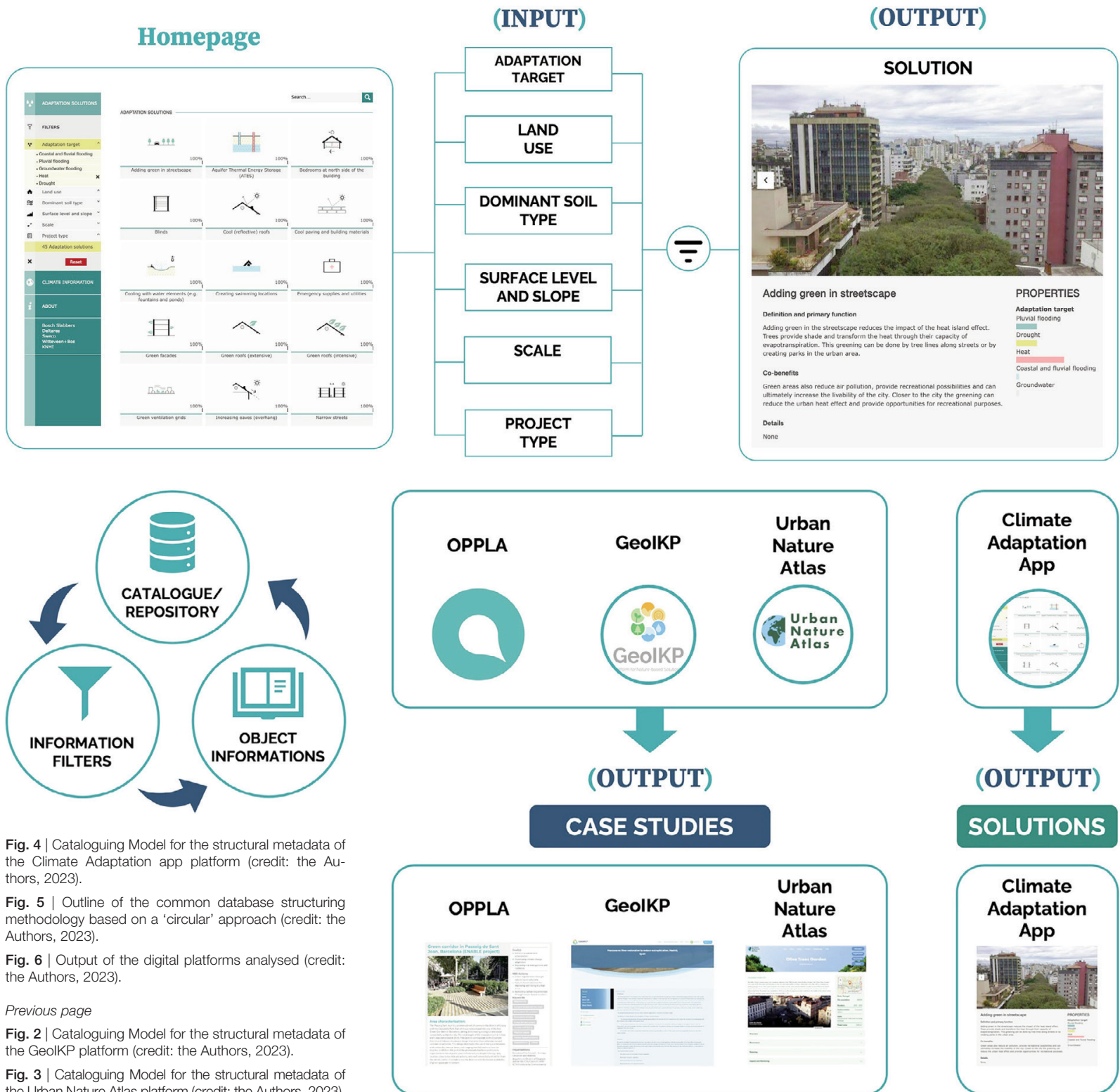


Fig. 4 | Cataloguing Model for the structural metadata of the Climate Adaptation app platform (credit: the Authors, 2023).

Fig. 5 | Outline of the common database structuring methodology based on a 'circular' approach (credit: the Authors, 2023).

Fig. 6 | Output of the digital platforms analysed (credit: the Authors, 2023).

Previous page

Fig. 2 | Cataloguing Model for the structural metadata of the GeoIKP platform (credit: the Authors, 2023).

Fig. 3 | Cataloguing Model for the structural metadata of the Urban Nature Atlas platform (credit: the Authors, 2023).

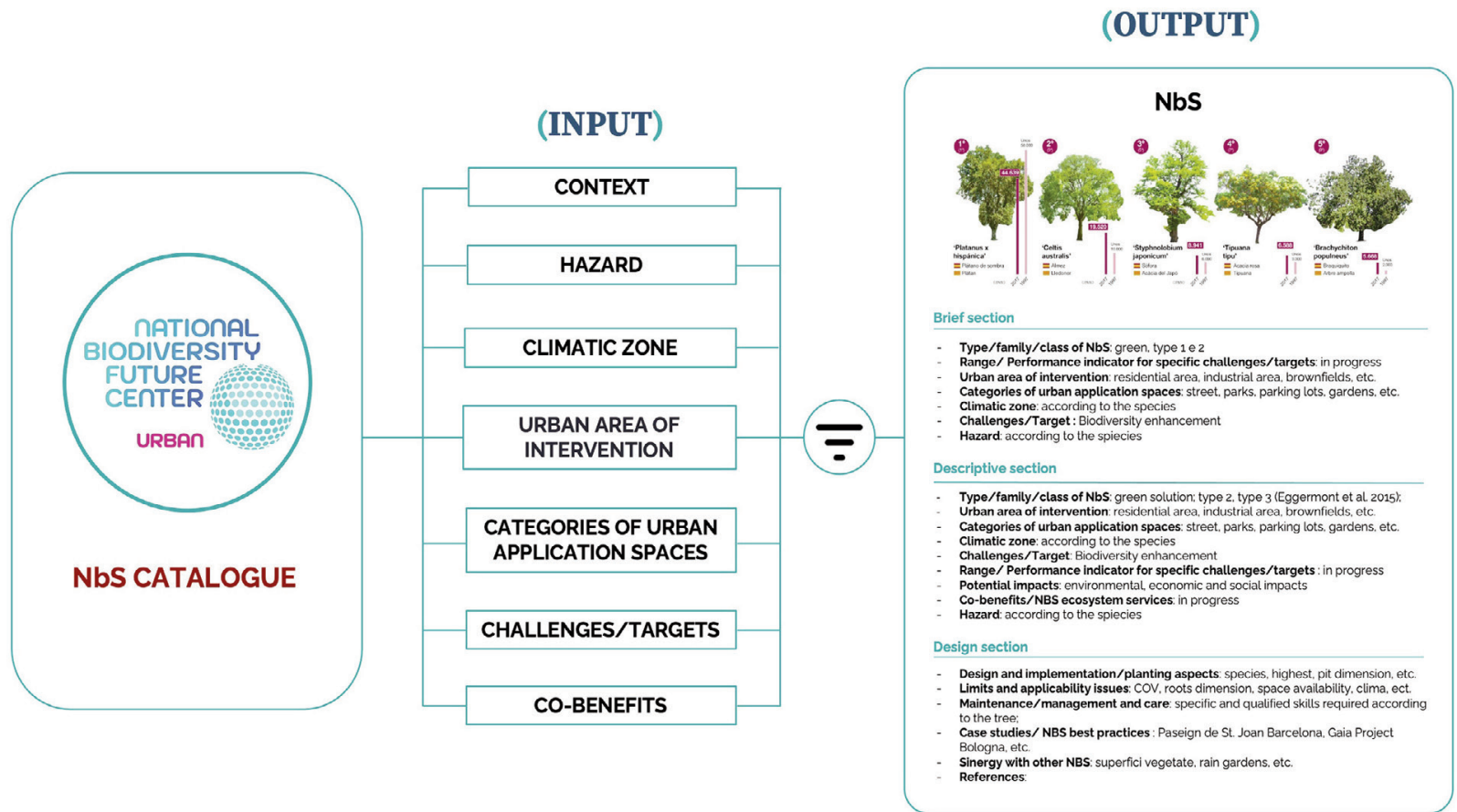


Fig. 7 | Proposed structure metadata model for the NBS catalogue for the National Biodiversity Center (credit: the Authors, 2023).

are banishing natural spaces to the confines of ever-shrinking areas² (Scalisi and Ness, 2022). On average, green spaces in urban areas cover less than 10% of the anthropised surface (UN-Habitat, 2020), planet wildlife has suffered a 60% reduction in the last 40 years due to human activities (WWF, 2018; IPBES, 2019) and a fifth of the earth's surface (more than 2 billion hectares) is in an advanced state of degradation and threatens the well-being of about 3.2 billion people¹. Many cities around the world are implementing policies and programs to preserve and increase urban biodiversity through the use of NbS and green and blue infrastructure (EEA, 2021; Scalisi and Ness, 2022), assigning them a crucial role and integrating them into the urban planning of public spaces and buildings (European Commission, 2020). The International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2016) recognises NbS as a key player in improving air and water quality, reducing pollution, forming habitats for wildlife, and creating safe green spaces for people's well-being, strengthening social relations and economic development. By virtue of their ecosystem services, NbS contribute to mitigating climate change and increasing the resilience of cities in response to extreme events by restoring and / or enhancing urban and peri-urban green ecosystems.

Re-establishing a new balanced relationship with nature requires an ecosystemic vision capable of integrating nature and the city through the use of new hybrid spatial and architectural repertoires employing vegetation (Gausa, 2022); in other words, having a catalogue of NbS from which to draw to guide transformation and redevelopment interventions. In essence, the aim is to apply

regulatory principles existing in nature to urban regeneration processes, focusing equally on all living things, humans, plants, animals, and microbial organisms (Canepa et alii, 2022).

This paper aims to describe the outcome of a preliminary research phase regarding the analysis of the main digital platforms of NbS case studies and the proposal of an NbS cataloguing model for project application. The research is being developed within the framework of the National Biodiversity Future Center (NBFC), funded under the NRRP, and involves the Departments of Architecture, Agricultural and Forestry Sciences, and Civil and Environmental Engineering at the University of Florence under a multidisciplinary education program.

The first part of the paper comprises a survey of scientific literature and research projects on case study platforms where NbS have been applied; the second part models and compares a selection of repertoires; and the third part describes the model of a metadata architecture for building a computerised and queryable catalogue of NbS solutions that can guide urban transformations in a manner consistent with the principles of climate resilience and biodiversity increase.

The uniqueness of the contribution lies in the inventory of NbS case study platforms, in the representation of the data structure model of repertoires according to an input / output principle, and in the proposal of an NbS catalogue model as a multidisciplinary tool that transverses the fields of architecture-urbanism, landscape, agronomy, botany and biology.

A survey of case study repertoire and NbS ap-

plication | Through a survey of available literature and online platforms, it was possible to establish a comprehensive overview of repertoires to date. Numerous ongoing projects³ (including ProgiReg, ReGreen, Conexus, and Operandum) and completed projects⁴ (including Connecting Nature, Nature4city, Eklipse, and Greeninurbs) focus on NbS for urban contexts. Regarding this issue, numerous important national reports (SOS4Life, 2020; Dessi et alii, 2018; Life Metro Adapt, 2020), international Reports (EEA, 2021; World Bank, 2021) and IT cataloguing platforms are available. Regarding the latter, a preliminary selection is provided by the EEA (2021), which identifies 12 platforms addressing NbS for climate change adaptation and disaster risk reduction at the European level, including BISE, Climatescan, Climate ADAPT, DRMKC, Natural Hazards-NbS platform, NbS Initiative, Urban Nature Atlas, NWRM, Panorama, ThinkNature, Oppla, weADAPT.⁵

For the specific purposes of the National Biodiversity Center's research, NatureNetwork⁶, Climate Adaptation app and GeolKP platforms were also considered. Table 1 provides an overview of the potential offered by new digital knowledge tools, briefly describing the objectives of the platforms and extrapolating NbS useful for research purposes.

Through a more thorough investigation of the platforms, accomplished by identifying specific objectives and verifying the presence of case studies and solutions pertaining to urban biodiversity in Europe and, specifically, in the Mediterranean area, it was possible to select the repertoires which corresponded most closely with the construction objectives for the NbS catalogue.

Therefore, the analyses of cataloguing models and subsequent comparisons were carried out on a few platforms deemed most significant in terms of the scope of the research project that generated them and in terms of authorship attributable to the institutions participating in the National Biodiversity Center. Among these are Oppla, GeolKP, Urban Nature Atlas and Climate Adaptation.

Modelling and comparison of NbS case repertoires | The investigation, limited to digital platforms for NbS cataloguing, led, on the one hand, to a mapping of the main web portals for NbS repertorisation and, on the other hand, to a study of the main cataloguing models and metadata⁷ used for classification. By analysing and comparing NbS catalogues, it was possible to define the main structural and content metadata for categorising solutions and case studies. The collection of metadata was developed on the basis of the selection of information present in the homepages of the platforms, where the user enters the input data by applying the appropriate search filters. A second phase of metadata collection was carried out in the search output section by selecting a case study or a sample solution and analysing the information in descriptive and synthetic form.

The development of IT methodologies and tools, such as the construction of a catalogue of NbS aimed at increasing biodiversity, climate mitigation and adaptation in urban, peri-urban and rural areas, represents, on the one hand, an advancement of scientific knowledge on the subject and, on the other hand, a crucial first step in the creation of an IT tool to support the design of resilient urban ecosystems capable of promoting environmental redevelopment, health and well-being of the population.

The Oppla platform⁸ was the first cataloguing model to be analysed. This portal is the most updated European archive of nature-based solutions, bringing together the latest knowledge on natural capital, ecosystem services and nature-based solutions. Oppla's purpose is to simplify the way of sharing, accessing, and creating NbS-related knowledge; it is designed for users with different needs and interests, from the fields of research, politics, and professional practice. The platform collects 467 case studies covering water management, forestry, agriculture, city, and coastal areas.

From the platform homepage, it is possible to enter one or more filters (user input) in relation to the scale and type of case study sought, or access an in-depth section on specific thematic focuses (Tab. 2). Through the selection of the ap-

propriate filters, which provide the program with search inputs, the platform returns case studies of NbS projects at international level (Fig. 1) in which the information is collected in two sections: a descriptive one in extended form and a synthetic one which recaps the distinctive characters of the case study (Tab. 3). For the specific objectives of the research, 53 NbS case studies within the Mediterranean context were identified in Oppla.

The GeolKP platform⁹ allows users to view and explore data on NbS for hydrometeorological risk reduction, use advanced mapping tools, browse NbS case studies, and find the most relevant policies on the topic. The platform is designed to be easily accessed by users with different levels of experience, providing an intuitive interface and a wide range of analysis and visualisation tools. Among the platform filters (Fig. 2) are: hazards, ecosystems, approaches, SDG-related objectives, governance level, and types of intervention (Tab. 2). The output obtained through the selection of appropriate user inputs (which vary according to specific user needs) are case studies geolocated in Europe and described through the use of five in-depth sections: case study general overview, sources, related NbS, related policies, related datasets (Tab. 3). By applying specific filters, 30 case studies of NbS related to urban biodiversity research were identified.

Platform	Metadata's structure	Metadata's content
Metadata's input	Context of intervention	urban, suburban, rural
	Hazard	agricultural drought, coastal erosion, coastal flood, cold wave, drought, eutrophication, flash flood, flood, forest fire, heat wave, hydrological drought, landslide, meteorological drought, riverine flood, sea water intrusion, snow avalanche, soil erosion, storm surge, strong wind, tornado, tropical cyclone, pluvial flood, wildfire
	Climatic zone	temperate division (alpine regions, po valley region, apennines region, Italian portion of the Illyrian region) and mediterranean division (Italian portion of the Ligurian Provençal region, Tyrrhenian region, Adriatic region)
	Urban area of intervention	building-scale interventions, public and urban spaces interventions, interventions in water bodies and drainage systems, interventions in transport linear infrastructures, interventions in natural areas and management of rural land, coastline/coast interventions, interventions in ecological and habitat biodiversity
	Categories of urban spaces of application	street, parking lot, square, building (facade, roof), courtyard, neighborhood, city
	Challenges / Targets (environmental, economic and social)	habitats and biodiversity, green space, climate resilience action, environmental quality, regeneration, land-use and urban development, water management, cultural heritage and cultural diversity, health and well-being, inclusive and effective governance, social justice, cohesion and equity, economic development and employment, sustainable consumption and production
	Co-benefits	soil stabilization, soil health improvement, shoreline stabilization, ecosystem restoration, habitat restoration, floodplain restoration, biodiversity conservation, carbon sequestration, water quality improvement, heat reduction, air quality improvement, economic benefits, community resilience, social cohesion, job creation
Metadata's output	Brief section	type / family / class of NbS, range / performance indicator for specific challenges / targets, urban area of intervention, category of urban spaces of applicazion, climatic zone, challenges/target, hazard
	Descriptive section	type/family/class of NbS, urban area of intervention, category of urban spaces of applicazion, climate zone, challenges / target, range / performance indicator for specific challenges/targets, potential impacts (environmental, economic, social), co-benefits / NbS ecosystem services, hazards
	Design section	design and implementation/planting aspects, limitations and issues of applicability, maintenance / management and care, related case studies or best practices, sinergy with other NbS, references

Tab. 4 | Overview of metadata proposal for the NbS catalogue (credit: the Authors, 2023).

The Urban Nature Atlas platform¹⁰ (UNA) was created to collect data on NbS to support urban sustainability challenges and evaluate their application in the city. UNA works with communities and stakeholders, using the knowledge gained to inform policymakers and practitioners. The cities in the atlas encompass diverse urban, environmental, and climatic conditions. Out of over 1,000 case studies worldwide, 47 can be identified in the Mediterranean area.

Within the platform filters (Fig. 3), the user can choose between challenges-objectives, NbS solutions, geographical location, intervention focus, governance, sponsoring organisation, project cost, type of funding, environmental, social, and economic impacts, monitoring system (Tab. 2). The choice of input filters allows to obtain, as output, the case study divided into two sections: descriptive and synthetic. The descriptive section collects information about case study overview, governance, financing, impacts, monitoring, and references. The summary section contains the master data pertaining to the case study (Tab. 3).

The Climate Adaptation platform¹¹ app provides a selection of measures for climate adaptation in relation to the adaptation target, understood as the criticality to which the solution responds, the scope of application, the type of soil, the scale of the intervention, the altitude and inclination of the surface of the area and, finally, the type of project (Tab. 2). For example, the platform provides a certain number of adaptation solutions related to the design inputs that from time to time may characterise the design of urban space in response to the effects of climate change (Fig. 4). The output resulting from the filter attribution process is a datasheet of the adaptation solution that, albeit with a certain degree of approximation, provides a comparative description of the solution and achievable performance benchmarks with respect to different climate challenges (Tab. 3). Although the solution does not explicitly specify the calculation methodology for performance evaluation and does not report the adopted indicator, the attempt to identify the specific degree of incisiveness of the technical solution for each climate challenge is intended to define innovative tools that can provide decision support at different stages of the building process to the different categories of stakeholders.

This last methodological approach makes it possible to directly link the methodologies belonging to technological and environmental design within fields with strong specialised and interdisciplinary connotations (Bentz and Franzato, 2017) and to align with the principles defined in the EEA's Climate-Adapt¹² platform for the creation of catalogues of technical solutions consistent with the operational framework underlying the standardisation processes initiated in 2017 with the drafting of the ISO 14092 standard for climate adaptation entitled Requirements and Guidance on Adaptation Planning for Local Governments and Communities (Ambrosino and Leone, 2017).

Metadata proposal for an NbS catalogue aimed at increasing resilience and urban biodiversity in the Mediterranean | The analysis of the platforms and the schematisation of their models for cataloguing and accessing digital information revealed a common database structuring method-

ology centred on a 'circular' approach (Fig. 5). The different catalogues explored present information describing a particular object (NbS case study or adaptation solution). The digital catalogue collects all the information regarding the described objects and, through the filters chosen by the platform organiser, allows the user to identify specific data in relation to their needs or purposes.

It is helpful to note that the filters applied in the analysed digital platforms are chosen with regard to the information contained in the database, thus enabling computer search processes to track them using tags subsequently¹³. It is, therefore, only possible to apply filters previously entered as information in the database. This methodological approach is described through the definition of information, knowledge and thought, according to which information consists in the simple 'accumulation' of data, 'knowledge' concerns the organisation of that accumulated data, and 'thought', by contrast, is the 'relationship' between the data stemming from the organisation implemented by 'knowledge' (Colamedici and Gancitano, 2021).

The outputs that result from querying the various analysed platforms are different (Fig. 6). As a search result, the Oppla, GeolKP, and Urban Nature Atlas platforms provide the user with diversified information related to NbS case studies, while the Climate Adaptation app platform is the only one that allows the user to identify a solution (albeit limited to climate adaptation).

The need for a digital cataloguing platform emerges as a consequence of project intervention purposes; the platform, through appropriate search filters, enables the identification of a suitable NbS solution for increasing urban biodiversity and resilience in the Mediterranean area. Therefore, for this purpose, a possible metadata proposal template for an NbS catalogue should contain the following information for solutions (Fig. 7): context (urban, suburban, rural), hazard, climate bands according to the national climatic structure of the Ecoregional Provinces adopted by the NRRP (Ministero della Transizione Ecologica, 2021), urban area of intervention (in relation to the specific geographical-territorial or urban context), categories of urban spaces of application (referring to the elements of urban space such as street, square, parking, courtyard, building, etc.), climate, environmental and social goals / challenges / targets (correlated with the SDGs of the 2030 Agenda) and co-benefits (Tab. 4).

The result achieved through querying the platform by entering the appropriate filters (user input) is the systematic filing of NbS solutions, their timely description and parameterisation, and an indication of the level of their achievable performance effectiveness with respect to qualitative-quantitative indicators for different challenges (Tab. 4).

A similar approach was used in the PRIN research project 'Adaptive Design e Innovazioni Tecnologiche per la Rigenerazione Resiliente dei Distretti Urbani Degradati in Regime di Cambiamento Climatico' (2017-2020), which proposed a repertoire structure of NbS based on type (green, grey and blue), urban scope of application (street, square, parking, courtyard, building), climatic hazards faced (heat islands, rain floods, droughts, wind storms) and functioning, identifying performance indicators, design aspects and construc-

tion and characteristic parameters for the project (Bologna et alii, 2021).

Conclusions and research and perspectives |

This research selected major digital platforms for cataloguing case studies featuring the application of NbS, highlighting the importance on an international scale, in scientific literature and policy, of the issue of climate crisis and biodiversity loss. The analysis of cataloguing models in online platforms has highlighted the need to integrate and/or reset the structuring of metadata to build a computerised tool capable of obtaining, through appropriate querying, a classification and detailed description of the main NbS solutions for increasing resilience and biodiversity in urban, peri-urban, and suburban contexts. This approach proves to be the fundamental prerequisite for implementing transformation and redevelopment interventions of territories capable of ensuring the pursuit of the objectives of ecological transition envisaged by the Italian NRRP (Ministero dello Sviluppo Economico, 2021).

The cataloguing model was validated on the basis of a comparison between the institutions represented in the NBFC and, at the moment, still needs to be tested through an application simulation, the outcome of which should lead to an integration of indicators relevant to the challenges / targets that the NbS aims to address.

Further research developments are primarily concerned with constructing the NbS solution repertoire through its digital architecture (structure metadata) and including specific information within a queryable database (content metadata). Database implementation forms an integral part of the research as it enables the identification of specific solutions in relation to user queries. A second step relates to the study of the indicators of each NbS in urban settings in response to specific objectives / challenges; a further advancement of the research concerns the evaluation of the effectiveness, either single or combined, of the NbS, within a simulated testbed or with respect to on-site measurements of effectively implemented case studies.

Lastly, a final step involves the nationwide preparation of common guidelines to support integrated urban green planning for creating infrastructures based on resilient, robust, and prepared NbS. This tool is aimed at all stakeholders involved in land transformation processes: from governing bodies to Public Administrations, from planners to designers.

The biodiversity and climate crises are intrinsically linked and lead to the depletion of the natural environment. However, this interconnectedness unites problems and solutions; as such, NbS represent the main allies from which to build a viable ecological transition aimed at equipping urban settings with adequate resilience to meet future challenges.

Acknowledgements

The ongoing research, whose first results are reported in this contribution, is funded by the European Union – NextGenerationEU – National Recovery and Resilience Plan (NRRP) – Mission 4 Component 2 Investment 1.4 – Notice n. 3138 of 16 December 2021, emended with D. D. n. 3175 of 18 December 2021 of the Ministry of University and Research; Project code CN_00000033, Directive Decree MUR n. 1034 of 17 June 2022 for grant of financing, CUP B83C22002910001, project title ‘National Biodiversity Future Center – NBFC’. This paper is the result of a joint reflection of the Authors that led to the collaborative writing of the text. Special thanks to E. Baglione and I. Aloisi of the Alma Mater Studiorum University of Bologna and C. Carbonari and L. Nofroni of the University of Florence for their specific research contributions.

Notes

- 1) For more information on Goal 15 – Life on Land of the 2030 Agenda, promoted by the United Nations, see the webpage: sdgs.un.org/goals/goal15 [Accessed 18 March 2023].
- 2) For more information on Goal 11 – Make Cities Inclusive, Safe, Resilient and Sustainable of the 2030 Agenda promoted by the United Nations, see the webpage: sdgs.un.org/goals/goal11 [Accessed 18 March 2023].
- 3) For more information on ProgiReg, ReGreen, Conexus, and Operandum, see the webpages: progiereg.eu; regreen-project.eu; conexusnbs.com; operandum-project.eu [Accessed 18 March 2023].
- 4) For more information on Connecting Nature, Nature4city, Eklipse, and Greeninurbs, see the webpages: connectingnature.oppla.eu; nature4cities.eu; eklipse-mechanism.eu; greeninurbs.com [Accessed 18 March 2023].
- 5) For more information on the platforms BISE, Climatescan, Climate ADAPT, DRMKC, Natural Hazards-NbS platform, NbS Initiative, Urban Nature Atlas, NWRM, Panorama, ThinkNature, Oppla, weADAPT see the webpages: biodiversity.europa.eu; climatescan.nl; climate-adapt.eea.europa.eu; drmkc.jrc.ec.europa.eu; naturebased-solutions.org; casestudies.naturebasedsolutionsinitiative.org; una.city; nwrn.eu; panorama.solutions/en; platform.think-nature.eu; oppla.eu; weadapt.org [Accessed 18 March 2023].
- 6) For more information on the NatureNetwork platform, see the webpage: networknature.eu [Accessed 18 March 2023].
- 7) The term ‘metadata’ means a set of information on data of various kinds, distinguishing between structure metadata, which defines the architecture of the data and their interrelationship, and content metadata, which classifies and describes the information. The definition is taken from the webpage: accademiadellacrusca.it/it/consulenza/metadati—metadata/347 [Accessed 18 March 2023].
- 8) For more information on the Oppla platform, see the webpage: oppla.eu [Accessed 18 March 2023].
- 9) For more information on the GeolKP platform, see the webpage: geoikp.operandum-project.eu [Accessed 18 March 2023].
- 10) For more information on the Urban Nature Atlas platform, see the webpage: una.city [Accessed 18 March 2023].
- 11) For more information on the Climate Adaptation app platform, see the webpage: climateapp.org [Accessed 18 March 2023].
- 12) For more information on the Climate-Adapt platform, see the webpage: climate-adapt.eea.europa.eu [Accessed 18 March 2023].
- 13) In Computer Science, a ‘tag’ is an elementary unit used to mark fields in a file (therefore also called a marker) in order to process them later. The definition is taken from the following webpage: emporium.treccani.it/it/treccani/cartoleria/poster-definizione.html?utm_source=Treccani-IT&utm_medium=banner&utm_campaign=poster_definizione [Accessed 18 March 2023].

References

- Ambrosino, C. F. and Leone, M. F. (2019), “Catalogue of technical alternatives for climate change adaptation”, in D’Ambrosio, V. and Leone, M. F. (eds), *Environmental Design for Climate Change adaptation 2 – Tools and Guidelines for Climate Risk Reduction*, CLEAN, Napoli, pp. 72-82. [Online] Available at: sitda.net/downloads/biblioteca/Environmental%20Design%20for%20Climate%20Change%20adaptation.%202.%20Tools%20and%20Guidelines%20for%20Climate%20Risk%20Reduction.pdf [Accessed 18 March 2023].
- Bentz, I. M. G. and Franzato, C. (2017), “The relationship between Strategic Design and Metadesign as defined by the levels of knowledge of design”, in *Strategic Design Research Journal*, vol. 10, issue 2, pp. 134-143. [Online] Available at: doi.org/10.4013/sdrj.2017.102.06 [Accessed 18 March 2023].
- Bologna, R., Losasso, M., Mussinelli, E. and Tucci, F. (eds) (2021), *From Urban Districts to Eco-districts Knowledge Methodologies, Strategic Programmes, Pilot Projects for Climate Adaptation*, Maggioli, Sant’Arcangelo di Romagna. [Online] Available at: sitda.net/downloads/biblioteca/Dai%20distretti%20urbani%20agli%20ecodistretti_PRIN%20vol%202%20ebook.pdf [Accessed 18 March 2023].
- Canepa, M., Mosca, F., Barath, S., Changenet, A., Hauck, T. E., Ludwig, F., Rocciotello, E., Pianta, M., Selvan, S. U., Vogler, V. and Perini, K. (2022), “Ecolopes, oltre l’inverdimento – Un approccio multi-specie per lo spazio urbano | Ecolopes, beyond greening – A multi-species approach for urban design”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 238-245. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11212022 [Accessed 2 May 2023].
- Capra, F. and Luisi, P. L. (2020), *Vita e natura – Una visione sistemica*, Aboca, Sansepolcro (AR).
- Colamedici, A. and Gancitano, M. (2021), *L'alba dei nuovi dei – Da Platone ai big data*, Mondadori, Milano.
- Dessi, V., Farnè, E., Ravanello, L. and Salomoni, M. T. (2018), *Rigenerare la città con la natura – Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna. [Online] Available at: territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio/formazione-lab-app-1/rigenerare_la_citta_con_la_natura_2_ed.pdf [Accessed 18 March 2023].
- EEA – European Environmental Agency (2021), *Nature-based solutions in Europe – Policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction*, Report no. 01/2021. [Online] Available at: eea.europa.eu/publications/nature-based-solutions-in-europe/ [Accessed 18 March 2023].
- European Commission (2020), *EU Biodiversity Strategy for 2030 – Bringing nature back into our lives*, 380 final. [Online] Available at: op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a3c806a6-9ab3-11ea-9d2d-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-search [Accessed 18 March 2023].
- Gausa, M. (2022), “Topologie verdi e paesaggi oltre il paesaggio – 30 anni di ricerche avanzate sulla ibridizzazione del verde | Green topologies and landscapes beyond the land – A 30-year research on green hybridization”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 14-25. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1112022 [Accessed 18 March 2023].
- Ghosh, A. (2022), *La maledizione della noce moscata – Parabole per un pianeta in crisi*, Neri Pozza, Vicenza.
- IEEP – Institute for European Environmental Policy (2016), *The Health and Social Benefits of Nature and Biodiversity Protection – Annex 1 – 20 Case Studies*. [Online] Available at: ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/pdf/Health%20and%20Social%20Benefits%20of%20Nature%20-%20case%20studies.pdf [Accessed 18 March 2023].
- IPBES – Intergovernmental science-policy Platform for Biodiversity and Ecosystem Services (2019), *Summary for*

policy-makers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services, IPBES secretariat, Bonn. [Online] Available at: doi.org/10.5281/zenodo.3553579 [Accessed 18 March 2023].

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2022), *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability – Summary for Policymakers*, Switzerland. [Online] Available at: ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryVolume.pdf [Accessed 18 March 2023].

IUCN – International Union for Conservation of Nature (2016), *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. [Online] Available at: portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf [Accessed 18 March 2023].

Lewis, S. and Maslin, M. (2019), *Il pianeta umano*, Einaudi, Torino.

Life Metro Adapt (2020), *Soluzioni Naturalistiche (NbS) per la città metropolitana di Milano*. [Online] Available at: cittametropolitana.mi.it/export/sites/default/Life_Metro_Adapt/documenti/Soluzioni-Naturalistiche_Schede-Tecniche_Verde-a-Suolo_pub.pdf [Accessed 18 March 2023].

Ministero della Transizione Ecologica (2021), *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – Piano di Forestazione Urbana ed Extraurbana*. [Online] Available at: mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/PNRR/PNRR_piano_for_estazione.pdf [Accessed 18 March 2023].

Ministero dello Sviluppo Economico (2021), *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*. [Online] Available at: governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf [Accessed 18 March 2023].

Scalisi, F. and Ness, D. (2022), “Simbiosi tra vegetazione e costruito – Un approccio olistico, sistemico e multilivello | Symbiosis of greenery with built form – A holistic, systems, multi-level approach”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 26-39. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11212022 [Accessed 18 March 2023].

SOS4LIFE – Safe of Soil for Live (2020), *Liberare il suolo – Linee guida per la resilienza urbana negli interventi di rigenerazione*, vol. I. [Online] Available at: sos4life.it/2020/05/publicate-le-linee-guida-sulla-rigenerazione-urbana [Accessed 18 March 2023].

UN-Habitat – United Nations Human Settlements Programme (2020), *World Cities Report 2020 – The Value of Sustainable Urbanization*. [Online] Available at: unhabitat.org/world-cities-report-2020-the-value-of-sustainable-urbanization [Accessed 18 March 2023].

UNDRR – United Nations Disaster Risk Reduction (2021), *World into action – Nature-based solutions for disaster risk reduction*. [Online] Available at: undrr.org/words-action-nature-based-solutions-disaster-risk-reduction [Accessed 18 March 2023].

WEF – World Economic Forum (2020), *The Global Risks Report 2020*. [Online] Available at: weforum.org/reports/the-global-risks-report-2020/ [Accessed 13 May 2023].

World Bank (2021), *A Catalogue of Nature-Based Solutions for Urban Resilience*. [Online] Available at: hdl.handle.net/10986/36507 [Accessed 18 March 2023].

WWF – World Wide Fund for Nature (2018), *Living Planet Report 2018 – Aiming Higher*. [Online] Available at: wwf.org.uk/sites/default/files/2018-10/wwfintl_livingplanet_full.pdf [Accessed 18 March 2023].

ARTICLE INFO

Received	20 March 2023
Revised	11 May 2023
Accepted	17 May 2023
Published	30 June 2023

SVILUPPO URBANO SOSTENIBILE

Organizzazione di contenuti informativi per la transizione verso i Distretti a Energia Positiva

SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT

Organizing information content for the transition to Positive Energy Districts

Tiziana Ferrante, Federica Romagnoli, Teresa Villani

ABSTRACT

In linea con le strategie di promozione dei Positive Energy Districts per una transizione verso città europee climaticamente neutre, il contributo riporta gli esiti di una ricerca volta all'individuazione dei fattori abilitanti per incentivare tale transizione sul territorio nazionale, identificando il ruolo svolto dai principali soggetti pubblici e privati nelle diverse fasi. A partire dallo studio dei processi attuativi, delle soluzioni tecnologiche e delle modalità di coinvolgimento degli stakeholder che hanno contribuito al buon esito di progetti virtuosi di sviluppo urbano sostenibile realizzati in Italia, la ricerca propone un approccio sistemico per l'organizzazione di contenuti informativi rilevanti in grado di supportare le Municipalità nell'individuazione di buone pratiche potenzialmente replicabili, incentivandole ad avviare nuovi processi di sviluppo urbano in chiave Positive Energy Districts.

In line with the strategies to promote Positive Energy Districts for a transition to climate-neutral European cities, the contribution reports the outcomes of a research aimed at detecting the enabling factors to incentivize such a transition in the national territory, identifying the role played by the main public and private stakeholders in the different phases. Starting from the study of implementation processes, technological solutions and stakeholder involvement methods that have contributed to the success of virtuous sustainable urban development projects implemented in Italy, the research proposes a systemic approach for the organization of relevant information content capable of supporting Municipalities in identifying potentially replicable good practices, incentivizing them to initiate new urban development processes in Positive Energy Districts.

KEYWORDS

distretti a energia positiva, sviluppo urbano sostenibile, processo edilizio, soluzioni tecnologiche, analisi degli stakeholder

positive energy districts, sustainable urban development, building process, technological solutions, stakeholder analysis

Tiziana Ferrante, Architect and PhD, is a Full Professor of Architectural Technology at the 'Sapienza' University of Rome (Italy). She conducts research and experimentation addressing the issue of design quality in the building process in terms of process and product innovation in the planning, programming, design and evaluation during the operation of health and social services. E-mail: tiziana.ferrante@uniroma1.it

Federica Romagnoli, Architect, is a PhD Candidate at the Department of Civil Construction and Environmental Engineering, 'Sapienza' University of Rome (Italy). She carries out research activities that include the area of BIM-based methodologies to implement multi-criteria assessments and inform decision-making by supporting technical choices on a performance basis, aimed at identifying the best-performing intervention alternatives from a sustainability perspective. E-mail: federica.romagnoli@uniroma1.it

Teresa Villani, Architect and PhD, is an Associate Professor of Architectural Technology at the PDTA Department, 'Sapienza' University of Rome (Italy). She carries out research activities mainly in the field of building quality control through methods of detection and performance evaluation of technological components of buildings and tools for technical design control. E-mail: teresa.villani@uniroma1.it



La Commissione Europea con H2020 ha mobilitato per le città notevoli finanziamenti mirati a intraprendere azioni concrete per uno sviluppo urbano sostenibile (MITE, 2020), dandone continuità con Horizon Europe attraverso Partnership tra cui la Driving Urban Transition (DUT; Bylund et alii, 2022). Definire nuovi modelli di espansione per le aree urbane è diventato quindi l'obiettivo generale delle Municipalità più illuminate che intendono promuovere la transizione verso un sistema energetico competitivo incentrato su obiettivi specifici quali la riduzione dei consumi e dell'impronta di carbonio, la fornitura di elettricità a basso costo e a basse emissioni, l'uso di combustibili alternativi e fonti di energia rinnovabili, le reti elettriche uniche e intelligenti, la promozione di ICT, solidi processi decisionali, l'innovazione e un forte coinvolgimento sociale (Østergaard and Clerici Maestosi, 2019).

Un'urbanizzazione orientata alla mitigazione dell'impatto ambientale degli insediamenti ha avuto notevole spinta con le Smart Cities (Antonini and Mussinelli, 2018) e i Positive Energy Districts (PED; Shnapp, Paci and Bertoldi, 2020) che promuovono uno sviluppo sostenibile in chiave energetica, riconoscendo nell'area urbana a scala di quartiere (distretto) l'ambito strategico per l'attuazione degli interventi (Brozovsky, Gustavsen and Gaitani, 2021). La rilevanza dei PED è fondamentale per la transizione verso città europee climaticamente neutre, in linea con gli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030 (UN, 2015), del Green Deal europeo (European Commission, 2019) e per la riduzione delle emissioni derivate dallo stock edilizio esistente, incoraggiata dai finanziamenti della Renovation Wave (European Commission, 2020).

Allo stato attuale, molti gruppi di ricerca a livello europeo (tra cui PED Programme JPI UE, JRC Science Hub, EERA Joint Programme on Smart Cities, COST on PED) contribuiscono a definire il nuovo ambito di studio. L'Implementation Working Group del SET Plan 3.2 ha individuato tre requisiti da garantire in equilibrio (efficienza energetica, flessibilità energetica e produzione di energia locale / regionale), riconoscendo alle città e alle relative Municipalità un ruolo guida nella pianificazione integrata da indirizzare verso la realizzazione, in Europa, di almeno 100 PED entro il 2025 (SET-Plan Temporary Working Group 3.2, 2018).

Gli studi presenti in letteratura forniscono un quadro di riferimento delle principali caratteristiche dei PED fino ad oggi implementati in Europa (Boschi, Gollner and Theierling, 2020), dove la presenza di numerosi progetti (prevalentemente in fase di programmazione) rilevati anche in Italia (Zhang et alii, 2021) incoraggia ulteriori approfondimenti. Molti, infatti, ribadiscono la forte necessità di innescare, attraverso progetti pilota di successo ed i relativi approcci metodologici e operativi, la moltiplicazione di nuove esperienze per alimentare un processo di graduale estensione dei PED sul territorio (Uspenskaia et alii, 2021), individuando i fattori abilitanti che ne consentono la replicabilità (Alpagut, Akyürek and Mitre, 2019).

Nonostante il crescente interesse l'attuazione dei PED rimane difficoltosa anche a causa della frammentazione degli studi finora quasi esclusivamente incentrati sull'aspetto tecnico delle soluzioni progettuali laddove invece anche le moda-

lità di condivisione dell'informazione rappresentano, in una prospettiva più ampia, un fattore chiave (Koutra et alii, 2023). Il buon esito di un PED implica infatti anche il coinvolgimento di tutte le parti interessate (Hearn, 2022) la cui numerosità ed eterogeneità genera un sistema complesso, che richiede notevoli capacità di governance da parte delle Municipalità per la conduzione dell'intero iter di pianificazione e realizzazione. In tale direzione, anche la comprensione di soluzioni 'immateriali', come quelle relative al processo (Sinopoli, 1997), al modello organizzativo e al sistema di relazioni degli stakeholder che hanno portato al successo degli interventi, concorre alla definizione di prospettive di governance in chiave PED.

Considerando la contestuale necessità di integrare i PED nei processi di progettazione e sviluppo (a scala urbana ed edilizia) sia dal punto di vista tecnico che in termini di processo e alla luce del ruolo chiave delle Municipalità e degli stakeholder, il contributo riporta i risultati di una ricerca finanziata e svolta in collaborazione con ENEA¹, sviluppata in due linee di azione. L'obiettivo generale è individuare i fattori abilitanti e identificare il ruolo svolto dai principali soggetti pubblici e privati nelle diverse fasi dei processi attuativi, contribuendo (attraverso una sistematizzazione comunicativa dei dati desunti da casi studio virtuosi) a facilitare il trasferimento delle informazioni più rilevanti a Municipalità e stakeholder interessati ad attuare la transizione verso i PED.

A partire dall'individuazione di un insieme di casi studio (municipalità italiane attivamente impegnate nella transizione energetica), la prima linea d'azione ha riguardato l'analisi di progetti di riqualificazione energetica di edifici in aree urbane strategiche, con particolare riferimento alle soluzioni tecniche adottate, alle modalità di finanziamento e ai processi attuativi degli interventi. La seconda linea d'azione è stata invece specificamente dedicata all'analisi del coinvolgimento degli stakeholder durante l'iter di programmazione, progettazione, realizzazione e gestione degli interventi.

I risultati parziali della prima linea di azione, oggetto di una precedente pubblicazione (Ferrante and Villani, 2021), sono stati integrati, attraverso l'osservazione di ulteriori casi studio, con i risultati della seconda linea di azione (analisi degli stakeholder) e illustrati nel presente contributo. Per maggiore completezza dell'esposizione si è ritenuto opportuno ripercorrere la metodologia e i risultati raggiunti considerando entrambe le linee d'azione della ricerca che, di fatto, sono state svolte in continuità, pur focalizzando l'attenzione su differenti aspetti.

Studi internazionali di riferimento per il trasferimento di buone pratiche in chiave PED

Tra gli studi disponibili che hanno attuato una mappatura di casi studio per il trasferimento di buone pratiche per promuovere la realizzazione di nuovi PED in Europa, sono stati approfonditi quelli che si concentrano sulla sistematizzazione delle informazioni per favorirne l'acquisizione da parte di Amministrazioni Pubbliche, tecnici e stakeholder. Il Booklet sui PED (JPI, 2020) prende in esame 61 progetti di aree urbane europee (operative, in fase di implementazione e in fase di pianificazione) che ambiscono a essere Distretti a Energia Positiva (PED). Per ognuno dei progetti lo studio ripor-

ta quattro gruppi di informazioni (caratteristiche generali; descrizione del progetto; strategie; fattori di successo e barriere) restituite in forma descrittivo-testuale all'interno di una tabella, compilata dagli operatori delle Municipalità su base volontaria.

Il Progetto di Ricerca europeo Making-City (2019) ha effettuato la ricognizione di alcune soluzioni rilevanti necessarie alla progettazione dei PED (frutto di precedenti sperimentazioni analizzate), di natura sia tecnica che politica, sociale ed economica, relative agli stakeholder e al finanziamento degli interventi. Per ogni soluzione individuata sono indicate in forma testuale fattori abilitanti e barriere alla loro trasferibilità, nonché i rispettivi modelli economici potenzialmente applicabili. Tutte le informazioni sono riportate in una serie di schede (SPEC Cards), in forma tabellare, compilate con testi e immagini significative.

Il PED-Database proposto all'interno della COST Action PED-EU-NET (2022a, 2022b) ha reso disponibile una piattaforma online interattiva e implementabile per la mappatura dei progetti e dei PED esistenti in Europa, attraverso la raccolta di informazioni ottenute mediante questionari compilabili dai referenti dei progetti su invito degli sviluppatori del database (Turci et alii, 2022); le informazioni (sotto forma di testi) sono rese pubbliche e consultabili all'interno di tabelle.

Rispetto a un focus sulle possibili modalità di analisi degli stakeholder che intervengono nei processi di sviluppo dei PED, Cheng et alii (2021) suggeriscono un quadro preliminare per una loro mappatura suddividendoli in otto categorie, in base a due macrofasi di processo (implementazione e gestione) e a seconda di differenti scale di osservazione (a livello di edificio, di distretto e di città).

In relazione agli studi citati la ricerca, oggetto del presente contributo, focalizza l'attenzione esclusivamente su Municipalità italiane per studiare progetti di riqualificazione energetica rilevanti in chiave PED unitamente alle specifiche procedure che ne hanno determinato l'attuazione nel contesto nazionale. In base a tale perimetrazione di campo è stato attuato per ogni progetto selezionato uno studio specifico del processo edilizio che ne ha visto l'attuazione, entrando maggiormente nel dettaglio delle singole fasi rispetto ai precedenti studi. Di conseguenza anche la mappatura e l'analisi degli stakeholder, suddivisi in dieci categorie individuate, è stata rapportata alle fasi di programmazione, progettazione, realizzazione e gestione degli interventi, contribuendo a restituire un quadro più completo circa l'entità del loro coinvolgimento e il relativo sistema di relazioni.

Con queste chiavi interpretative è stato possibile proporre un'efficace modalità di comunicazione maggiormente integrata dei diversi contenuti informativi rilevanti per la replicabilità dei PED.

La struttura del contributo ripercorre le attività di ricerca svolte includendo la metodologia adottata nella prima e nella seconda linea di azione e i risultati raggiunti in termini di comunicazione tecnica delle soluzioni tecnologiche, dei processi attuativi e delle modalità di coinvolgimento degli stakeholder di sistema adottati nei progetti selezionati tra quelli che hanno avuto maggiore impatto sullo sviluppo sostenibile delle città analizzate. Tale comunicazione tecnica ha previsto una strutturazione dei dati volta a facilitare 'la lettura'

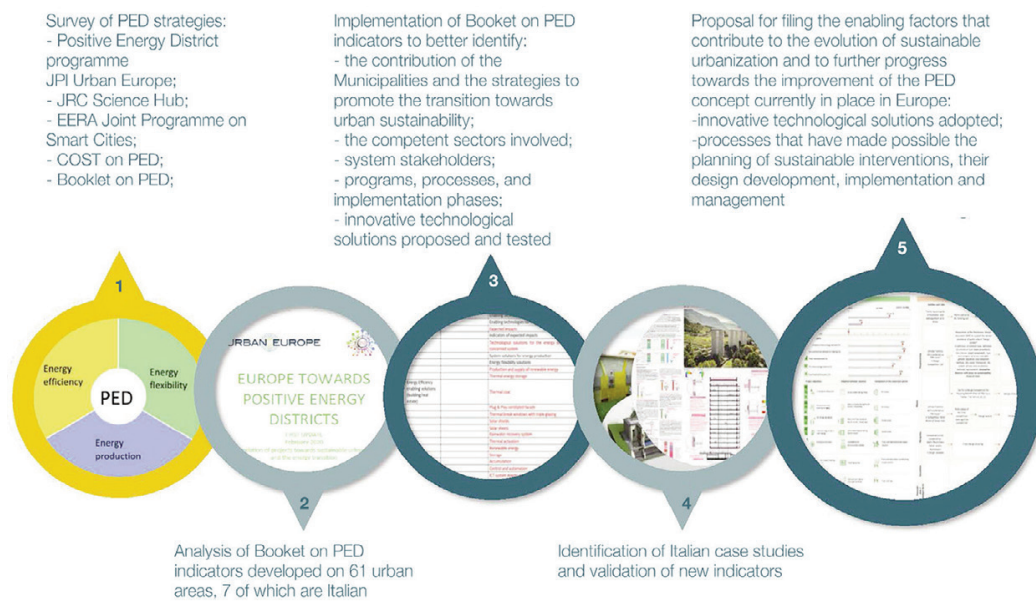


Fig. 1 | The stages of the first research activity (credit: the Research Group, 2020).

delle informazioni da parte delle Amministrazioni Pubbliche che, nell'ottica della Smart City, assume un ruolo di crescente rilevanza nella governance delle città (Magliocco and Canepa, 2022).

Questo quadro strutturato di conoscenze consente potenzialmente di sviluppare piattaforme digitali in grado di indirizzare le decisioni in merito agli interventi da attuare anche a scala di Distretto (Piaia and Frighi, 2022). Pertanto il processo di sistematizzazione delle informazioni proposto potrà essere integrato all'interno di un ambiente digitale 'dinamico' per la condivisione di buone pratiche, consultabile dalle Amministrazioni perché benefici delle evidenze prodotte da esperienze virtuose pregresse.

Metodologia e fasi operative della ricerca | A partire dallo studio di documenti e report internazionali sui principi guida dei PED (SCIS, 2020; COST Action PED-EU-NET, 2022a) e sugli strumenti operativi esistenti (Borsboom-van Beurden et alii, 2019; Making-City, 2019; COST Action PED-EU-NET, 2022b), sono stati assunti come punto di partenza i contenuti del Booklet on PED (JPI, 2020). La prima linea di azione si è articolata in cinque fasi (Fig. 1), la prima delle quali ha previsto un contributo all'interno del Gruppo di Ricerca ENEA per lo studio degli indicatori del Booklet on PED testati su 61 aree urbane europee di cui 7 italiane e una successiva implementazione, necessaria per descrivere nuove aree di indagine peculiari delle realtà italiane, con particolare approfondimento sugli aspetti di efficienza energetica negli edifici.

L'insieme di indicatori implementati (22 nuovi indicatori) è mirato a cogliere il contributo delle Municipalità sulle strategie di promozione adottate, sui settori competenti coinvolti, sui programmi, processi attuativi e sulle soluzioni tecnologiche innovative sperimentate (Tabella 1). Il nuovo set di indicatori è stato validato su 7 Comuni italiani valutati come quelli 'in transizione verso i PED' dal Booklet on PED, con approfondimenti su 15 progetti di efficientamento energetico più rilevanti, in quanto rappresentativi di processi virtuosi attuati mediante accordi pubblico-privati che hanno coin-

volto la cittadinanza e consentito di operare in tempi brevi, garantendo allo stesso tempo la qualità edilizia e i risultati attesi in termini di sviluppo urbano sostenibile.

È stata quindi avviata una prima raccolta dei dati tramite lo studio di documenti disponibili online e prime interlocuzioni con uffici tecnici e funzionari che hanno partecipato e/o avviato processi di transizione. Questo ha permesso di avere informazioni dettagliate che confermano lo stretto rapporto tra qualità del processo (a partire dalle competenze dimostrate dalle Amministrazioni nel reperimento dei finanziamenti), programmazione degli interventi, qualità dei documenti posti a base di gara e qualità delle soluzioni tecnologiche.

Le informazioni di processo e di progetto sono state organizzate in un database in formato Excel e successivamente strutturate attraverso un duplice sistema di schedatura (Figg. 2, 3) elaborato secondo i principi di rappresentazione grafica di dati, per rendere più efficace la comunicazione relativa alle modalità con cui le Municipalità hanno avviato e realizzato la transizione verso i PED. La prima schedatura è finalizzata a comunicare le soluzioni tecnologiche adottate, mentre la seconda ripercorre il processo di attuazione degli interventi nell'ambito degli appalti pubblici.

A livello metodologico sono state riportate in una prima fase tutte le informazioni desunte dall'analisi dei progetti e man mano sottratte quelle ridondanti o suscettibili di ulteriori approfondimenti tecnici, facendo emergere solo i dati utili a identificare le ricadute positive delle soluzioni tecnologiche nell'ambito degli obiettivi PED ai fini della loro replicabilità. L'uso della rappresentazione visiva di dati quantitativi di contesto traduce in modo più fruibile i presupposti per l'avvio degli interventi di efficientamento energetico in relazione ai finanziamenti necessari, mostrando l'incidenza di quelli provenienti da fondi europei. Le informazioni sugli incrementi di prestazioni raggiunti attraverso le soluzioni di efficientamento energetico adottate mettono in evidenza il 'peso' dei risultati rispetto agli impatti attesi, anche in relazione alle parti del sistema edilizio coinvolte negli interventi. Tali informazioni, integrate con l'esperienza dei destinatari,

saranno in grado di produrre conoscenza sugli obiettivi di progetto e sulle specificità delle soluzioni adottate.

Per la costruzione della seconda scheda, volta a riprodurre la complessità che caratterizza il processo edilizio e l'iter degli appalti pubblici (con il suo consistente set di dati) è stata scelta una rappresentazione che organizza le informazioni testuali all'interno di diagrammi di flusso, i quali facilitano la lettura della successione logica e delle correlazioni tra gli operatori, le specifiche attività e gli strumenti operativi. Lo scopo di tale strutturazione è quello di permettere agli operatori delle Municipalità di trarre indicazioni utili per intraprendere decisioni circa il tipo di finanziamento da richiedere, le modalità di appalto più appropriate, i documenti chiave più efficaci per garantire la qualità delle realizzazioni e identificare visivamente, in anticipo, punti di criticità (lacune nel diagramma).

La seconda linea di azione, volta all'individuazione delle modalità di coinvolgimento degli stakeholder, è stata svolta in continuità con la prima e ha previsto ulteriori 5 fasi (Fig. 4). Durante la prima fase è stato implementato il database esistente dei casi studio, aggiornando le informazioni sui progetti già analizzati e aggiungendo quelli di più recente programmazione. In particolare sono stati approfonditi i progetti di rigenerazione urbana e di riqualificazione maggiormente in linea con gli obiettivi dei PED che hanno richiesto, per entità e complessità, il coinvolgimento di numerosi stakeholder. È stato quindi strutturato un secondo database che inquadra, per ogni progetto, la sua collocazione all'interno di piani e programmi sovraordinati, la tipologia di intervento (rigenerazione urbana, riqualificazione, recupero, efficienza energetica, ecc.), i fondi stanziati e lo stato di avanzamento. Una sezione specifica riporta l'insieme degli stakeholder di sistema che hanno preso parte al processo edilizio e sui quali è stata condotta una prima analisi finalizzata alla loro categorizzazione in dieci gruppi in base alla loro natura (Tabella 2).

Tutte le informazioni del database sono confluite in schede di sintesi in cui gli stakeholder sono stati classificati in base alla tipologia di intervento a cui hanno partecipato, evidenziando la fase (o le fasi) del processo cui hanno contribuito in modo decisivo. Questo ha permesso di comprendere con immediatezza quali sono le fasi che prevedono il coinvolgimento del maggior numero di stakeholder, con specifica attenzione ai maggiori promotori della sostenibilità. Per meglio comprendere il ruolo degli stakeholder è stato adottato uno strumento proprio dell'analisi degli stakeholder, rappresentato dalla matrice 'interesse-influenza' (Grimble and Wellard, 1997) che evidenzia l'impatto che gli stessi hanno avuto sul progetto.

L'influenza viene considerata come la capacità di incidere sulla gestione del processo edilizio (dalla programmazione triennale delle opere fino alla messa in esercizio e all'eventuale dismissione) ed è alta se lo stakeholder ha influito sul progetto attraverso una o più forme di potere (competenza tecnica, potere di acquisto, esercizio di norme, pubblica opinione); è invece bassa quando il raggio d'azione dello stakeholder è risultato limitato o nullo. L'interesse è determinato dal beneficio che gli stakeholder hanno avuto nel miglioramento della propria realtà a seguito del successo del-

ENEA Key indicators (*) implemented on PED Booklet

PED project (building / real estate)		26. Indicators/expected impact	
1. City	textual description	27. Overall strategies of city connected with the project	
2. Project name	textual description	28. Factors included in implementation strategies	28.1 Local (renewable) resources
3. Project status	3.1 planned		28.2 Regional energy system
	3.2 under construction		28.3 Mobility
	3.3 realized		28.4 Buildings
	3.4 in operation		28.5 Materials
4. Project start-end	textual description		28.6 Refurbishment
5. Contact	textual description		28.7 Sustainable production
6. Project website	textual description		28.8 Sustainable consumption
7. Size of project area	textual description		28.9 (Local) Governance
8. Building structure	8.1 newly built		28.10 Legal framework
	8.2 existing neighbourhood		28.11 Business models
	8.3 mixed		
9. Land use	textual description	29. Innovative stakeholder involvement strategies	textual description
10. Financing	textual description	30. Type of energy supply	textual description
11. Type of intervention *	textual description	31. Success factors	textual description
12. Procedure for implementation *	textual description	32. Challenges/barriers	textual description
13. Ownership *	textual description	33. Enabling technologies for the building *	textual description
14. Competition notifying body (if public ownership) *	textual description	34. Enabling technologies for the building's energy *	textual description
15. Financing type *	textual description	35. Indicators of expected impacts *	textual description
16. Financing amount *	textual description	36. System solutions for energy production *	textual description
17. Implementation phases *	textual description	37. Energy flexibility solutions *	textual description
18. Urban planning category *	textual description	38. Production and supply of renewable energy *	textual description
19. Content *	textual description	39. Thermal energy storage *	textual description
20. Objectives *	textual description	Energy Efficiency enabling solutions (building/real estate) *	
21. Stakeholders *	textual description	40. Type of technological solutions *	40.1 Thermal coat *
22. Plan/Program Reference *	textual description		40.2 Plug & Play ventilated facade *
23. Involved Municipality sectors in public procurement *	textual description		40.3 Windows with triple glazing *
24. Procedural requirements of special relevance *	textual description		40.4 Solar shields *
Energy Sustainability PED project (building/real estate)			40.5 Rainwater recovery system *
25. Goals ambition	25.1 positive energy		40.6 Thermal activation *
	25.2 zero emission		40.7 Renewable energy *
	25.3 energy neutral		40.8 Storage *
	25.4 energy efficient		40.9 Accumulation *
	25.5 carbon free		40.10 Control and automation *
	25.6 climate neutral		40.11 ICT system energy monitoring *
	25.7 sustainable neighbourhood		
	25.8 social aspects/affordability		

Tab. 1 | Comparison of key indicators from the Booklet on PED and the implementation carried out with ENEA's Research Group (credit: the Research Group, 2020).

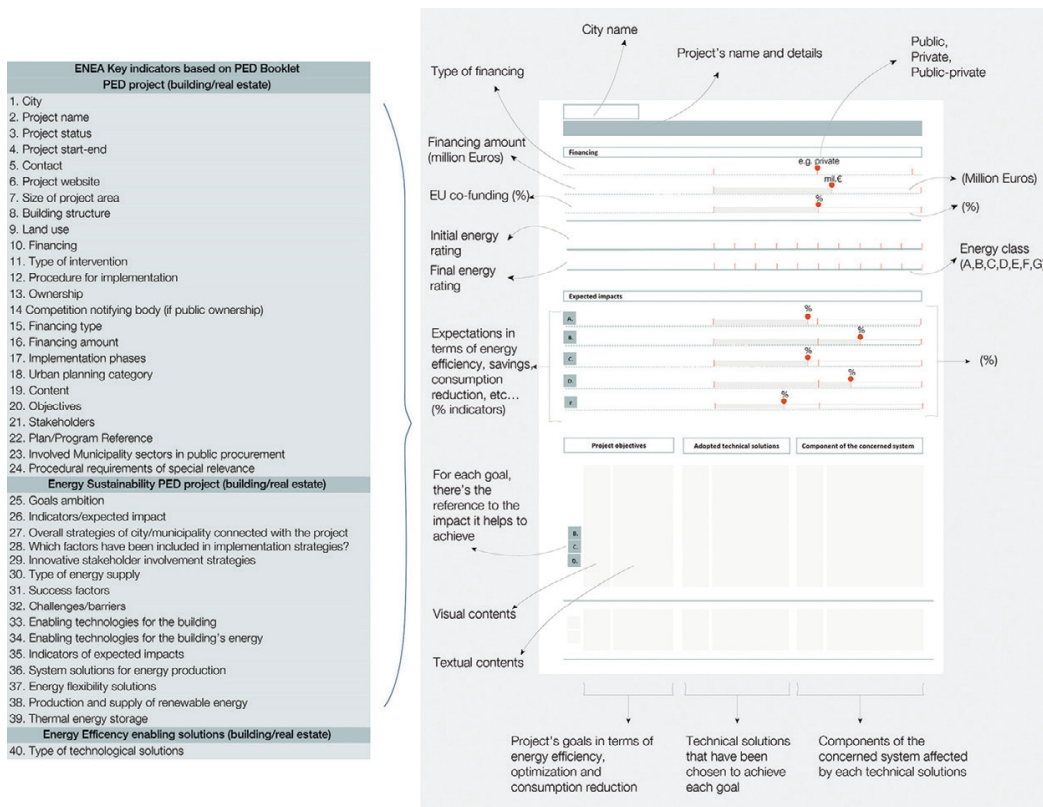


Fig. 2 | Structuring of the sheet on technical solutions based on the database (credit: the Research Group, 2020).

l'intervento ed è basso quando l'esito del progetto non ha apportato grandi cambiamenti alla realtà dello stakeholder. Nella matrice (Fig. 5), incrociando gli assi, è possibile collocare quattro categorie di stakeholder (Tabella 3).

La comunicazione tecnica per soluzioni tecnologiche e processi attuativi | Attraverso la significativa implementazione degli indicatori del Booklet on PED sugli aspetti di efficientamento energetico è stato possibile sistemizzare i dati derivanti dalla consultazione degli elaborati di progetto per la definizione della scheda delle soluzioni tecnologiche. Per ogni progetto, a partire da specifiche tematiche che rappresentano gli obiettivi (comuni a molti casi studio), sono state individuate le soluzioni tecniche che lo hanno reso peculiare, caratterizzandolo per l'ottimizzazione delle prestazioni energetiche, dei consumi e dei costi di gestione, per il risparmio di risorse e la riduzione dell'inquinamento in tutte le fasi del ciclo di vita e per aver incentivato una produzione positiva di energia 'in loco' attraverso l'uso di sistemi specifici che utilizzano fonti rinnovabili.

Tra le soluzioni sperimentate a livello tecnologico si possono riassumere quelle più efficaci nella direzione dello sviluppo sostenibile della città.

Gran parte delle soluzioni sono riconducibili a specifici obiettivi/requisiti quali il miglioramento del comfort termoigrometrico, il controllo dell'irraggiamento, il contenimento dei consumi elettrici e riguardano la realizzazione di cappotti termici e l'uso di facciate ventilate opportunamente orientate, l'uso di infissi a taglio termico con vetri performanti, l'utilizzo di sistemi innovativi di schermatura delle superfici trasparenti, la realizzazione di aperture nei vani scala per la ventilazione naturale e il raffrescamento, l'installazione di sistemi di ventilazione meccanizzati, di pompe di calore col-

legate ad anelli geotermici o a pannelli fotovoltaici in copertura, di impianti idrico-sanitari con sistema di recupero delle acque meteoriche.

L'illustrazione delle soluzioni prevede un breve inquadramento del progetto preso in esame. Vengono poi descritti gli obiettivi prefissati, le soluzioni tecnologiche innovative evidenziando, per ognuna di esse, le caratteristiche prestazionali e il loro ambito di impiego. Le soluzioni sono state altresì inquadrate nell'ambito del sistema tecnologico UNI 8290/81, individuando l'unità tecnologica e la classe di elementi tecnici di riferimento (Fig. 6). Tale sistema di schedatura punta a evidenziare in che misura le scelte siano state pensate nel rispetto di principi del tutto innovativi di transizione delle città verso distretti energeticamente positivi e di quanto esse stesse siano in grado di influire sull'efficacia dell'intero progetto attraverso l'integrazione tra soluzioni passive e l'apporto dei dispositivi impiantistici che sinergicamente concorrono al raggiungimento degli obiettivi.

Lo studio dei progetti è stato condotto in modo strettamente correlato all'analisi dei rispettivi processi edilizi; in riferimento alle procedure, ricostruite con il coinvolgimento delle Municipalità, sono state delineate le azioni specifiche messe in atto. La scheda dei processi attuativi (Fig. 7) inquadra all'interno degli appalti pubblici identifica per ogni fase (programmazione, progettazione, esecuzione) operatori e ruoli specifici, attività (procedure, regole, finanziamenti, requisiti e specifiche tecniche richieste, ecc.) e strumenti (nome e tipo di documenti, piani, programmi, bandi, denominazione/tipologia di elaborati progettuali, contratti e incarichi).

Il risultato ottenuto per ogni progetto, integrando i dati di entrambe le schede, risulta utile non solo per i contenuti specifici, ma soprattutto per la correlazione che è possibile leggere tra i

due ambiti di osservazione. Infatti l'analisi dei processi attuativi ha rilevato l'importanza di alcuni documenti utilizzati a partire dalla fase di programmazione: considerando ad esempio la qualità dei contenuti del Documento Preliminare alla Progettazione (DPP) redatto dalla Municipalità di Trento per la riqualificazione delle Torri di Madonna Bianca, completo e chiaro nei requisiti richiesti in termini di sostenibilità energetica, è possibile evidenziare una serie di indicatori che sono risultati preziosi per guidare la fase di progettazione (Tab. 4); questi indicatori non si limitano alla scala dell'edificio, ma restituiscono una lettura completa dell'intervento. La fase di progettazione, che ha seguito l'iter determinato per gli appalti pubblici, ha potuto contare su un bando di affidamento per l'incarico di progettazione che ha riassunto le richieste espresse nel DPP, facilitando sia i criteri di selezione per l'affidamento che, nelle successive fasi, la scelta di soluzioni tecnologiche particolarmente efficaci in termini energetici.

Risulta quindi evidente quanto alla qualità del processo, che include i temi della sostenibilità in tutti i suoi strumenti attuativi sin dalle prime fasi di promozione e programmazione, corrisponda una buona riuscita dell'intervento, correlata a una progettazione ragionata delle soluzioni tecnologiche coerenti con gli assunti dei PED.

Le modalità di coinvolgimento degli stakeholder di sistema

I risultati della seconda linea di azione riguardano la restituzione di una mappatura degli stakeholder di sistema, tra cui imprese e società di servizi urbani italiane, che hanno rivestito un ruolo chiave nei progetti osservati e la rappresentazione del complesso sistema di relazioni. Questa analisi ha portato alla strutturazione di un database in grado di evidenziare in che modo e a quale scala (o fase d'intervento) i diversi stakeholder, unitamente a quelli istituzionali, hanno promosso / facilitato la transizione verso i PED, strutturando un modello virtuoso. I contenuti del database generale forniscono un quadro degli interventi a cui è associata una lista dei diversi stakeholder, che a vario titolo si sono avvicinati durante il processo attuativo, comprensiva di riferimenti utili ad attivare contatti diretti. La successiva sistematizzazione dei dati in forma sintetica nelle schede comunica con immediatezza informazioni che altrimenti potrebbero rimanere nascoste all'interno dei fogli di calcolo, incidendo positivamente sull'obiettivo di replicabilità delle procedure.

La prima scheda mostra con chiarezza la percentuale delle principali categorie di stakeholder di sistema coinvolti nell'intervento analizzato, collocando visivamente gli stessi all'interno delle fasi del processo edilizio (Fig. 8). La tipologia di stakeholder più rappresentativa risulta essere quella che partecipa a vario titolo al finanziamento insieme agli stakeholder di tipo sociale (associazioni e realtà locali, organizzazioni no-profit, aziende di servizi alla persona, ecc.) e che vengono coinvolti sin dalla fase decisionale, all'interno della quale concorrono alla definizione degli obiettivi del reale quadro dei bisogni della collettività, in funzione delle risorse tecniche ed economiche disponibili, e contribuiscono a delineare meglio le condizioni di contesto.

Anche gli stakeholder associati alla progettazione / costruzione sono articolati e numerosi, di-

mostrando la messa in campo di un team multidisciplinare con competenze specifiche (consulenti di psicologia ambientale, esperti di botanica, sviluppatori di ICT, ecc.) sui temi della sostenibilità e del valore sociale del progetto. Il gruppo degli stakeholder correlati alla fornitura di servizi energetici si pone come parte importante, in quanto la sua consultazione / partecipazione incide molto sull'impatto dell'intervento in relazione ai consumi energetici e all'uso di fonti rinnovabili nell'ottica del Local Energy District.

Interessante risulta la partecipazione degli stakeholder della ricerca e dell'innovazione, nella maggior parte dei casi rappresentati dalle Università locali in grado di attivare relazioni sistemiche con la governance politica per poterne capire, a seconda delle peculiarità territoriali, le aspettative e le potenzialità e supportarne le azioni in un processo interistituzionale che vede coinvolti Enti regionali e comunali con i gruppi imprenditoriali.

Spesso è stato rilevato che alla conoscenza su modalità e tecniche di sviluppo sostenibile, elaborata negli ambienti deputati alla ricerca, si affianca la sua applicazione concreta alla scala locale, inducendo trasferimenti di saperi dal mondo accademico verso i soggetti che si occupano della trasformazione sul territorio, in uno scambio collaborativo che vede le Istituzioni e le imprese quali beneficiari della ricerca; l'entità del coinvolgimento si evince dalla scheda che riporta i risultati dell'analisi degli stakeholder (Fig. 9).

La quantità di promotori delle iniziative progettuali (alta influenza ed elevato interesse), apparentemente poco significativa, rappresenta di fatto coloro che hanno impostato i caratteri di sostenibilità trasferibili in un'ottica PED e che coincidono con le Municipalità stesse e i finanziatori dell'opera. Questo dimostra il ruolo chiave della formazione sulle tematiche della sostenibilità da potenziare nei settori competenti e negli uffici tecnici preposti. Numericamente più consistenti risultano gli stakeholder operativi (alto interesse ma poca influenza) che accompagnano l'intervento durante tutte le fasi dimostrando un elevato coinvolgimento nella promozione dello sviluppo urbano sostenibile.

Ciò risulta utile a informare le decisioni e a definire azioni e priorità, potendo contare sulla rappresentazione del coinvolgimento diretto o indiretto di gruppi di interesse e dei relativi risultati positivi conseguiti nelle comunità locali anche in termini di qualità della vita. Infatti una maggiore inclusione sociale (mediante attivazione di forum e piattaforme digitali² per coinvolgere gli utenti finali, interpretarne le istanze e responsabilizzarli quale parte attiva del processo di transizione sostenibile della città) concorre all'accettazione e, pertanto, alla riuscita di un intervento rilevante in chiave PED.

I risultati finora ottenuti, oltre che dare evidenza a un primo insieme di buone pratiche replicabili, restituiscono un quadro conoscitivo della futura crescita di interesse da parte di stakeholder pubblici e privati verso i temi delle energie rinnovabili, dell'efficienza energetica e della flessibilità energetica alla scala urbana e distrettuale.

Sebbene le evidenze in merito all'efficacia degli interventi analizzati incoraggino a proseguire lo studio annettendo (all'insieme ad oggi considerato) ulteriori Municipalità e progetti significativi, tra i fattori di ostacolo alla trasferibilità dei risultati

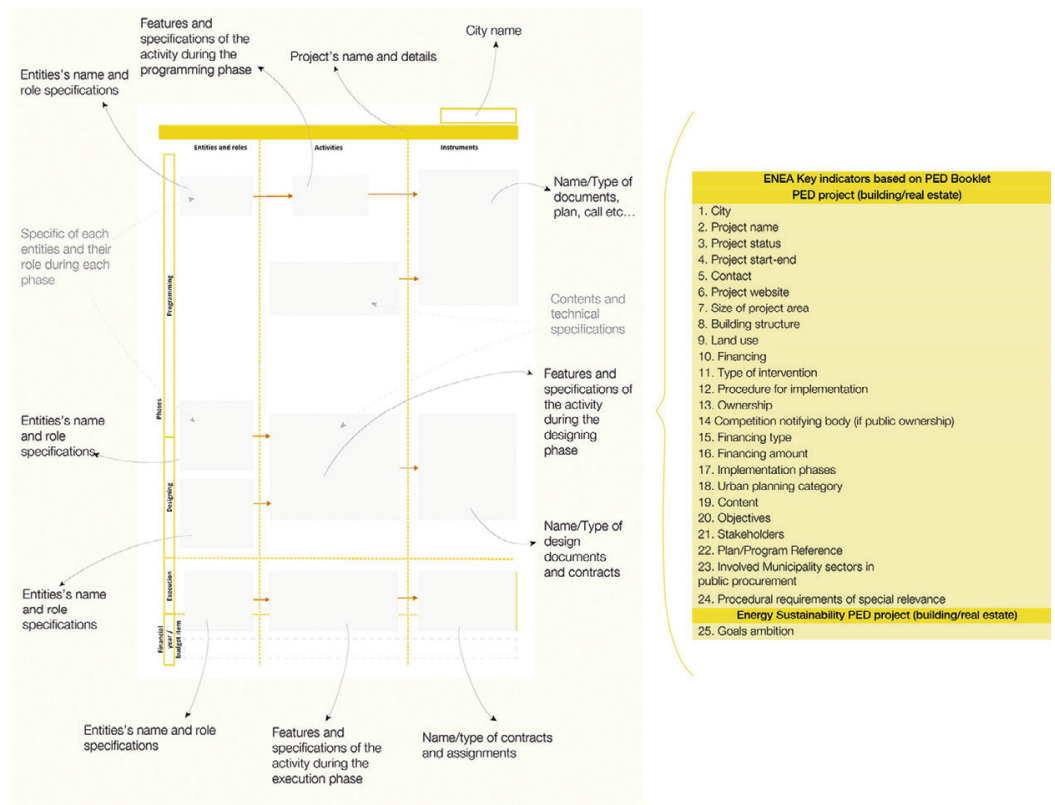


Fig. 3 | Structuring of the sheet on the implementation process steps based on the database (credit: the Research Group, 2020).

è doveroso menzionare l'eterogeneità e specificità dei singoli contesti, in termini di norme, capacità di governance delle città e competenza degli operatori. Tra i principali limiti della ricerca vi è la modalità di reperimento delle informazioni prevalentemente 'indiretta', attraverso lo studio di documenti e dati disponibili online. Inoltre l'insieme di casi studio presi in esame non restituisce un quadro esaustivo del complesso insieme di azioni che le Municipalità italiane stanno compiendo per la transizione energetica; tuttavia, data l'entità e la numerosità delle informazioni raccolte, i progetti considerati sono risultati sufficienti e funzionali all'elaborazione del sistema di organizzazione delle informazioni proposto.

Conclusioni e futuri sviluppi | Entrambe le linee di azione hanno consentito di creare un sistema di database in cui sono stati analizzati i processi relativi alla transizione ecologica urbana sul territorio italiano, con particolare attenzione alle partnership che li hanno resi possibili. Tali informazioni, nel loro insieme, hanno consentito di comprendere quali sono i fattori abilitanti per la progettazione di aree urbane sostenibili e in che misura i gruppi di stakeholder coinvolti sono correlati alla scala dei progetti presi in esame. Sebbene la ricerca preveda ulteriori fasi di approfondimento correlate alla continua evoluzione dei caratteri connotanti dei PED e all'osservazione e monitoraggio di edifici pubblici strategici di distretto, i primi risultati sulla metodologia adottata e l'implementazione dell'approccio sistemico per l'organizzazione dei contenuti informativi, incoraggiano a considerare positivamente le potenzialità dello studio nel migliorare la creazione di sinergie tra Municipalità e stakeholder di sistema e nell'indirizzare le azioni a una visione di transizione più organizzata. Infatti, nella direzione ormai pervasiva

del Green Building, nell'ottica del raggiungimento della neutralità climatica entro il 2050, la strutturazione delle informazioni proposte e le diverse schedature elaborate per i casi studio ha consentito di individuare i possibili detentori di competenze sui fattori abilitanti che contribuiscono all'evoluzione verso urbanizzazione sostenibile. Fattori abilitanti promossi e messi in atto dagli stakeholder di sistema, riscontrati in modo integrato nei programmi, nei progetti e nelle soluzioni di ogni città e progetto, rappresentativi di un approccio multisettoriale e multidimensionale e di uno sviluppo sincronizzato e parallelo di strumenti attuativi, tecnologie, partecipazione pubblica e privata, nuovi paradigmi sociali ed economici.

Se fino ad oggi la ricognizione delle informazioni ha previsto soprattutto modalità indirette (studio di documenti disponibili e alcuni colloqui con gli Uffici tecnici delle Municipalità considerate), ulteriori implementazioni delle schede proposte potranno scaturire, in futuro, da interlocuzioni più approfondite sia con le Amministrazioni sia con i progettisti e altri operatori che hanno preso parte agli interventi; inoltre, ampliando il campione di casi studio osservato, anche il set di indicatori potrà essere perfezionato in base agli studi futuri che verranno condotti.

La sistemizzazione comunicativa dei dati proposta permette agli operatori delle Municipalità, che vogliono intraprendere un percorso di sviluppo urbano orientato verso la transizione ecologica e i PED, di identificare le informazioni significative per trarne indicazioni utili e per attivare eventuali contatti finalizzati ad approfondire quanto sintetizzato trasferendo tale conoscenza all'interno degli specifici contesti di azione e garantendo la qualità degli interventi in un'ottica di efficientamento energetico e di sostenibilità.

In linea con gli assunti delle Smart Cities i dati

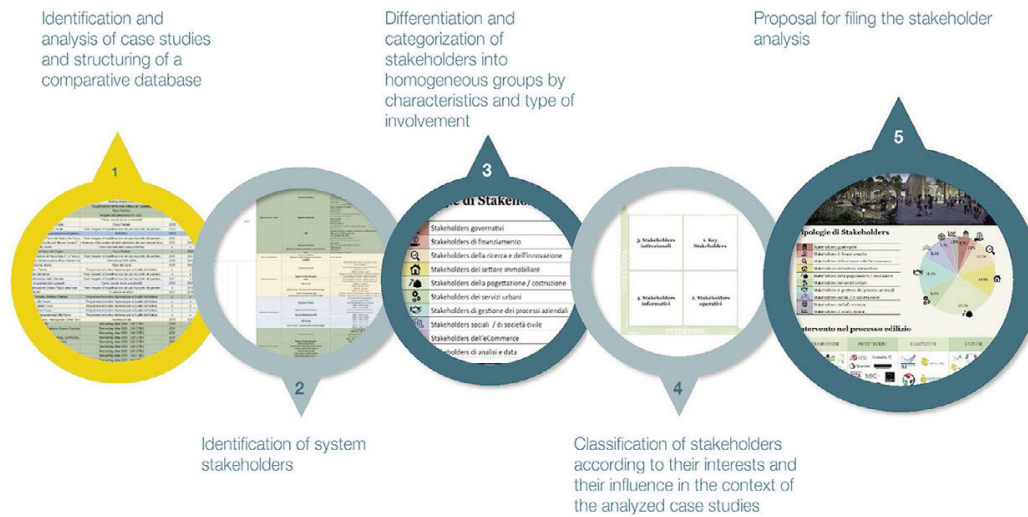


Fig. 4 | The stages of the second research activity (credit: the Research Group, 2021).

1. Government Stakeholders	This category includes all local agencies of an administrative nature at the various scales (national, regional, local) including their technical sectors
2. Funding Stakeholders	They are those involved in raising the funds and financing necessary for project implementation
3. Stakeholders from the research and innovation sector	Entities involved in research, such as universities, national and international research centers, may belong to this group
4. Stakeholders from the real estate sector	Category defined by companies active in the field of building management/real estate
5. Stakeholders from the design/construction sector	These include design firms, designers and technical consultants involved in the project ideation process
6. Stakeholders from urban services	Companies operating in the field of support and advisory services for the planning of interventions, maintenance, management, energy efficiency and enhancement of real estate and urban assets
7. Stakeholders of business process management	The network of people revolving around the organization of companies and enterprises that take turns in the whole process
8. Stakeholders related to civil society	Provide for the involvement of citizens, neighborhood associations, non-profit associations for inclusion in participatory processes
9. E-commerce Stakeholders	Companies in the telecommunications industry related to online commerce and the creation of related apps and websites to promote interventions belong to this category
10. Stakeholders from analytics and data	Companies collecting and managing big data through, for example, ICT technologies

Tab. 2 | Stakeholder categories by type (credit: the Research Group, 2021).

sistemizzati (oggi in forma analogica attraverso fogli di calcolo e schede) confluiranno, nei futuri sviluppi della ricerca, in una piattaforma digitale (oggi disponibile in versione preliminare³) finalizzata ad agevolare il dialogo collaborativo tra gli stakeholder, da attivare sulla base delle prefigurazioni delle ricadute positive che le innovazioni adottate potranno determinare sul territorio nazionale. Tale piattaforma si rivolge principalmente agli Uffici delle Municipalità, a studiosi e, più in generale, agli operatori interessati allo sviluppo di nuovi PED i quali, oltre che beneficiare della disponibilità, all'interno di un unico strumento, di informazioni utili relative a esperienze rappresentative di buone prassi, saranno agevolati dalla modalità di lettura facilitata dei dati precedentemente illustrata.

Supportando quindi le Amministrazioni Pubbliche nell'acquisizione di buone pratiche esse saranno in grado di orientare il settore delle costruzioni verso uno sviluppo urbano sostenibile, recependo all'interno dei documenti di programmazione le indicazioni (fattori abilitanti) funzionali alla replicabilità dei PED. Le città selezionate nei casi studio potranno così divenire veri e propri laboratori urbani i cui risultati potranno incoraggiare non soltanto il perseguimento degli obiettivi a medio e lungo termine di sviluppo sostenibile nel riequilibrio ambientale, ma anche la ricerca ineludibile di salute, benessere e inclusione sociale.

The European Commission with H2020, mobilized significant funding for cities to undertake concrete actions for sustainable urban development (MITE, 2020), giving continuity with Horizon Europe through Partnerships including the Driving Urban Transition (DUT; Bylund et alii, 2022). Defining new expansion models for urban areas has thus become the overarching goal of the most enlightened Municipalities that intend to promote the transition to a competitive energy system focused on specific goals such as reduced consumption and carbon footprint, low-cost and low-emission electricity supply, use of alternative fuels and renewable energy sources, unique and smart electricity grids, promotion of ICT, sound decision-making processes, innovation, and strong social involvement (Østergaard and Clerici Maestosi, 2019).

Urbanization geared toward mitigating the environmental impact of settlements has received considerable momentum with Smart Cities (Antonini and Mussinelli, 2018) and Positive Energy Districts (PEDs; Shnapp, Paci and Bertoldi, 2020), which promote sustainable development from an energy perspective, recognizing the urban area at the neighbourhood (district) scale as the strategic framework for implementing interventions (Brozovsky, Gustavsen and Gaitani, 2021). The relevance of PEDs is crucial for the transition to climate-neutral European cities, in line with the sustainable development goals of the 2030 Agenda (UN, 2015), the European Green Deal (European Commission, 2019), and for the reduction of emissions derived from the existing building stock, encouraged by Renovation Wave funding (European Commission, 2020).

At present, many research groups at the European level (including PED Program JPI EU, JRC Science Hub, EERA Joint Program on Smart Cities,

COST on PED) are helping to define the new scope of the study. The Implementation Working Group of SET Plan 3.2 has identified three requirements to be ensured in balance (energy efficiency, energy flexibility, and local / regional energy production), recognizing cities and their municipalities a leading role in integrated planning to be directed toward the implementation, in Europe, of at least 100 PEDs by 2025 (SET-Plan Temporary Working Group 3.2, 2018).

The studies in the literature provide a reference framework of the main characteristics of PEDs implemented to date in Europe (Bossi, Gollner and Theierling, 2020), where the presence of numerous projects (mainly in the planning phase) also detected in Italy (Zhang et alii, 2021) encourages further study. Many, in fact, reiterate the strong need to trigger, through successful pilot projects and related methodological and operational approaches, the multiplication of new experiences to fuel a process of gradual extension of PEDs on the ground (Uspenskaia et alii, 2021), identifying the enabling factors that allow their replicability (Alpagut, Akyürek and Mitre, 2019).

Despite the growing interest, the implementation of PEDs also remains difficult due to the fragmentation of studies so far almost exclusively focused on the technical aspect of design solutions where instead the ways in which information is shared are also, from a broader perspective, a key factor (Koutra et alii, 2023). Indeed, the successful outcome of a PED also implies the involvement of all stakeholders (Hearn, 2022) whose numerous and heterogeneous nature generates a complex system that requires considerable governance skills on the part of municipalities to conduct the entire planning and implementation process. In this direction, the understanding of 'intangible' solutions, such as those related to the process (Sinopoli, 1997), organizational model, and system of stakeholder relations that led to the success of the interventions, also contributes to the definition of governance perspectives in a PED key.

Considering the contextual need to integrate PEDs into design and development processes (at urban and building scales) from both a technical

and process perspective and in light of the key role of municipalities and stakeholders, the contribution reports the results of a research funded and carried out in collaboration with ENEA¹ developed in two lines of action. The overall objective is to identify the enabling factors and the role played by key public and private actors in the different stages of the implementation processes, contributing (through a communicative systematization of data inferred from virtuous case studies) to facilitate the transfer of the most relevant information to Municipalities and stakeholders interested in implementing the transition to PED.

Starting with the identification of a set of case studies (Italian municipalities actively engaged in the energy transition), the first line of action focused on the analysis of energy upgrading projects for buildings in strategic urban areas, with particular reference to the technical solutions adopted, financing methods and implementation processes of the interventions. The second line of action, on the other hand, was specifically devoted to the analysis of stakeholder involvement during the process of planning, design and implementation and management of interventions.

The partial results of the first line of action, the subject of a previous publication (Ferrante and Villani, 2021), have been integrated, through the observation of additional case studies, with the results of the second line of action (stakeholder analysis) and illustrated in this paper. For the sake of completeness of the exposition, it was deemed appropriate to go over the methodology and results achieved by considering both lines of action of the research, which, in fact, were carried out in continuity, although focusing on different aspects.

International Reference Studies for Transferring Good Practices in PED Key | Among the available studies which implemented a mapping of case studies for the transfer of good practices to promote the implementation of new PEDs in Europe, those that focus on systematizing information to facilitate its acquisition by public administrations, technicians, and stakeholders have been explored in depth (and reported below). The Book-

let on PEDs (JPI, 2020) examines 61 European urban area projects (operational, in the implementation phase and in the planning stage) which aspire to be Positive Energy Districts (PEDs). For each of the projects, the study reports four sets of information (general characteristics; project description; strategies; success factors and barriers) returned in descriptive-textual form within a table, compiled by municipal operators voluntarily.

The Making-City European Research Project (2019) carried out the reconnaissance of some relevant solutions necessary for the design of PEDs (resulting from previous experiments analyzed), both technical and political, social and economic in nature, related to stakeholders and the financing of interventions. For each identified solution, enabling factors and barriers to their transferability are indicated in text form, as well as the respective potentially applicable economic models. All information is provided in a series of cards (SPEC Cards), in tabular form, compiled with meaningful text and images.

The PED-Database proposed within the COST Action PED-EU-NET (2022a, 2022b) made available an interactive and implementable online platform for mapping existing projects and PEDs in Europe, through the collection of information obtained through questionnaires that can be filled in by project contact persons at the invitation of the database developers (Turci et alii, 2022). The information (in the form of texts) is made public and searchable within tables.

With respect to a focus on possible ways of analysing the stakeholders involved in PED development processes, Cheng et alii (2021) suggest a preliminary framework for their mapping by dividing them into eight categories, according to two macro process phases (implementation and management) and according to different scales of observation (at the building, district and city levels).

In relation to the aforementioned studies, the research, which is the subject of this paper, focuses its attention exclusively on Italian municipalities in order to study energy upgrading projects relevant to PEDs along with the specific procedures that led to their implementation in the na-

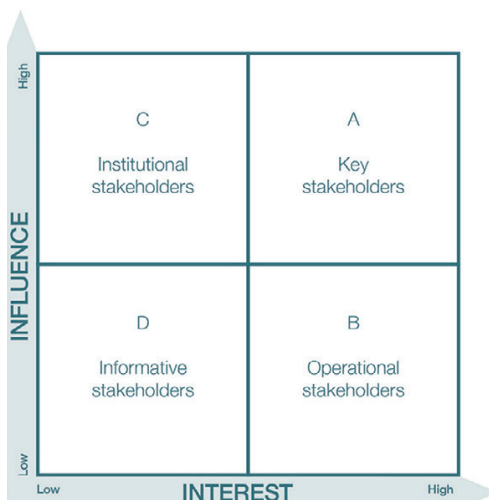


Fig. 5 | The classification of stakeholders according to the interest-influence matrix (credit: the Research Group, 2021).

Tab. 3 | Stakeholder classification by influence and interest (credit: the Research Group, 2021).

A. Key Stakeholders	They are characterized by having had high influence and high interest during the implementation process and who, with a view to the transferability of the actions taken in the direction of sustainable urban development, represent the promoters
B. Operational Stakeholders	They are those who are highly interested but had little influence; all those who actively participated in all phases of the intervention demonstrating high involvement but low power, such as the project team, suppliers, subcontractors, employees, etc.
C. Institutional Stakeholders	These are all stakeholders who exercised high power over the project but low interest; in interventions related to the building/real estate sector, they can be traced to all institutions, professional bodies, trade associations, etc.
D. Informative Stakeholders	All those who were informed during the process even if they had little interest and influence and participated in the project with a marginal role

tional context. Based on this field perimeter, a specific study of the building process that saw its implementation was implemented for each selected project, going into more detail about the individual phases than in previous studies. As a result, the mapping and analysis of stakeholders, divided into ten identified categories, was also related to the planning, design, implementation and management phases of the interventions, helping to return a more complete picture about the extent of their involvement and the related system of relationships.

With these interpretive keys, it was possible to propose an effective, more integrated way of communicating the various information contents relevant to the replicability of PEDs.

The structure of the contribution traces the research activities carried out by including the methodology adopted in the first and second lines of action and the results achieved in terms of technical communication of the technological solutions, implementation processes and system stakeholder involvement methods adopted in the projects selected from those that had the greatest impact on the sustainable development of the

cities analysed. This technical communication included a structuring of data aimed at facilitating the 'reading' of information by Public Administrations, which, in the Smart City perspective, assumes a role of increasing importance in the governance of cities (Magliocco and Canepa, 2022).

This structured framework of knowledge potentially allows the development of digital platforms capable of directing decisions about interventions to be implemented even at the District scale (Piaia and Frighi, 2022). Therefore, the proposed information systematization process can be integrated within a 'dynamic' digital environment for sharing best practices, which can be consulted by Administrations to benefit from the evidence produced by past virtuous experiences.

Methodology and operational steps of the research | Starting with the study of international documents and reports on the guiding principles of PEDs (SCIS, 2020; COST Action PED-EU-NET, 2022a) and existing operational tools (Borsboom-van Beurden et alii, 2019; Making-City, 2019; COST Action PED-EU-NET, 2022b), the contents of the Booklet on PED (JPI, 2020) were

taken as a starting point. The first line of action was divided into five phases (Fig. 1), the first of which involved a contribution within the ENEA Research Group to study the indicators of the Booklet on PED tested on 61 European urban areas, of which 7 were Italian, and a subsequent implementation, necessary to describe new areas of investigation peculiar to Italian realities, with particular focus on aspects of energy efficiency in buildings.

The implemented set of indicators (22 new indicators) is aimed at capturing the contribution of Municipalities on the promotion strategies adopted, competent sectors involved, programs, implementation processes and innovative technological solutions tested (Table 1). The new set of indicators was validated on 7 Italian municipalities assessed as those 'in transition to PEDs' by the Booklet on PEDs, with insights on the 15 most relevant energy efficiency projects, as they are representative of virtuous processes implemented through public-private agreements that involved the citizenry and allowed for quick operations while ensuring building quality and expected results in terms of sustainable urban development.

Initial data collection was then undertaken

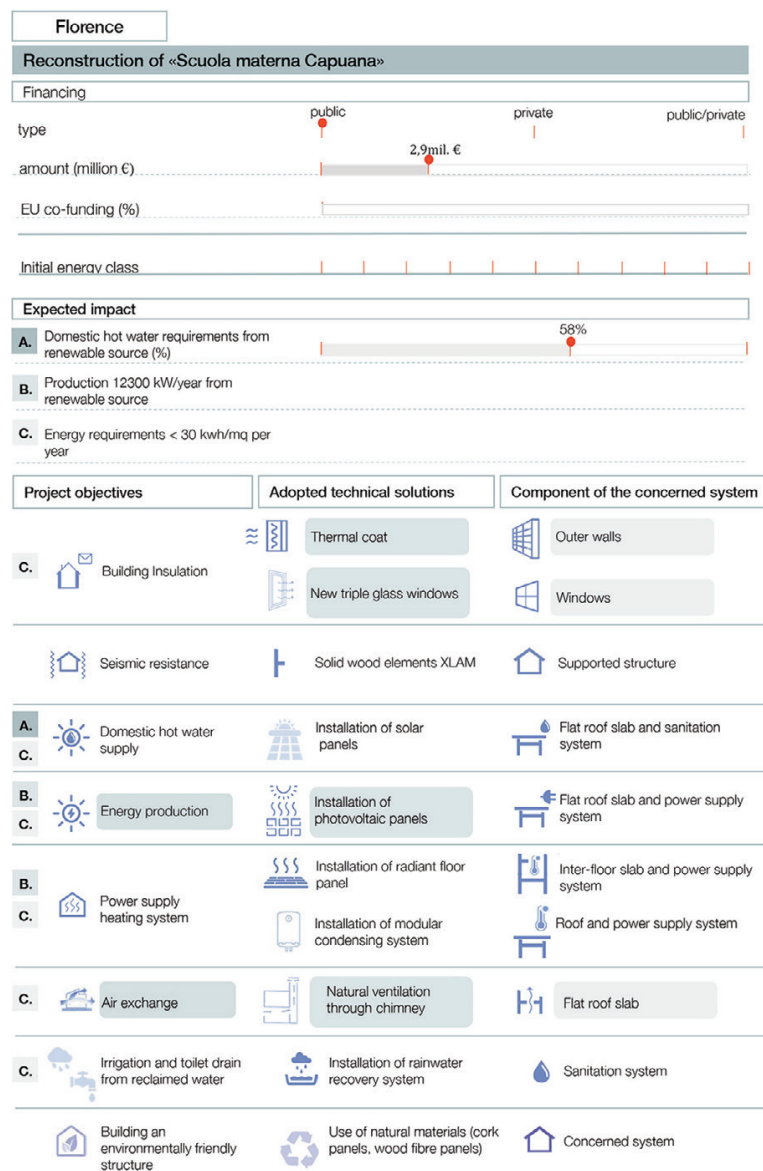


Fig. 6 | Example of summary sheet related to technical solutions (credit: the Research Group, 2020).

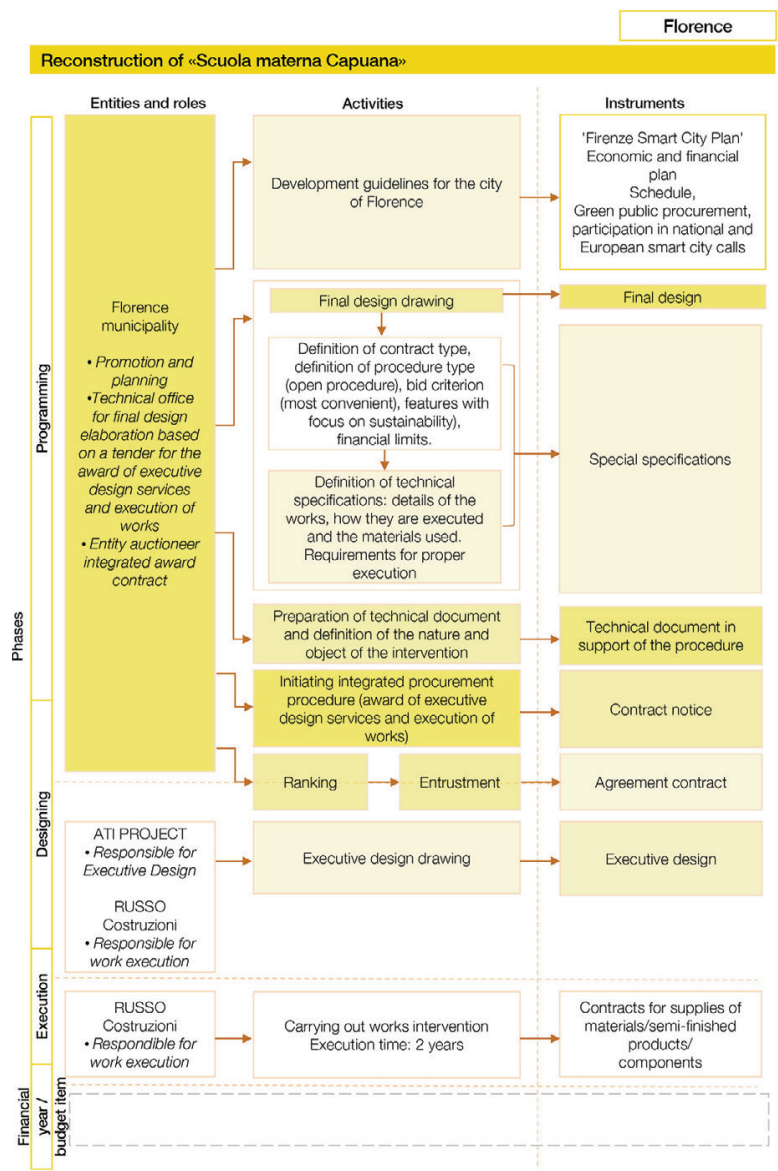


Fig. 7 | Example of summary sheet related to implementation process steps (credit: the Research Group, 2020).

through the study of documents available online and initial interlocutions with technical offices and officials who participated in and/or initiated transition processes. This provided detailed information that confirms the close relationship between the quality of the process (starting with the skills demonstrated by the Administrations in finding funding), the planning of interventions, the quality of documents put out to tender and the quality of technological solutions.

The process and project information were organized in an Excel-format database and then structured through a twofold filing system (Fig. 2, 3) developed according to the principles of graphical representation of data to make the communication more effective related to how municipalities initiated and implemented the transition to PEDs. The first filing is aimed at communicating the technological solutions adopted, while the second one traces the process of implementation of interventions in public procurement.

At the methodological level, all information deduced from the analysis of the projects was reported in the first step and gradually subtracted those that were redundant or susceptible to further technical investigation, bringing out only those data useful for identifying the positive spillovers of technological solutions within the scope of PED objectives for their replicability. The use of visual representation of quantitative contextual data translates the prerequisites for the initiation of energy efficiency interventions in relation to the necessary financing in a more usable way, showing the incidence of those from European funds. Information on the performance gains achieved through the energy efficiency solutions adopted highlights the 'weight' of the results in relation to the expected impacts, also about the parts of the building system involved in the interventions. This information, integrated with the experience of the recipients, will be able to produce knowledge about the project objectives and the specifics of the solutions adopted.

For the construction of the second sheet, aimed at reproducing the complexity that characterizes the construction process and the public procurement process (with its substantial dataset), a representation was chosen that organizes the textual information within flowcharts, which facilitate the reading of the logical succession and correlations between operators, specific activities and operational tools. The purpose of such structuring is to enable Municipality operators to draw useful indications to undertake decisions about the type of funding to apply for, the most appropriate procurement methods, the most effective key documents to ensure the quality of outputs and to visually identify points of criticality in advance (gaps in the diagram).

The second line of action, aimed at identifying ways to engage stakeholders, was carried out in continuity with the first and included an additional 5 phases (Fig. 4). During the first phase, the existing database of case studies was implemented, updating information on the projects already analysed and adding those of more recent programming. In particular, the urban regeneration and redevelopment projects most in line with the objectives connoting the PEDs that required the involvement of numerous stakeholders due to their magnitude and complexity were investigated in

depth. A second database was then structured that frames, for each project, its location within superordinate plans and programs, the type of intervention (urban regeneration, redevelopment, rehabilitation, energy efficiency, etc.), the funds allocated and the state of progress. A specific section reports the set of system stakeholders who took part in the building process and on whom an initial analysis was conducted aimed at categorizing them into ten groups according to their nature (Table 2).

All of the information in the database flowed into summary sheets in which stakeholders were classified according to the type of intervention in which they participated, highlighting the stage(s) of the process in which they made a decisive contribution. This provided an immediate understanding of which phases involved the most stakeholders, with a specific focus on the major sustainability promoters. To better understand the role of stakeholders, a tool specific to stakeholder analysis was adopted, represented by the 'interest-influence' matrix (Grimble and Wellard, 1997), which highlights the impact that stakeholders had on the project.

Influence is considered as the ability to affect the management of the construction process (from the three-year planning of the works to the commissioning and eventual decommissioning) and is high if the stakeholder has influenced the project through one or more forms of power (e.g., technical expertise, purchasing power, the exercise of norms, public opinion); on the other hand, it is low when the stakeholder's scope of action was limited or null. Interest is determined by the benefit that stakeholders had in improving their reality as a result of the success of the intervention and is low when the outcome of the project did not make major changes to the stakeholder's reality. Four categories of stakeholders can be placed in the matrix (Fig. 5) by crossing the axes (Table 3).

Technical communication for technological solutions and implementation processes

Through the significant implementation of the indicators of the Booklet on PED on energy efficiency aspects, it was possible to systematize the data resulting from the consultation of the project deliverables for the definition of the sheet of technological solutions. For each project, starting with specific themes representing the objectives (common to many case studies), the technical solutions that made it distinctive were identified, characterizing it by optimizing energy performance, consumption and operating costs, saving resources and reducing pollution at all stages of the life cycle, and encouraging positive 'on-site' energy production through the use of specific systems using renewable sources.

Among the solutions tested at the technological level, those most effective in the direction of sustainable development of the city can be summarized.

Most of the solutions can be traced back to specific objectives / requirements such as improving thermo-hygrometric comfort, controlling radiation, and limiting electricity consumption, and involve the implementation of thermal coats and the use of appropriately oriented ventilated facades, the use of thermal break window frames with performance glass, the use of innovative shading sys-

tems for transparent surfaces, the creation of openings in stairwells for natural ventilation and cooling, the installation of mechanized ventilation systems, heat pumps connected to geothermal loops or photovoltaic panels on the roof, and water-sanitary systems with a rainwater recovery system.

The illustration of the solutions includes a brief overview of the project under consideration. The objectives set, the innovative technological solutions are then described, highlighting, for each of them, the performance characteristics and their scope of use. The solutions were also framed within the framework of the UNI 8290/81 technological system, going on to define the technological unit and class of technical reference elements (Fig. 6). Such a filing system aims to highlight the extent to which the choices have been conceived in compliance with entirely innovative principles of transition of cities to energy-positive districts and how much they themselves can influence the effectiveness of the whole project through the integration between passive solutions and the contribution of plant engineering devices that synergistically contribute to the achievement of the objectives.

The study of the projects was conducted in a manner closely related to the analysis of the respective building processes. With reference to the procedures, reconstructed with the involvement of the municipalities, the specific actions implemented were outlined. The sheet of implementation processes (Fig. 7) framed within public procurement identifies for each phase (planning, design, execution) specific operators and roles, activities (procedures, rules, financing, requirements and technical specifications required, etc.) and tools (name and type of documents, plans, programs, notices, name/type of project deliverables, contracts and assignments).

The result obtained for each project by integrating data from both forms is useful not only for the specific contents but especially for the correlation that can be read between the two areas of observation. In fact, the analysis of implementation processes revealed the importance of certain documents used from the planning stage onward. Considering, for example, the quality of the contents of the Preliminary Design Document (PDD) prepared by the Municipality of Trento for the redevelopment of Madonna Bianca Towers, which is complete and clear in its requirements in terms of energy sustainability, it is possible to highlight a series of indicators that were valuable in guiding the design phase (Tab. 4); these indicators are not limited to the scale of the building, but return a complete reading of the intervention. The design phase, which followed the process determined for public procurement, was able to rely on a call for tender for the design assignment that summarized the requirements expressed in the PDD, facilitating both the selection criteria for the assignment and, in the subsequent phases, the choice of particularly energy-efficient technological solutions.

It is, therefore, evident how much the quality of the process that includes sustainability issues in all its implementation tools from the earliest stages of promotion and planning corresponds to the success of the intervention, correlated with a reasoned design of technological solutions consistent with the assumptions of PED.

Requirement	Objective	Adopted Technological Solutions
Integrating with landscape / environment surroundings		Gres panels preserving materic and colour features of the original towers
Shorter construction site duration		Use of dry and precast assembly systems
Compliance to housing needs	Residents staying home during operations onsite	
Thermal insulation of matt surfaces	Prevention from thermal bridges	Thermal loss reduction
	Energy efficiency (energy class upgrade)	Continuous insulating coat of buildings Optimized passive solar supply
Elevation flexibility	Fast execution phases	Plug&Play ventilated facade system installed out of the floors
	Integrability of elevation components	New panels shall be with the same size of the current ones
Fire safety	Use of non-combustible materials	Specific materials (mineral wool, gres, metal, glas)
New transparent partitions	New windows	New steel windows
Usability / accessibility	Easy opening / closing of doors / windows	Natural ventilation system through automatized opening
Shielding system installation	Proper natural lighting	Independent solar sheets for ensuring full protection from solar irradiation
System integration	Preserving original features	Additional storey for the new system
New air-conditioning system	Energy efficiency upgrade	Photovoltaic system from 70kWpeak
		Heating pump
Preserving original features	Check of outwards facing and surroundings	Terrace with panoramic view of the valley
Regulated architectural composition flexibility	Limited works on some features	
Flexibility of adopted technical solutions		
Improving thermal comfort	Reduction of thermal bridges of balconies	Use of high-performance insulating materials
Complying with size rules	Adding cubature	'A' Energy class upgrade allows for a cubature bonus of 350 mc for each housing block
Privacy and safety	Safety of outer partition components	Use of proper railings
	Ensuring privacy among balconies	Use of partitions
Enhanced accessibility and usability	Architectural barriers overcome - recognizability of main entrances	Use of high quality material for accessible entrance
Easy maintainability of green areas	Maintaining through time common and private green areas	
Highest re-use of building waste (CAM)		Check of use of buildings materials
Cost-effectiveness during and after construction		Cost-effectiveness for using a standard (photovoltaic) system

Tab. 4 | Contents of the Preliminary Design Document prepared by the Trento Municipality for the redevelopment of Madonna Bianca Towers (credit: the Research Group, 2020).

How system stakeholders were involved | The results of the second line of action concern the return of a mapping of system stakeholders, including Italian firms and urban service companies, who played a key role in the projects observed and the representation of the complex system of relationships. This analysis led to the structuring of a database capable of highlighting how and at what scale (or stage of intervention) different stakeholders, together with institutional stakeholders, promoted/facilitated the transition to PEDs by structuring a virtuous model. The contents of the gen-

eral database provide an overview of the interventions to which a list of the different stakeholders is associated who in various capacities have been involved during the implementation process including useful references to activate direct contacts. The subsequent systematization of data in summary form in the sheets communicates with immediacy information that might otherwise remain hidden within spreadsheets, positively affecting the goal of replicability of procedures.

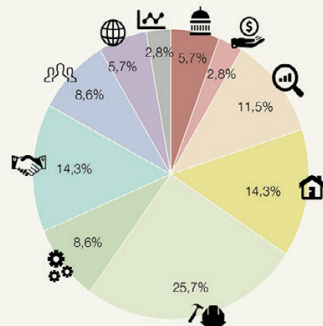
The first tab clearly shows the percentage of the main categories of system stakeholders in-

involved in the analysed intervention, visually placing them within the phases of the building process (Fig. 8). The most representative type of stakeholder turns out to be those who participate in various capacities in the financing together with social stakeholders (local associations and entities, non-profit organizations, personal service companies, etc.) and who are involved right from the decision-making phase within which they contribute to the definition of the objectives, the real picture of the community's needs according to the available technical and economic resources, and help to



Types of stakeholders

	Government stakeholders
	Funding stakeholders
	Stakeholders from the research and innovation sector
	Stakeholders from the real estate sector
	Stakeholders from the design/construction sector
	Stakeholders from urban services
	Stakeholders of business process management
	Stakeholders related to civil society
	E-commerce stakeholders
	Stakeholders from analytics and data



Intervention in the building process

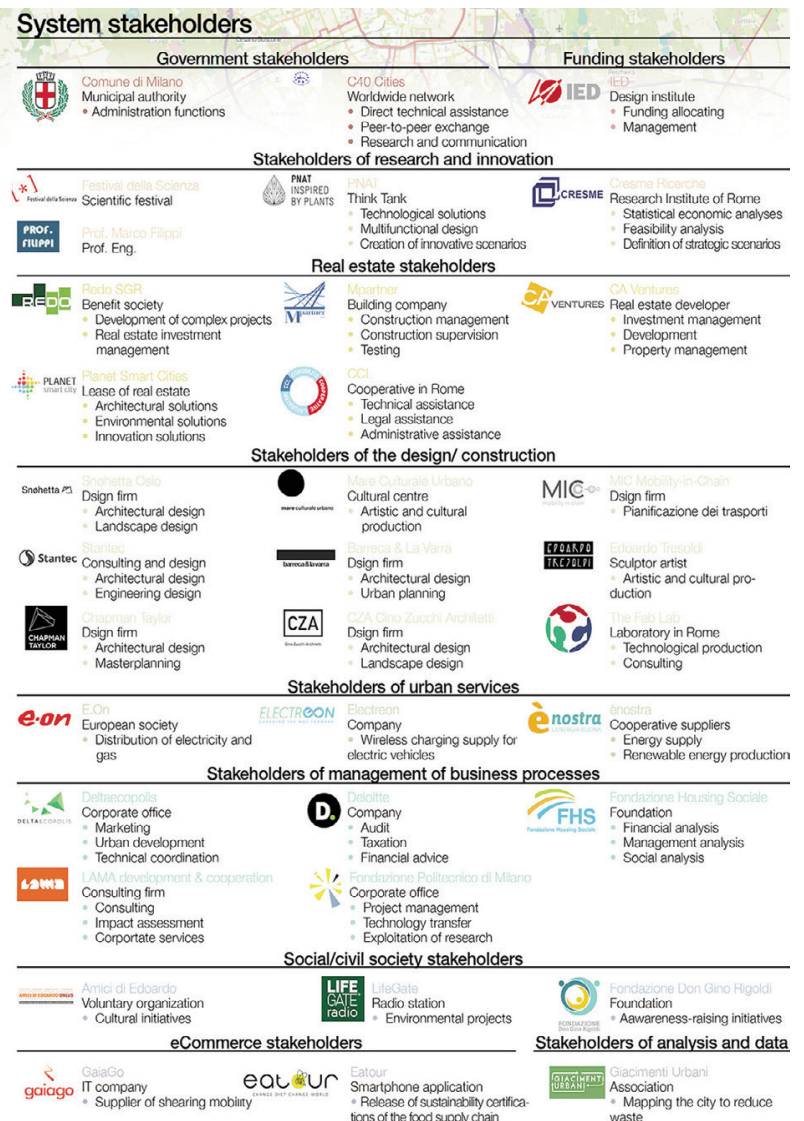


Fig. 8 | Example of summary sheet related to stakeholder analysis (credit: the Research Group, 2021).

better delineate the context conditions. The stakeholders associated with the design / construction are also articulate and numerous, demonstrating the fielding of a multidisciplinary team enriched by specific expertise (environmental psychology consultants, botanical experts, ICT developers, etc.) on the issues of sustainability and social value of the project. The group of stakeholders related to the provision of energy services is shown to be an important part, whose consultation/participation greatly affects the impact of the intervention in relation to energy consumption and the use of renewable sources from the perspective of the Local Energy District.

The participation of research and innovation stakeholders is interesting, in most cases represented by local Universities capable of activating systemic relations with political governance in order to understand, according to territorial peculiarities, their expectations and potential and support their actions in an inter-institutional process involving regional and municipal authorities with business groups.

It has often been noted that the knowledge on sustainable development methods and techniques elaborated in the circles devoted to research is matched by its concrete application at the local scale, inducing knowledge transfers from

the academic world to those involved in transformation on the ground, activating a collaborative exchange that sees institutions and businesses as beneficiaries of the research. The extent of involvement can be seen from the sheet showing the results of the stakeholder analysis (Fig. 9).

The number of promoters of project initiatives (high influence and high interest), seemingly insignificant, actually represents those who have set the transferable sustainability features from a PED perspective and coincide with the municipalities themselves and the funders of the work. This demonstrates the key role of training on sustainability issues to be enhanced towards the relevant sectors and technical offices in charge. Numerically more substantial are the operational stakeholders (high interest but low influence) who accompany the intervention during all phases demonstrating high involvement in promoting sustainable urban development.

This is useful in informing decisions and defining actions and priorities, being able to rely on the representation of the direct or indirect involvement of interest groups and the related positive results achieved for local communities also in terms of quality of life. Indeed, greater social inclusion (through activation of forums and digital platforms² to engage end-users, interpret their demands and

empower them as an active part of the city's sustainable transition process) contributes to acceptance and, therefore, to the success of a relevant intervention in PED terms.

The results to date, in addition to providing evidence of an initial set of replicable best practices, return a cognitive picture of the future growth of interest by public and private stakeholders in the issues of renewable energy, energy efficiency and energy flexibility at the urban and district scale.

Although the evidence regarding the effectiveness of the interventions analyzed encourages the continuation of the study by annexing (to the set considered to date) additional significant municipalities and projects, among the factors hindering the transferability of the results it is worth mentioning the heterogeneity and specificity of the individual contexts, in terms of norms, cities' governance capacities and practitioners' expertise. Among the main limitations of the research is the predominantly 'indirect' mode of information retrieval, through the study of documents and data available online. In addition, the set of case studies examined does not return an exhaustive picture of the complex set of actions that Italian municipalities are carrying out for the energy transition; however, given the extent and number of information collected, the projects considered were sufficient



Fig. 9 | Example of a completed form related to the interest-influence matrix (credit: the Research Group, 2021).

and functional for the elaboration of the proposed information organization system.

Conclusions and future developments | Both lines of actions made it possible to create a database system in which processes related to urban ecological transition on the Italian territory were analysed, with particular attention to the partnerships that made them possible. Taken together, this information provided an understanding of what the enabling factors are for the design of sustainable urban areas and to what extent the stakeholder groups involved are related to the scale of the projects examined. Although the research will include further in-depth phases related to the continuing evolution of the connotative features of PEDs and the observation and monitoring of strategic district public buildings, the initial results on the methodology adopted and the implementation of the systemic approach to organizing information content encourage positive consideration of the study's potential in improving the creation of synergies between municipalities and system stakeholders and in directing actions in a more organized transition vision. In fact, in the now pervasive direction of Green Building, to achieve climate neutrality by 2050, the structuring of the proposed information and the various filings developed for the case studies made it possible to identify the possible holders of expertise on the enabling factors that

contribute to the evolution of sustainable urbanization. Enabling factors promoted and implemented by system stakeholders, found in an integrated way in the programs, projects and solutions of each city and project, representative of a multi-sectoral and multidimensional approach and a synchronized and parallel development of implementation tools, technologies, public and private participation, new social and economic paradigms. While up to now the reconnaissance of information has involved mainly indirect ways (study of available documents and some interviews with the Technical Offices of the Municipalities considered), further implementations of the proposed sheets may result, in the future, from more in-depth interlocutions both with the Administrations and with the planners and other operators who took part in the interventions. In addition, by expanding the sample of case studies observed, the set of indicators can also be refined based on future studies that will be conducted.

The communicative systematization of the proposed data will enable Municipality practitioners who want to embark on a path of urban development oriented toward ecological transition and PEDs to identify significant information in order to draw useful indications from it and to activate possible contacts aimed at deepening what has been synthesized in order to transfer this knowledge within the specific contexts of action and to ensure the quality of interventions with a view to energy ef-

ficiency and sustainability. In line with the assumptions of Smart Cities, the systematized data (today in analogue form through spreadsheets and cards) will flow, in future research developments, into a digital platform (today available in a preliminary version³) aimed at facilitating collaborative dialogue among stakeholders, to be activated on the basis of foreshadowing of the positive spillovers that the innovations adopted may determine on the national territory. Such a platform is aimed primarily at Municipality Offices, scholars and, more generally, practitioners interested in the development of new PEDs who, in addition to benefiting from the availability, within a single tool, of useful information related to representative experiences of good practices, will be facilitated by the facilitated data reading mode previously illustrated.

Consequently, by supporting Public Administrations in the acquisition of good practices, they will be able to orient the construction sector toward sustainable urban development, incorporating the indications (enabling factors) functional to the replicability of PEDs within the planning documents. The cities selected in the case studies will thus be able to become true urban laboratories whose results can encourage not only the pursuit of the medium- and long-term goals of sustainable development in environmental rebalancing, but also the inescapable pursuit of health, well-being and social inclusion.

Notes

1) The research was implemented under the Agreement signed between ENEA TERIN SEN and the Department of Planning Design Technology of Architecture PDTA of 'Sapienza' University of Rome for the activity titled 'Development of design solutions for urban evaporative systems and analysis of the role of Urban Service Companies and Enterprises in Research, Development and Innovation projects' covering the years 2019/2020 and 2020/2021. The research was funded by ENEA. The Research Group is composed of: Architect P. Clerici Maestosi (ENEA Scientific Manager), Prof. Architect T. Ferrante (Scientific Manager, PDTA Department of 'Sapienza'), Prof. Architect T. Villani, Architect E. Di Manno, Architect L. Boccia, Architect B. Brinchi Giusti and Architect F. Romagnoli.

2) Examples of the cities studied include the section of the Milan City Council website dedicated to publicizing workshops and public presentations of urban regeneration projects. For more information, see: comune.milano.it/aree-tematiche/rigenerazione-urbana-e-urbanistica/forum-rigenerazione-urbana/ [Accessed 14 May 2023].

3) The platform, now being implemented, is available at: pedef.lansystems.co.uk/PedEF/ [Accessed 14 May 2023].

References

- Alpagut, B., Akyürek, Ö. and Mitre, E. M. (2019), "Positive Energy Districts Methodology and its Replication Potential", in *Proceedings*, vol. 20, issue 1, article 8, pp. 1-5. [Online] Available at: [dx.doi.org/10.3390/proceedings2019020008](https://doi.org/10.3390/proceedings2019020008) [Accessed 18 March 2023].
- Antonini, E. and Mussinelli, E. (2018), "Toward the smart city and beyond", in *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, special issue 1, pp. 26-27. [Online] Available at: doi.org/10.13128/Techne-23567 [Accessed 18 March 2023].
- Bossi, S., Gollner, C. and Theierling, S. (2020), "Towards 100 Positive Energy Districts in Europe – Preliminary Data Analysis of 61 European Cases", in *Energies*, vol. 13, issue 22, article 6083, pp. 1-13. [Online] Available at: doi.org/10.3390/en13226083 [Accessed 18 March 2023].
- Borsboom-van Beurden, J., Kallaos, J., Gindroz, B., Costa, S. and Riegler, J. (2019), *Smart City Guidance Package – A Roadmap for Integrated Planning and Implementation of Smart City Projects*. [Online] Available at: researchgate.net/publication/343615678_Smart_City_Guidance_Package [Accessed 12 May 2023].
- Brozovsky, Z., Gustavsen, A. and Gaitani, N. (2021), "Zero emission neighbourhoods and positive energy districts – A state-of-the-art review", in *Sustainable Cities and Society*, vol. 72, article 103013, pp. 1-21. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.scs.2021.103013 [Accessed 18 March 2023].
- Bylund, J., Gollner, C., Jäger, M., Klaming, G., Noll, M., Riegler, J., Rodenstedt, A. and Wallsten, B. (2022), *Driving Urban Transition to a Sustainable Future – Roadmap*, Driving Urban Transition. [Online] Available at: dutupartnership.eu/wp-content/uploads/2022/09/DUT-Roadmap-2022-komprimiert.pdf [Accessed 18 March 2023].
- Cheng, C., Albert-Seifried, V., Aelenei, L., Vandevyvere, H., Seco, O., Sánchez, M. N. and Hukkalainen, M. (2021), "A Systematic Approach Towards Mapping Stakeholders in Different Phases of PED Development. Extending the PED Toolbox – Extending the PED Toolbox", in Littlewood J. R., Howlett, R. J. and Jain, L. C. (eds), *Sustainability in Energy and Buildings 2021*, Springer Nature, Singapore, pp. 447-462. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-981-16-6269-0_38 [Accessed 12 May 2023].
- COST Action Positive Energy Districts European Network – PED-EU-NET (2022a), *Deliverable 1.1 – Database of existing PED projects and innovations*, action 19126. [Online] Available at: pedeu.net/wp-content/uploads/2022/10/D1.1_Database-of-existing-PED-projects.pdf [Accessed 12 May 2023].
- COST Action Positive Energy Districts European Network – PED-EU-NET (2022b), *Deliverable 2.1 – Report on existing technical PED guides and tools*, action 19126. [Online] Available at: pedeu.net/wp-content/uploads/2022/10/D2.1_Review_existing-technical-PED-guides-and-tools.pdf [Accessed 12 May 2023].
- European Commission (2020), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – A Renovation Wave for Europe – Greening our buildings, creating jobs, improving lives*, document 52020DC0662, 662 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0662 [Accessed 18 March 2023].
- European Commission (2019), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – The European Green Deal*, document 52019DC0640, 640 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN [Accessed 18 March 2023].
- Ferrante, T. and Villani, T. (2021), "Positive Energy Districts and Energy Efficiency in Buildings – An Innovative Technical Communication Sheet to Facilitate Policy Officers' Understanding to Enable Technologies and Procedure", in *Energies*, vol. 14, issue 24, article 8551, pp. 1-18. [Online] Available at: doi.org/10.3390/en14248551 [Accessed 18 March 2023].
- Grimble, R. and Wellard, K. (1997), "Stakeholder methodologies in natural resource management – A review of principles, contexts, experiences and opportunities", in *Agricultural Systems*, vol. 55, issue 2, pp. 173-193. [Online] Available at: [doi.org/10.1016/S0308-521X\(97\)00006-1](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(97)00006-1) [Accessed 18 March 2023].
- Hearn, A. X. (2022), "Positive energy district stakeholder perceptions and measures for energy vulnerability mitigation", in *Applied Energy*, vol. 322, article 119477, pp. 1-13. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119477 [Accessed 18 March 2023].
- JPI – Joint Programming Initiative (2020), *Urban Europe – Europe Towards Positive Energy Districts*. [Online] Available at: jpi-urbaneurope.eu/wp-content/uploads/2020/06/PED-Booklet-Update-Feb-2020_2.pdf [Accessed 18 March 2023].
- Koutra, S., Terés-Zubiaga, J., Bouillard, P. and Becue, V. (2023), "Decarbonizing Europe – A critical review on positive energy districts approaches", in *Sustainable Cities and Society*, vol. 89, article 104356, pp. 1-15. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.scs.2022.104356 [Accessed 18 March 2023].
- Magliocco, A. and Canepa, M. (2022), "Cruscotti a servizio della governance – Monitoraggio di indicatori di prestazione e indicatori aggregati | Governance dashboards – Monitoring of key performance and aggregate indicators", in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 12, pp. 36-45. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1232022 [Accessed 18 March 2023].
- Making-City (2019), *D4.1 – Methodology and Guidelines for PED design*. [Online] Available at: makingcity.eu/wp-content/uploads/2021/12/MakingCity_D4_1_Methodology_and_Guidelines_for_PED_design_final.pdf [Accessed 12 May 2023].
- MITE – Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2020), *Agende Metropolitane per lo sviluppo sostenibile*. [Online] Available at: mite.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/sviluppo_sostenibile/rapporto_agende_metropolitane_svs_maggio_2020.pdf [Accessed 18 March 2023].
- Østergaard, P. A. and Clerici Maestosi, P. (2019), "Tools, technologies and systems integration for the Smart and Sustainable Cities to come", in *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, vol. 24, pp. 1-6. [Online] Available at: doi.org/10.5278/ijsepm.3405 [Accessed 18 March 2023].
- Piaia, E. and Frighi, V. (2022), "Transizione energetica dei distretti urbani – Un punto di vista per lo sviluppo di una piattaforma di supporto decisionale | Energy transition of urban districts – A viewpoint for the development of a decision support platform", in *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 23, pp. 127-133. [Online] Available at: oaj.fupress.net/index.php/techne/article/view/12117 [Accessed 18 March 2023].
- SCIS – Smart Cities Information System (2020), *Positive Energy Districts Solution Booklet*. [Online] Available at: smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/insights/solutions/solution-booklet-positive-energy-districts [Accessed 12 May 2023].
- SET-Plan Temporary Working Group (2018), *SET-Plan ACTION n° 3.2 Implementation Plan – Europe to become a global role model in integrated, innovative solutions for the planning, deployment, and replication of Positive Energy Districts*. [Online] Available at: jpi-urbaneurope.eu/wp-content/uploads/2018/09/setplan_smartcities_implementationplan.pdf [Accessed 18 March 2023].
- Shnapp, S., Paci, D. and Bertoldi, P. (2020), *Enabling Positive Energy Districts Across Europe – Energy Efficiency Couples Renewable Energy*, EUR30325 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. [Online] Available at: op.europa.eu/it/publication-detail/-/publication/6cea1079-f6f9-11ea-991b-01aa75ed71a1/language-en [Accessed 18 March 2023].
- Sinopoli, N. (1997), *La tecnologia invisibile – Il processo di produzione dell'architettura e le sue regie*, FrancoAngeli, Milano.
- Turci, G., Alpagut, B., Civiero, P., Kuzmic, M., Pagliula, S., Massa, G., Albert-Seifried, V., Seco, O. and Soutullo, S. (2022), "A Comprehensive PED-Database for Mapping and Comparing Positive Energy Districts Experiences at European Level", in *Sustainability*, vol. 14, article 427, pp. 1-24. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su14010427 [Accessed 12 May 2023].
- UN – United Nations (2015), *Transforming our world – The 2030 Agenda for Sustainable Development*. [Online] Available at: sdgs.un.org/sites/default/files/publications/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf [Accessed 18 March 2023].
- Uspenskaia, D., Specht, K., Kondziella, H. and Bruckner, T. (2021), "Challenges and Barriers for Net-Zero/Positive Energy Buildings and Districts – Empirical Evidence from the Smart City Project SPARCS", in *Buildings*, vol. 11, issue 2, article 78, pp. 1-24. [Online] Available at: dx.doi.org/10.3390/buildings11020078 [Accessed 18 March 2023].
- Zhang, X., Penaka, S., Giriraj, S., Sánchez, M., Civiero, P. and Vandevyvere, H. (2021), "Characterizing Positive Energy District (PED) through a Preliminary Review of 60 Existing Projects in Europe", in *Buildings*, vol. 11, issue 8, article 318, pp. 1-24. [Online] Available at: doi.org/10.3390/buildings11080318 [Accessed 18 March 2023].

ARTICLE INFO

Received	21 March 2023
Revised	27 April 2023
Accepted	05 May 2023
Published	30 June 2023

INNOVAZIONE RURALE, SERVIZI ECO-SISTEMICI E PROCESSI DI URBANIZZAZIONE IN LIGURIA, TRA COSTA ED ENTROTERRA

RURAL INNOVATION, ECOSYSTEM SERVICES AND URBANISATION PROCESSES IN LIGURIA, BETWEEN COASTAL AND INNER AREAS

Giampiero Lombardini, Angela Pilogallo, Giorgia Tucci

ABSTRACT

Lo sfruttamento delle risorse ambientali e i processi di urbanizzazione hanno alterato in modo significativo gli ecosistemi naturali, trasformandoli nel tempo in sistemi socio-ecologici fortemente influenzati dalla presenza degli insediamenti antropici. La pianificazione territoriale deve dunque puntare a nuovi modelli di sviluppo in grado di coniugare le esigenze di conservazione delle componenti ambientali e quelle di riduzione delle disuguaglianze socio-economiche, spesso legate all'inequiva accessibilità ai servizi ecosistemici. Si presenta il caso studio della Liguria, caratterizzata da una forte polarizzazione tra conurbazione lineare costiera ed entroterra, tra le aree che forniscono la maggior parte dei servizi ecosistemici e quelle a più alta densità di popolazione e di urbanizzazione, che invece si configurano come grandi poli di domanda. Il presente lavoro analizza la relazione tra i valori ambientali, in termini di multifunzionalità ecosistemica, e le forme di innovazione rurale che contribuiscono a sostenere la competitività territoriale. L'obiettivo è esplorare come un approccio sistemico possa favorire le opportunità di integrazione tra aree interne e costiere, qualificando i sistemi vallivi come nuove componenti della struttura antropico-ambientale della regione.

Exploiting environmental resources and urbanisation processes has significantly altered the natural ecosystems over time, turning them into socio-ecological systems strongly affected by anthropic settlements. Spatial planning must therefore aim at new development models able to harmonise the need to preserve the environmental components with the need to reduce the socio-economic inequalities, often linked to inequitable access to ecosystem services. The case study of the Liguria Region is presented, with its marked polarisation between the linear coastal conurbation and inner areas, the areas providing the most significant number of ecosystem services and those with greater population and urbanisation density, which are instead organised as large demand poles. The paper analyses the relationship between environmental values, in terms of ecosystem multifunctionality, and rural innovation forms that support territorial competitiveness. The aim is to explore how a systemic approach can integrate opportunities between the inner and coastal areas, qualifying the valley systems as new elements of the anthropic-environmental structure of the region.

KEYWORDS

servizi ecosistemici, urbanizzazione costiera, innovazione rurale, morfologia spaziale, multifunzionalità ecosistemica

ecosystem services, coastal urbanisation, rural innovation, spatial morphology, ecosystem multifunctionality

Giampiero Lombardini, Architect and PhD, is an Associate Professor at the Department of Architecture and Design, University of Genova (Italy). His research is centred on studying physical-morphological and socio-economic aspects urban, as well as the Italian territorial and environmental planning models. E-mail: giampiero.lombardini@unige.it

Angela Pilogallo is an Environmental Engineer and a PhD in Engineering for Innovation and Sustainable Development (University of Basilicata, Italy). Her research is centred on the methodological framework of Ecosystem Services. E-mail: an.pilogallo@gmail.com

Giorgia Tucci, Architect and PhD, is a Postdoctoral Research Fellow at the Department of Architecture and Design, University of Genova (Italy). She focuses her research on the development of sustainable operational strategies in the agricultural-coastal territory of the Mediterranean region. E-mail: giorgia.tucci@unige.it



Lo sfruttamento delle risorse ambientali e l'aumento dei fenomeni di urbanizzazione nelle sue varie forme hanno modificato in modo significativo e irreversibile l'ecosistema naturale, trasformandolo nel tempo in un sistema socio-ecologico (Alberti, 2018) organizzato da regioni urbane. I processi di sfruttamento sono ancora ampiamente caratterizzati da una profonda dispersione di entropia; allo stesso modo l'accesso a sistemi antropici circolari (Lacy, Long and Spindler, 2020) rappresenta un'esigenza sempre più urgente. Le strutture spaziali e gli ecosistemi (compresi i neo-ecosistemi creati dall'uomo) devono affrontare una simbiosi con l'ambiente e le risorse ambientali non più rinviabile, in modo da coniugare le esigenze di conservazione delle risorse naturali con la riduzione delle disuguaglianze socioeconomiche, sempre più legate, tra le altre cause, all'accesso differenziato ai servizi ecosistemici (Ronchi, 2018).

L'obiettivo che può essere perseguito sia attraverso l'innovazione tecnologica (innovatività), compresa l'innovazione digitale, sia attraverso processi di retro-innovazione (Bauman, 2020), sull'esempio dei processi di esaptazione naturale (Gould and Vrba, 2008), è lo sviluppo sostenibile, promuovendo azioni in grado di fornire nuovo benessere ambientale, sociale ed economico, portando verso una nuova ecologia globale. Il contributo intende esplorare come l'innovazione nelle aree rurali possa contribuire non solo a conservare piuttosto ad arricchire l'insieme dei servizi ecosistemici nelle aree interne della Liguria. Parallelamente si ritiene importante analizzare la mancata corrispondenza (non solo spaziale, ma anche economica) tra i luoghi in cui i servizi ecosistemici vengono prodotti e quelli in cui vengono prevalentemente consumati, ovvero nelle aree ad alta e densa urbanizzazione, che in Liguria coincidono con i maggiori centri urbani e la conurbazione lineare costiera.

Il presente contributo si articola essenzialmente in tre sezioni principali. La prima illustra gli obiettivi del lavoro inquadrando il caso studio nel più ampio dibattito disciplinare relativo alla sostenibilità delle trasformazioni territoriali e dei processi di urbanizzazione. Viene inoltre descritta la metodologia utilizzata e, in particolare, la sequenza logica che a partire dai concetti di multifunzionalità ecosistemica e innovazione rurale si declina in una serie di indicatori spazialmente espliciti e successivamente messi in relazione reciproca.

La seconda sezione riguarda i metodi per il calcolo degli indicatori. Per quanto riguarda i servizi ecosistemici, essa illustra i criteri che hanno portato alla loro selezione, i modelli utilizzati per la valutazione e il calcolo dell'indice sintetico MESLI. Per quanto concerne invece il grado di innovazione in ambito rurale si descrive il metodo che dalla raccolta di dati alla scala regionale ha portato alla rappresentazione in mappa del grado di innovatività. La terza sezione illustra i risultati del confronto tra le distribuzioni spaziali della multifunzionalità e del grado di innovazione; nelle conclusioni infine si evidenziano i caratteri di originalità dello studio proposto e delle potenzialità della metodologia formulata per perseguire un approccio maggiormente olistico alla pianificazione del territorio, capace di coniugare sviluppo e conservazione delle risorse naturali.

Obiettivi e metodologia | L'obiettivo dello studio

è esplorare come una visione sistemica (in particolare bioregionale; Fanfani and Matarán Ruiz, 2021) possa contribuire a promuovere diverse opportunità di integrazione tra le aree interne e la fascia costiera, assumendo un diverso orientamento della struttura antropico-ambientale della regione, facendo leva sui sistemi vallivi anziché solo sull'asse urbano costiero est-ovest: nello specifico la ricerca si articola in due parti.

Una prima parte è finalizzata all'analisi dell'offerta complessiva di servizi ecosistemici, assunti come misura della performance ambientale territoriale, attraverso la produzione di una mappa del territorio regionale che rappresenta i principali servizi ecosistemici erogati. L'approccio della multifunzionalità, finalizzato a esprimere in modo sintetico (ad esempio mediante indici quali il MESLI) la capacità da parte degli ecosistemi di erogare molteplici benefici in favore dell'uomo (Garland et alii 2021), sta trovando un crescente interesse all'interno della produzione scientifica nei settori disciplinari afferenti alla pianificazione urbana (Salata and Grillenzoni, 2021; Cortinovis and Geneletti, 2020) e territoriale (Isola et alii, 2022; Mitchell and Devisscher, 2022). Il motivo è da ricondurre alla possibilità, nell'ambito di tale approccio, di mettere in relazione le performance ambientali di una data unità territoriale con grandezze rappresentative della pressione antropica (Pilogallo et alii, 2022), dei processi di urbanizzazione (Bomans et alii, 2010; Li et alii, 2023) e più in generale dei cambiamenti di uso del suolo (Stürck and Verburg, 2017; Mastrangelo et alii, 2014).

In una seconda fase si cerca una correlazione spaziale e funzionale tra i siti di produzione del capitale naturale, le forme di innovazione rurale che possono garantire forme innovative di sostegno e tutela antropica del territorio (anche attraverso il fondamentale contributo delle tecnologie digitali), infine si analizza la struttura territoriale in termini di poli di erogazione dei servizi ecosistemici, coincidenti con le aree a più alto valore della multifunzionalità, e poli di domanda corrispondenti alle aree maggiormente antropizzate.

La ricerca si concentra sulla valutazione di un insieme selezionato di servizi ecosistemici presenti nei contesti di analisi e sulla successiva combinazione degli stessi in un indice sintetico rappresentativo dei valori ambientali complessivi (cioè della multifunzionalità): il Multiple Ecosystem Services Landscape Index – MESLI (Rodríguez-Loínez, Alday and Onaindia, 2015). Sulla base dell'intensità di questo indice vengono poi messi in relazione con esso diversi indicatori sintetici (geografici, morfologici, socio-economici e territoriali) descrittivi dei processi di urbanizzazione.

Le restituzioni grafico-analitiche attese individueranno prevedibilmente come le aree più intensamente urbanizzate siano generalmente caratterizzate da performance ambientali inferiori, come la variabilità delle relazioni di correlazione sulla qualità dell'insediamento (forma e densità) giochi un ruolo importante nell'impoverire o proteggere l'offerta complessiva di servizi ecosistemici e come sia possibile individuare scenari bioregionali di integrazione tra aree urbane e aree interne, potendo contare su una serie di poli urbani di secondo livello a valle che possano fungere da cerniera tra le due aree.

La componente morfologica delle fasce costiere sarà quindi di notevole importanza, influen-

zando sia la struttura degli insediamenti sia la distribuzione e la qualità dei servizi ecosistemici. In questo senso, quindi, la ricerca si propone, da un lato, di individuare le correlazioni tra il tasso di urbanizzazione dei diversi contesti costieri e l'offerta di servizi ecosistemici prodotti, dall'altro, di definire un modello o matrice in grado di esprimere una generale reciprocità tra l'indicatore MESLI e le variabili che maggiormente influenzano l'ecosistema costiero, al fine di ottenere una variabile dipendente da studiare attraverso l'analisi di correlazione con i fattori geografici, morfologici, socio-economici e territoriali descrittivi dei processi di urbanizzazione (Figg. 1-3).

Il presente lavoro si inserisce dunque nell'ampio corpo di letteratura scientifica (Liu et alii, 2021; Lapointe, Gurney and Cumming, 2021; Balzan, Caruana and Zammit, 2018) che approfondisce il legame tra fornitura di servizi ecosistemici e processi di urbanizzazione al fine di supportare la pianificazione territoriale nell'individuare metodologie innovative per formulare modelli di sviluppo sostenibile delle aree costiere.

Servizi ecosistemici e innovazione in Liguria |

Per far fronte alla complessa situazione globale le sfide comunitarie hanno posto gli obiettivi per uno sviluppo sostenibile promuovendo azioni multifunzionali e innovative in grado di fornire benefici multipli sia sotto il profilo socio-economico che ambientale. L'approccio della multifunzionalità, da intendersi come la capacità di fornire congiuntamente molteplici servizi, si sta consolidando nella pratica della pianificazione urbana e territoriale in quanto è in grado di esprimere una misura complessiva delle prestazioni fornite da un'area territoriale (Pilogallo and Scorza, 2022). In questo senso, infatti, il territorio non rappresenta solo un mero spazio fisico-geografico, ma un ambito relazionale socialmente costruito nel quale hanno luogo i processi di sviluppo territoriale, dove per sviluppo territoriale si intende anche sviluppo economico nel senso di crescita economica (reddito, occupazione, etc.) e sviluppo umano e sociale (istruzione, qualità della vita, etc.) nonché sviluppo ambientale (tutela, biodiversità, etc.).

È quindi lecito interrogarsi in che modo le politiche di innovazione possono sostenere lo sviluppo territoriale in termini di competitività economica, migliore qualità di vita, promozione dell'uguaglianza sociale e tutela dell'ambiente. A questo proposito è necessario in primo luogo definire e circoscrivere le politiche, le azioni e i caratteri di innovazione a livello territoriale. Date le molteplici definizioni del termine 'innovazione', questo presenta un carattere multidimensionale che lo rende di difficile espressione. Il Consiglio Europeo di Lisbona (23-24 marzo 2000) ha definito l'innovazione come «[...] the renewal and enlargement of the range of products and services and the associated markets; the establishment of new methods of production, supply and distribution; the introduction of changes in management, work organization, and the working conditions and skills of the workforce» (European Commission, 2003, p. 5). In questo senso il carattere di innovazione viene definito in termini di gestione di tutte le attività che concorrono a dar vita all'innovazione, in tutte le dimensioni dell'economia e della società.

Tuttavia se nel campo socio-economico appare piuttosto chiaro il concetto di innovazione,

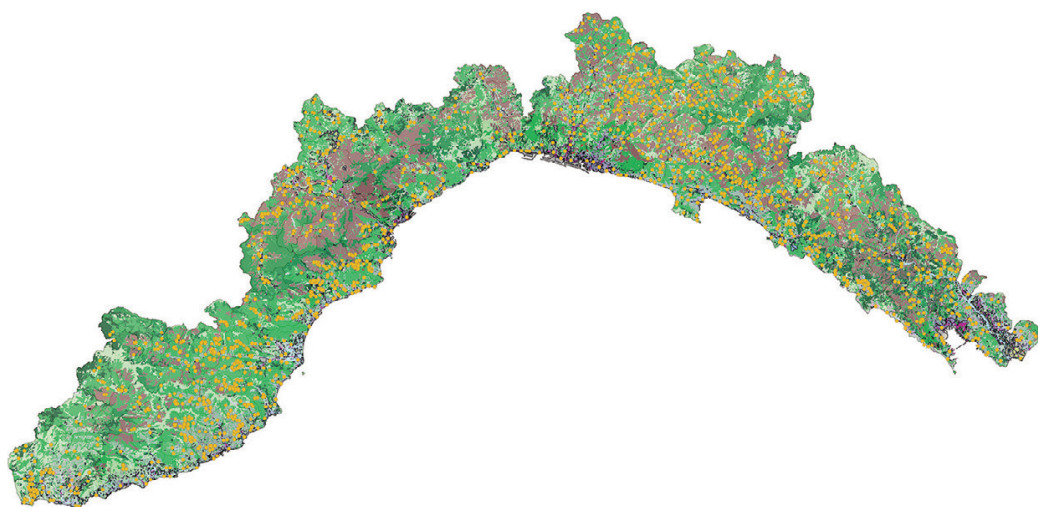
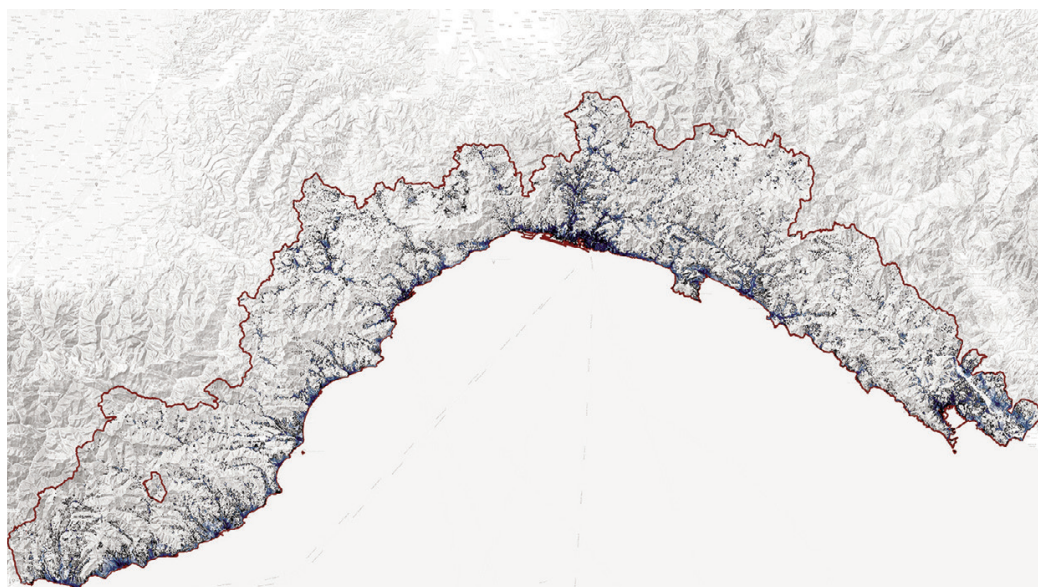
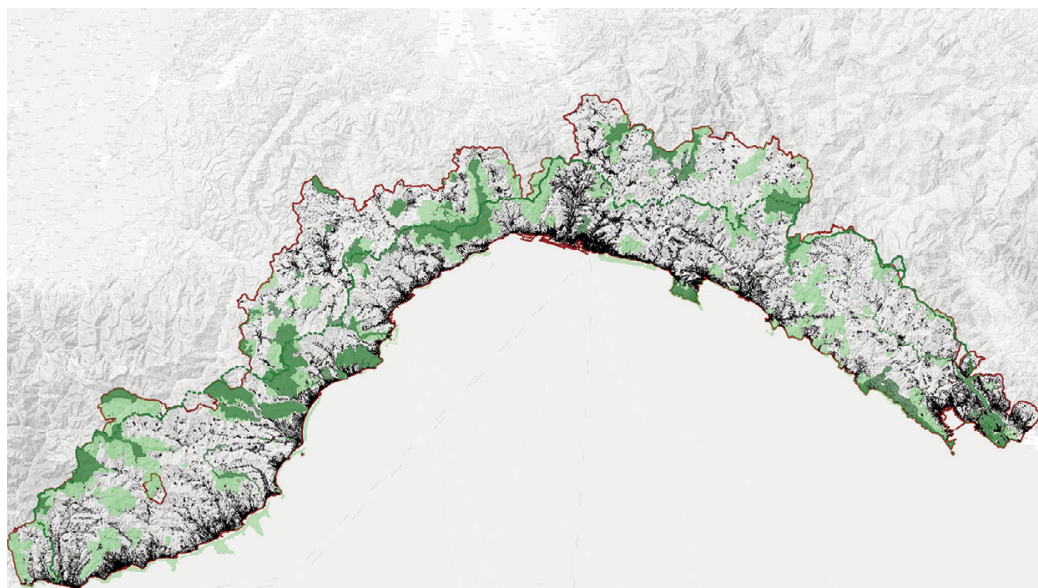


Fig. 1 | Protected areas in Liguria, park areas and SCIs (credit: G. Lombardini, 2023).

Fig. 2 | Settlement pattern in Liguria (credit: G. Lombardini, 2023).

Fig. 3 | Land use and localisation of historical villages (credit: A. Pilogallo and G. Tucci, 2023).

nell'ambito del contesto urbano territoriale non risulta banale declinare concretamente questa definizione. Fu il sociologo urbano Louis Wirth (1938) che nei suoi studi sull'Urbanesimo come modo di vita individuò il concetto di innovazione urbana sostenendo che essa è tale se concorre direttamente alla costituzione di un vantaggio competitivo durevole per la città e / o consente la creazione di un valore che sia condiviso dai cittadini.

Il contesto, sia esso urbano o extraurbano, diviene un fattore cruciale dal momento che l'innovazione viene fondamentalemente intesa come un processo di apprendimento socialmente e territorialmente incorporato e culturalmente e istituzionalmente contestualizzato (Asheim and Coenen, 2005), influenzato dall'intensità delle interazioni che si creano fra i soggetti che creano conoscenza ed il territorio in cui operano. Nel territorio, dove i processi urbani si confrontano con numerosi fattori (governance e Amministrazione Pubblica, politica, istruzione, cultura, religione, ricerca scientifica e tecnologica, sanità, trasporti, commercio, industria, turismo, sicurezza, commercio, comunicazioni, etc.), l'analisi dell'innovazione consente di profilare le caratteristiche interne in termini di rapporti tra individui, Enti, imprese, Istituzioni, così come l'analisi innovativa dei processi urbani delle città nel loro insieme consente di tracciare le interconnessioni a livello mondiale (De Falco, 2017).

L'innovazione diviene perciò uno strumento importante per sostenere la competitività territoriale in una visione condivisa di sviluppo volta a migliorare la qualità della vita delle persone e come tale risponde a una strategia condivisa dagli attori locali all'interno di azioni di dimensione nazionale e internazionale in grado di produrre conoscenza, esperienza e nuove politiche per migliorare la condizione umana (Canzanelli and Lofredo, 2008). Per poter leggere i caratteri di innovazione di un territorio risulta innanzitutto necessario comprendere che questi si diffondono nello spazio e nel tempo in relazione a una serie di fattori intrinseci nel contesto di studio come precondizioni, risorse, variabili situazionali, capacità di accettare il rischio e il cambiamento, valori e interessi socio-culturali, capacità di assorbimento, ecc. Sotto il profilo ambientale l'insieme di questi fattori può essere sintetizzato nell'offerta complessiva dei servizi ecosistemici (di approvvigionamento, di mitigazione e culturali) assunti come misura della performance ambientale del territorio.

L'innovazione rappresenta, quindi, un fattore chiave nel processo di transizione a una maggiore sostenibilità ambientale, il motore per un nuovo paradigma di sviluppo, nonché un nuovo meccanismo evolutivo basato sulla sperimentazione nei processi di progettazione (Tucci and Ratti, 2022). Data la storica convergenza bilaterale fra mondo naturale e mondo artificiale (Ratti and Belleri, 2020) risulta pertanto interessante approfondire il legame che si crea tra l'insieme dei valori ambientali espressi da un'unità territoriale e i fattori d'innovazione che agiscono sulla stessa, nonché la correlazione spaziale e funzionale tra i siti di produzione del capitale naturale e le forme di innovazione rurale che possono garantire forme innovative di sostegno e tutela antropica del territorio.

Definizione degli indicatori | Alla luce delle precedenti considerazioni, in una prima fase dello stu-

dio sono stati individuati due set di indicatori: uno relativo ai servizi ecosistemici che compongono il Multiple Ecosystem Services Landscape Index (indice MESLI) e uno relativo agli elementi che costituiscono il carattere di innovazione del territorio.

L'indice MESLI è un indice sintetico rappresentativo della fornitura congiunta di più servizi ecosistemici (Rodríguez-Loinaz, Alday and Onaindia, 2015), sia in termini di numero sia quale misura dell'intensità complessivamente fornita (Shen et alii, 2020). Il MESLI, calcolato sulla base delle serie storiche di ciascun servizio ecosistemico considerato, viene quindi assunto come significativo delle prestazioni ambientali dei diversi ecosistemi (Pilogallo and Scorza, 2021): il suo valore aumenta sia in risposta al numero crescente di servizi ecosistemici erogati sia come conseguenza della maggiore intensità di erogazione di uno o più servizi ecosistemici (Huang et alii, 2023).

Il MESLI si configura quindi come un indicatore di sintesi non adatto a rappresentare a pieno la complessità sottesa allo svolgimento delle diverse funzioni ecosistemiche, soprattutto nei casi in cui risulta un'evidente non linearità tra i servizi ecosistemici erogati e gli schemi di uso del suolo (Botzas-Coluni et alii, 2021). Esso esprime invece le sue potenzialità nel sintetizzare le caratteristiche di multifunzionalità intese quali erogazione simultanea e congiunta di diversi beni e servizi (Wang et alii, 2023), soprattutto nella prospettiva di ricercare una relazione spaziale tra la multifunzionalità così sintetizzata e gli indicatori rappresentativi dei processi di urbanizzazione (Liu et alii, 2022).

Ai fini della sua quantificazione è stato analizzato un set di sette servizi ecosistemici che, secondo la Classificazione Internazionale Comune (CICES v5.1; Haines-Young and Potschin, 2018), rientrano in sette classi afferenti alle due sezioni dei servizi ecosistemici di Fornitura e di Mantenimento e Regolazione:

1) Coltivazioni (Fornitura) – È stato utilizzato il modello di InVEST Crop Production per determinare la produttività agricola, espressa in termini di quintali ad ettaro, in riferimento alle principali tipologie di coltivazioni (produzione cerealicola e ortiva, frutteti, oliveti e vigneti);

2) Acqua potabile (Fornitura) – Mediante l'equazione sperimentale di Budyko (Budyko and Miller, 1975), a partire dai layer di piovosità media annua, è stato calcolato il servizio di raccolta delle acque di pioggia espresso in termini di millimetri annui per unità di superficie;

3) Regolazione della composizione chimica dell'atmosfera (Mantenimento e Regolazione) – Tale servizio ecosistemico è stato valutato sulla base di due diversi indicatori: lo stoccaggio di carbonio tramite il modello di InVEST Carbon, espresso in tonnellate per ettaro, e il flusso di rimozione della CO₂ atmosferica, espresso in grammi annui di anidride carbonica rimossa per unità di superficie (Chapin et alii 2006);

4) Impollinazione (Mantenimento e Regolazione) – Il servizio di impollinazione è stato calcolato tramite il modello InVEST Pollination che valuta la disponibilità di siti di nidificazione degli insetti impollinatori, di risorse floreali e le distanze di volo per ricavare un indice dell'abbondanza di impollinatori; 5) Mantenimento di habitat e popolazioni (Mantenimento e Regolazione) – Il servizio è stato valutato mediante il modello InVEST Habitat Quality and Degradation considerando quali minacce alla

funzionalità degli ecosistemi diverse componenti rappresentative delle attività antropiche (superfici urbanizzate, infrastrutture di trasporto, aree industriali, attività estrattive e discariche, superfici agricole);

6) Controllo dei tassi erosivi (Mantenimento e Regolazione) – L'equazione di Rusle è stata computata tramite il modello InVEST Sediment Delivery Ratio (SDR) al fine di ottenere la distribuzione spaziale relativa alla produzione di sedimenti e quindi alla valutazione dei tassi erosivi espressa in termini di tonnellate annue per unità di superficie;

7) Purificazione delle acque superficiali (Mantenimento e Regolazione): Il servizio ecosistemico di ritenzione dei nutrienti è stato valutato mediante il modulo Nutrient Delivery Ratio (NDR) di InVEST che, a partire dalle sorgenti distribuite di immissione di azoto, fosforo e potassio, valuta la capacità di filtrazione dell'acqua da parte delle coperture vegetali.

Base comune per la valutazione di tutti i servizi ecosistemici è la Corine Land Cover, disponibile con una risoluzione di 100 m, relativamente agli

anni 2000, 2006, 2012 e 2018. I suddetti servizi ecosistemici sono stati calcolati in modo spazialmente esplicito per tutte le date e successivamente normalizzati sulla base dei minimi e dei massimi della serie storica valutati pixel per pixel (Pilogallo, Scorza and Murgante, 2021). Il valore che si ottiene varia dunque tra 0 e il numero di servizi ecosistemici considerati (nel caso specifico 7, uno per ogni classe) e rappresenta una distribuzione spaziale continua della multifunzionalità ecosistemica (Manning et alii, 2018) che conserva la risoluzione della CLC (100 m). La selezione dei suddetti servizi ecosistemici è avvenuta sulla base della rilevanza che essi rivestono in riferimento all'area di studio e alla disponibilità dei dati di input per l'intera serie storica considerata (2000-2018).

Il secondo set di indicatori è l'Indice di Innovazione che prende spunto dagli obiettivi strategici riportati da Europa 2020 (European Commission, 2020) – economia della conoscenza, approccio integrato territoriale, valorizzazione di risorse naturali, paesaggio e biodiversità, agricoltura multifunzionale, turismo sostenibile – per ana-

Sector	Type	Indicators
Productive Systems	PS1. Multifunctional Agriculture	Innovative farms Organic and biodynamic farms Agricultural and social farms Educational farms
	PS2) Agro-productive Circuits	Biodistricts Agricultural consortia Food and wine circuits (slow food, farm networks) Quality certifications (mountain product, SQNPI, DOC, PDO IGT)
Society	SO1. Territorial Identity	Historic Villages awards Most Beautiful Villages in Italy awards Orange Flag awards
	SO2. Socio-cultural Actions	Ecomuseums of biodiversity (ecology) Community homes (health) Community hospitals (health)
Sustainable Tourism	ST1. Innovative Hospitality Facilities	AgriBio Tourism EcoBnB AgriCamping Widespread hotel
	ST2. Outdoor Tourism	High Way of the Ligurian Mountains hiking routes Ligurian Hiking Network hiking routes Ligurian Cycling Network cycling routes
	ST3. Experiential Tourism	The Wine Roads food and wine routes The Oil Roads food and wine routes
Governance	GO1. Renovation and Regeneration	PINQuA projects (National Innovative Plan for Quality Living)
	GO2. Management and Protection	Park Areas (Park Plans) SCI and SPA areas (Management Plans) River Contracts
Ecological Transition	ET1. Ecology and Energy Sustainability	Renewable Energy Communities Ecological Transition Projects
Digital Transition	DT1. Digitalisation	Digital connectivity network Innovative start-ups

Tab. 1 | Territorial innovation indicators (credit: G. Tucci, 2023).

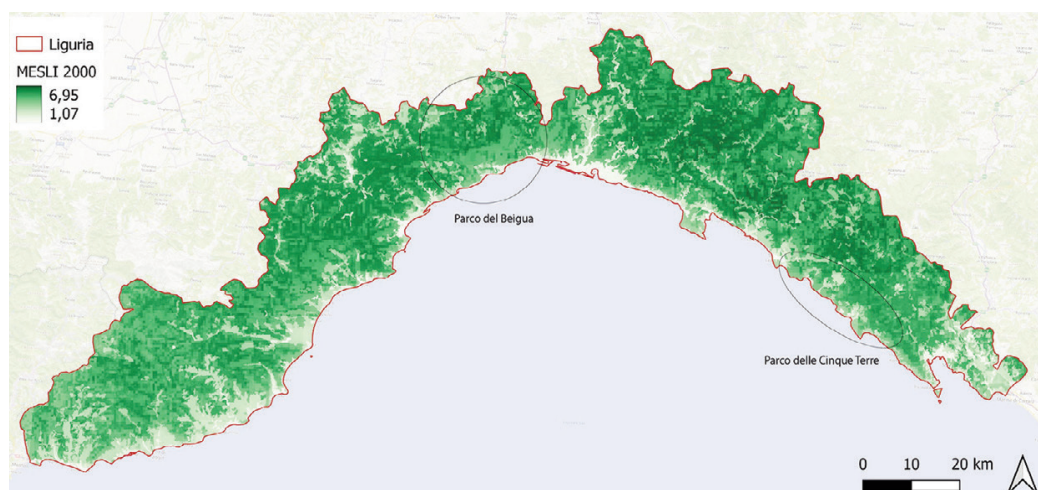
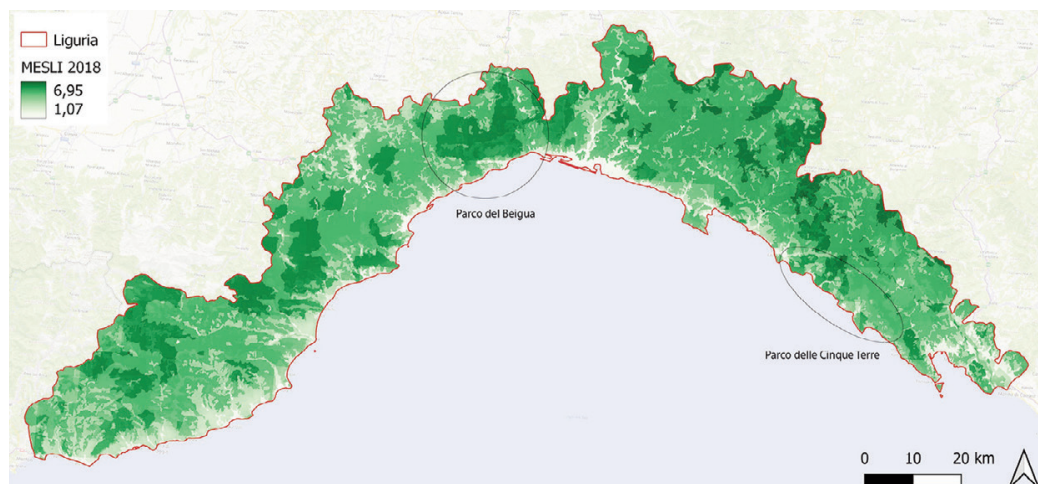


Fig. 4 | MESLI distribution in 2018 on the territory of Liguria (credit: A. Pilogallo and G. Tucci, 2023).

Fig. 5 | MESLI distribution for 2000 on the territory of Liguria (credit: A. Pilogallo and G. Tucci, 2023).

lizzare i processi di innovazione territoriale sostenibili e misurare quantitativamente le caratterizzazioni organizzative delle strutture socio-economiche territoriali. Al fine di individuare e mappare gli elementi in grado di soddisfare il più possibile l'analisi dei caratteri di innovazione territoriale, sono state selezionate sei dimensioni analitiche: Sistemi Produttivi (SP), Società (SO), Turismo Sostenibile (TS), Governance (GO), Transizione Ecologica (TE) e Transizione digitale (TD), sulla base delle quali è stata costruita una matrice con tutte le informazioni reperibili a livello regionale.

Gli indicatori sono suddivisi in due macro-aree tematiche: la prima, composta da 7 indicatori, si relaziona con gli aspetti connessi alla dimensione socio-economica (agricoltura multifunzionale e circuiti agro-produttivi, azioni sociali e culturali, turismo sostenibile); la seconda, composta da 4 indicatori, descrive gli aspetti politico-tecnologici (politiche di governance, sistemi energetici, reti digitali). Gli elementi analizzati e mappati sono riportati nella Tabella 1.

Analisi di correlazione | Sulla base della metodologia sopra esposta e partendo dagli strati informativi relativi ai sette servizi ecosistemici selezionati, sono state prodotte due mappe del MESLI, relative rispettivamente al 2000 e al 2018. Come si può notare nelle Figure 4 e 5, i valori di multifunzionalità ecosistemica (MESLI) più elevati sono distribuiti nella parte interna della regione, in

prossimità e all'interno delle zone montuose, caratterizzate da coperture del suolo prevalentemente forestali e altamente vegetate, da una bassa pressione antropica e da fattori geomorfologici che hanno contribuito a limitare lo sviluppo degli insediamenti umani e la diffusione dei processi di urbanizzazione. Particolarmente evidente nella restituzione grafica del 2018 (Fig. 4) rispetto a quella del 2000 (Fig. 5) è l'aumento della qualità ambientale dell'area del Parco Naturale Regionale del Beigua, alle spalle dei comuni di Arenzano e Cogoleto, caratterizzata da un patrimonio naturalistico di foreste, zone umide, canyon, praterie e pinete che ospitano un'enorme biodiversità vegetale e faunistica.

D'altra parte i valori più bassi si collocano lungo la fascia costiera in occasione delle aree più densamente urbanizzate, dove il sistema insediativo e produttivo fortemente frammentato, l'adozione massiccia di pratiche colturali intensive e l'alta densità di infrastrutture viarie contribuiscono con pesi diversi a determinare basse performance ambientali. Questo, tuttavia, non accade sempre, e ciò è indice di come la qualità dell'urbanizzazione e la morfologia del territorio costiero (pianure costiere, colline costiere o montagne) influiscano sia sulle forme dell'insediamento sia sulla distribuzione e sulla qualità dei servizi ecosistemici. Si noti ad esempio la fascia costiera del Parco delle Cinque Terre (Fig. 4), in cui grazie alla conformazione naturale di pendii montuosi a picco sul ma-

re, il paesaggio antropizzato non ha causato un impoverimento della qualità ambientale del territorio (Figg. 6-8).

Il quadro complessivo mostra un'elevata variabilità dei valori MESLI in funzione dell'intensità di urbanizzazione: emergono infatti corrispondenze tra le aree caratterizzate da valori medio-bassi e le principali conurbazioni costiere. Al fine di identificare le aree in cui si registra un miglioramento o un peggioramento delle performance ambientali complessive, è stata elaborata una terza mappa di differenza (Fig. 9) che evidenzia le aree in cui il MESLI è aumentato (in gradazioni di blu), diminuito (in gradazioni di rosso) o è rimasto sostanzialmente invariato (in giallo) tra il 2000 e il 2018.

Successivamente sulla base degli indicatori relativi al carattere di innovazione territoriale (Tab. 1) è stata elaborata una mappa restitutiva della localizzazione degli elementi (puntuali, lineari o spaziali) in grado di apportare innovazione sotto il profilo socio-economico e politico-tecnologico. Al fine di realizzare una mappa sintetica rappresentativa del grado complessivo di innovazione territoriale, gli strati informativi relativi a ciascuno dei criteri descritti sono stati riassunti all'interno di un file vettoriale di tipo griglia con dimensioni di cella di 100 m. Il valore finale del grado di innovazione è dato dal numero di criteri di innovazione soddisfatti, ovvero dal numero di layer ricadenti all'interno della cella. Questo valore complessivo, come si può vedere dalla Fig. 10, varia tra 0 e 7.

Ciò che si evince piuttosto chiaramente è una distribuzione frammentata dei sistemi d'innovazione all'interno del territorio regionale, con una maggiore presenza nelle aree dei nuovi Biodistretti (Biodistretto della Val di Vara e Biodistretto delle Alte Valli), in cui si concentrano una molteplicità di azioni innovative legate al comparto turistico-ricettivo, escursionistico e agro-produttivo. Anche lungo la fascia costiera di levante si rileva un primo livello di innovazione, legato all'avvio di progetti di rigenerazione e alla presenza di biodiversità delle aree parco tutelate.

Al fine di analizzare in modo congiunto le aree caratterizzate da un più elevato grado di innovazione e l'andamento nel tempo dell'indice MESLI, a partire dalla mappa del grado di innovazione è stata ottenuta una rappresentazione della densità di Kernel in riferimento allo stesso indicatore (Fig. 11; Terrell and Scott, 1992). La stima della densità di Kernel consiste in un metodo non parametrico per rappresentare la concentrazione di punti in una porzione di spazio (Danese, Lazzari and Murgante, 2008): tale metodo, utile a valutare la densità nella distribuzione di variabili puntuali, viene impiegato per l'identificazione di pattern spaziali ovvero di aree a maggiore densità di punti (Yan et alii, 2023).

La rappresentazione della densità di Kernel è stata poi ridotta in ambiente GIS a un file di tipo vettoriale contenente le isoipse di densità il quale, sovrapposto alle variazioni dell'indice MESLI nel periodo 2000-2018, consente una valutazione immediata della relazione tra il grado di innovazione territoriale e l'andamento della multifunzionalità ecosistemica. La Figura 12, grazie alla sovrapposizione delle elaborazioni relative alla densità degli indicatori descrittivi dei processi di innovazione territoriale e l'andamento della qualità dell'indicatore MESLI nel periodo di riferimento 2000-2018, permette di dimostrare l'esistenza di

una correlazione tra implementazione di innovazione e miglioramento dei servizi ecosistemici localizzati. Le isoipse generate dalla densità di Kernel infatti si posizionano nella quasi totalità dei casi come epicentri di un aumento dei servizi ecosistemici rilevati (incremento gradiente verde-azzurro).

Particolarmente significativo è il fatto che i grandi poli di innovazione in buona parte ricadono all'interno delle quattro aree interne regionali (strategia SNAI, 2014): a levante nell'Area dell'Antola-Tigullio e della Val di Vara che inglobano i biodistretti e il Parco Naturale Regionale dell'Antola, mentre a ponente del capoluogo rientrano nell'Area Interna Beigua-SOL con il Parco Naturale Regionale del Beigua alle spalle dei comuni costieri di Arenzano e Cogoleto (Fig. 13). Anche nell'estremo ponente risulta evidente l'incremento dei servizi ecosistemici in concomitanza dell'Area Interna dell'Alta Valle Arroscia, sul cui territorio insiste il Parco Naturale Regionale delle Alpi Liguri. Risulta chiaro che fra le azioni di innovazione la tutela attraverso la creazione di aree parco incide in modo significativo sulla qualità ambientale regionale.

Riflessioni conclusive | La ricerca condotta ha

rilevato una prima sovrapposibilità tra innovazione rurale e fornitura di servizi ecosistemici, fornendo le basi per una futura analisi di correlazione spaziale. Dalle mappe prodotte, comunque, si evince già con una certa evidenza, come le azioni innovative giochino potenzialmente un ruolo attivo e dinamico nel promuovere la conservazione e/o produzione di servizi ecosistemi. Ma, d'altro lato, potrebbe essere vera anche la correlazione inversa, data la natura dei fenomeni analizzati: ossia che siano le aree con migliore predisposizione alla fornitura di servizi ecosistemici a promuovere e attrarre azioni innovative.

Significativo risulta anche il fatto che le concentrazioni di attività dirette, coordinate o quanto meno supportate dall'azione pubblica, come i Parchi regionali o le aree pilota della strategia SNAI coincidano, dal punto di vista spaziale, con le aree a miglior produzione di servizi ecosistemici (Lombardini, 2018). Questo elemento potrebbe far propendere per un'ipotesi di una certa efficacia di queste politiche o del ruolo che anche le semplici azioni di tutela e salvaguardia possono avere nella fornitura di servizi ecosistemici.

L'analisi elaborata suggerisce anche un effetto moltiplicatore tra le diverse azioni di innovazione territoriale (Lombardini, 2019). È possibile, e i

dati sembrano confermarlo, che le diverse azioni innovative creino un campo di attrazione reciproca, per cui esse tendano ad avere la tendenza a un certo grado di concentrazione dello spazio. Questo, se da un lato dovrebbe spingere in futuro a migliorare questi effetti agglomerativi, dall'altro dovrebbe anche farci interrogare sulle aree ancora non interessate o interessate solo debolmente da queste azioni che, come si evince dai risultati cartografici, sono anche quelle dove le prestazioni dei servizi ecosistemici sono inferiori. Ulteriori analisi dovrebbero allora essere introdotte per cogliere gli elementi di fragilità e di debolezza di questi territori prevalentemente determinati da un drastico abbandono delle aree con diminuzione della popolazione residente sotto soglie minime di presidio insediativo e stress ambientale (ad esempio dissesto idrogeologico e avanzata incontrollata del bosco).

Questi primi risultati ottenuti si integrano in modo interessante con altre ricerche già effettuate sul territorio ligure, dove uno degli aspetti rilevanti è costituito dalla forte polarizzazione tra conurbazione costiera lineare ed entroterra (Lombardini, 2016; Lombardini, Pilogallo and Tucci, 2022; Tucci, 2019). Dal momento che le aree interne potrebbero svolgere un ruolo importante



Fig. 6 | Coastal portion and terraced landscape in Vernazza, Cinque Terre Park (credit: Stevenmdean, 2015).



Fig. 7 | Coastal portion and terraced landscape in Manarola, Cinque Terre Park (credit: Blandineschillinger, 2022).



Fig. 8 | Coastal portion and terraced landscape in Rio Maggiore, Cinque Terre Park (credit: Zotx, 2019).

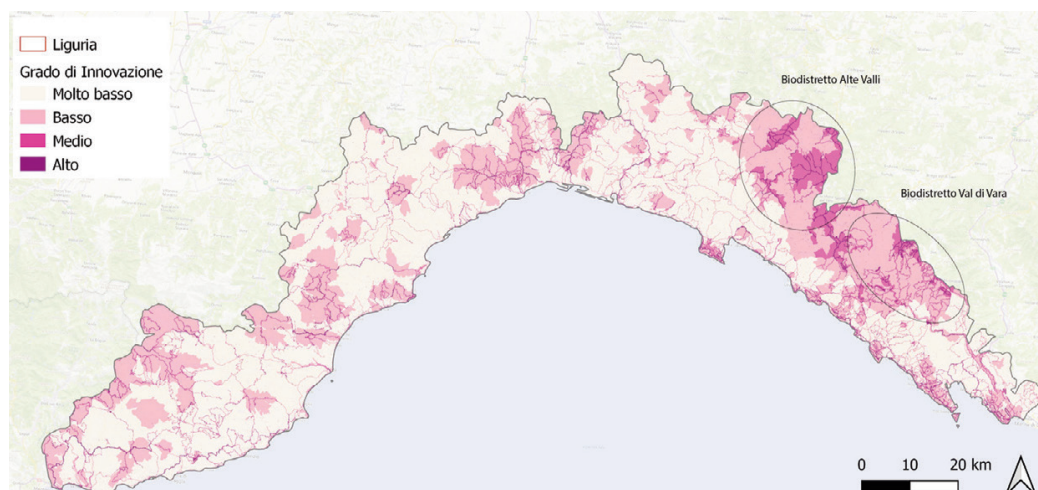
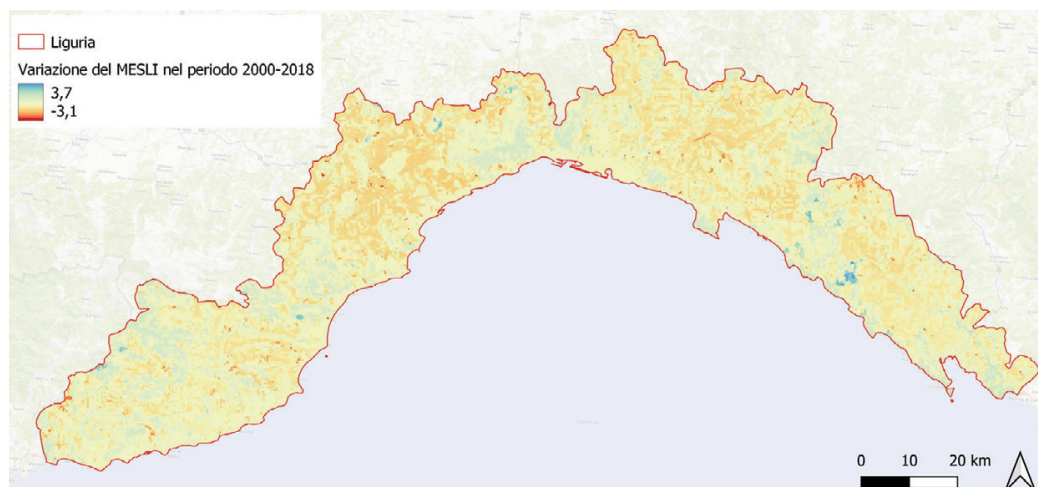


Fig. 9 | MESLI variation over 2000-2018 (credit: A. Pilogallo and G. Tucci, 2023).

Fig. 10 | Map of innovation in Liguria (credit: A. Pilogallo and G. Tucci, 2023).

nella fornitura di servizi ecosistemici fondamentali per le aree costiere (soprattutto nei settori dell'acqua e dell'integrazione del patrimonio culturale), questa analisi dimostra come una simbiosi tra spazio rurale e azioni innovative possa rappresentare un'occasione per lo sviluppo integrato del territorio regionale (Figg. 14, 15).

La metodologia proposta, basata su indicatori spazialmente distribuiti, si rivela utile nel perseguire un approccio maggiormente sistemico alla pianificazione territoriale, supportando la formulazione di strategie in grado di coniugare le esigenze di conservazione del capitale naturale e le istanze di sviluppo e competitività territoriale. Scalabilità, replicabilità (nello spazio) e riproducibilità (nel tempo) delle analisi svolte la rendono dunque un utile strumento di supporto alla governance dei complessi sistemi socio-ecologici (Uehara et alii, 2021).

The exploitation of environmental resources and increasing urbanisation in its many forms have significantly and irreversibly altered the natural ecosystem, turning it over time into a socio-ecological system (Alberti, 2018) organised by urban regions. Exploitative processes are still mainly characterised by a deep entropy dispersion; likewise, access to circular anthropic systems (Lacy, Long and Spindler, 2020) is an increasingly urgent need. Spatial structures and ecosystems (including hu-

man-created neo-ecosystems) face a symbiosis with the environment and environmental resources that can no longer be postponed in such a way to combine the demand for the conservation of natural resources with the reduction of socio-economic inequalities that are increasingly linked to, among other causes, the differentiated access to ecosystem services (Ronchi, 2018).

The objective that can be pursued through technological innovation (innovativeness), including digital innovation, as well as through retro-innovation processes (Bauman, 2020), following the example of natural exaptation processes (Gould and Vrba, 2008), is sustainable development, encouraging actions able to provide new environmental, social and economic well-being, leading to a new global ecology. This study aims at exploring how innovation in rural areas can contribute not only to the preservation but also to the enrichment of ecosystem services in Liguria's inner areas. At the same time, it is deemed essential to analyse the mismatch (not only the spatial but also the economic one) between the places where ecosystem services are generated and those where they are mainly used, i.e., in the areas with high and dense urbanisation, which in Liguria coincide with the major urban centres and the linear coastal conurbation.

This paper consists of three main sections. The first outlines the objectives of the study, situating the case study within the broader disci-

plinary debate on the sustainability of territorial transformations and urbanisation processes. The methodology used is also described, and precisely, the logic sequence that, starting from the concepts of ecosystem multifunctionality and rural innovation, leads to a series of spatially explicit indicators related to each other.

The second section concerns the methods used to calculate the indicators. As far as the ecosystem services are concerned, the criteria for their selection, the models used for their valuation, and the synthetic MESLI calculation are indicated. As regards the degree of innovation in rural areas, it shows the method that led to mapping the degree of innovation from data collection at the regional level. The third illustrates the results of the comparison between the spatial distribution of multifunctionality and the level of innovation. Finally, the conclusions highlight the original features of the proposed study and the potentiality of the methodology formulated to pursue a more holistic approach to spatial planning, able to combine the development and conservation of natural resources.

Objectives and methodology | This study aims to explore how a systemic vision (especially regarding a bioregional vision; Fanfani and Matarán Ruiz, 2021) can contribute to encouraging different opportunities to integrate inner and coastal areas, assuming a different approach to the anthropic-environmental structure of the region, taking advantage of the valley systems rather than just of the urban east-west coastal orientation. Specifically, the research is divided into two parts.

The first part aims at analysing the comprehensive offer of ecosystem services, as a measure of the territorial environmental performance, by drafting a map of the regional territory representing the primary ecosystem services provided. The multifunctionality approach, intended to concisely express (e.g., through indices such as MESLI) the ecosystems' capacity to deliver multiple benefits to people (Garland et alii, 2021), is increasingly gaining interest in scientific production in the disciplinary fields of urban planning (Sala-ta and Grillenzoni, 2021; Cortinovis and Geneletti, 2020) and spatial planning (Isola et alii, 2022; Mitchell and Devisscher, 2022). Within the scope of such an approach, the reason is to be found in the chance to relate the environmental performance of a given spatial unit with representative quantities of anthropogenic pressure (Pilogallo et alii, 2022), urbanisation processes (Bomans et alii, 2010; Li et alii, 2023) and, more generally, land-use changes (Stürck and Verburg, 2017; Mastrangelo et alii, 2014).

In the second part, a spatial and functional correlation is sought between the sites creating the natural heritage, the forms of rural innovation that can ensure innovative forms of anthropic support and conservation of the territory (also with the crucial help of digital technologies). Finally, the territorial structure is analysed in terms of poles of delivery of ecosystem services, corresponding to the areas with the highest value of multifunctionality, and poles of demand, corresponding to the most anthropised areas.

The research focuses on evaluating a selected set of ecosystem services present in the contexts analysed and their further combined into a

synthetic index representing the overall environmental values (i.e., multifunctionality): the Multiple Ecosystem Services Landscape Index – MESLI (Rodríguez-Loinaz, Alday and Onaindia, 2015). Based on the strength of this index, different synthetic (geographical, morphological, socio-economic and territorial) descriptive indicators of urbanisation processes are then compared with it.

The expected graphical-analytical outcomes will predictably reveal how the more intensely urbanised areas are generally characterised by lower environmental performance, how the variability of the correlation relationships on settlement quality (shape and density) plays a strategic role in depleting or protecting the comprehensive provision of ecosystem services, and how it is possible to identify bioregional scenarios integrating urban and inner areas, relying on a series of downstream second-level urban poles that can act as a pivot between the two areas.

Therefore, the morphological component of the coastal zones will be significant since it affects both the structure of the settlements and the spreading and quality of ecosystem services. In this context, the research aims at identifying, on the one hand, the correlations between the rate of urbanisation of the different coastal areas and the provision of ecosystem services generated and, on the other, to define a model or matrix able to express general reciprocity between the MESLI and the variables that most influence the coastal ecosystem to obtain a dependent variable to be studied through the correlation analysis with the geographical, morphological, socio-economic and territorial factors defining the urbanisation processes (Fig. 1-3).

Hence, this paper is part of the large body of scientific literature (Liu et alii, 2021; Lapointe, Gurney and Cumming, 2021; Balzan, Caruana and Zammit, 2018) that explores the connection between ecosystem service provision and urbanisation processes to support spatial planning in identifying innovative methods to create sustainable development models for the coastal areas.

Ecosystem services and innovation in Liguria

To cope with the complex global situation, the EU challenges have set the objectives for sustainable development by encouraging multifunctional and innovative actions that provide multiple benefits, both in socioeconomic and environmental terms. The multifunctionality approach (understood as the ability to give jointly multiple services) is being consolidated in urban and spatial planning practice, as it can express an aggregated measure of the performance of a territorial area (Pilgallo and Scorza, 2022). As a matter of fact, in this respect, the territory is not only geographical space but also a socially constructed relational context where the processes of territorial development take place, which also means economic development and, namely, economic growth (income, employment, etc.), as well as human and social development (education, quality of life, etc.) and environmental development (protection, biodiversity, etc.).

Therefore, it is reasonable to ask how innovation policies can support territorial development in terms of economic competitiveness, improved living standards, promotion of social equality and environmental protection. To this end, it is first es-

sential to define and delimit innovation policies, actions and characteristics at the territorial level. Due to the numerous definitions, the term 'innovation' has gained a multidimensional character difficult to express. The Lisbon European Council (23-24 March 2000) defined innovation as «[...] the renewal and enlargement of the range of products and services and the associated markets; the establishment of new methods of production, supply and distribution; the introduction of changes in management, work organisation, and the working conditions and skills of the workforce» (European Commission, 2003, page 5). In this respect, the nature of innovation is defined in terms of managing all the activities that concur to bring innovation to life in every dimension of the economy and society.

However, although the concept of innovation seems quite evident in the socio-economic field, it is not easy to define it in the urban territorial context. The urban sociologist Louis Wirth (1938) explained the concept of urban innovation in his work on Urbanism as a Way of Life, affirming that it was as such when directly linked to the constitution of sustainable competitive advantage for the city and / or enables the creation of a value that citizens share.

Whether urban or suburban, the context becomes crucial since innovation is essentially understood as a socially and territorially embedded and culturally and institutionally contextualised learning process (Asheim and Coenen, 2005), affected by the intensity of interactions between knowledge-producing players and the territory where they operate. So, in the territory where urban processes involve several factors (governance and public administration, politics, education, culture, religion, scientific and technological research, health, transport, trade, industry, tourism, security, commerce, communication, etc.), the analysis of innovation allows to outline its internal characteristics in terms of relationships between individuals, bodies, companies, institutions, as well as the innovative analysis of urban processes of cities as a whole able to trace the interconnections at a global level (De Falco, 2017).

Thus innovation becomes an important tool to support territorial competitiveness within a shared vision of development aimed at improving people's quality of life and, as such, it responds to a strategy shared by local players as part of actions with a national and international dimension able to generate knowledge, experience and new policies improving the human condition (Canzanelli

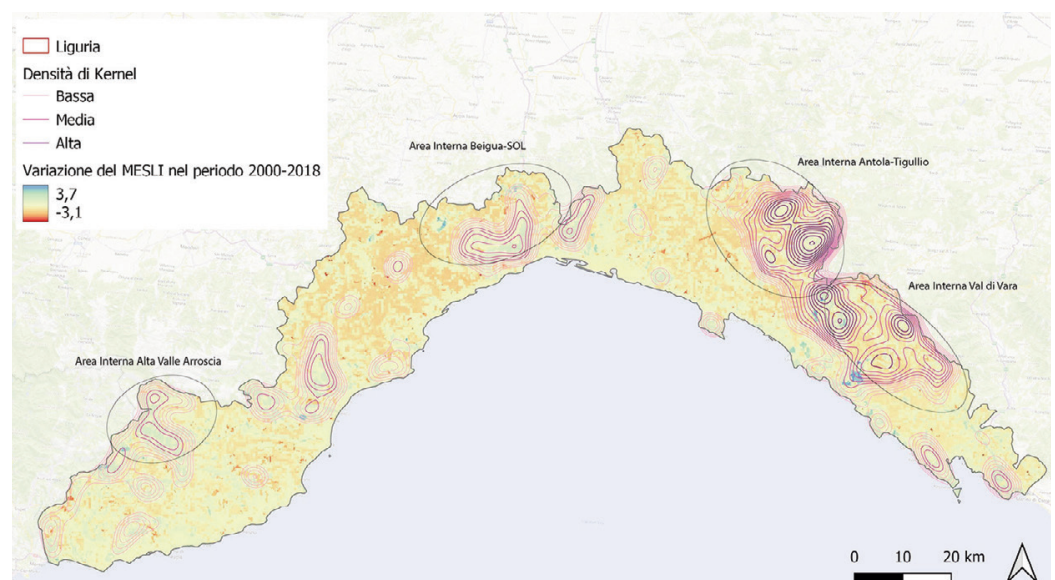
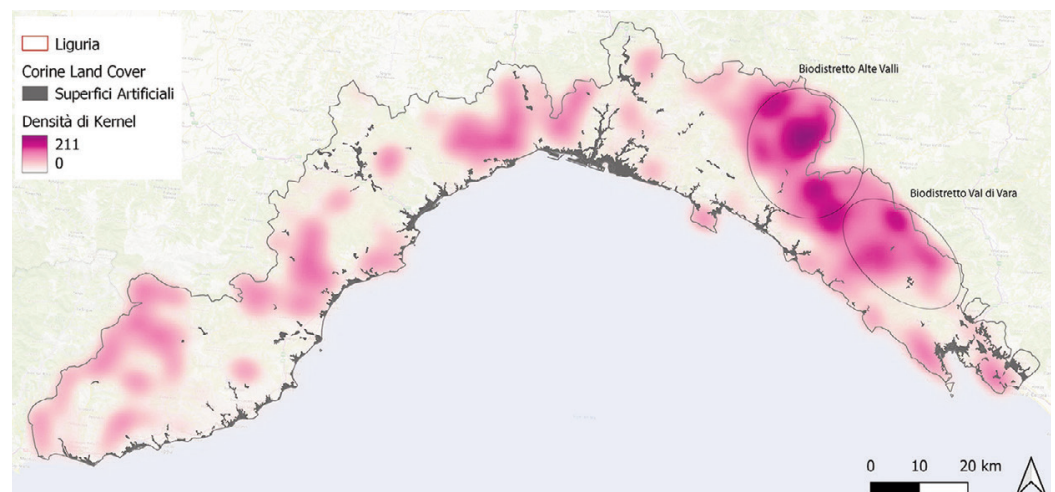


Fig. 11 | Kernel density related to the Innovation Index (credit: A. Pilgallo e G. Tucci, 2023).

Fig. 12 | Overlay between MESLI variation and Kernel density isohypses (credit: A. Pilgallo and G. Tucci, 2023).

and Loffredo, 2008). Therefore, to understand the innovative feature of a territory, it is primarily necessary to know that they spread in space and time according to a series of intrinsic factors related to the context under study, such as preconditions, resources, situational variables, positive attitude towards risk and change, socio-cultural values and interests, absorption capacity, etc. From an environmental point of view, the combination of these factors can be summarised in the unconditional offer of ecosystem services (as to provision, mitigation and culture) taken as a measure of the environmental performance of the territory.

Accordingly, innovation represents a critical factor in the process of transition towards greater environmental sustainability, the driving force for a new development paradigm and a new mechanism of evolution based on experimentation in design processes (Tucci and Ratti, 2022). Given the historical bilateral convergence between the natural and artificial worlds (Ratti and Belleri, 2020), it is therefore interesting to study in depth the link between the environmental values expressed by a territorial unit and the innovation factors acting on it, as well as the spatial and functional correlation between the sites generating the natural heritage and the forms of rural innovation that can ensure innovative forms of support and anthropic protection of the territory.

Definition of indicators | Considering the above reflections, two sets of indicators were identified in the study's first phase: one concerns the ecosystem services composing the Multiple Ecosystem Services Landscape Index (MESLI), and the other concerns the elements forming the innovative character of the territory.

MESLI is a synthetic index representing the joint provision of multiple ecosystem services (Rodríguez-Loinaz, Alday and Onaindia, 2015), both in terms of number and measure of the overall intensity provided (Shen et alii, 2020). The MESLI, calculated from the time series of each ecosystem

service considered, is thus assumed to be significant for the environmental performance of different ecosystems (Pilogallo and Scorza, 2021). Indeed, its value rises as a response to the increasing number of ecosystem services delivered and as a consequence of the increased intensity of delivery of one or more ecosystem services (Huang et alii, 2023).

Hence, MESLI is a composite indicator unsuitable to fully represent the complexity underlying the performance of different ecosystem functions, especially in cases where a clear non-linearity between the ecosystem services provided and land use patterns emerges (Botzas-Coluni et alii, 2021). However, it expresses its potentiality in synthesising the characteristics of multifunctionality intended as the simultaneous and joint provision of different goods and services (Wang et alii, 2023), primarily in the perspective of exploring the spatial relationship between the summarised multifunctionality and the indicators representing urbanisation processes (Liu et alii, 2022).

In order to quantify it, a set of seven ecosystem services was analysed that fall into seven classes belonging to the two sections of Provision and of Regulation and Maintenance ecosystem services, according to the Common International Classification (CICES v5.1; Haines-Young and Potschin, 2018):

- 1) Agriculture (Provision) – The InVEST Crop Production model was used to determine crop yields, expressed in quintals per hectare, for the main crop types (cereals and vegetable production, vegetables, olive groves and vineyards);
- 2) Potable water (Provision) – Using the experimental Budyko equation (Budyko and Miller, 1975), starting from the average annual precipitation layers, the rainwater harvesting service expressed in annual millimetres per unit area was calculated;
- 3) Regulation of the chemical composition of the atmosphere (Regulation and Maintenance) – This ecosystem service was measured according to two different indicators: carbon storage using the

InVEST Carbon model, expressed in tonnes per hectare, and the atmospheric CO₂ removal flux, expressed in annual grams of carbon dioxide removed per unit area (Chapin et alii, 2006);

4) Pollination (Regulation and Maintenance) – Pollination service was calculated using the InVEST Pollination model that assesses the availability of pollinating insect nesting sites, floral resources and flight distances to derive an index of pollinator abundance;

5) Habitat and population preservation (Regulation and Maintenance) – The service was assessed using the InVEST Habitat Quality and Degradation model, considering different components representing anthropic activities (urbanised areas, transport infrastructures, industrial areas, mining and landfills, agricultural areas) as threats to ecosystem functionality;

6) Control of erosion rates (Regulation and Maintenance) – The RUSLE equation was computed using the InVEST Sediment Delivery Ratio (SDR) model to obtain the spatial distribution of sediment production and thus the assessment of erosion rates expressed as tons per year per unit area;

7) Surface Water Purification (Maintaining and Regulating) – The ecosystem service of nutrient retention was assessed using the Nutrient Delivery Ratio (NDR) module of InVEST that evaluates the water filtration capacity of vegetation covers using the distributed sources of nitrogen, phosphorus and potassium inputs.

The common basis for assessing all ecosystem services is the Corine Land Cover, available with a 100 m resolution, for 2000, 2006, 2012 and 2018. The above ecosystem services were calculated spatially explicitly for each date and then normalised according to the minima and maxima time series assessed pixel by pixel (Pilogallo, Scorza and Murgante, 2021). Thus, the value obtained varies between 0, and the number of ecosystem services considered (in this specific case, 7 – one for each class) and represents a continuous spatial distribution of ecosystem multifunctionality (Manning et alii, 2018) that preserves the CLC resolution (100 m). The ecosystem services mentioned above were selected according to their importance for the studied area and the availability of input data for the whole time series considered (2000-2018).

The second set of indicators is the Innovation Index, which takes its cue from the strategic objectives laid down by Europe 2020 (European Commission, 2020) – knowledge economy, integrated territorial approach, enhancement of natural resources, landscape and biodiversity, multifunctional agriculture, sustainable tourism – aimed at analysing the sustainable territorial innovation processes and quantitatively measure the organisational characteristics of the territorial socio-economic structures. Six analytical dimensions have been selected to identify and map the elements able to satisfy as far as possible, the analysis of territorial innovation aspects: Productive Systems (PS), Society (SO), Sustainable Tourism (ST), Governance (GO), Ecological Transition (ET) and Digital Transition (DT), from which a matrix was created containing all the information available at the regional level.

The indicators are divided into two thematic macro-areas: the first, consisting of 7 indicators, deals with aspects related to the socio-economic



Fig. 13 | Coastal portion from the Beigua Park protected area (credit: Nonmisvegliate, 2022).

dimension (multifunctional agriculture and agro-productive cycles, social and cultural activities, sustainable tourism); the second, consisting of 4 indicators, outlines the political-technological aspects (governance policies, energy systems, digital networks). The elements analysed and mapped are displayed in Table 1.

Correlation analysis | Applying the methodology outlined above and starting from the information layers related to the seven ecosystem services selected, two MESLI maps were drafted, related to 2000 and 2018, respectively. As shown in Figures 4 and 5, the highest values of ecosystem multifunctionality (MESLI) are spread in the inner zones of the region, close to and within the mountain areas, which are mainly marked by forested and highly vegetated land cover, low anthropogenic pressure and geomorphological factors that contributed to limiting the development of human settlements and the expansion of urbanisation processes. The increase in the environmental quality of the area of Parco Naturale Regionale del Beigua (the Regional Natural Park in the Beigua district), lying immediately behind the municipalities of Arenzano and Cogoleto, is particularly evident in the graphic layout of 2018 (Fig. 4) when compared to 2000 one (Fig. 5). This area is characterised by a natural heritage of forests, wetlands, canyons, grasslands and pine forests hosting an extraordinary plant and animal biodiversity.

Conversely, the lowest values occur along the coastal zone in the most densely urbanised areas, where the highly fragmented settlement and production system, the massive adoption of intensive agricultural practices and the high road infrastructure density contribute with varying degrees of weight to low environmental performance. However, this does not always occur, thus suggesting how the urbanisation quality and the coastal territory's morphology (coastal plains, coastal hills or mountains) affect both the settlement patterns and the distribution and quality of ecosystem services. It should be noted, for example, the coastal area of the Park of Cinque Terre (Fig. 4), where the natural conformation of the mountain slopes overlooking the sea has prevented the anthropised landscape from causing an impoverishment of the territory's environmental quality (Fig. 6-8).

The comprehensive framework reveals a high degree of variability in MESLI values concerning urbanisation intensity, with similarities arising between areas characterised by medium to low values and the main coastal conurbations. In order to identify the areas showing an improvement or a worsening of the total environmental performance, a third divergence map (Fig. 9) was prepared to highlight the areas where the MESLI increased (blue gradations), decreased (red gradations) or remained substantially unchanged (yellow) between 2000 and 2018.

Then, according to the indicators related to the territorial innovation features (Tab. 1), a derivation map of the element localisation (points, lines or space) able to bring innovation from a socio-economic and political-technological viewpoint was created. In order to draft a synthetic map representing the comprehensive degree of territorial innovation, the information layers related to each of the criteria described were summarised within a grid-type vector file with a cell size of 100 m. The

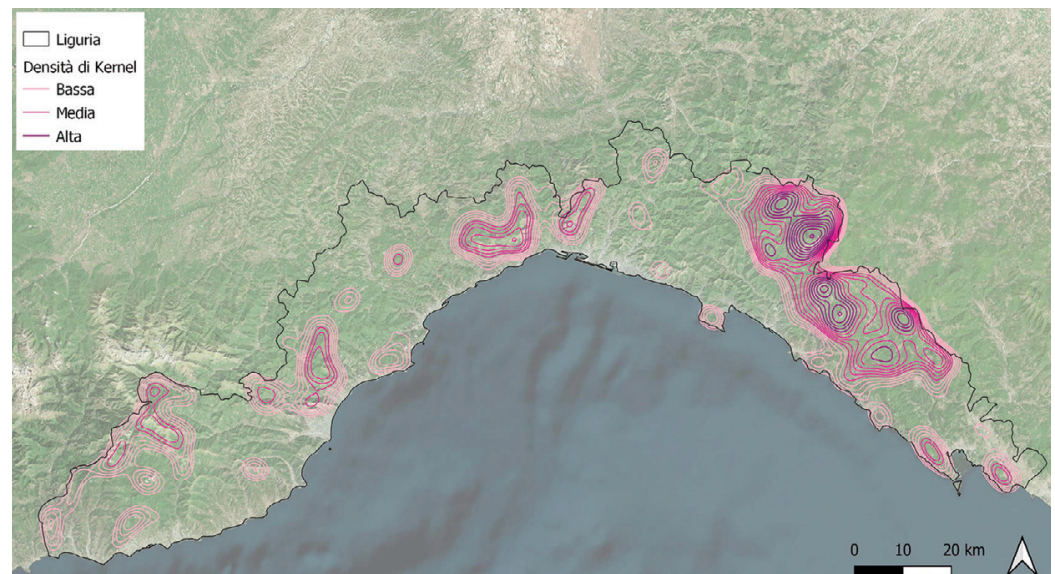
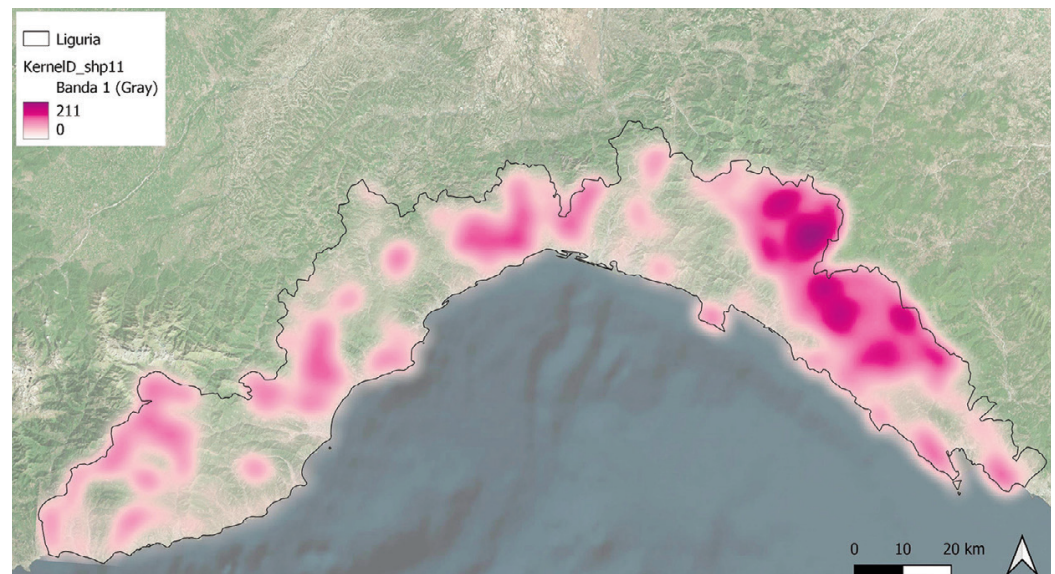


Fig. 14 | Overlay of the Kernel Density on the orthophoto (credit: A. Pilogallo and G. Tucci, 2023).

Fig. 15 | Overlay of the Kernel Density isohypses on the orthophoto (credit: A. Pilogallo and G. Tucci, 2023).

number of innovation criteria gives the final value of the degree of innovation achieved, i.e., the number of layers falling within the cell. As shown in Fig. 10, this total value varies between 0 and 7.

What is quite clearly noticeable is a fragmented distribution of the innovation systems within the regional territory, with a more significant presence in the areas of the new Biodistricts (Val di Vara and Alte Valli), where a variety of innovative measures linked to the tourism and hospitality, excursion and agro-production industries are concentrated. An initial degree of innovation can also be detected along the eastern coastal area, thanks to the launch of regeneration projects and biodiversity in the protected park areas.

To jointly analyse the areas with a higher degree of innovation and the MESLI trend over time, a Kernel density representation has been derived from the map of the innovation degree with the same indicator (Fig. 11; Terrell and Scott, 1992). The Kernel Density estimation is a non-parametric method used to represent the density of points in a particular portion of space (Danese, Lazzari, and Murgante, 2008). This method helps to assess the density in the distribution of point variables,

making it possible to identify spatial patterns or areas with a higher density of points (Yan et alii, 2023).

The Kernel density representation was then reduced in a GIS environment to a vector-type file containing the density isohypses, which, superimposed on the MESLI variations in the period 2000-2018, allows to have an immediate evaluation of the relationship between the degree of territorial innovation and the trend in ecosystem multifunctionality. Thanks to the superimposition of the density processing of the descriptive indicators of the territorial innovation processes and the MESLI quality trend referred to period 2000-2018. Figure 12 displays the correlation between innovation implementation and improvement of the localised ecosystem services. The isohypses generated by the Kernel density are positioned in almost all cases as the epicentres of an increase of the ecosystem services detected (green-blue gradient increase).

It is noteworthy, in particular, that the main innovation poles mostly fall within the four regional inner areas (SNAI, 2014): to the east in the Area dell'Antola-Tigullio and Val di Vara, encompassing the biodistricts and Parco Naturale Regionale

dell'Antola (Regional Natural Park of Antola), to the west of the provincial capital, they fall within the Area Interna Beigua-SOL (Beigua-SOL Inland region) with Parco Naturale Regionale del Beigua (Regional Natural Park of Beigua) lying behind the coastal municipalities of Arenzano and Cogoleto (Fig. 13). The ecosystem services increase is also evident in the far western part of the Inner Area of the Upper Arroscia Valley, where Parco Naturale Regionale delle Alpi Liguri (Regional Natural Park of the Ligurian Alps) lies. This makes it clear that among the innovation actions, protection through the creation of parks significantly impacts the regional environmental quality.

Concluding remarks | The research has revealed an initial convergence between rural innovation and ecosystem service provision, setting the stage for a future spatial correlation analysis. Nevertheless, the drafted maps highlighted that innovative initiatives could play an active and dynamic role in promoting the conservation and/or production of ecosystem services. However, on the other side, the reverse correlation could also be actual, considering the nature of the examined processes: i.e., the areas with a better attitude to providing ecosystem services promote and attract innovative actions. It is also noteworthy that the concentrations of direct activities, coordinated – or at least supported – by public measures, such as regional parks or pilot areas under the SNAI strategy, coincide, from a spatial viewpoint, with the ar-

reas most likely to produce ecosystem services (Lombardini, 2018). This element could suggest assuming that these policies are somewhat effective or, at least, that even any mere protection and preservation actions can play a role in the provision of ecosystem services.

The elaborated analysis also suggested a multiplier effect between the different territorial innovation actions (Lombardini, 2019). It is possible (and data seem to confirm it) that the different innovation actions generate a field of mutual attraction, tending towards a certain degree of spatial concentration. While this should prompt future efforts to improve these agglomeration effects, it would also raise questions about the areas not yet, or only weakly, affected by these actions, which, as proven by the mapping results, are also those where the performance of ecosystem services is lower. Further analyses should then be conducted to detect the fragility and weaknesses of these territories that can be identified in a sharp abandonment and drop of the settled population below minimum thresholds of settlement and environmental stress (e.g. hydrogeological instability and uncontrolled forest advancement).

Finally, these first findings are integrated interestingly with other studies already carried out on Liguria's territory; one of the relevant aspects is the intense polarization between linear coastal conurbation and inner areas (Lombardini, 2016; Lombardini, Pilogallo and Tucci, 2022; Tucci, 2019). Since the inner areas could play a crucial role in

providing key ecosystem services for coastal areas (especially regarding water and cultural heritage integration), this analysis has highlighted how the symbiosis between rural space and innovative actions could represent an opportunity for the integrated development of the regional territory (Fig. 14, 15).

The proposed methodology, based on spatially distributed indicators, has proven to help to pursue a more systemic approach to territorial planning, supporting the formulation of strategies that combine the need to preserve the natural heritage with the demand for the development and territorial competitiveness. Scalability, replicability (in space), and reproducibility (over time) of the analyses executed make it a helpful tool to support the governance of complex socio-ecological systems (Uehara et alii, 2021).

Acknowledgements

This paper is the result of the joint reflection of the three Authors. However, 'Correlation analysis' and 'Concluding remarks' is attributed to G. Lombardini, 'Objectives and methodology' and 'Definition of indicators' to A. Pilogallo, while the introductory paragraph and 'Ecosystem services and innovation in Liguria' to G. Tucci.

References

- Alberti, M. (2018), *Cities That Think Like Planets – Complexity, Resilience, and Innovation in Hybrid Ecosystems*, Washington University Press, Washington. [Online] Available at: [jstor.org/stable/j.ctvcwn7jm](https://www.jstor.org/stable/j.ctvcwn7jm) [Accessed 22 March 2023].
- Asheim, B. T. and Coenen, L. (2005), "Knowledge bases and regional innovation systems – Comparing Nordic clusters", in *Research Policy*, vol. 34, issue 8, pp. 1173-1190. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.respol.2005.03.013 [Accessed 22 March 2023].
- Balzan, M. V., Caruana, J. and Zammit, A. (2018), "Assessing the capacity and flow of ecosystem services in multifunctional landscapes – Evidence of a rural-urban gradient in a Mediterranean small island state", in *Land Use Policy*, vol. 75, pp. 711-725. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.08.025 [Accessed 22 March 2023].
- Bauman, Z. (2020), *Retrotopia*, Laterza, Roma-Bari.
- Bomans, K., Steenberghen, T., Dewaelheyns, V., Leinfelder, H. and Gulinck, H. (2010), "Underrated transformations in the open space – The case of an urbanized and multifunctional area", in *Landscape and Urban Planning*, vol. 94, issues 3-4, pp. 196-205. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.10.004 [Accessed 22 March 2023].
- Botzas-Coluni, J., Crockett, E. T. H., Rieb, J. T. and Bennett, E. M. (2021), "Farmland heterogeneity is associated with gains in some ecosystem services but also potential trade-offs", in *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 322, article 107661, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.agee.2021.107661 [Accessed 22 March 2023].
- Budyko, M. I. and Miller, D. H. (1975), "Climate and Life", in *Journal of Range Management JSTOR*, vol. 28, issue 2, p. 160. [Online] Available at: doi.org/10.2307/3897455 [Accessed 22 March 2023].
- Canzaneli, G. and Loffredo, L. (2008), "Territorial systems for innovation – Hypothesis for the human development programs", in *ILS LEDA International Link and Services for Local Economic Development Agencies*, n. 10, pp. 1-16. [Online] Available at: ilsleda.org/en/papers/paper/territorial-systems-for-innovation-hypothesis-for-the-human-development-programs.html [Accessed 22 March 2023].
- Chapin, F. S., Woodwell, G. M., Randerson, J. T., Rastetter, E. B., Lovett, G. M., Baldocchi, D. D., Clark, D. A., Harmon, M. E., Schimel, D. S., Valentini, R., Wirth, C., Aber, J. D., Cole, J. J., Goulden, M. L., Harden, J. W., Heimann, M., Howarth, R. W., Matson, P. A., McGuire, A. D. and Schulze, E. D. (2006), "Reconciling carbon-cycle concepts, terminology, and methods", in *Ecosystems*, vol. 9, issue 7, pp. 1041-1050. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s10021-005-0105-7 [Accessed 22 March 2023].
- Cortinovis, C. and Geneletti, D. (2020), "A performance-based planning approach integrating supply and demand of urban ecosystem services", in *Landscape and Urban Planning*, vol. 201, article 103842, pp. 1-14. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103842 [Accessed 22 March 2023].
- Danese, M., Lazzari, M. and Murgante, B. (2008), "Kernel density estimation methods for a geostatistical approach in seismic risk analysis – The case study of Potenza hilltop town (Southern Italy)", in Gervasi, O., Murgante, B., Lagana, A., Taniar, D., Mun, Y. and Gavrilova, M. L. (eds), *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2008 – Proceedings of the International Conference ICCSA 2008, Perugia, Italy, June 30-July 3, 2008 – Part I – Lecture Notes in Computer Science*, vol. 5072, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 415-429. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-540-69839-5_3 [Accessed 22 March 2023].
- De Falco, S. (2017), *Le città nella geografia dell'innovazione globale*, FrancoAngeli, Milano.
- European Commission (2020), *Europe 2020 – A European strategy for smart, sustainable and inclusive growth*. [Online] Available at: ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20EN%20BARROSO%20%20%20007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf [Accessed 22 March 2023].
- European Commission (2003), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Innovation policy – Updating the Union's approach in the context of the Lisbon strategy*, document 52003AE1175. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52003AE1175 [Accessed 22 March 2023].
- Fanfani, D. and Matarán Ruiz, A. (eds) (2021), *Bioregional Planning and Design – Volume I*, Springer, Cham. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-030-45870-6 [Accessed 22 March 2023].
- Garland, G., Banerjee, S., Edlinger, A., Oliveira, E. M., Herzog, C., Wittwer, R., Philippot, L., Maestre, F. T. and van der Heijden, M. G. A. (2021), "A closer look at the functions behind ecosystem multifunctionality – A review", in *Journal of Ecology*, vol. 109, issue 2, pp. 600-613. [Online] Available at: doi.org/10.1111/1365-2745.13511 [Accessed 22 March 2023].
- Gould, S. J. and Vrba, E. S. (2008), *Exaptation – Il bricolage dell'evoluzione*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Haines-Young, R. and Potschin, M. (2018), *Common In-*

International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 – Guidance on the Application of the Revised Structure, Fabis Consulting Ltd., Nottingham. [Online] Available at: cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf [Accessed 22 March 2023].

Huang, F., Zuo, L., Gao, J., Jiang, Y., Du, F., Zhang, Y. (2023), “Exploring the driving factors of trade-offs and synergies among ecological functional zones based on ecosystem service bundles”, in *Ecological Indicators*, vol. 146, article 109827, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109827 [Accessed 22 March 2023].

Isola, F., Lai, S., Leone, F. and Zoppi, C. (2022), “Strengthening a Regional Green Infrastructure through Improved Multifunctionality and Connectedness – Policy Suggestions from Sardinia, Italy”, in *Sustainability*, vol. 14, issue 15, article 9788, pp. 1-22. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su14159788 [Accessed 22 March 2023].

Lacy, P., Long, J. and Spindler, W. (2020), *The Circular Economy Handbook – Realizing the Circular Advantage*, Palgrave Macmillan, London. [Online] Available at: doi.org/10.1057/978-1-349-95968-6 [Accessed 22 March 2023].

Lapointe, M., Gurney G. G. and Cumming, G. S. (2021), “Urbanization affects how people perceive and benefit from ecosystem service bundles in coastal communities of the Global South”, in *Ecosystems and People*, vol. 17, issue 1, pp. 57-68. [Online] Available at: doi.org/10.1080/26395916.2021.1890226 [Accessed 22 March 2023].

Li, S., Shao, Y., Hong, M., Zhu, C., Dong, B., Li, Y., Lin, Y., Wang, K., Gan, M., Zhu, J., Zhang, L., Lin, N. and Zhang, J. (2023), “Impact mechanisms of urbanization processes on supply-demand matches of cultivated land multifunction in rapid urbanization areas”, in *Habitat International*, vol. 131, article 102726, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.habitatint.2022.102726 [Accessed 22 March 2023].

Liu, C., Yang, M., Hou, Y. and Xue, X. (2021), “Ecosystem service multifunctionality assessment and coupling coordination analysis with land use and land cover change in China’s coastal zones”, in *Science of The Total Environment*, vol. 797, article 149033, pp. 1-16. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149033 [Accessed 22 March 2023].

Liu, J., Zhang, M., Xia, Y., Zheng, H. and Chen, C. (2022), “Using agent-based modeling to assess multiple strategy options and trade-offs for the sustainable urbanization of cultural landscapes – A case in Nansha, China”, in *Landscape and Urban Planning*, vol. 228, article 104555, pp. 1-17. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104555 [Accessed 22 March 2023].

Lombardini, G. (2019), “Dai territori della resistenza alle comunità di patrimonio – Percorsi di autorganizzazione e autogoverno per le aree fragili – Introduzione”, in Butelli, E., Lombardini, G. and Rossi, M. (eds), *Dai territori della resistenza alle comunità di patrimonio*, SdT Edizioni, Firenze, pp. 8-27. [Online] Available at: societadeiterritorialisti.it/wp-content/uploads/2020/01/DI-PATRIMONIO.pdf [Accessed 22 March 2023].

Lombardini, G. (2018), “Geosimulation methods for settlement morphologies analysis and territorial development cycles”, in Leone, A. and Gargiulo, C. (eds), *Environmental and territorial modelling for planning and design*, FedOA-Press, Napoli, pp. 105-114. [Online] Available at: doi.org/10.6093/978-88-6887-048-5 [Accessed 22 March 2023].

Lombardini, G. (2016), “Vulnerabilità, rischio, resilienza – Principi per nuovi parametri di valutazione del paesaggio”, in Bobbio, R. (ed.), *Bellezza ed economia dei paesaggi costieri*, Donzelli, Roma, pp. 63-72.

Lombardini, G., Pilogallo, A. and Tucci, G. (2022), “The provision of ecosystem services along the Italian coastal areas – A correlation analysis between environmental quality and urbanization”, in Gervasi, O., Murgante, B., Misra, S., Rocha A. M. and Garau, C. (eds), *Computational Science and its applications – ICCSA 2022 Workshop – Malaga, Spain, July 4-7, 2022 – Proceedings, Part IV*, Springer, Cham, pp. 298-314. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-031-10542-5_21 [Accessed 22 March 2023].

Manning, P., Van Der Plas, F., Soliveres, S., Allan, E.,

Maestre, F. T., Mace, G., Whittingham, M. J. and Fischer, M. (2018), “Redefining ecosystem multifunctionality”, in *Nature Ecology & Evolution*, vol. 2, pp. 427-436. [Online] Available at: doi.org/10.1038/s41559-017-0461-7 [Accessed 22 March 2023].

Mastrangelo, M. E., Weyland, F., Villarino, S. H., Barral, M. P., Nahuehual, L. and Lartera, P. (2014), “Concepts and methods for landscape multifunctionality and a unifying framework based on ecosystem services”, in *Landscape Ecology*, vol. 29, pp. 345-358. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s10980-013-9959-9 [Accessed 22 March 2023].

Mitchell, M. G. E. and Devisscher, T. (2022), “Strong relationships between urbanization, landscape structure, and ecosystem service multifunctionality in urban forest fragments”, in *Landscape and Urban Planning*, vol. 228, article 104548, pp. 1-22. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104548 [Accessed 22 March 2023].

Pilogallo, A., Saganeiti, L., Fiorini, L. and Marucci, A. (2022), “Ecosystem Services for Planning Impacts Assessment on Urban Settlement Development”, in Gervasi, O., Murgante, B., Misra, S., Rocha, A. M. A. C. and Garau, C. (eds), *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2022 Workshops*, Lecture Notes in Computer Science, vol. 13380, Springer, Cham, pp. 241-253. Available at: doi.org/10.1007/978-3-031-10542-5_17 [Accessed 22 March 2023].

Pilogallo, A. and Scorza, F. (2022), “Ecosystem Services Multifunctionality – An Analytical Framework to Support Sustainable Spatial Planning in Italy”, in *Sustainability*, vol. 14, issue 6, article 3346, pp. 1-17. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su14063346 [Accessed 22 March 2023].

Pilogallo, A. and Scorza, F. (2021), “Regulation and Maintenance Ecosystem Services (ReMES) – A Spatial Assessment in the Basilicata Region (Southern Italy)”, in Gervasi, O., Murgante, B., Misra, S., Garau, C., Blečić, I., Taniar, D., Apduhan, B. O., Rocha A. M., Tarantino, E. and Torre, C. M. (eds), *Computational Science and its applications – ICCSA 2021 – 21st International Conference, Cagliari, Italy, September 13-16, 2021 – Proceedings Part VII*, Springer, Cham, pp. 703-716. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-030-87007-2_50 [Accessed 22 March 2023].

Pilogallo, A., Scorza, F. and Murgante, B. (2021), “An Ecosystem Services-Based Territorial Ranking for Italian Provinces”, in Gervasi, O., Murgante, B., Misra, S., Garau, C., Blečić, I., Taniar, D., Apduhan, B. O., Rocha A. M., Tarantino, E. and Torre, C. M. (eds), *Computational Science and its applications – ICCSA 2021 – 21st International Conference, Cagliari, Italy, September 13-16, 2021 – Proceedings Part VII*, Springer, Cham, pp. 692-702. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-030-87007-2_49 [Accessed 22 March 2023].

Ratti, C. and Belleri, D. (2020), “Verso una cyber-ecologia | Towards a cyber ecology”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 8, pp. 8-19. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/812020 [Accessed 22 March 2023].

Rodríguez-Loinaz, G., Alday, J. G. and Onaindia, M. (2015), “Multiple ecosystem services landscape index – A tool for multifunctional landscapes conservation”, in *Journal of Environmental Management*, vol. 147, pp. 152-163. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.09.001 [Accessed 22 March 2023].

Ronchi, S. (2018), *Ecosystem Services for Spatial Planning – Innovative Approaches and Challenges for Practical Applications*, Springer, Cham. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-319-90185-5 [Accessed 22 March 2023].

Salata, S. and Grillenzoni, C. (2021), “A spatial evaluation of multifunctional Ecosystem Service networks using Principal Component Analysis – A case of study in Turin, Italy”, in *Ecological Indicators*, vol. 127, article 107758, pp. 1-13. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107758 [Accessed 22 March 2023].

Shen, J., Li, S., Liang, Z., Liu, L., Li, D. and Wu, S. (2020), “Exploring the heterogeneity and nonlinearity of

trade-offs and synergies among ecosystem services bundles in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration”, in *Ecosystem Services*, vol. 43, article 101103, pp. 1-15. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101103 [Accessed 22 March 2023].

SNAI – Strategia Nazionale per le Aree Interne (2014), *Strategia nazionale per le aree interne – Definizione, obiettivi, strumenti e governance – Accordo di partenariato 2014-2020*. [Online] Available at: miur.gov.it/documents/20182/890263/strategia_nazionale_ree_interne.pdf/d10fc111-65c0-4acd-b253-63efae626b19 [Accessed 22 March 2023].

Stürck, J. and Verburg, P. H. (2017), “Multifunctionality at what scale? A landscape multifunctionality assessment for the European Union under conditions of land use change”, in *Landscape Ecology*, vol. 32, pp. 481-500. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s10980-016-0459-6 [Accessed 22 March 2023].

Terrell, G. R. and Scott, D. W. (1992), “Variable Kernel Density Estimation”, in *The Annals of Statistics*, vol. 20, issue 3, pp. 1236-1265. [Online] Available at: [jstor.org/stable/2242011](https://www.jstor.org/stable/2242011) [Accessed 22 March 2023].

Tucci, G. (2019), *MedCoast AgroCities – New operational strategies for the development of the Mediterranean agro-urban areas*, LIStLab, Trento-Barcellona.

Tucci, G. and Ratti, C. (2022), “La tecnologia come abilitatore di un nuovo ecosistema urbano responsivo – Intervista a Carlo Ratti (CRA Studio) | Technology as an enabler of a new ecosystem responsive urbanism – Interview with Carlo Ratti (CRA Studio)”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 12, pp. 190-201. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/12172022 [Accessed 22 March 2023].

Uehara, T., Hidaka, T., Tsuge, T., Sakurai, R. and Cordier, M. (2021), “An adaptive social-ecological system management matrix for guiding ecosystem service improvements”, in *Ecosystem Services*, vol. 50, article 101312, pp. 1-14. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101312 [Accessed 22 March 2023].

Wang, J., Li, Y., Wang, S., Li, Q., Li, L. and Liu, X. (2023), “Assessment of Multiple Ecosystem Services and Ecological Security Pattern in Shanxi Province, China”, in *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 20, issue 6, article 4819, pp. 1-18. [Online] Available at: doi.org/10.3390/ijerph20064819 [Accessed 22 March 2023].

Wirth, L. (1938), “Urbanism as a Way of Life”, in *American Journal of Sociology*, vol. 44, issue 1, pp. 1-24. [Online] Available at: [jstor.org/stable/2768119](https://www.jstor.org/stable/2768119) [Accessed 22 March 2023].

Yan, J., Feng, P., Jia, F., Su, F., Wang, J. and Wang, N. (2023), “Identification of secondary functional areas and functional structure analysis based on multisource geographic data”, in *Geocarto International*, vol. 38, issue 1, article 219195, pp. 1-19. [Online] Available at: doi.org/10.1080/10106049.2023.219195 [Accessed 22 March 2023].

ARTICLE INFO

Received	20 March 2023
Revised	27 April 2023
Accepted	05 May 2023
Published	30 June 2023

ARCHITETTURA DELLE PAVIMENTAZIONI

Metodi multiscalari e digitali
per una transizione ecologica

ARCHITECTURE OF URBAN PAVEMENTS

Multi-scale and digital methods
for an ecological transition

Spartaco Paris, Elisa Pennacchia, Carlo Vannini

ABSTRACT

La gestione dell'infrastruttura viaria delle grandi città è sempre più complessa e richiede approcci e strumenti in continuo aggiornamento; questi sono orientati a supportare la governance per la definizione di soluzioni specifiche capaci di adattarsi alla varietà dei contesti urbani, a garantire prestazioni rinnovate e contribuire al perseguimento degli obiettivi di sostenibilità ambientale. L'obiettivo dell'articolo è proporre un approccio metodologico multiscalaro e interdisciplinare basato sull'impiego di strumenti digitali, finalizzato a definire requisiti e strategie per promuovere una rigenerazione urbana diffusa della strada; tale approccio è stato applicato alla Città di Roma. Il risultato è uno strumento operativo per l'individuazione di soluzioni volte al miglioramento della qualità urbana delle pavimentazioni stradali carrabili, ciclabili e pedonali degli spazi pubblici.

The management of large cities' road infrastructure is increasingly complex, requiring tools and approaches continuously updated; these drive the governance to define specific solutions capable of being adapted to the variety of urban settings, guarantee renewed performance and contribute towards the pursuit of the objectives of environmental sustainability. This article aims to propose a multi-scale and interdisciplinary methodological approach based on digital tools aimed at defining requirements and strategies to promote widespread urban road regeneration. This approach has been applied to the city of Rome: the result is an operative tool to identify solutions to improve the urban quality of public spaces' vehicular, bicycle, and pedestrian street pavement.

KEYWORDS

sostenibilità, digitalizzazione, innovazione tecnologica, gestione dell'ambiente costruito, qualità urbana

sustainability, digitalisation, technological innovation, management of the built environment, urban quality

Spartaco Paris, Architect and PhD, is a Full Professor of Technology Design at the Department of Structural and Geotechnical Engineering, 'Sapienza' University of Roma (Italy). Among the research topics investigated in the field of Technological Design, he is an expert in the integration of design, technology and sustainability. Mob.: +39 331/29.09.310 | Email: spartaco.paris@uniroma1.it

Elisa Pennacchia, Architect and PhD, holds a Tenure Track Assistant Professorship at the Department of Architecture and Design, 'Sapienza' University of Roma (Italy). She conducts research activities mainly in the setting of technology design, efficient use of energy and environmental resources, and innovative transformation and maintenance techniques applied to the built environment. Mob.: +39 347/62.40.246 | Email: elisa.pennacchia@uniroma1.it

Carlo Vannini is an Architect and PhD Candidate in Architecture and Construction at the Department of Architecture and Design, 'Sapienza' University of Roma (Italy). He carries out research activities mainly in the area of technology design for the improvement of public residential buildings, urban quality, pavements, and public spaces. Mob.: +39 333/96.65.732 | Email: carlo.vannini@uniroma1.it



Il tema della qualità urbana dello spazio pubblico ha un rilievo centrale nelle strategie di gestione delle città, recentemente aggiornato nelle politiche internazionali dell'Agenda 2030 e degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (UN, 2015) e a livello europeo nelle strategie relative alla gestione degli spazi pubblici (Fioretti et alii, 2020). Negli ultimi anni la consapevolezza ambientale, il paesaggio urbano, l'accessibilità e la sicurezza hanno acquisito una crescente rilevanza nella definizione della qualità urbana; sono stati inseriti all'interno di vari Programmi e Strategie urbane¹ e richiedono una crescente attenzione nel necessario e continuo aggiornamento degli elementi che compongono lo spazio pubblico urbano (Andaloro, de Waal and Suurenbroek, 2022). Queste rinnovate istanze determinano modifiche nelle caratteristiche fisiche e materiali degli elementi urbani e della modalità di fruizione da parte dei cittadini degli spazi pubblici della città.

La forte sovrapposizione tra i molti elementi urbani con diverse funzioni (dalla comunicazione alla sicurezza, tra le varie) ci suggerisce di considerare l'architettura della strada con criteri sempre aggiornati e sensibili nella definizione di elementi di qualità degli spazi pubblici; questi ultimi hanno una funzione cruciale per la vita dei cittadini (Magnago Lampugnani, 2021) e riguardano una molteplicità di aspetti, tra i quali il tema delle pavimentazioni urbane, cui il contributo è dedicato. Il testo presenta infatti gli esiti di una ricerca universitaria finanziata da Roma Capitale il cui compito è stato di definire linee guida e strumenti operativi per il miglioramento della qualità delle pavimentazioni urbane². Attraverso l'analisi di alcune buone pratiche e un estratto della sperimentazione sul caso di studio romano, si propone una metodologia e una sperimentazione applicata, finalizzata alla definizione di possibili strategie e strumenti operativi per il miglioramento della qualità complessiva.

Il tema della qualità delle pavimentazioni urbane si inquadra all'interno del più ampio tema della qualità delle città (Secchi and Bochicchio, 2020); poiché crediamo che 'la strada è l'anima della città' (Piacentini, 1916), è indubbio che attraverso una sua pur parziale lettura per livelli stratigrafici, lo 'strato' costituito dalla pavimentazione urbana – strade, marciapiedi, piazze – abbia una funzione essenziale per contribuire alla qualità della vita urbana. Tale elemento è il supporto del decoro e dell'arredo urbano e intreccia la componente fisico costitutiva con la componente funzionale e di uso della città in continua trasformazione. Rispetto a questo secondo aspetto è indubbio che le strategie e politiche urbane sulla mobilità più evolute da tempo indicano nello sviluppo del trasporto pubblico e della mobilità dolce le principali strategie per città più sostenibili, orientate alla riduzione delle emissioni e vivibili, parallelamente a concrete azioni di disincentivazione dell'utilizzo dell'automobile privata come mezzo prioritario per il trasporto urbano (City of Copenhagen, 2020).

Studi recenti tra i più autorevoli sulle politiche di pianificazione urbana (Gehl and Svarre, 2013), mettendo in discussione i presupposti negli strumenti e metodi della pianificazione 'moderna', pongono le persone al centro dei processi di pianificazione e progettazione urbana, definendo nuovi bisogni ed esigenze per la vita urbana. In tale direzione il tema generale dello spazio della mobilità

all'interno delle città si apre ad approcci che possano rinnovare le pratiche in uso (Zardini, 2003); a fianco del complesso sistema di pianificazioni di settore legate alla trasformazione della mobilità urbana, un contributo significativo alla qualità della città può essere dato da strategie e azioni per il miglioramento delle pavimentazioni, tassello di un sistema ampio di molteplici componenti (come il trasporto ecocompatibile e la centralità dell'informazione).

Stato dell'arte e buone pratiche | L'aspetto innovativo e originale che contraddistingue lo studio in oggetto consiste nella messa a sistema di diversi strumenti digitali per fornire un supporto alle governance del territorio e perseguire gli obiettivi legati alla transizione ambientale e allo sviluppo sostenibile, in linea con le due principali direttive del PNRR (Ministero dello Sviluppo Economico, 2021), sostenibilità ambientale e digitalizzazione. La ricerca svolta permette di definire un sistema dinamico e aggiornabile in modo continuo della classificazione delle strade, partendo dall'elaborazione e dall'aggiornamento di mappature di tipo digitale in forma aperta, fino alla scala di dettaglio tecnologico – attraverso il passaggio one-click alla visione e alla logica BIM (Bocconcino and Vozzola, 2022) – per approfondire il dettaglio informativo a una scala architettonica di arredi e componenti infrastrutturali.

Sono state per questo analizzate alcune delle migliori esperienze a livello europeo, in particolare i casi di Amsterdam e Barcellona, e a livello nazionale i casi di Milano e Bologna. La selezione è stata fatta su due criteri: il primo è relativo al periodo, tra il 2011 e il 2021, in cui le più avanzate misure sulla sostenibilità urbana sono state adottate da città europee; il secondo ha tenuto in considerazione casi in cui le politiche adottate hanno posto attenzione al grado di stratificazione dei tessuti urbani analizzati e in particolare al rapporto tra centro storico e città in espansione; queste condizioni variabili contribuiscono a determinare gli obiettivi di standardizzazione delle soluzioni.

Il caso di Barcellona è stato oggetto di una vera e propria missione al fine di toccare con mano il processo in atto nella capitale catalana. Un confronto avvenuto attraverso tre fasi, partendo dalla visita del quartiere Sant Antoni (Figg. 1-4) e proseguendo con un incontro informale con l'architetto Carme Fiol, che coordina il progetto per conto del Departament de Projectes Urbans, per terminare con un incontro ufficiale presso l'Ajuntament de Barcelona in cui i criteri progettuali per gli spazi pubblici e del progetto dei Superblock sono stati ampiamente presentati rispettivamente da Joan Delgado, architetto in capo al progetto e da Dani Alsina, coordinatore dell'ufficio tecnico (Ajuntament Barcelona, 2011a, 2011b). Ha suscitato particolare interesse l'incontro con BIT Habitat, una fondazione che promuove l'innovazione urbana per rispondere alle sfide sociali, economiche, tecnologiche e ambientali affinché Barcellona diventi più sostenibile, migliorando la qualità di vita delle persone che la abitano; in quella sede sono stati introdotti alcuni recenti progetti e i loro risultati (Gausa, 2022).

Tra questi, in collaborazione con Urban Ecology, proprio nel settore dell'innovazione dei materiali e dei componenti sono stati coinvolti esperti del settore per progettare un nuovo 'panot' (tipico

blocco utilizzato per le pavimentazioni di Barcellona) che, pur mantenendo il design attuale, fosse in linea con il modello di città verde e salutare promosso dall'Ajuntament. Dunque all'interno del Programma Superilles (Ajuntament Barcelona, 2021), diventato il modello per trasformare le strade dell'intera città, diventa essenziale trovare il nuovo 'panot per il XXI secolo' che preservi il suo valore di patrimonio immateriale e, allo stesso tempo, incorpori soluzioni e tecnologie innovative che lo rendano più sostenibile per il futuro (Lopez, Ortega and Pardo, 2020), una sostenibilità basata sulla composizione dei materiali e sui processi di fabbricazione, riutilizzo e riciclabilità. Il 'panot' infatti è un elemento del paesaggio urbano di Barcellona che, nel corso degli anni, si è trasformato in una pavimentazione iconica e che identifica e rappresenta la città stessa nel mondo. Mantenendo il design tradizionale è stato necessario adottare un nuovo blocco che incorpora soluzioni e tecnologie innovative per renderlo più sostenibile per il futuro, sia in relazione alla sua composizione sia al processo di produzione, promuovendone il riutilizzo e la riciclabilità.

Rimanendo in ambito europeo, ma facendo riferimento a un contesto dell'area 'continentale', tra le buone pratiche relative a città che da tempo hanno favorito lo sviluppo di sistemi a mobilità dolce va menzionato il caso di Amsterdam dove si è introdotto il cosiddetto 'metodo Puccini' come strumento di standardizzazione delle soluzioni per la progettazione dei suoi spazi pubblici: si tratta di un manuale, in uso dal 2021, attraverso il quale vengono progettate strade, piazze e giardini. Il metodo ha adottato una serie di standard di sostenibilità e qualsiasi progetto e conseguente appalto deve adottare almeno i criteri di sostenibilità del Piano. Questi standard rappresentano uno strumento per la definizione di elementi materiali di alta qualità dello spazio pubblico, attraverso un design facile da usare, accessibile, sicuro, gestibile, sostenibile, conveniente, coerente ed esteticamente bello.

La città di Amsterdam ha elaborato infatti uno specifico quadro normativo e due manuali tecnici. Il Policy Framework del 'metodo Puccini' si basa su 5 criteri guida: l'utente trae vantaggio dalla semplicità e dalla facilità; progettazione e realizzazione a ogni livello di scala; sostenibilità; buone pratiche e innovazione; collaborazione. Sulla base di questi criteri, sono stati sviluppati i principi con cui viene progettato lo spazio pubblico in tutta la città di Amsterdam. Inoltre questo insieme di politiche urbane contiene una mappatura delle pavimentazioni, una del sistema di illuminazione e una della struttura principale dei sistemi vegetazionali urbani; le linee guida di progettazione per il layout di Amsterdam sono indicate in due manuali che contengono i dettagli tecnici della politica urbana, inclusi disegni e l'elenco dei materiali impiegati: Handboek Groen (Gemeente Amsterdam, 2021) per la programmazione e gestione del verde e Handboek Rood (Gemeente Amsterdam, 2019) per la progettazione degli elementi urbani.

Nell'ambito della digitalizzazione una menzione particolare è da attribuire alla Città di Parigi che ha sviluppato un modello di mappatura digitale, a cura dell'Agenzia APUR, in uso dal 2022 presso l'Amministrazione per la gestione degli interventi sulla rete stradale e un Atlas du Mobilier Urbain Parisien finalizzato alla programmazione della ma-



Fig. 1-4 | Sant Antoni: images of the project carried out within the Superilles programme, Barcelona (credits: C. Vannini, 2022).

nutenzione³. La rilevanza del caso di Parigi è da ricondurre alla mappatura e all'attività di sistemizzazione realizzata su un'area vasta su cui si innescano strutture molto articolate, oltre alla generazione di una piattaforma online, gratuita e totalmente accessibile, evidenziando come questo tipo di operazione sia replicabile e trasferibile anche in contesti differenti.

In ambito nazionale il Manuale Spazio Pubblico – Linee Guida di Progettazione (Comune di Milano and AMAT, 2021) rappresenta uno strumento flessibile per l'impostazione della progettazione dello spazio pubblico, in quanto lo stesso andrà implementato utilizzando strategie di intervento pianificate e appropriate con approfondimenti specifici. Recentemente la Giunta comunale di Milano ha deliberato con Milano Città 30 il limite di velocità in ambito urbano a 30 km/h a partire dal 1° gennaio 2024 prevedendo, così come hanno fatto Parigi e Bruxelles, che dopo quella data su alcune strade a grande scorrimento possano essere previsti limiti a 50 km/h. Anche il Comune di Bologna (2011) ha avviato il percorso per diventare Città 30 e con un documento per la qualità urbana sono state definite le linee guida per la progettazione e la realizzazione degli spazi aperti a uso pubblico, come le nuove urbanizzazioni e interventi di riqualificazione, al fine di chiarire e meglio interpretare i termini qualità e beneficio pubblico, secondo quanto previsto dai regolamenti in uso.

Nella fase attuale, più che in passato, i costi gestionali imputabili alla manutenzione del patrimonio pubblico sono fonte di forte preoccupazione per le Amministrazioni; in questo senso la

ricerca della qualità nella realizzazione di opere pubbliche, a partire dalla fase di progettazione, costituisce l'unica strada percorribile per dotare la città di strutture che, per dimensioni e caratteristiche, corrispondano alle reali necessità dei vari settori urbani (incrementare la sicurezza per la fruibilità degli spazi pubblici; elevare la qualità percettiva del paesaggio urbano inteso come ambiente di vita e luogo di incontro; ridurre i livelli di inquinamento atmosferico e acustico; migliorare il microclima urbano attraverso la mitigazione dell'effetto dell'isola di calore; aumentare la sostenibilità degli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria attraverso una scelta più consapevole che consideri l'intero ciclo di vita dei materiali) e rispondano a criteri di economicità della manutenzione e omogeneità delle tipologie costruttive.

Sulla base di queste premesse è necessario che tutti gli stakeholders, ferme restando le responsabilità derivanti dalla normativa vigente, elaborino progetti particolarmente dettagliati, in grado di assicurare una buona qualità delle opere. Da questa breve analisi emerge l'impossibilità di applicare e replicare in maniera automatica ognuna delle scelte progettuali sopra citate, senza tenere in considerazione che le condizioni climatiche, i differenti valori storico-culturali e identitari delle diverse pavimentazioni in contesti differenti giocano un ruolo fondamentale nella valutazione e nella scelta delle soluzioni.

Approccio metodologico | In questo quadro il saggio presenta la struttura metodologica della

ricerca descrivendo le fasi replicabili su qualsiasi realtà urbana e gli strumenti operativi prodotti per l'individuazione di soluzioni volte al miglioramento della qualità delle pavimentazioni degli spazi pubblici. Lo studio ha l'obiettivo di individuare condizioni 'ricorrenti' e condizioni 'invarianti' per la definizione di una serie di soluzioni per i materiali delle pavimentazioni urbane capaci di soddisfare esigenze necessarie all'aggiornamento delle prassi nella gestione degli interventi. Il perimetro della ricerca è stato circoscritto allo studio e alla definizione di un abaco di soluzioni riguardanti le pavimentazioni; tuttavia esistono altri elementi su cui è possibile estendere lo studio come la rete dei sottoservizi, componenti tecnici, di arredo e di segnaletica che occupano e contribuiscono a definire lo spazio e il carattere della città. Il percorso metodologico adottato è contraddistinto da un approccio multiscalare e interdisciplinare e prevede quattro fasi.

Il primo step è legato alla definizione di obiettivi e di linee di sviluppo strategiche sulla base dello studio dello stato dell'arte a livello internazionale e nazionale sopra esposto e sintetizzato in Tabella 1. Sono stati analizzati materiali, strumenti e linee guida sviluppati e adottati dalle città di Barcellona, Amsterdam, Parigi, Milano e Bologna; è stato svolto uno studio dei materiali più innovativi esaminando i più recenti report pubblicati dall'ENEA (Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) e articoli scientifici inerenti a pavimentazioni sostenibili, resilienti e innovative. Da tali studi emerge chiaramente l'importanza della definizione di soluzioni

standardizzate per la complessa gestione delle superfici pavimentali urbane che devono rispondere a molteplici esigenze come riduzione inquinamento atmosferico / acustico, drenaggio idrico, efficienza energetica e anche di carattere percettivo-paesaggistico e storico-iconografico, garantendo elevati livelli di sicurezza, benessere, fruibilità e vivibilità. Le principali finalità da perseguire per incrementare la qualità dei contesti urbani intervenendo sulle pavimentazioni, individuate sulla base dei dati di letteratura e degli strumenti di pianificazione urbana, sono pertanto la riduzione dell'inquinamento atmosferico, dell'inquinamento acustico e dell'isola di calore, l'incremento del drenaggio idrico, dell'efficienza energetica e della qualità percettiva (Peluso, Persichetti and Moretti, 2022).

Il secondo step è incentrato sull'analisi, la digitalizzazione e la codifica degli elementi costitutivi della piattaforma stradale esistenti e delle soluzioni individuate per perseguire gli obiettivi di sostenibilità e le linee di sviluppo strategiche. Per identificare le caratteristiche relative alle pavimentazioni dell'infrastruttura stradale esistente è stato condotto uno studio degli elaborati di gare di appalto e degli accordi quadro per la loro manutenzione. Data l'estensione e l'eterogeneità delle pavimentazioni urbane si è ritenuto utile realizzare una classificazione e una codifica univoca al fine di identificare le principali tipologie, i relativi materiali e i nodi tra gli elementi costitutivi della piattaforma stradale.

La codifica costituisce un punto di partenza per la modellazione degli oggetti in ambiente BIM, a cui è possibile associare specifiche tecniche: ad esempio stratigrafia, dimensioni, peso, colore dei materiali e i relativi interventi di posa e di manutenzione (Oreto et alii, 2021). I modelli informativi sono fondamentali per efficientare il sistema gestionale permettendo una maggiore condivisione delle informazioni tra tutte le parti interessate durante l'intero ciclo di vita del bene infrastrutturale.

Il terzo step riguarda la stima dei costi di costruzione parametrici per interventi di realizzazione e manutenzione delle infrastrutture stradali, per fornire un valido supporto alla Pubblica Amministrazione in fase di valutazione preliminare dei progetti da attuare per una efficace allocazione delle risorse disponibili, costituito da riferimenti economici sia per le diverse tipologie di intervento generalmente eseguite sia per quelle relative alle soluzioni innovative individuate. Il quarto step è incentrato sull'elaborazione di mappature urbane per l'individuazione delle esigenze e l'attribuzione di specifiche soluzioni. Quest'ultime possono essere georeferenziate attraverso un sistema informativo GIS (sul modello dello strumento studiato da APUR per Parigi) che consente una gestione orizzontale, multiscala e sistematica degli asset, integrando strumenti di analisi, interrogazione, tematizzazione e sviluppo in linea con obiettivi condivisi (Sottini et alii, 2021).

Il caso studio della Città di Roma | Roma, per la sua complessa topografia, per la sua morfologia urbana e per la pluralità dei caratteri che definiscono le sue parti, è un laboratorio in cui nel tempo, si sono succeduti e sviluppati molteplici strumenti di pianificazione e di gestione della città finalizzati al raggiungimento di una qualità urbana (Bello, 1951; Roma Capitale, 2015; Roma Capitale, 2019). Un importante margine di avanzamento si può iden-

tificare nella necessità di definizione di strumenti finalizzati alla guida dell'intervento sul costruito degli spazi aperti della città storica e contemporanea. La capitale oggi è attraversata da più di 8.000 Km di strade; di queste, 800 Km rientrano nelle competenze di gestione del Dipartimento CSIMU e co-

stituiscono un campione estremamente significativo che può orientare le scelte strategiche e le attività di programmazione e gestione operative degli interventi di competenza degli altri organi istituzionali coinvolti. La prima fase di ricerca relativa alle attività e agli studi preliminari ha permesso di de-

Case study	Target Strategies
Barcelona Pavements Guide	Paving solutions standardisation Sheets containing design recommendations Abacus of Urban Elements
Amsterdam Puccini Method	Paving solutions standardisation Zoning of the city according to urban pavement types
Paris Atlas of Parisian street furniture	Digital mapping model Typological classification nomenclature of street furniture components
Milan Public space Design guidelines	Sustainable Development Goals Project area
Bologna Guidelines for the design of interventions on roads squares and related infrastructures	Roads elements coding Graphic sheets of roads elements with construction details and material types

Tab. 1 | Main strategies of the analysed case studies (credit: Roma Capitale, 2023).

Solution	Requirements	Application
Sampietrini cobblestones with draining joints	Drainage	Street track Parking Cycle path Sidewalk Tram line
Draining sound-absorbing high solar reflectance bituminous conglomerate	Drainage Noise pollution reduction Heat island reduction	Street track Parking Cycle path Sidewalk Tram line
Polyolefin binder for conglomerates and asphalt	Heat island reduction	Cycle path Pedestrian paths in parks or bound areas
Pigmented photocatalytic draining cement conglomerate	Drainage Air pollution reduction Heat island reduction	Street track Cycle path
Draining eco-active self-locking wetcast	Drainage Air pollution reduction	Street track Parking Cycle path Sidewalk Tram line
Artificial stone slabs	Reducing raw material consumption	Street track (Environmental islands, zone 30)
Photoluminescent draining cement conglomerate	Drainage Energy efficiency	Cycle path
Precast reinforced concrete slabs	Efficiency for fast installation	Tram line

Tab. 2 | Selected solutions for urban pavement surfaces (credit: Roma Capitale, 2023).

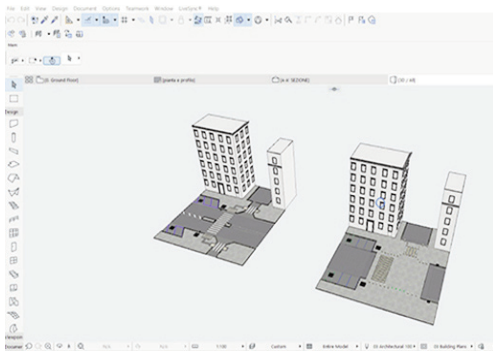


Fig. 5 | Extract of digitalisation in BIM environment, developed within the research project (credit: A. Landa, 2023).

finire: a) un quadro di riferimento condiviso relativo a modelli di gestione avanzata e innovativa della qualità delle strade e relative pertinenze attraverso l'analisi di un campione significativo di casi di studio di Amministrazioni nel panorama internazionale ed italiano; b) un quadro sintetico degli strumenti vigenti (piani, norme tecniche e di indirizzo) per la pianificazione e la gestione delle strade e pertinenze pubbliche; c) un inquadramento storico dell'evoluzione delle pavimentazioni urbane della città; d) le modalità in corso di utilizzo da parte dell'Amministrazione capitolina nella gestione delle attività di progettazione e realizzazione degli interventi di manutenzione straordinaria sulle strade di propria competenza.

Dallo studio delle buone pratiche sopra descritte sono stati identificati degli aspetti significativi adottati per redigere le linee guida (Tab. 1): sulla base degli obiettivi di sostenibilità sono state individuate soluzioni innovative (Tiza et alii, 2022) per le pavimentazioni carrabili, pedonali, ciclabili, tranviarie e per parcheggi (Tab. 2).

Sulla base del quadro strategico dei Piani vigenti è stata proposta una suddivisione della città in quattro principali ambiti d'intervento: 1) città storica dentro le mura; 2) città storica fuori le mura; 3) città consolidata; 4) città da ristrutturare-città della trasformazione. L'articolazione per tessuti della città Roma è una vera rivoluzione perché riconosce la pluralità e la complessità tipomorfologica delle diverse parti di cui è composta, che ha prodotto nella sua storia millenaria, contesti diversi tra di loro, il cui discernimento è essenziale se si vogliono valorizzare le sue molte identità e specificità.

Uno studio finalizzato alla valorizzazione e al miglioramento della qualità dello spazio stradale non poteva esimersi, pertanto, dal fare riferimento alla pluralità dell'articolazione tipo-morfologica del corpo della città, che significa, nel caso specifico, contribuire a dare 'forma' e 'qualità urbana' alle diversissime situazioni spaziali che la mappatura delle strade di Roma impone naturalmente. Data l'estensione delle pavimentazioni e l'eterogeneità degli elementi costitutivi della piattaforma stradale si è ritenuto utile realizzare una classificazione e una codifica univoca al fine di identificare le principali tipologie e i relativi materiali delle pavimentazioni urbane e i nodi in ambiente BIM (Fig. 5).

In ragione della significativa consistenza delle pavimentazioni urbane di Roma – oltre 120 milioni di metri quadrati di strade – sono stati effettuati diversi studi a scala vasta, orientati a una sovrapposizione critica di strumenti di pianificazione diffe-

renti che possono influenzare scelte di programmazione e gestione relative a caratteri delle pavimentazioni urbane. Ai tessuti del Piano Regolatore, che identificano parti di città omogenee, sono stati sovrapposti strumenti specifici: il sistema delle strade di competenza di CSIMU, il PGTU, il PUMS, il Piano sanpietrini, la suddivisione della città in parti omogenee di 'isole di calore'. Gli studi a scala urbana sono stati impostati su una base elaborata ad hoc, che esprime la connotazione della morfologia del sistema ambientale della città.

Gli studi alla scala urbana hanno avuto un duplice obiettivo: da un lato indirizzare la scelta di un set di strade-campione che, selezionate all'interno dei quattro tessuti urbani della città, potessero comprendere una casistica con condizioni eterogenee relative al rapporto tra tipi di mobilità in evoluzione (come 'isole ambientali' o 'zone 30') e contesti urbani differenti, dall'altro geolocalizzare le possibili soluzioni per i materiali delle pavimentazioni urbane capaci di soddisfare alcune esigenze necessarie all'aggiornamento delle prassi nella gestione degli interventi relativi alle pavimentazioni urbane.

Risultati | L'output dello studio consiste nello sviluppo di strumenti operativi utilizzabili in qualsiasi realtà urbana volto a supportare una progettazione e gestione più efficiente e sostenibile degli elementi urbani e tra questi: a) schede tecniche dello stato di fatto e delle esemplificazioni progettuali di 20 strade rappresentative del variegato sistema infrastrutturale per la definizione di soluzioni standardizzate (Figg. 6-8); b) costi di costruzione parametrici e determinazione dei differenziali economici; c) una nuova mappa delle pavimentazioni stradali che attribuisce, a ciascuna di esse, materiali qualità che produrranno, nel campo urbano complessivo, un effetto di riordino e di semplificazione generale (Fig. 9); d) una matrice delle soluzioni tipologiche e costruttive standardizzate e un quadro sinottico definiti per ambito di progetto (Fig. 10); e) un abaco che costituisce il tentativo di definire un ordinamento tassonomico elementare (e non esaustivo) di elementi caratteristici delle pavimentazioni urbane che ricorrono nella prassi consolidata e moodboard in contesti tipo (Figg. 11, 12).

Conclusioni e futuri sviluppi | L'aspetto innovativo e originale che contraddistingue lo studio proposto consiste nella messa a sistema di diversi strumenti digitali per fornire un supporto alle governance del territorio e perseguire gli obiettivi legati alla transizione ambientale e allo sviluppo sostenibile, in linea con le due principali direttive del PNRR, sostenibilità ambientale e digitalizzazione. Esso permette di definire un sistema dinamico e aggiornabile in modo continuo della classificazione delle strade, partendo dall'elaborazione e dall'aggiornamento di mappature di tipo digitale in forma aperta, fino alla scala di dettaglio tecnologico – attraverso il passaggio one-click alla visione e alla logica BIM – per approfondire il dettaglio informativo a una scala architettonica, di arredi e di componenti infrastrutturali.

Gli ambiti di possibile sviluppo delle attività per il miglioramento della qualità urbana possono riguardare ad esempio l'adozione di tecnologie sofisticate come l'Intelligenza Artificiale e l'Internet of Things (Arifuzzaman et alii, 2020; Ma et alii, 2021), che costituiscono un'ulteriore opportunità per promuovere l'attuazione della transizione eco-

logica e digitale come nuova forma di 'innovazione sostenibile'. Lo sviluppo delle tecnologie digitali offre infatti strumenti utili per efficientare la progettazione, l'esecuzione dei lavori e degli interventi di manutenzione, fondamentali per rendere le infrastrutture viarie più sicure e resilienti (Tucci and Carlo Ratti Associati, 2022). È possibile realizzare ad esempio un gemello digitale, ovvero una rappresentazione digitale di un reale asset fisico che include condizioni e dati storici rilevanti, volti a effettuare una manutenzione predittiva fondamentale per una maggiore sostenibilità ambientale, economica e sociale, in linea con gli obiettivi strategici delle politiche europee.

The topic of the urban quality of public space is of essential importance in the management strategies of cities and it has been recently updated in the international policies of the 2030 Agenda for SDGs (UN, 2015) and on the European level in the strategies relating to the management of public spaces (Fioretti et alii, 2020). In recent years environmental awareness, the urban landscape, accessibility and safety have acquired growing relevance in the definition of urban quality; they have been included in the various urban strategies and programmes¹ and require growing attention in the necessary and continuous updating of the elements composing the urban public space (Andaloro, de Waal and Surenbroek, 2022). These renewed demands change in the physical and material characteristics of the urban elements and the mode of use by citizens of the city's public spaces.

The strong overlapping among many urban elements with different functions (from communication to safety, among others) suggests considering road architecture with criteria that are constantly updated and sensitive in defining elements of quality of public spaces that have a crucial function for the life of citizens (Magnago Lampugnani, 2021) and relate to a multitude of aspects, including the issue of urban pavements, to which this paper is dedicated. This article presents the results of a university research effort financed by the Municipality of Rome (Roma Capitale), tasked with defining guidelines and operative tools for improving the quality of urban pavements². Through analysis of some best practices and with an extract of the trial in the Roman case study, a methodology is proposed, as well as an applied trial aimed at defining possible and operative tools for improving overall quality.

The issue of the quality of urban pavements is set within the broader one of the quality of cities (Secchi and Bochicchio, 2020); since we believe that 'the road is the soul of the city' (Piacentini, 1916), there can be no doubt that – through an albeit partial reading of the city by stratigraphic levels – the 'layer' consisting of urban pavement (roads, sidewalks, plazas) has an essential function for contributing to the quality of urban life. This element supports urban furniture and decoration and entwines the constitutive physical component with the component of function and use of the city in continuous transformation. As for this latter aspect, there is no doubt that the most highly evolved urban mobility policies and strategies see public transportation and soft mobility as the main strategies for more sustainable cities, liveable and ori-

ented towards reducing emissions, in parallel with concrete actions to disincentivise the use of private automobiles as a priority means of urban transport (City of Copenhagen, 2020).

Some of the most authoritative recent studies on urban planning policies (Gehl and Svarre, 2013), questioning the assumptions in the tools and methods of 'modern' planning, place people at the centre of the urban design and planning processes while defining new needs and requirements for urban life. In this direction, the general topic of the space for mobility within cities is opened to approaches that can renew the practices in use (Zardini, 2003); alongside the complex system of planning operations in the sector linked to the transformation of urban mobility, a significant contribution to the quality of the city may be made by strategies and actions to improve the pavements – one piece of a comprehensive system with multiple components (like eco-friendly transport and the centrality of information).

State-of-the-art and best practices | The innovative and original aspect that characterises the study in question consists of systematising various digital tools to provide support to the territory's governance and to pursue goals linked to environmental transition and sustainable development, in line with the two main directives of the national recovery and resilience plan (PNRR) – greening and digitalisation (Ministero dello Sviluppo Economico, 2021). The research that was done has allowed a dynamic, continuously updatable system of road classification to be defined, starting from the development and updating of open-form digital-type maps, down to the scale of technological detail, via one-click passage to BIM logic and viewing (Bocconcino and Vozzola, 2022) in order to more deeply examine the informative detail, at an architectural scale, of furniture and of infrastructural components.

Some of the best European experiences were then analysed – particularly the cases of Amsterdam and Barcelona – and Milan and Bologna on the national level. The selection was made on two criteria: the first relating to the period between 2011 and 2021 when European cities adopted the most advanced urban sustainability measures; the second considered cases in which the adopted policies focused attention on the degree of stratification of the analysed urban fabrics and in particular the relationship between the historic centre and the expanding city; these variable conditions, in fact, contribute towards determining the solution standardisation objectives.

The case of Barcelona was the object of a full-blown mission to experience the process taking place in the Catalan capital; this took place through three steps, starting from the visit to the Sant Antoni neighbourhood (Fig. 1-4) and continuing with an informal meeting with the architect Carme Fiol, who coordinates the project on behalf of Department de Projectes Urbans, then ending with an official meeting at Ajuntament de Barcelona, at which the design criteria for public spaces and the Superblock project were presented in great depth

respectively by Joan Delgado, the project's chief architect, and Dani Alsina, coordinator of the technical office (Ajuntament Barcelona, 2011a, 2011b). Particular interest was then raised by the meeting with BIT Habitat – a foundation that promotes urban innovation to respond to social, economic, technological, and environmental challenges so that Barcelona might become more sustainable, improving the quality of life of its inhabitants – where certain recent projects and their results were introduced (Gausa, 2022).

Of these, in collaboration with Urban Ecology, precisely in the sector of the innovation of materials and components, experts from the sector were involved in planning a new 'panot' – a typical block used for Barcelona's pavements – that, while maintaining the current design, might be in line with the green and healthy city model promoted by the Ajuntament. Therefore, within the Superilles programme (Ajuntament Barcelona, 2021), which has become the model for transforming the roads for the entire city, it is now essential to find the new 'panot for the 21st century' that preserves its value as an intangible heritage and, at the same time, incorporates innovative technologies and solutions to make it more sustainable for the future (Lopez, Ortega and Pardo, 2020). It is a sustainability based on the composition of the materials and the processes of fabrication, reuse, and recyclability. The 'panot' is an element of Barcelona's

urban landscape that has, over the years, been transformed into an iconic pavement that identifies and represents the city itself in the world. In maintaining the traditional design, adopting a new block incorporating innovative solutions and technologies was necessary to make it more sustainable for the future, as it pertains to its composition and production process, thus promoting its reuse and recyclability.

Staying in the European setting but referring to a 'continental' area context, of the best practices relating to the city that for some time have fostered the development of soft mobility systems, mention is to be made of the case of Amsterdam, where the so-called Puccini method was introduced as a tool to standardise solutions for the design of its public spaces: this is a manual in use since 2021, with which streets, squares, and public gardens are designed. The method has adopted a set of sustainability standards, and any procurement should adopt at least the sustainability criteria. These standards are a tool for defining high-quality material elements of the public space through a design that is user-friendly, accessible, safe, manageable, sustainable, affordable, coherent, and beautiful.

The city of Amsterdam developed a specific regulatory framework and two technical manuals. The Puccini Method's Policy Framework is based on 5 guiding criteria: the user benefits from sim-

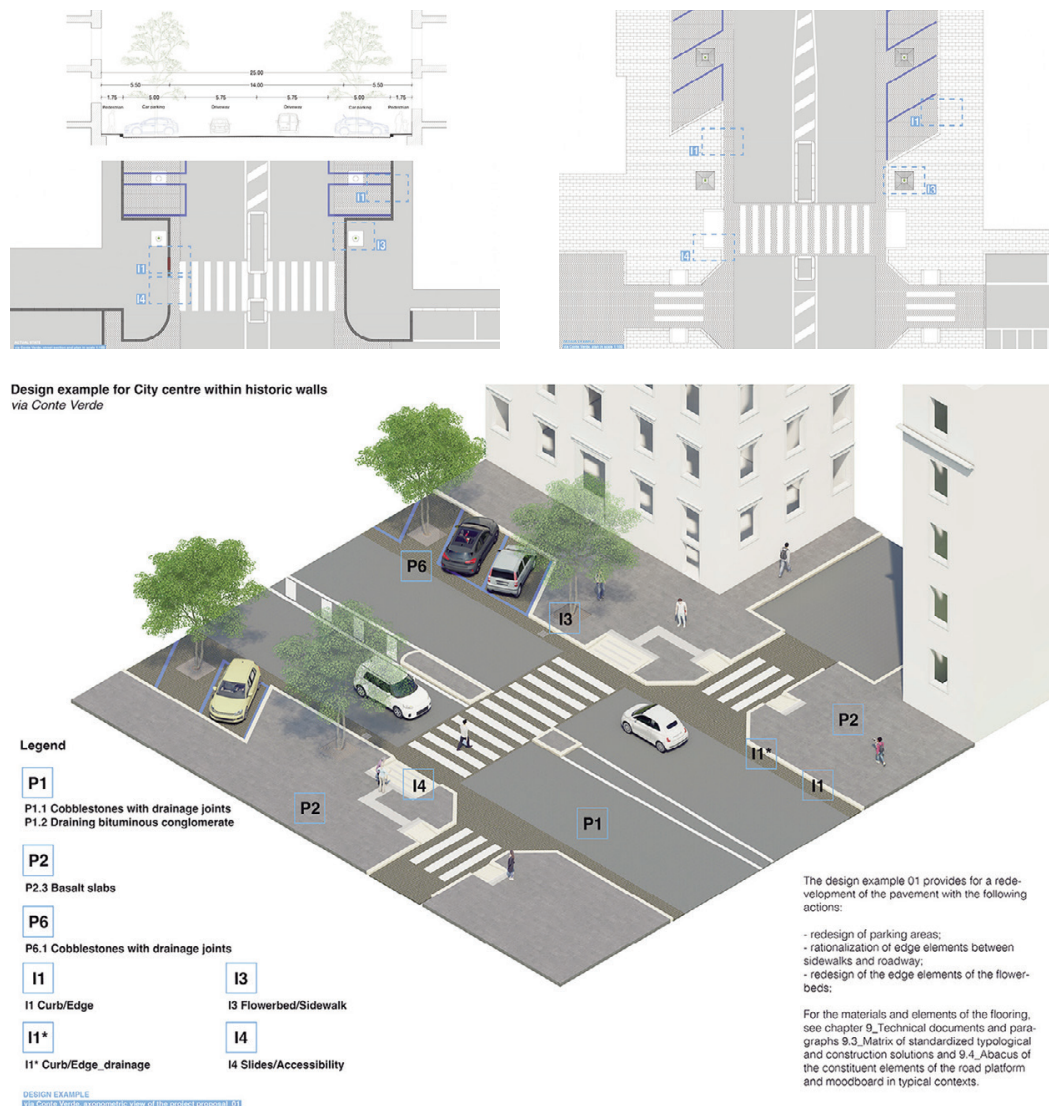
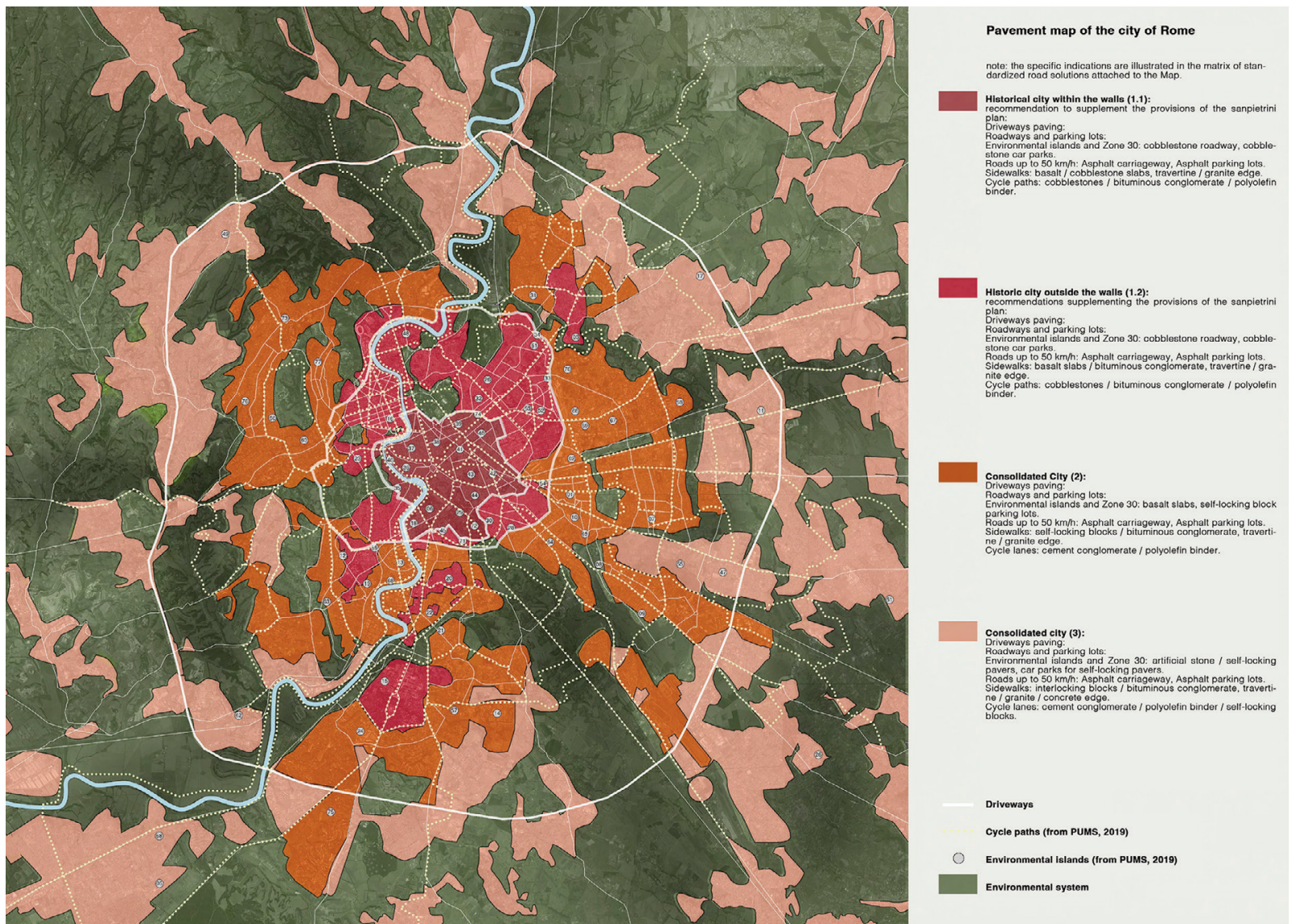


Fig. 6-8 | Examples of a technical data sheet of the current and design state for Via Conte Verde in Roma (credit: Roma Capitale, 2023).



licity and obviousness, craft at every scale level, durability, best practices and innovation, and collaboration.

The principles with which the public space was designed throughout Amsterdam were developed based on these criteria. Moreover, this set of urban policies contains a map of pavements, the lighting system, and the main structure of the urban vegetation systems. The political choices for Amsterdam's layout are stated in two manuals that contain the technical details of urban policy, including drawings and the list of the materials employed: *Handboek Rood* (Gemeente Amsterdam, 2019) for the design of the urban elements and *Handboek Groen* (Gemeente Amsterdam, 2021) for programming and managing greenery.

In the context of digitalisation, particular mention is to be made of the City of Paris, which has developed a digital mapping model supervised by the agency APUR, in use since 2022 at the Administration for the management of interventions on the road network, and an *Atlas du Mobilier Urbain Parisien* aimed at its maintenance programming³. The relevance of the case of Paris may be attributed to the mapping and to the systematisation activity carried out over a large area onto which highly articulated structures are grafted, in addition to the generation of an online platform, free of charge and wholly accessible, highlighting

how an operation of this kind is also replicable and transferable to different settings.

In a national setting, the manual *Spazio Pubblico – Linee Guida di Progettazione* (lit. Public Space – Design Guidelines; Comune di Milano and AMAT, 2021) is a flexible tool upon which to base the design of public space since it will be implemented using planned and appropriate intervention strategies with specific, more in-depth analysis. Recently, the Milan City Council approved Milan City 30, which sets a speed limit of 30 km/h in urban areas as of 1 January 2024. After that date, it allows 50 km/h limits on some high-speed roads, as Paris and Brussels have done. The Municipality of Bologna has also initiated the *Città 30* process and, with an urban quality document (Comune di Bologna, 2011), the guidelines were defined for designing and developing open spaces for public use, as well as the new urbanisations and requalification interventions, in order to clarify and better interpret the terms 'quality' and 'public benefit', by the provisions of the regulations in use.

In the current phase, more than in the past, the management costs attributable to maintaining public assets are a source of concern for Administrations. In this connection, the search for quality in the performance of public works, starting from the design phase, is the only road to travel in order to

endow the city with structures that, in their size and characteristics, correspond to the real needs of the various urban sectors (increasing safety for the usability of public spaces; raising the perceived quality of the urban landscape, understood as a living environment and gathering place; reducing air and noise pollution levels; improving the urban microclimate through mitigation of the heat island effect; increasing the sustainability of ordinary and extraordinary maintenance interventions through a more informed choice that considers the life cycle of materials), and meet criteria of affordable maintenance and uniformity of construction typologies. Based on these premises, it is necessary for all stakeholders – without prejudice to the responsibilities derived from the regulations in force – to develop particularly detailed designs able to ensure a good quality of the works.

Methodological approach | In this framework, this essay presents the methodological structure of the research, describing the phases replicable in any urban setting and the operative tools produced to identify solutions to improve the quality of the pavements of public spaces. This study aims to identify 'recurring' conditions and 'invariant' conditions for defining a set of solutions for the materials of urban pavements capable of meeting the requirements needed to update practices in

PROJECT AREA	REQUIREMENTS	DRIVABLE PAVINGS		CYCLE-PEDESTRIAN PAVINGS			TRAM LINES PAVINGS	ROADSIDES	LOGES				
		STREET TRACK	PARKING	CYCLE PATHS	SIDEWALK								
1. Historic town 1.1 Historic centre within the city walls		 Sampietrini cobblestones with draining joints "Environmental islands" – Zone 30	 Draining sound-absorbing high solar reflectance bituminous conglomerate ≥50 km/h	 Sampietrini cobblestones with draining joints "Environmental islands" – Zone 30 ≥50 km/h	 Draining bituminous conglomerate with suitable separation landscape constrains	 Polyolefin binder for conglomerates and asphalt	 Lava stone	 Sampietrini Cobblestones with draining joints	 Sampietrini Cobblestones with draining joints	 Light-coloured draining bitumen conglomerate	 Travertine	 Granite	 Stone or gray agglomerate cement elements 33 mm thick
		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>City centre within historic walls</p> <p>Main road traffic (≥ 50 km/h)</p> <p>Secondary roads ('Environmental island' and zone 30)</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>Goals:</p> <ul style="list-style-type: none"> - improvement of water drainage; - noise pollution reduction; - reduction of atmospheric pollution; - reduction of consumption of raw materials; - heat island reduction. <p>Solutions:</p> <ul style="list-style-type: none"> - redesign of parking areas; - rationalization of edge elements between sidewalks and roadway; - redesign of the border elements of the flowerbeds. <p>Goals:</p> <ul style="list-style-type: none"> - improvement of water drainage; - noise pollution reduction; - reduction of atmospheric pollution; - reduction of consumption of raw materials; - heat island reduction. <p>Solutions:</p> <ul style="list-style-type: none"> - redesign of the parterre with the piano-woonerf system. </div> </div>											

Fig. 10 | Extract of the matrix and the summary overview of typological and construction solutions standardised for the environment of the 'Città storica entro le mura' project (credit: Roma Capitale, 2023).

Previous page

Fig. 9 | Map of road pavements (credit: Roma Capitale, 2023).

managing the interventions. The research perimeter was limited to studying and defining an abacus of solutions relating to pavements; however, there are other elements to which the study may be extended, like the network of underground services, technical components, street furniture, and signage that occupy and help define the city's space and character. The adopted methodological path is marked by a multi-scale and interdisciplinary approach in four phases.

The first step is linked to defining objectives and strategic lines of development underlying the study of the state-of-the-art on the national and international level, as set out above and summarised in Table 1. Materials, tools and guidelines developed and adopted by the cities of Barcelona, Amsterdam, Paris, Milan, and Bologna were analysed; a study of the most innovative materials was done, examining the most recent reports published by ENEA (National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development) and scientific articles relating to the sustainable, resilient and innovative pavement.

These studies clearly show the importance of defining standardised solutions for the complex management of urban pavement surfaces that must meet multiple requirements like reducing air / noise pollution, water drainage, energy and efficiency, including those relating to perception / landscape

and history / iconography, thereby guaranteeing high levels of safety, well-being, usability, and livability. The primary purposes to be pursued in order to increase the quality of urban settings by intervening on pavements, as identified based on the data in the literature and the urban planning tools, are, therefore, to reduce air pollution, noise pollution, and heat islands, and to increase water drainage, energy efficiency, and perceived quality (Peluso, Persichetti and Moretti, 2022).

The second step focuses on analysing, digitalising, and codifying the existing elements constituting the road platform and the solutions identified to pursue sustainability objectives and strategic lines of development. In order to identify the characteristic relating to the pavements of the existing road infrastructure, a study was conducted of the tender documents and framework agreements for their maintenance. Given the extent and the heterogeneous nature of urban pavements, it was deemed useful to develop a classification and a univocal coding to identify the main typologies, the related materials, and the nodes between the elements constituting the road platform.

The coding is a starting point for the modelling of objects in BIM environment, which may be associated with specific techniques, such as stratigraphy, size, weight, the colour of the materials, and the related installation and maintenance interven-

tions (Oreto et alii, 2021). The information models are essential to make the urban management system efficient, thereby permitting greater information sharing among all interested parties throughout the infrastructural asset's life cycle.

The third step relates to the estimate of construction parametric costs for interventions to develop and maintain road infrastructures in order to provide proper support to Public Administration in the phase of the preliminary assessment of the projects to be implemented for an effective allocation of available resources, constituted by economic references both for the various types of intervention generally carried out, and for those relating to the identified innovative solutions. The fourth step focuses on developing the urban mappings for identifying needs and attributing specific solutions. The latter may be georeferenced through a GIS (on the model of the tool studied by APUR for Paris) that permits horizontal, multi-scale, and systematic management of assets, integrating tools of analysis, querying, thematisation, and development in line with shared objectives (Sottini et alii, 2021).

The City of Rome: the case study | For its complex topography, its urban morphology, and the multiple traits that define its parts, Rome is a laboratory in which multiple city management and plan-

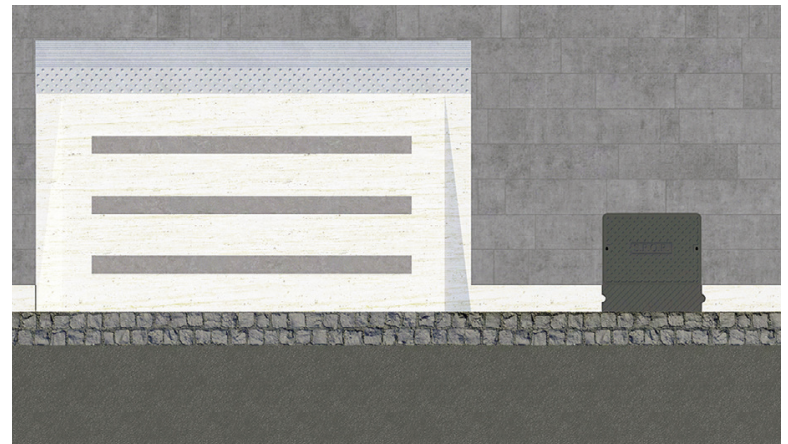
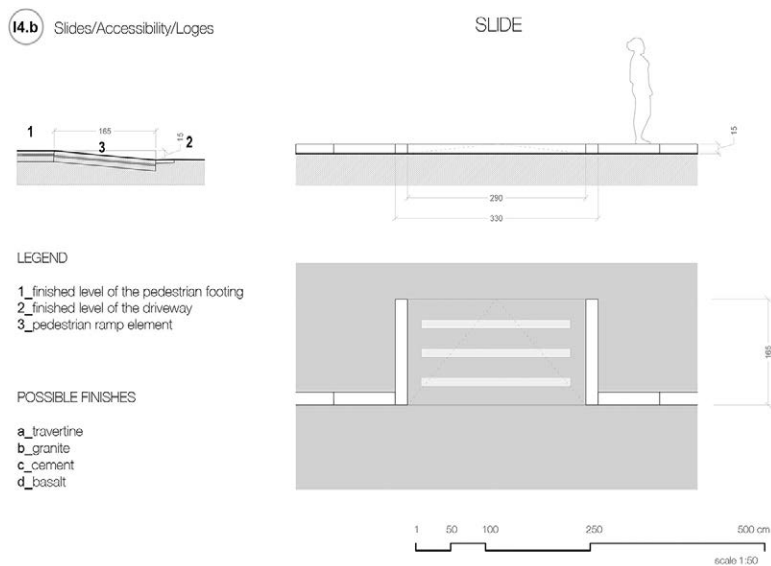


Fig. 11, 12 | Detail of the characteristic elements of urban pavements; Moodboard for the contexts of the historic and consolidated city (credits: Roma Capitale, 2023).

ning tools, aimed at achieving an urban quality (Bello, 1951; Roma Capitale, 2015; Roma Capitale, 2019), have succeeded one another and developed over time. A significant margin for progress may be found in the need to define tools guiding the intervention on the built area of the open spaces in the historic and contemporary city. The capital today is traversed by more than 8,000 km of roads. Of these, 800 km come under the management responsibility of the CSIMU (Coordinamento Sviluppo Infrastrutture e Manutenzione Urbana) Department and are an extremely significant sample that can guide the strategic choices and operative management and programming activities of the interventions handled by the other institutional bodies involved.

The first research phase relating to the preliminary studies and activities made it possible to define: 1) a shared framework of reference relating to advanced and innovative models for the quality of roads and their appurtenances through the analysis of a significant sample of case studies of administrations on the Italian and international landscape; 2) a brief outline of the instruments in force (plans, technical and guidance regulations) for the planning and management of roads and public appurtenances; 3) a historical framework of the evolution of the city's urban pavements; 4) the procedures in progress for use by the administration of the municipality of Rome, in managing the activities of designing and carrying out extraordinary maintenance interventions on roads under their responsibility. The study of the best practices described above identified the significant aspects adopted to draw up the guidelines (Tab. 1). Based on the sustainability objectives, innovative solutions were identified (Tiza et alii, 2022) for vehicular, pedestrian, bike, and tram pavements, and pavements for car parks (Tab. 2).

Based on the strategic framework of plans in force, a subdivision of the city into four main intervention settings was proposed: 1) historic city inside the walls; 2) historic city outside the walls; 3) consolidated city; 3) city to be restructured-city of transformation. The articulation of the city of Rome by fabrics is a genuine revolution because it recognises the plurality and typological/morphological complexity of the different parts it is composed of, which has produced, in its millennia of history, set-

tings differing from one another, whose discernment is essential if its many identities and specific features are to be valorised.

Therefore, a study aimed at enhancing and improving the quality of the road space could not avoid referring to the plurality of the typological / morphological articulation of the body of the city, which means, in this specific case, contributing towards giving shape and urban quality to the greatly differing spatial situations that the mapping of Rome's roads naturally requires. Given the extent of the pavements and the heterogeneous nature of the elements constituting the road platform, it was deemed useful to develop a classification and a univocal coding in order to identify the main typologies, the related materials of the urban pavements, and the nodes in the BIM environment (Fig. 5).

Given the significant size of Rome's urban pavements (more than 120 million square metres of roads), a set of large-scale studies was carried out, aimed at a critical overlapping of planning tools that can influence programming and management choices relating to traits of the urban pavements. The fabrics of the regulatory plan, which identify homogeneous parts of the city, were overlaid with specific tools: the system of roads under the responsibility of CSIMU, the PGTU (general urban traffic plan), the PUMS (sustainable urban mobility plan), the cobblestones plan, the subdivision of the city into homogenous parts of 'heat islands'. The urban-scale studies were framed upon a basis developed ad hoc to express the characteristics of the morphology of the city's environmental system.

The urban-scale studies had a twofold objective: on the one hand, to guide the choice of a set of sample streets that, selected within the city's four urban fabrics, might comprise a case history that could include heterogeneous conditions relating to the relationship between evolving types of mobility – like 'environmental islands' or '30 zones' – and different urban settings; on the other, to geolocate a set of solutions for the materials of urban pavements capable of meeting certain requirements necessary for updating practices in managing of the interventions relating to urban pavements.

Results | The output of the study consists of de-

veloping operative tools that can be used in any urban setting, aimed at supporting a more efficient and sustainable management and design of the urban elements: a) technical data sheets of the de facto state and the design examples of 20 representative roads of the varied infrastructural system for the definition of standardized solutions (Fig. 6-8); b) parametric construction costs and determination of the economic differentials; c) a new map of the road pavements, which attributes, to each of them, a set of materials and qualities that, in the overall urban field, will produce an effect of general simplification and reordering (Fig. 9); d) a matrix of standardized typological and construction solutions and a summary overview, defined for the project environment (Fig. 10); e) a detail constituting the attempt to define an elementary (and not comprehensive) taxonomic ordering of characteristic elements of the urban pavements that recur in established practice, and moodboard in typical contexts (Fig. 11, 12).

Conclusions and future developments | The innovative and original aspect that characterises the proposed study consists of systematising various digital tools to provide support to the territory's governance and to pursue goals linked to environmental transition and sustainable development, in line with the two main directives of the national recovery and resilience plan (PNRR) – greening and digitalisation. This makes it possible to define a dynamic, continuously updatable system of road classification, starting from the development and updating of open-form digital map types, down to the scale of technological detail, via a one-click passage to BIM logic and viewing in order to more deeply examine the informative detail, at an architectural scale, of furniture and of infrastructural components.

The areas of possible development of the activities to improve urban quality can regard, for example, the adoption of sophisticated technologies like Artificial Intelligence and the Internet of Things (Arifuzzaman et alii, 2020; Ma et alii, 2021), which presents an additional opportunity to promote the implementation of the ecological and digital transition as a new form of 'sustainable innovation'. The development of digital technologies offers valuable tools for efficient design, the per-

formance of works, and maintenance interventions fundamental for making road infrastructures safer and more resilient (Tucci and Carlo Ratti Associati, 2022). For example, a digital twin may be

developed: a digital representation of an actual physical asset that includes historical data and conditions of relevance in order to effect predictive maintenance essential for greater environ-

mental, economic, and social sustainability, in line with the strategic goals of European policies.

Acknowledgements

This paper springs from the Authors' shared reflections. However, the writing of the article and introductory paragraph are to be credited to S. Paris, the paragraph 'State-of-the-art and best practices' to C. Vannini, the paragraphs 'Methodological approach' and 'The City of Rome: the case study' to E. Pennacchia, and the paragraphs 'Results' and 'Conclusions and future developments' to E. Pennacchia and C. Vannini.

Notes

1) For more information on Programmes and Strategies in Paris, Amsterdam, Barcelona, Madrid, Boston, Denver, New York, and London (CAN), consult: apur.org/fr; amsterdam.nl/wonen-leefomgeving/puccinimethode/puccinimethode; ajuntament.barcelona.cat/superilles/en; tinyurl.com/2e9a3xh8; bostoncompletestreets.org; denvergov.org/files/assets/public/doti/documents/standards/doties-017_0_complete_streets_guidelines.pdf; nycstreetdesign.info and nyc.gov/site/planning/plans/active-design-sidewalk/active-design-sidewalk.page; london.ca/sites/default/files/2020-09/Complete%20Streets%20Design%20Manual.pdf [Accessed 10 May 2023].

2) Agreement between CSIMU (Coordinamento Sviluppo Infrastrutture e Manutenzione Urbana) of the Municipality of Rome (Roma Capitale) and C.I.T.E.R.A. (Centro Interdipartimentale Territorio Edilizia e Restauro Ambiente) of the 'Sapienza' University of Rome, for 'Study for the definition of guidelines and operative tools for improving the urban quality of the vehicular, bicycle, and pedestrian street pavement of the public spaces of the Municipality of Rome'.

3) For more in-depth analysis consult: apur.org/dataviz/atlas-mobilier-urbain-parisien/?page=Page [Accessed 10 May 2023].

References

- Ajuntament Barcelona (2021), *Superblock Barcelona – Towards the city we want*. [Online] Available at: ajuntament.barcelona.cat/superilles/sites/default/files/20210202_Superblock_Barcelona_web.pdf [Accessed 10 May 2023].
- Ajuntament Barcelona (2011a), *Guia de Paviments*. [Online] Available at: ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/Annex_C_Guia_de_Paviments.pdf [Accessed 10 May 2023].
- Ajuntament Barcelona (2011b), *Instrucció d'alcaldia, relativa als elements urbans de la Ciutat de Barcelona*. [Online] Available at: ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/InstruccioElementsUrbans.pdf [Accessed 10 May 2023].
- Andaloro, B., de Waal, M. and Suurenbroek, F. (2022), "Lo spazio pubblico adattivo – Esplorare la transizione digitale per il benessere sociale e ambientale | Adaptive public spaces – Exploring digital transition for social and environmental benefit", in *Agathòn | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 12, pp. 68-75. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1262022 [Accessed 10 May 2023].
- Arifuzzaman, M., Aniq Gul, M., Khan, K. and Hossain, S. M. Z. (2021), "Application of Artificial Intelligence (AI) for Sustainable Highway and Road System", in *Symmetry*, vol. 13, issue 1, article 60, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.3390/sym13010060 [Accessed 10 May 2023].
- Bello, B. (1951), *Le pavimentazioni delle strade di Roma*, Morara Editore, Roma.

Bocconcino, M. M. and Vozzola, M. (2022), "Repertorio aperti per istruire sistemi urbani ecologici – Strumenti grafici e transizione verde | Open repertoires for instructing ecological urban systems – Graphic tools and green transition", in *Agathòn | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 214-225. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11192022 [Accessed 10 May 2023].

City of Copenhagen (2020), *CPH 2025 Climate Plan – Roadmap 2021-2025*. [Online] Available at: smartcity-atelier.eu/allgemein/copenhagen-roadmap-2021-2025-published/?cn-reloaded=1 [Accessed 10 May 2023].

Comune di Bologna – Settore Lavori Pubblici (2011), *Linee guida per la progettazione di interventi su strade, piazze ed infrastrutture ad esse connesse*. [Online] Available at: studiodeg.it/wp-content/uploads/2017/09/guida_progettuale_comune_BO.pdf [Accessed 10 May 2023].

Comune di Milano and AMAT – Agenzia Mobilità Ambiente e Territorio (2021), *Spazio pubblico – Linee guida di progettazione*. [Online] Available at: nuovabeic.concorrimi.it/allegati/5.2%20Spazio%20pubblico%20-%20Linee%20guida%20di%20progettazione.pdf [Accessed 10 May 2023].

Fioretti, C., Pertoldi, M., Busti, M. and Van Heerden, S. (eds) (2020), *Handbook of Sustainable Urban Development Strategies*, EUR 29990 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. [Online] Available at: doi.org/10.2760/32842 [Accessed 10 May 2023].

Gausa, M. (2022), "Topologie verdi e paesaggi oltre il paesaggio – 30 anni di ricerche avanzate sulla ibridizzazione del verde | Green topologies and landscapes beyond the land – A 30-years research on green hybridization", in *Agathòn | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 14-25. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1112022 [Accessed 10 May 2023].

Gehl, J. and Svarre, B. (2013), *How to study public life – Methods in urban design*, Island Press, Washington (DC).

Gemeente Amsterdam (2021), *Handboek Groen – Standaard voor het Amsterdamse straatbeeld – Onderdeel van de Puccinimethode*. [Online] Available at: openresearch.amsterdam.nl/page/55757/puccini-handboek-groen—standaard-voor-het-amsterdamse-straatbeeld [Accessed 10 May 2023].

Gemeente Amsterdam (2019), *Handboek Rood – Standaard voor het Amsterdamse straatbeeld – Onderdeel van de Puccinimethode*. [Online] Available at: openresearch.amsterdam.nl/image/2019/11/25/handboek_rood.pdf [Accessed 10 May 2023].

Lopez, I., Ortega, J. and Pardo, M. (2020), "Mobility Infrastructures in Cities and Climate Change – An Analysis Through the Superblocks in Barcelona", in *Atmosphere*, vol. 11, issue 4, article 410, pp. 1-16. [Online] Available at: doi.org/10.3390/atmos11040410 [Accessed 10 May 2023].

Ma, Z., Zhang, J., Philbin, S. P., Li, H., Yang, J., Feng, Y., Ballesteros-Pérez, P. and Skitmore, M. (2021), "Dynamic Quality Monitoring System to Assess the Quality of Asphalt Concrete Pavement", in *Buildings*, vol. 11, issue 12, article 577, pp. 1-18. [Online] Available at: doi.org/10.3390/buildings11120577 [Accessed 10 May 2023].

Magnago Lampugnani, V. (2021), *Frammenti urbani – I piccoli oggetti che raccontano la città*, Bollati Boringhieri, Torino.

Ministero dello Sviluppo Economico (2021), *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*. [Online] Available at: governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf [Accessed 10 May 2023].

Oreto, C., Massotti, L., Biancardo, S. A., Veropalumbo, R., Viscione, N. and Russo, F. (2021), "BIM-Based Pave-

ment Management Tool for Scheduling Urban Road Maintenance", in *Infrastructures*, vol. 6, issue 11, article 148, pp. 1-13. [Online] Available at: doi.org/10.3390/infrastructures6110148 [Accessed 10 May 2023].

Peluso, P., Persichetti, G. and Moretti, L. (2022), "Effectiveness of Road Cool Pavements, Greenery, and Canopies to Reduce the Urban Heat Island Effects", in *Sustainability*, vol. 14, issue 23, article 16027, pp. 1-17. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su142316027 [Accessed 10 May 2023].

Piacentini, M. (1916), *Sulla conservazione della bellezza di Roma e sullo sviluppo della città moderna*, Associazione artistica fra i cultori di Architettura, Roma.

Roma Capitale (2019), *Roma – Piano Urbano della Mobilità Sostenibile – Documento PUMS – Volume 1 – Quadro conoscitivo ed obiettivi*. [Online] Available at: comune.roma.it/web-resources/cms/documents/PUMS_roma_vol1.pdf [Accessed 10 May 2023].

Roma Capitale (2015), *Piano Generale del Traffico Urbano di Roma Capitale – Regolamento viario e classifica funzionale delle strade urbane di Roma Capitale*. [Online] Available at: comune.roma.it/web-resources/cms/documents/PGTU2015REGOLAMENTOVIARIO_CFDelAC21_2015.pdf [Accessed 10 May 2023].

Secchi, R. and Boichicchio, L. (2020), *L'architettura della strada – Forme Immagini Valori*, Quodlibet, Macerata.

Sottini, V. A., Barbierato, E., Capecchi, I., Borghini, T. and Saragosa, C. (2021), "Assessing the perception of urban visual quality – An approach integrating big data and geostatistical techniques", in *Aestimium*, vol. 79, pp. 75-102. [Online] Available at: doi.org/10.36253/aestim-12093 [Accessed 10 May 2023].

Tiza, T. M., Mogbo, O., Singh, S. K., Shaik, N. and Shettar, M. P. (2022), "Bituminous pavement sustainability improvement strategies", in *Energy Nexus*, vol. 6, article 100065, pp. 1-7. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100065 [Accessed 10 May 2023].

Tucci, G. and Carlo Ratti Associati (2022), "La tecnologia come abilitatore di un nuovo ecosistema urbano responsivo – Intervista a Carlo Ratti (CRA Studio) | Technology as an enabler of a new ecosystem responsive urbanism – Interview with Carlo Ratti (CRA Studio)", in *Agathòn | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 12, pp. 190-201. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/12172022 [Accessed 10 May 2023].

UN – United Nations (2015), *Transforming our world – The 2030 Agenda for Sustainable Development*, document A/RES/70/1. [Online] Available at: un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf [Accessed 10 May 2023].

Zardini, M. (2003), *Asfalto – Il carattere della città – Catalogo della mostra*, Mondadori Electa, Milano.

ARTICLE INFO

Received	30 March 2023
Revised	29 April 2023
Accepted	08 May 2023
Published	30 June 2023

L'INNOVAZIONE DI PRODOTTO PER LA TRANSIZIONE ECOLOGICA

Il riciclo del laterizio e del vetro

PRODUCT INNOVATION FOR THE ECOLOGICAL TRANSITION

Brick and glass recycling

Adolfo F. L. Baratta, Jacopo Andreotti, Luca Trulli, Laura Calcagnini

ABSTRACT

Nel contesto tematico dell'uso consapevole e del riciclo delle risorse materiche, il Dipartimento di Architettura dell'Università di Roma Tre ha in corso una linea di ricerca improntata sui temi dell'innovazione ambientale di prodotto. Tale linea è rappresentata da due ricerche applicative che coinvolgono aziende produttrici del settore delle costruzioni. Entrambe le ricerche affrontano il tema della additivazione delle miscele, rispettivamente del laterizio e del calcestruzzo, per la realizzazione di prodotti con prestazioni migliorate. Gli esiti conducono alla prototipazione di due prodotti: un blocco in laterizio, realizzato con scarti che sostituiscono una frazione di argilla con una miscela di fanghi bentonitici e residui metallici, e una miscela di calcestruzzo per massetti, realizzata con scarti e rifiuti in vetro da costruzione e demolizione che sostituiscono gli aggregati naturali.

In the thematic environment of conscious use and material resource recycling, the Department of Architecture of the Roma Tre University is currently conducting a research line focused on environmental product innovation. This line consists of two application studies involving manufacturing companies in the construction sector. Both types of research address the issue of additives in the mix design of bricks and concrete, respectively, to achieve better-performing products. The results led to the prototyping of two products: a brick, made from waste replacing a fraction of clay with a mixture of bentonite sludge and metal residues, and a concrete screed mix, made from construction and demolition glass waste replacing natural aggregates.

KEYWORDS

risorse circolari, innovazione di prodotto, materiali riciclati, laterizio, vetro

circular resources, product innovation, recycled materials, brick, glass

Adolfo F. L. Baratta, Architect and PhD, is an Associate Professor at the Department of Architecture, Roma Tre University (Italy). He conducts teaching and research in technological design, materials and building elements with a specific interest in recovery, recycling and reuse issues. Since 2020 he has been an Italian Ministry of Infrastructure and Transport expert. Mob. +39 338/59.82.598 | E-mail: adolfo.baratta@uniroma3.it

Jacopo Andreotti, PhD Candidate at the Department of Architecture of the Roma Tre University (Italy), researches mainly the recycling of waste in the building sector and the assessment of the life cycle and circularity of building materials, products and artefacts. Mob. +39 348/68.99.971 | E-mail: jacopo.andreotti@uniroma3.it

Luca Trulli, Architect and PhD Candidate at the Department of Architecture of the Roma Tre University (Italy), researches activities mainly on technological innovation issues, especially those related to industrial production processes such as those in the glass sector. Mob. +39 392/78.46.059 | E-mail: luca.trulli@uniroma3.it

Laura Calcagnini, Architect and PhD, is a Researcher at the Department of Architecture, Roma Tre University (Italy). She performs research activities prevalently on energy containment and low-impact design, in addition to other areas of interest such as technological design and flexibility. Mob. +39 340/46.15.045 | E-mail: laura.calcagnini@uniroma3.it



I processi connessi al settore delle costruzioni sono responsabili di oltre un terzo dei rifiuti e delle emissioni prodotte sul pianeta; al settore è inoltre imputabile il consumo di circa la metà delle estrazioni di materia prima per la realizzazione di prodotti ed elementi tecnici (Scalisi and Sposito, 2021). A tale consumo materico non corrisponde un'adeguata strategia di valorizzazione dei prodotti a fine vita: solo il 20-30% dei rifiuti da costruzione e demolizione è destinato a essere riciclato (Munaro and Tavares, 2021). La prospettiva a lungo termine è rappresentata, dunque, da tassi di consumo delle risorse materiche che supereranno i tassi di rigenerazione delle stesse, con conseguenze gravi sulla disponibilità di materiali (Rahla, Mateus and Bragança, 2021). È pertanto necessario cambiare modello di sfruttamento delle risorse considerando, inoltre, che l'andamento demografico mondiale è in costante aumento. In questo contesto il contributo fornito dall'Economia Circolare (Kirchherr, Reike and Hekkert, 2017), che propone un uso consapevole e perpetuo delle risorse, in contrasto con il modello lineare ovvero usa e getta, è riconosciuto a livello europeo in politiche (Domech and Bahn-Walkowiak, 2019) e piani strategici (European Commission, 2020) come approccio per la minimizzazione e la valorizzazione dei rifiuti in grado di agevolare il raggiungimento degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (Ogunmakinde, Egbelakin and Sher, 2022).

Strategie che incentivano la transizione verso la circolarità costituiscono un'efficace soluzione per ridurre gli impatti dovuti ai modelli lineari di produzione e consumo (Baratta, 2021). A tali strategie appartengono i processi di recupero, riuso e riciclo di sottoprodotti e rifiuti o più generalmente scarti. Le pratiche di ricerca sulla incorporazione di scarti nei materiali da costruzione si sono intensificate negli ultimi anni e sono particolarmente investigate nell'ambito dei processi produttivi di calcestruzzi, materiali ceramici, acciai e polimeri (Rahla, Mateus and Bragança, 2021).

Queste sperimentazioni dimostrano l'attualità e la complessità delle ricerche sul tema del riciclo, anche in riferimento ai più specifici ambiti dell'organizzazione della produzione (Butera, 2022) e del coinvolgimento del terzo settore (Mussinelli, Schiaffonati and Torricelli, 2022). In tale prospettiva si rileva la misura degli investimenti nel settore ambientale: nel 2019 un'azienda produttrice su cinque (21,5%) ha investito in azioni circolari con l'obiettivo di transitare verso modelli di consumo e produzione sostenibili (Carbonaro, 2022). Infine è opportuno menzionare il recente concetto di Buildings As Material Banks che mira a implementare l'applicazione dell'Economia Circolare negli edifici, attraverso la definizione di un database di controllo, integrato agli strumenti progettuali, capace di registrare le modalità con cui i materiali possono essere usati, riutilizzati o riciclati al termine della loro vita utile (Munaro and Tavares, 2021).

In ragione di tali istanze, il Dipartimento di Architettura dell'Università di Roma Tre ha in corso una linea di ricerca che coinvolge due aziende produttrici sui temi dell'innovazione ambientale di prodotto, intercettando la richiesta di nuovi modelli sostenibili e circolari per la gestione e la valorizzazione delle risorse. Tale linea di ricerca si pone nella direzione di favorire economie di agglomerazione (Lerma and Bruno, 2021), originate dalla prossimità geografica tra gli stakeholders, al fine

di incentivare la trasmissione di conoscenza, know-how e flussi materici. Ne conseguono due esperienze di ricerca, contraddistinte da un analogo approccio sperimentale, che affrontano il tema dell'additivazione di scarti nelle miscele di laterizio e calcestruzzo: esse condividono obiettivi, metodologia di ricerca e alcune procedure sperimentali. Le ricerche hanno infatti come obiettivo generale quello di realizzare una soluzione di prodotto con prestazioni ambientali migliorate, grazie all'impiego di scarti nel mix-design, e come obiettivi specifici la prototipazione di nuovi prodotti: un blocco in laterizio e un massetto in calcestruzzo.

La metodologia, allo stesso modo, è caratterizzata da una sequenzialità di attività condivise, ovvero: analisi dello scarto; progettazione teorica del mix-design; sperimentazione e interpretazione dei risultati; implementazione della sperimentazione (ove prevista) e realizzazione dei prototipi; monitoraggio delle prestazioni tecnologiche. Di entrambe le ricerche si illustrano gli studi e le esperienze pregresse relative all'impiego di scarti nelle relative miscele, le formulazioni teoriche sui mix-design e i risultati dell'attività di monitoraggio di alcune prestazioni tecnologiche e meccaniche.

Scarti locali da fanghi e residui metallici per un nuovo prodotto in laterizio |

La transizione del settore delle costruzioni verso un modello di sviluppo sostenibile, contraddistinto dall'azzeramento degli impatti ambientali e dalla valorizzazione delle risorse, richiede un profondo ripensamento degli attuali metodi di progettazione, nonché una riforma dei processi produttivi connessi ai materiali e prodotti da costruzione. Per questi ultimi si rende necessario adottare pratiche circolari, volte a limitare l'estrazione delle materie prime vergini, estendere il ciclo di vita di materiali e prodotti (durabilità) e, infine, riciclare i rifiuti per trasformarli in materie prime seconde.

In questo senso, il progetto La Circolarità delle Risorse Materiche – finanziato su fondi PON a tematica 'green' – promuove un'esperienza di mutua collaborazione con un'azienda produttrice di manufatti in laterizio, il Gruppo Ripa Bianca, e una società che incentiva le politiche circolari, la Sfrido S.r.l. Il progetto, accogliendo le specifiche esigenze dell'azienda partner, affronta il tema dell'innovazione incrementale delle miscele in laterizio, con l'obiettivo di sostituire una quota parte di materia prima argillosa con scarti reperiti sul territorio regionale di pertinenza dell'azienda, ovvero, l'Emilia-Romagna.

Metodologia e fasi della ricerca |

Il percorso di ricerca si compone di due fasi, condotte in modo sincronico, di carattere analitico e sperimentale. La prima si basa su attività di raccolta e studio di dati sul laterizio, riferite alla composizione materica e al processo produttivo, alle ricerche internazionali e, non ultimo, alla mappatura del territorio limitrofo per identificare potenziali siti di approvvigionamento delle risorse. Tali attività si avvalgono della metodologia Life Cycle Assessment (LCA) per definire criticità e confini entro cui intervenire. La seconda fase invece prevede di trasferire le riflessioni teoriche nello sviluppo di miscele di laterizio attraverso la sperimentazione di nuovi prodotti e processi di realizzazione su scala industriale.

La prima fase di raccolta e analisi dei dati adotta un approccio analitico capace di identificare i

pro e i contro di precipe ricerche, al fine di orientare le operazioni sul campo. In tal senso l'esplorazione della letteratura internazionale è orientata alla selezione di casi di studio, dove le pratiche circolari sono foriere di un nuovo concetto di scarto, non più inteso come un 'problema' ma come una 'risorsa'. La ricerca sullo stato dell'arte si è avvalsa delle principali piattaforme di divulgazione scientifica, quali Scopus, ResearchGate e ScienceDirect. In seguito alla definizione di un arco temporale di riferimento (dal 2015 al 2023) e alla selezione delle principali parole chiave ('clay substitute in brick', 'clay brick by waste', 'sludge in brick', 'sustainable brick') la documentazione estratta è stata catalogata e organizzata rilevando le informazioni utili per la seguente fase sperimentale.

Da tale indagine è emerso come la sostituzione dell'argilla – seppur parziale – sia un'operazione complessa. Infatti, sebbene essa sia un composto propenso alla contaminazione di più sostanze, è altresì il principale responsabile delle proprietà caratteristiche del laterizio, prima fra tutte la plasticità. Lo studio si è così concentrato nell'individuare scarti capaci di non inficiare la lavorabilità dell'impasto e di contribuire attivamente alla resa prestazionale e qualitativa del prodotto finito; tra di essi, i più significativi sono: i fanghi bentonitici (Javed et alii, 2020) e di depurazione dell'acqua (Taki, Gahlot and Kumar, 2020), la ganga di carbone (Xu et alii, 2017), gli ossidi metallici (Mendes et alii, 2019) e la polvere vulcanica (Cultrone, 2022).

Ognuna delle sostanze elencate è però caratterizzata da alcune criticità: ne sono un esempio i fanghi bentonitici, utilizzati nelle operazioni di perforazione per stabilizzare le pareti dei pozzi di estrazione e contenere la fuoriuscita di liquidi. Tali fanghi sono costituiti da frazioni argillose dalle elevate capacità plastiche ed espandenti; la loro applicazione deve quindi essere limitata tra l'1% e il 5% massimo (per evitare fenomeni di fessurazione) ma, al tempo stesso, supportano l'introduzione di una maggiore quota di materiale inerte (El Boukili et alii, 2023). Un altro esempio riguarda gli ossidi metallici, in grado di influenzare la resa cromatica del laterizio; percentuali comprese tra 1% e 7% restituiscono un colore arancione-rossastro, mentre nell'intervallo di valori tra l'8% e il 15% si genera un colore rosso brunito (Bautista-Marín, Esguerra-Arce and Esguerra-Arce, 2021). Lo studio delle ricerche internazionali ha perciò restituito un profilo ottimale di sostituzione compreso tra il 5% e il 30%, avvalorato da precedenti opere di catalogazione (Anjum et alii, 2022).

Le nozioni apprese dall'analisi della letteratura, condivise dall'esperienza pregressa del Gruppo Ripa Bianca, si traducono nell'attività di ricerca sul campo volta all'individuazione di scarti presenti in Emilia-Romagna, cui fa seguito la progettazione dei mix-design e il monitoraggio di alcune prestazioni. La decisione di concentrare la ricerca sul territorio regionale è da intendersi finalizzata al pieno adempimento delle politiche circolari, tali da favorire i cicli di approvvigionamento brevi (km 0), la simbiosi industriale e la sostenibilità economico-ambientale della filiera di recupero (Kiss, Ruskai and Takács-György, 2019), così come, in linea con recenti ricerche nazionali (Di Roma, Scarcelli and Minenna, 2019), il potenziamento dell'economia regionale e la valorizzazione del contesto socio-culturale.

Waste type	Classification according to CER/EER codes	Annual availability (tons/year)	Potential harvesting quantity (tons/year) according to Italian DM 05/02/98	Distance between companies (km)
Bentonite sludge	01.05.07	20.800	1000	140
Pickling metal oxides	12.01.15	1000	7000	190
Filter-pressed metal sludge	06.05.03	1000	4000	63

Tab. 1 | Annual availability and distances from producer sites of different waste selected for the mix-design (credit: the Authors, 2023).

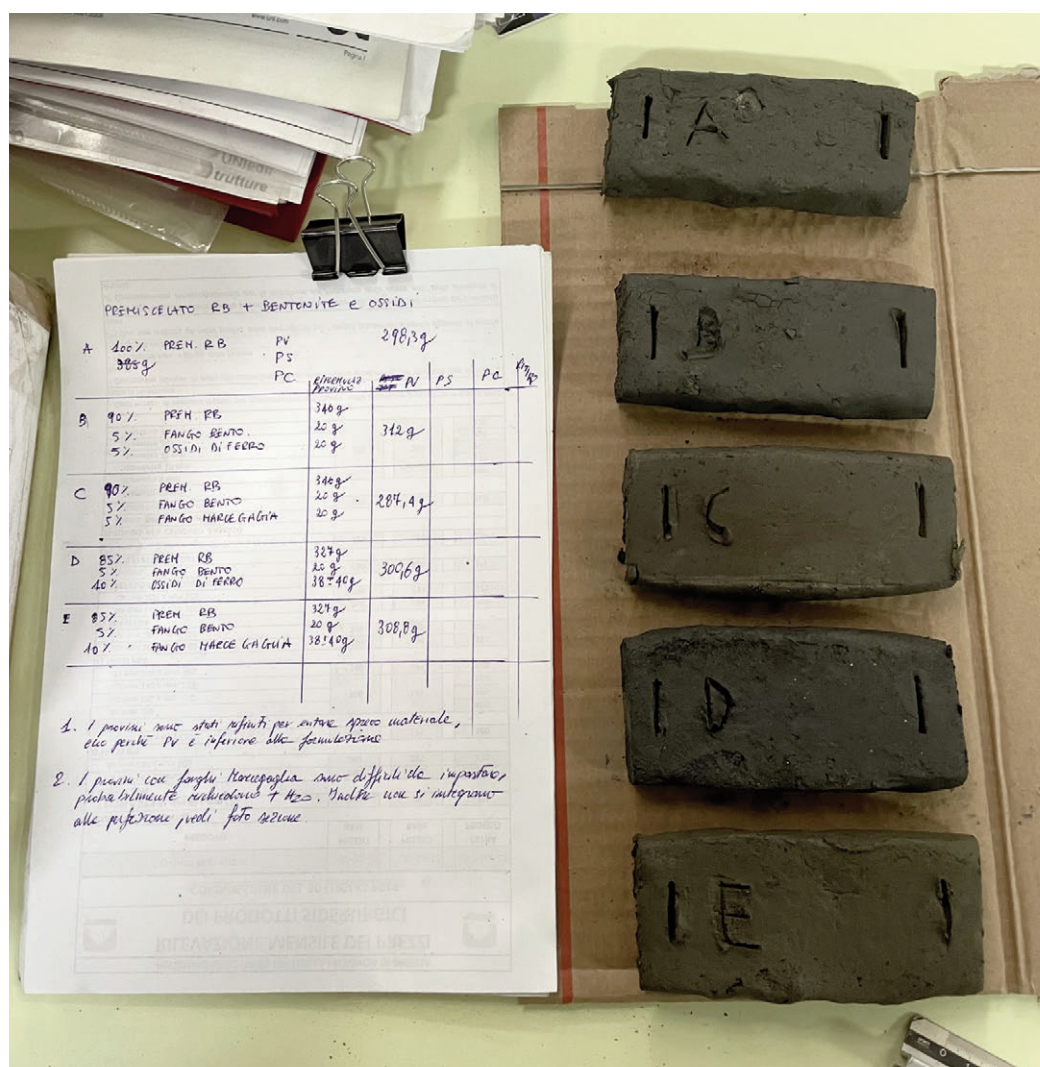


Fig. 1 | Samples made from bentonite sludge and metal scrap (credit: the Authors, 2023).

La selezione delle sostanze impiegabili nelle miscele di laterizio dagli impianti produttivi italiani è però subordinata a direttive nazionali. Il Decreto Ministeriale 5 febbraio 1998¹, nello specifico, definisce quali tipi di rifiuti possono essere recuperati dai produttori di laterizio. L'integrazione dell'apparato normativo con la mappatura regionale consente quindi di restringere il numero di variabili, da cui sono escluse la ganga di carbone e la polvere vulcanica. In maniera analoga i fanghi di depurazione delle acque, seppur autorizzati e ampiamente disponibili, sono anch'essi esclusi. Tale scelta è imputabile all'alto contenuto organico, dovuto alla decomposizione di organismi vegetali

e animali che provoca il rilascio di cattivi odori. La Tabella 1, elaborata in collaborazione con Sfrido S.r.l., riassume la disponibilità annuale, la quantità massima raccogliabile e la distanza dagli stabilimenti alla fornace Ripa Bianca dei fanghi bentonitici e dei residui metallici; questi ultimi suddivisi in ossidi e fanghi, derivanti – rispettivamente – da processi di decapaggio e filtropressatura. La stessa tabella evidenzia inoltre come alcuni rifiuti non raggiungano la quota massima impiegabile, per cui si richiede un'ulteriore indagine sul territorio, mentre altri superano il limite imposto dalla normativa e, pertanto, non sono interamente recuperabili. Tuttavia, la quantità potenzialmente

sostituita è definita prevalentemente dalla composizione della miscela di base e del volume processato annualmente dall'azienda. Il Gruppo Ripa Bianca, in questo senso, lavora circa 54.900 tonnellate/anno di materia, costituita da argilla (70%), acqua (8%) e altri additivi dimagranti (22%). La formulazione dei nuovi mix-design considera così una variazione percentuale tra il 5% e il 20%.

Risultati conseguiti | L'attività sperimentale si è tradotta nel trasferimento delle formulazioni teoriche a 11 campioni materici (Fig. 1), cui fa seguito il monitoraggio di alcune prestazioni (Tab. 2). L'esperienza pregressa del Gruppo Ripa Bianca ha permesso di escludere su base empirica – ossia tramite osservazione del provino – il mix n. 10, poiché il materiale inerte limita la plasticità dell'impasto, determinando la fessurazione in essiccazione e la disgregazione in cottura. Sulle restanti dieci formulazioni, superate le considerazioni sulla lavorabilità, la ricerca ha definito alcune proprietà dei campioni, come il ritiro (caratteristica fondamentale delle miscele di laterizio) e la densità.

Come si evince dalla Tabella 2, la ricetta di base (n. 0) ha un ritiro controllato del 5-6%, tale da garantire una resa qualitativa e prestazionale ottimale. Valori inferiori sono di fatto richiesti per i prodotti ceramici, mentre all'aumentare del ritiro si verificano fessurazioni e rotture. I risultati sul ritiro, ottenuti misurando con calibro ventesimale lo scostamento tra due tacche (distanza 100 mm) incise sul provino prima di sottoporlo a cicli di essiccazione e cottura, evidenziano come i valori dei campioni additivati con scarti (a esclusione dei mix. n. 4, 8 e 9) siano allineati a quelli della miscela di base. Contestualmente, il calcolo della densità dei diversi provini, eseguito secondo indicazioni normative², ha restituito un intervallo di valori simili alla ricetta base ($\pm 1.600 \text{ kg/m}^3$), con uno scostamento massimo di ca. 50 kg/m^3 (a eccezione del mix. n. 7). La commistione tra valutazioni empiriche e valutazioni scientifiche – tenuto conto della volontà di additivare quanta più sostanza riciclata all'interno dell'impasto (10-15%) – conduce alla selezione dei mix-design n. 2, 6 e 11 (Fig. 2), sui quali si intende approfondire lo studio della miscela.

I risultati sino a ora conseguiti con la ricerca, in attesa di ulteriori prove sul comportamento meccanico, dimostrano la possibilità di ridurre il quantitativo estratto di argilla vergine, sostituendola con scarti attualmente non valorizzati. Inoltre l'esperienza sinergica tra l'Università e l'azienda facilita il trasferimento tecnologico dalla scala laboratoriale a quella industriale, infatti, data la risposta positiva, sul mix-design n. 11 è in corso una prova

industriale; l'esito del test può condurre al suo impiego nella ricetta di base e, pertanto, alla sua commercializzazione.

Scarti e rifiuti di vetro piano per la produzione di calcestruzzo

La ricerca dal titolo Soluzioni Tecnologiche in Vetro a Elevato Contenuto Prestazionale è sviluppata in sinergia con l'azienda Vetral Acilia S.r.l., con cui si condividono obiettivi multiscalari che vedono come principale interesse il riciclo del vetro. Il progetto di ricerca interviene sul reimpiego della risorsa materica nell'ambito delle demolizioni partendo dal presupposto che gli interventi di nuova edificazione e sul patrimonio esistente generino una ingente quantità di rifiuti, tra cui il vetro (ISPRA, 2021). La ricerca sullo stato dell'arte si è avvalsa delle principali piattaforme internazionali di divulgazione, quali Google Scholar, ResearchGate, Science-Direct e software quali Mendeley. L'arco temporale di riferimento considerato è dal 2013 al 2023, entro cui è stata eseguita una ricerca per parole chiave, tra le principali 'recycled glass', 'recycled aggregates', 'glass aggregate', 'float glass waste', 'glass from C&D', 'soda lime silicate glass aggregate'.

Tale ricerca evidenzia come attualmente il riciclo del vetro piano – applicato prevalentemente nei serramenti – ossia del vetro sodo-calcestruzzo realizzato con il processo float, è un processo open-loop (Geboes, Galle and De Temmerman, 2022) che non consente l'upcycling del prodotto. Le cause principali di questa impossibilità sono intrinseche al prodotto stesso. Infatti, il vetro per serramenti è additivato con altri materiali quali silicani, polimeri plastici (polivinilbutirale) e sigillanti butilici, la cui presenza limita la pratica di upcycling; tali sostanze non consentono di ottenere un prodotto riciclato con le medesime prestazioni del prodotto da materia prima, prime tra tutte la trasparenza.

Le esperienze di ricerca sul vetro piano da costruzione e demolizione si stanno concentrando sulla valutazione di un possibile reimpiego di questo materiale, come materia prima seconda, all'interno di nuove miscele. Una linea di ricerca, che accomuna diverse sperimentazioni in atto, mira alla sostituzione – nel mix-design dei conglomerati cementizi – degli aggregati di origine minerale con scarti di vetro (Arivalagan and Sethuraman, 2020; Hamada et alii, 2022; Keerio et alii, 2022; Tamanna, Tuladhar and Sivakugan, 2020). Il reimpiego del vetro come materia prima seconda all'interno di calcestruzzi, grazie alla natura multi-materica di questi ultimi, è possibile sia in sostituzione di aggregati fini (diametro < 4 mm) e aggregati grossi (diametro > 4 mm) con diverse frazioni percentuali (Tab. 3), sia come legante: quest'ultima sostituzione avviene con particelle di dimensioni micrometriche (Chen et alii, 2020).

Metodologia e fasi della ricerca | Date le potenzialità del vetro – può essere riciclato e aggiunto in altri materiali con diverse attitudini (legante o aggregato) – la ricerca è stata articolata in due fasi: una fase investigativa e una sperimentale. La prima fase investigativa della ricerca ha valutato impasti con diverse percentuali di vetro riciclato, indagando le proprietà tecnologiche del materiale e le applicazioni (quantitative e qualitative) nei prodotti che animano il panorama dei processi edilizi sul territorio; la seconda fase ha sperimentato rifiuti da costruzione e demolizione in vetro piano per realiz-

zare nuovi mix-design per calcestruzzi con l'obiettivo del miglioramento prestazionale della miscela per la realizzazione di tecnologie tradizionali quali massetti e malte per murature e per intonaci.

Nella prima fase, gli studi condotti sul vetro come materia prima seconda hanno visto il coinvolgimento di questo materiale non solo come aggregato fine e grosso, ma anche come possibile sostituto parziale del legante: il comportamento pozzolanico del vetro permette una sostituzione parziale in peso del cemento, in quantità e granulometrie ben definite.

L'impiego di particelle di vetro di scarto compreso tra 40 µm, 20 µm e 10 µm ha prodotto delle resistenze a compressione, a 28 giorni rispettivamente di 51,5 MPa, 55,5 MPa e 66,6 MPa (Harrison, Berenjian and Seifan, 2020). Tali risultati rientrano pienamente nei range delle classi di resistenza del calcestruzzo tradizionale che, individuate dalla norma UNI EN 206:2016³, definiscono il materiale in funzione della resistenza a compressione cilindrica caratteristica ($f_{ck,cyl}$ ovvero f_{ck}) e della resistenza a compressione cubica caratteristica ($f_{ck,cube}$, ovvero R_{ck}), con classi minime di resistenza pari a 8-10 MPa fino a classi massime di resistenza pari 100-114 MPa, cui si aggiungono le specifiche per calcestruzzi leggeri, con valori minimi e massimi di resistenza compresi tra 8-9 MPa e 80-88 MPa.

Nelle recenti ricerche coordinate da Viviana Letelier sul vetro riciclato all'interno di malte per una riduzione di impatto ambientale, viene proposta una soluzione granulometrica ottimale (pari a 38 µm) per una sostituzione di cemento fino al 30% in peso (Letelier et alii, 2019). Con tale granulometria e percentuale di materia sostituita si ottengono malte con resistenza meccanica a 90 giorni pari a 30 MPa, superiori a malte con aggregati in vetro in percentuale del 10% e del 20% e granulometrie comprese nell'intervallo di valori > 38 µm e < 75 µm.

In riferimento alla sostituzione del vetro come aggregato fine, dalla indagine della prima fase emerge come i risultati migliori, relativi alla resistenza meccanica dei provini, si ottengono con percentuali di aggregati fini in peso tra il 20% e il 30% e grossi tra il 10% e il 20% (Arivalagan and Sethuraman, 2020; Hamada et alii, 2022; Keerio et alii, 2022; Tamanna, Tuladhar and Sivakugan, 2020). In particolare alcuni risultati dimostrano che la sostituzione di aggregati fini in vetro consente di realizzare un calcestruzzo con resistenze meccaniche a 28 giorni tra 32,5 e 33,5 MPa e percentuali di aggregati fini in vetro rispettivamente tra il 20% e il 30% oltre che con fumi di silice (Keerio et alii, 2022); con resistenze meccaniche a 28 giorni tra i 22 e i 27 MPa con percentuali di aggregati fini in vetro tra il 20% e il 30% in cementi Portland (Arivalagan and Sethuraman, 2021) e fino a 41,40 MPa con percentuali di sostituzione al 20% in cementi con f_{ck} pari a 32,5 MPa (Tamanna, Tuladhar and Sivakugan, 2020).

In sintesi, il vetro riciclato può sostituire aggregati e legante con opportune percentuali di peso, definite in base al suo rapporto granulometrico, realizzando diversi mix-design per molteplici funzioni e prestazioni compatibili con calcestruzzi tradizionali. La direzione della ricerca si pone l'obiettivo della sostituzione degli aggregati fini per questioni ambientali ed energetiche: ambientali poiché gli aggregati sono impiegati in maggiori

quantità nel mix-design dei conglomerati cementizi rispetto al legante, energetiche poiché il processo di frantumazione del vetro in aggregato fine richiede un minor consumo di energia rispetto alla polverizzazione (Chen et alii, 2020). La combinazione di questi due fattori indirizza la ricerca verso la scelta più sostenibile.

Seguendo tale direzione la seconda fase della ricerca, svolta beneficiando del know-how del Laboratorio Prove e Ricerca su Strutture e Materiali (PRISMa) dell'Università degli Studi Roma Tre, ha sperimentato la sostituzione di aggregati fini classici con vetro riciclato in grandezze comprese tra 1 e 4 mm (UNI EN 12620:2008)⁴ in calcestruzzi per massetti e malte (Fig. 3). In particolare la fase sperimentale è basata su una progressiva sostituzione percentuale in peso dell'aggregato fine naturale, con aggregato riciclato (vetro sodo-calcestruzzo) proveniente da attività di demolizione.

Dalla Tabella 4 si evince come la sostituzione, in un intervallo compreso tra il 20% e il 100%, avvenga esclusivamente per l'aggregato fine (sabbia di fiume), lasciando invariate le percentuali del mix-design delle altre componenti del calcestruzzo. È opportuno segnalare che, in prima analisi, è stata esclusa la prova di sostituzione degli aggregati grossi, a causa della ridotta aderenza dei granuli di vetro reperiti con il resto dell'impasto; tuttavia non se ne esclude una indagine futura ma a valle di una seconda lavorazione del vetro, finalizzata a implementare la porosità del materiale con granulometria di diametro maggiore a > 4 mm.

Risultati conseguiti | L'attività di sperimentazione condotta ha comportato la realizzazione di provini cubici di dimensioni di lato 150 mm (Fig. 4), realizzati secondo i criteri dimensionali e le caratteristiche disciplinate dalla norma UNI EN 12390-1⁵. Il legante impiegato per la miscela, la cui la composizione è riportata nella Tabella 2 è stato il cemento pozzolanico CEM IV/B(P) con resistenza a compressione a 28 giorni $\geq 32,5$ MPa: tale scelta è stata condizionata dalla volontà di prevenire le reazioni alcali-silice a lungo termine. La realizzazione dei provini ha permesso la verifica delle prestazioni tecnologiche, in riferimento alla lavorabilità del conglomerato cementizio. Mantenendo un rapporto ottimale acqua / cemento pari a 0,42 – con una percentuale di vetro del 20% – si osserva il miglioramento della lavorabilità dell'impasto: tale caratteristica è probabilmente riconducibile alla minore porosità dell'aggregato in vetro rispetto all'aggregato naturale fine.

La ricerca ha anche documentato le proprietà meccaniche, in particolare in riferimento alla resistenza a compressione. Infatti, coerentemente con i risultati di esperienze assimilabili (Harrison, Berenjian and Seifan, 2020; Arivalagan and Sethuraman, 2021), con il 20% di aggregato fine di vetro di diametro inferiore a <4 mm di spessore, le proprietà meccaniche sono risultate soddisfacenti rispetto a impasti analoghi. I valori riscontrati di resistenza a compressione a 28 giorni sono risultati pari a circa 32 MPa con sostituzione del 20% di aggregato fine in vetro, valore leggermente inferiore se confrontato con il provino senza aggregati in vetro e realizzato con la totalità di aggregati di origine lapidea (resistenza a compressione a 28 giorni pari a 32,5 MPa). Tali prestazioni risultano, seppur leggermente, superiori alle alte temperature. In futuro sono necessarie ulteriori indagini per

Mix n.	Mix composition (%)				Properties		
	Clay + additives	Bentonite sludge	Metal oxides	Metal sludge	Linear drying shrinkage (%)	Linear firing shrinkage (%)	Bulk density* (kg/m ³)
0	100	0	0	0	5	6	±1600
1	90	5	5	0	5	6	±1600
2	85	5	10	0	5	6	±1650
3	90	5	0	5	5	5	±1600
4	85	5	0	10	4	4	±1550
5	95	0	5	0	5	6	±1600
6	90	0	10	0	5	5	±1650
7	80	0	20	0	4	5	±1700
8	95	0	0	5	6	7	±1600
9	90	0	0	10	5	7	±1550
10	80	0	0	20	-	-	-
11	90	0	5	5	5	6	±1600

* The bulk density is calculated over a Gruppo Ripa Bianca's brick with dimension of: 350x250x190 mm | block perforation percentage ≤45%

Tab. 2 | Mix-design composition and some properties of samples (credit: the Authors, 2023).



ottimizzare la dimensione delle particelle e le percentuali di sostituzione in aggregati di vetro riciclato anche in funzione dei diversi tipi e colori.

Conclusioni: limiti, potenzialità e prospettive

Entrambe le ricerche hanno perseguito l'obiettivo di 'trasformare il rifiuto in risorsa di qualità' (Baratta, 2021) lavorando nella direzione di integrare la circolarità nei processi realizzativi di blocchi in laterizio e di massetti in calcestruzzo. La mutua collaborazione tra Aziende, Centri di ricerca, Società di consulenza e Università favorisce inoltre la simbiosi industriale, come nel caso del laterizio, dove la gestione di flussi materici quali rifiuti e scarti di altre lavorazioni, consente di avvicinare settori e imprese solo apparentemente non affini.

Tuttavia alcuni limiti e potenzialità di carattere generale possono essere espressi in relazione a entrambi i progetti di ricerca. Infatti se da un lato le pratiche sperimentali di riciclo di alcune tipologie di rifiuti possono essere considerate modelli di innovazione ambientale nell'ottica dell'Economia Circolare, dall'altro corrono il rischio di una non facile trasferibilità ai prodotti del settore edilizio. Tale limite è in parte da ricondurre al costo di conferimento in discarica del rifiuto, il quale è in alcuni casi più conveniente rispetto alle pratiche di recupero e riciclo e rende difficile trovare aziende disponibili a investire nell'innovazione, specie in assenza di supporto di una normativa che incentivi tali prassi, scoraggiando lo smaltimento in discarica (Baratta, 2021). Di contro la valorizzazione degli scarti locali, a favore di una filiera corta, limita il fenomeno dell'accelerazione dei cicli di consumo, che «[...] potrebbe portare alla abbreviazione della vita dei prodotti al fine di garantire all'economia la continuità dei processi di produzione e lavorazione» (Lavagna, 2022, p. 17).

Fig. 2 | Samples after the drying and firing processes (credit: the Authors, 2023).

Valicando i limiti e le criticità appena descritte le prospettive delle ricerche sono molteplici e possono essere esplicitate a breve e medio termine. Dati i riscontri positivi delle attività laboratoriali, a breve termine saranno avviate prove industriali i cui esiti condurranno alla commercializzazione dei prototipi. I prodotti, con le percentuali ad oggi stimate di materia recuperata e riciclata, sono in grado di assolvere pienamente sia ai requisiti e alle premialità previsti nei Criteri Ambientali Minimi del Decreto Ministeriale 23 giugno 2022⁶ che discendono dal Green Public Procurement⁷, sia ai criteri dei diversi Green Building Rating Systems⁸ immettendo sul mercato due prodotti con prestazioni migliorate. Le prospettive a medio termine sono invece da ricercare nella possibilità di applicare l'Intelligenza Artificiale e gli algoritmi di Machine Learning ai due processi industriali, con la finalità di facilitare la sperimentazione di nuove miscele additivate con scarti e prevedere simultaneamente la risposta prestazionale dei prodotti.

Construction-related processes are responsible for more than one-third of the waste and emissions produced on the planet; the sector is also

responsible for the consumption of about half of the raw material extractions for the manufacture of products and technical elements (Scalisi and Sposito, 2021). Such material consumption does not correspond to an adequate end-of-life product valorisation strategy: only 20-30% of construction and demolition waste goes to recycling (Munaro and Tavares, 2021). The long-term perspective is thus consumption rates of material resources that will exceed their regeneration rates, with severe consequences on material availability (Rahla, Mateus and Bragança, 2021).

It is, therefore, necessary to change the resource exploitation model, considering that the global demographic trend is constantly increasing. In this context, the contribution made by the Circular Economy (Kirchherr, Reike and Hekkert, 2017), which proposes a conscious and perpetual use of resources, in contrast to the linear or disposable model, is recognised at the European level in policies (Domenech and Bahn-Walkowiak, 2019) and strategic Plans (European Commission, 2020) as an approach for waste minimisation and valorisation that can facilitate the achievement of the Sustainable Development Goals (Ogunmakinde, Egbelakin and Sher, 2022). Strategies that incentivise the transition towards circularity provide an

efficient way to reduce the impacts of linear production and consumption patterns (Baratta, 2021). To such approaches belong the processes of recovery, reuse and recycling of by-products and waste, commonly referred to as scrap. Research practices on waste incorporation in construction materials have intensified in recent years and are specially researched within the production processes of concretes, ceramic materials, steels and polymers (Rahla, Mateus and Bragança, 2021).

These experiments demonstrate the topicality and complexity of recycling research, including in reference to the more specific areas of production organisation (Butera, 2022) and the involvement of the third sector (Mussinelli, Schiaffonati and Torricelli, 2022). In this perspective, it is worth noting the measure of investments in the environmental field: in 2019, more than one in five manufacturing companies (21,5%) invested in circular actions with the aim of moving towards sustainable consumption and production models (Carbonaro, 2022). Finally, it is worth mentioning the recent concept of Buildings As Material Banks, which aim to implement the application of the Circular Economy in buildings, by defining a control database integrated with design tools, capable of recording how materials can be used, reused or

Replacement level (%)	Particle size	Type of glass waste	Optimum glass waste (%)
0 - 20	≤ 4 mm for fine agg.	Building and car windows glass	20
0 - 20	> 4 mm for coarse agg.	Container and flat glass	20
0 - 20	0.15 - 4.75 mm	Building glass	20
0 - 50	0.15 - 9.5 mm	Sheet glass	10
0 - 60	≤ 4.75 mm	Bottles	23
100	4 -16 mm	Quartz, fibregalss and opal	Not mentioned
0 - 100	Coarse	Bottles	Less than 25
100	0.15 - 4.75	Bottles	Not mentioned
0 - 100	≤ 19 mm	Bottles	20
0 - 70	4.75 - 0.15 mm	Container	70
0 - 70	36 - 100 mm	Bottles	Less than 30
0 - 100	Less than 5 mm	Bottles	30
0 - 100	0.125 - 2.00 mm	Cullet glass	Not mentioned

Tab. 3 | Percentage of recycled glass substituting fine and coarse aggregates for concrete (credit: the Authors from Hamada et alii, 2022).



Fig. 3 | Parallelepiped concrete test specimen for screeds (dimensions 4x4x16 cm) with replacement of fine aggregates by recycled glass (credit: The Authors, 2023)

Mix n.	Binder (%) Pozzolanic cement 32.5 N	Coarse aggregates (%) 4 – 32 mm	Fine aggregates (%) River sand 0.5 – 4 mm	Fine aggregates (%) Soda-lime glass 0.5 – 4 mm	Replacement ratio (%)
01	100	100	100	0	100-0
02	100	100	80	20	80-20
03	100	100	60	40	60-40
04	100	100	40	60	40-60
05	100	100	20	80	20-80
06	100	100	5	100	100-0

Tab. 4 | Percentage replacement ratio of fine and coarse aggregates with a recycled soda-lime glass of 0.5-4 mm (credit: the Authors, 2023).



Fig. 4 | Cubic concrete test specimen (15 cm side) with replacement of fine aggregates by the recycled glass (credit: the Authors, 2023).

recycled at the end of their useful life (Munaro and Tavares, 2021). As a result of such instances, the Department of Architecture at the Roma Tre University is conducting a line of research involving two manufacturing companies of environmental product innovation, intercepting the demand for new sustainable and circular models for the management and valorisation of resources. This research line goes towards fostering economies of agglomeration (Lerma and Bruno, 2021), arising out of geographical closeness among stakeholders, to stimulate the transmission of knowledge, know-how and material flows.

The result is two research experiences, characterised by a similar experimental approach, addressing the topic of waste additives in brick and concrete mixtures: they share objectives, research methodology and testing procedures. The research has, in fact, as a general objective the realisation of a product solution with improved environmental performance, thanks to the use of waste in the mix-design, and as specific objectives the prototyping of new products: a brick and a concrete screed. Furthermore, it features a sequentiality of shared activities, i.e. scrap analysis, theoretical mix-design, experimentation and interpretation of results,

trial implementation (where foreseen) and prototype realisation, and monitoring of technological performance. Both research present previous studies and experiences on the use of waste in the relevant mixtures, theoretical formulations on mix-design and the results of monitoring some technological and mechanical performances.

Local sludge and metal waste for a new brick product | Construction’s transition to a sustainable development model, with zero environmental impact and valorisation of resources, requires a profound rethinking of current design methods and reform of production processes related to building materials and products. Circular practices have to be adopted for the latter, aimed at limiting the extraction of virgin raw materials, extending the life cycle of materials and products (durability) and, finally, recycling waste to transform it into secondary raw materials.

In this regard, the project La Circolarità delle Risorse Materiche (The Circularity of Material Resources) – utilising PON funds with a ‘green’ theme – promotes an experience of mutual collaboration with a company that produces brick products, the Ripa Bianca Group, and a company that encourages circular policies, Sfridoo S.r.l. The project, taking up the specific needs of the partner company, deals with the issue of incremental innovation of brick mixtures, with the aim of replacing a share of clay raw material with waste found in the company’s regional territory, i.e., Emilia-Romagna.

Research methodology and stages | The research consists of two phases, performed synchronously, of an analytical and experimental nature. The first consists of data collection and study activities on brick, referring to: the material composition and production process, international research and, last but not least, the mapping of the neighbouring territory to identify potential resource supply sites. These activities use the Life Cycle Assessment (LCA) methodology to define criticalities and boundaries within which to intervene. The second phase, meanwhile, envisages the transfer of theoretical reflections into the development of brick blends through the experimentation of new products and manufacturing processes on an industrial scale.

The first phase of data collection and analysis adopts an analytical approach capable of identi-

fying the pros and cons of specific research in order to orientate field operations. In this sense, the exploration of international literature aims at selecting case studies where circular practices are harbingers of a new concept of waste, no longer understood as a ‘problem’ but as a ‘resource’. State-of-the-art research took advantage of the principal platforms of scientific dissemination, such as Scopus, ResearchGate and Science-Direct. Following the definition of a reference timeframe (2015 to 2023) and the selection of the main keywords (‘clay substitute in brick’, ‘clay brick by waste’, ‘sludge in brick’, ‘sustainable brick’) the retrieved documentation was catalogued and organised, revealing useful information for the following experimental phase.

This investigation showed that the clay replacement – albeit partial – is a complex operation. In fact, although it is a compound prone to contamination by several substances, it is also the main responsible for the characteristic properties of bricks, first of all, plasticity. The study thus focused on identifying wastes capable of not affecting the workability of the mix and of actively contributing to the performance and quality of the finished product; among them, the most significant are bentonite sludge (Javed et alii, 2020) and water purification sludge (Taki, Gahlot and Kumar, 2020), coal gangue (Xu et alii, 2017), metal oxides (Mendes et alii, 2019) and volcanic dust (Cultro-ne, 2022).

Each of the listed substances is, however, politically critical. An example is bentonite sludge, widely utilised in drilling operations to stabilise the walls of extraction wells and contain spillage. Such muds consist of clay fractions with high plastic and expanding capacities; their application must therefore be limited to between 1% and a maximum of 5% (to avoid cracking phenomena) but, at the same time, they support the introduction of a higher proportion of inert material (El Boukili et alii, 2023). Another example concerns metal oxides, which can influence the colour rendering of bricks; percentages between 1% and 7% give a reddish-orange colour, while in the range between 8% and 15% a burnished red colour is generated (Bautista-Marín, Esguerra-Arce and Esguerra-Arce, 2021). International research has consequently produced an optimal substitution profile of between 5% and 30%, corroborated by previous cataloguing works (Anjum et alii, 2022).

The concepts acquired from the analysis of the literature, supported by Ripa Bianca Group's previous experience, result in the field research activity aimed at identifying the waste present in Emilia-Romagna, followed by the mix-design and monitoring of some performances. The decision to focus the research on the regional territory is to be understood as aimed at the complete fulfilment of circular policies, such as favouring short supply cycles (km 0), industrial symbiosis and the economic-environmental sustainability of the recovery chain (Kiss, Ruskai and Takács-György, 2019), as well as, in line with recent national research (Di Roma, Scarcelli and Minenna, 2019), the strengthening of the regional economy and the enhancement of the socio-cultural context.

However, the selection of substances for use in Italian brick mixtures is subject to national directives. The Italian Ministerial Decree of 5 February 1998¹ defines which types of waste can be recovered by brick producers. Integrating the regulatory apparatus with regional mapping allows a restriction of the number of variables from which coal gangue and volcanic dust remain excluded. This choice is attributable to the high-organic content due to the decomposition of plant and animal organisms, which causes the release of unpleasant odours.

Table 1, drawn up in collaboration with Sfridoo S.r.l., summarises the annual availability, the maximum quantity collectable and the distance from the plants to the Ripa Bianca furnace of bentonite sludge and metal residues; the latter divided into oxides and sludges, deriving – respectively – from pickling and filter pressing processes. The same table also shows how some wastes do not reach the maximum amount usable, such that further investigation of the area is required, while others exceed the limit imposed by the regulations and are therefore not fully recoverable. Its potential replacement quantity, however, is mainly determined by the composition of the base mix and the volume processed annually by the company. In this sense, the Ripa Bianca Group processes approximately 54.900 tonnes / year of material, consisting of clay (70%), water (8%) and other slimming additives (22%). New mix designs, therefore, consider a percentage variation between 5% and 20%.

Achievements | Experimental activity took the form of transferring the theoretical formulations to 11 material samples (Fig. 1), followed by the monitoring of some performances (Tab. 2). The Ripa Bianca Group's previous experience allowed them to exclude on empirical grounds – i.e. by observing the specimen – mix no. 10, as the inert material limits the plasticity of the mix, causing it to crack during drying and disintegrate during firing. On the remaining ten formulations, having overcome the considerations of workability, the research defined a few properties of the samples, such as shrinkage (a fundamental characteristic of brick mixes) and density.

As can be seen from Table 2, the basic recipe (no. 0) has a controlled shrinkage of 5-6%, which ensures optimal quality and performance. Lower values for ceramic products are required, while increasing shrinkage leads to cracking and breakage. The shrinkage results, obtained by measuring with a ventesimal calibre the deviation be-

tween two notches (distance 100 mm) engraved on the sample before subjecting it to the drying and firing cycles, show that the values of the specimens with waste additives (excluding mixes no. 4, 8 and 9) align with those of the base mix.

At the same time, the density calculation of the various samples, performed by normative indications², returned a range of values similar to the base recipe ($\pm 1.600 \text{ kg/m}^3$), with a maximum deviation of approx. 50 kg/m^3 (except for mix. no. 7). The mixture of empirical and scientific evaluations – taking into account the desire to add as much recycled substance as possible to the mix (10-15%) – leads to the selection of mix-design no. 2, 6 and 11 (Fig. 2), which are going to be further studied.

The research results achieved so far, pending further tests on mechanical behaviour, demonstrate the possibility of reducing the quantity of extracted raw clay by replacing it with currently unused waste. Moreover, the synergic experience between the University and the company facilitates technology transfer from the laboratory to the industrial scale. In fact, given the positive response, an industrial trial is underway on mix-design no. 11. The outcome of the test may lead to its use in the basic recipe and, therefore, to its commercialisation.

Scrap and waste from flat glass for concrete production

| The research entitled Technological Solutions in Glass with High-performance Content runs jointly with Vetral Acilia S.r.l., a company with which it shares multi-scalar objectives that have glass recycling as its principal interest. The research project deals with the reuse of material resources in the field of demolition, starting from the assumption that new buildings and existing heritage interventions generate a large amount of waste, including glass (ISPRA, 2021). State-of-the-art research utilised major international dissemination platforms such as Google Scholar, ResearchGate, Science-Direct and software such as Mendeley. The time frame taken into account is from 2013 to 2023, where a keyword search 'recycled glass', 'recycled aggregates', 'glass aggregate', 'float glass waste', 'glass from C&D', 'soda lime silicate glass aggregate', among others, was performed.

Such research highlights how the recycling of flat glass – mainly applied in windows and doors – i.e. soda-lime glass made with the float process, is currently an open-loop process (Geboes, Galle and De Temmerman, 2022), which does not allow upcycling of the product. The main reasons for this impossibility are intrinsic to the product itself. Window glass is additive with other materials such as silicones, plastic polymers (polyvinyl butyral) and butyl sealants, the presence of which limits upcycling. These substances do not make it possible to obtain a recycled product with the same performance as the raw material product, foremost among which is transparency.

Research experiments on construction and demolition flat glass focus on evaluating the possible reuse of this material as a secondary raw material in new mixtures. One line of research, which links several ongoing experiments, aims at the replacement – in the mix-design of concrete mixes – of aggregates of mineral origin with glass waste (Arivalagan and Sethuraman, 2020; Hama-

da et alii, 2022; Keerio et alii, 2022; Tamanna, Tuladhar and Sivakugan, 2020). The reuse of glass as a secondary raw material within concretes, due to the multi-material nature of the latter, is possible both as a replacement of aggregates, fine (diameter < 4 mm) and coarse aggregates (diameter > 4 mm) with different percentage fractions (Tab. 3), and as a binder: the latter replacement occurs with micrometre-sized particles (Chen et alii, 2020).

Methodology and research phases

| Given the potential of glass – which can be recycled and added to other materials with different aptitudes (binder or aggregate) – research involved a two-stage investigation phase and an experimental phase. Research in the first investigative phase evaluated mixes with various percentages of recycled glass, investigating the technological properties of the material and the applications (quantitative and qualitative) in products that animate the panorama of building processes in the area. The second phase experimented with construction and demolition waste in flat glass to create new mix designs for concrete to improve the performance of the mix for traditional technologies such as screeds and mortars for masonry and plaster.

During the first phase, studies conducted on the glass as a secondary raw material saw the involvement of this material not only as a fine and coarse aggregate but also as a possible partial substitute for the binder: the pozzolanic behaviour of glass allows, in fact, a partial substitution by weight of cement, in well-defined quantities and particle sizes.

Glass particles between $40 \mu\text{m}$, $20 \mu\text{m}$ and $10 \mu\text{m}$ produced compressive strengths at 28 days of 51.5 MPa, 55.5 MPa and 66.6 MPa (Harrison, Berenjian and Seifan, 2020). These results fall within the range of resistance classes of traditional concrete, which, as identified by the UNI EN 206:2016³ standard, define the material according to the characteristic cylindrical compressive strength ($f_{ck,cyl}$ or f_{ck}) and characteristic cubic compressive strength ($f_{ck,cube}$, or R_{ck}), with minimum resistance classes of 8-10 MPa up to maximum resistance classes of 100-114 MPa, to which are added the specifications for lightweight concretes, with minimum and maximum resistance values between 8-9 MPa and 80-88 MPa.

Recent research by Viviana Letelier on recycled glass in mortars to reduce environmental impact proposes an optimal grain size ($38 \mu\text{m}$) for cement substitution of up to 30 per cent by weight (Letelier et alii, 2019). Mortars with 30 MPa mechanical strength at 90 days above mortars with 10% and 20% glass aggregates and grain sizes in the range of $> 38 \mu\text{m}$ and $< 75 \mu\text{m}$ are obtained with this grain size and percentage of substituted material.

With reference to the substitution of glass as a fine aggregate, the investigation of the first phase shows that the best results, relative to the mechanical strength of the specimens, are obtained with weight percentages of fine aggregates between 20% and 30% and coarse aggregates between 10% and 20% (Arivalagan and Sethuraman, 2020; Hamada et alii, 2022; Keerio et alii, 2022; Tamanna, Tuladhar and Sivakugan, 2020). In particular, some results show that the substitution of fine glass aggregates allows for concrete

with 28-day mechanical strengths between 32.5 and 33.5 MPa and percentages of fine glass aggregates between 20% and 30%, respectively, as well as silica fume (Keerio et alii, 2022); with 28-day mechanical strengths between 22 and 27 MPa with percentages of fine glass aggregates between 20% and 30% in Portland cement (Arivalagan and Sethuraman, 2021) and up to 41.40 MPa with 20% replacement percentages in types of cement with fck of 32.5 Mpa (Tamanna, Tuladhar and Sivakugan, 2020).

Briefly, recycled glass can replace aggregates and binders with appropriate weight percentages, defined according to its particle size ratio, producing different mix designs for multiple functions and performances compatible with traditional concretes. The research direction aims to replace fine aggregates due to environmental and energy issues: environmental since aggregates are used in higher quantities in the mix-design of concrete mixes than the binder, as well as energetic since the process of crushing glass into fine aggregate requires less energy consumption than pulverisation (Chen et alii, 2020). The combination of these two factors directs research towards the most sustainable choice.

Following this direction, the second phase of the research carried out benefiting from the know-how of the Laboratory for Tests and Research on Structures and Materials (PRiSMa) of the Roma Tre University, experimented with the substitution of classic fine aggregates with recycled glass in sizes between 1 and 4 mm (UNI EN 12620:2008)⁴ in screed and mortar concretes (Fig. 3). In particular, this experimental phase consists of a progressive weight percentage substitution of the fine natural aggregate with recycled aggregate (soda lime glass) from demolition activities.

Table 4 shows how the replacement, within an interval between 20% and 100%, occurs exclusively for the fine aggregate (river sand), leaving the mix-design percentages of the other concrete components unchanged. It is worth noting that, in the first analysis, the replacement test for coarse aggregates is ruled out due to the reduced adherence of the glass granules found with the rest of the mix; however, this does not exclude a future investigation, but downstream of a second processing of the glass, aimed at implementing the porosity of the material with a grain size greater than > 4 mm.

Acknowledgements

The paper is the result of a joint reflection of the Authors. Despite this, the introductory and ‘Conclusions: limits, potential and perspectives’ paragraphs belong to Adolfo F. L. Baratta and L. Calcagnini, the paragraph ‘Local sludge and metal waste for a new brick product’ to J. Andreotti, the paragraph ‘Scrap and waste from flat glass for concrete production’ to Luca Trulli. The Authors would like to thank Dr M. Marconi and the Ripa Bianca Group, Architect M. Lazzaroni and Sfridoo S.r.l., Prof. R. Giordano, Vetral Acilia S.r.l., Prof. S. Santini and the Laboratorio Prove e Ricerca su Strutture e Materiali (PRiSMa) of the Roma Tre University for their support of the research.

Results achieved | Testing involved the production of cubic test specimens with dimensions of 150 mm side (Fig. 4), manufactured according to the dimensional criteria and characteristics governed by the UNI EN 12390-1⁵ standard. The binding agent used for the mixture, whose composition appears in Table 2, was pozzolanic cement CEM IV/B(P) with a compressive strength at 28 days ≥ 32.5 Mpa: this choice proved beneficial to prevent alkali-silica reactions in the long term. The test specimens allowed the technological performance assessment of the workability of the cement mix. Maintaining an optimal water / cement ratio of 0.42 – with a glass percentage of 20% – improved the workability of the mixture: this characteristic is probably attributable to the lower porosity of the glass aggregate compared to the natural aggregate fine.

Research has also documented the mechanical properties, especially compressive strength. Consistent with the results of similar experiments (Harrison, Berenjian and Seifan, 2020; Arivalagan and Sethuraman, 2021), with 20% fine glass aggregate less than < 4 mm in diameter, the mechanical properties were satisfactory compared to similar mixtures. The values found for the 28-day compressive strength were approximately 32 MPa with 20% fine glass aggregate replacement, which was slightly lower when compared to the specimen without glass aggregate and made with all stone aggregate (28-day compressive strength of 32.5 MPa). Such performance is, albeit slightly, higher at high temperatures. Further investigations are necessary to optimise the particle size and replacement percentages in recycled glass aggregates for different types and colours in the future.

Conclusions: limits, potential and perspectives | Both research projects aimed to ‘transform waste into a quality resource’ (Baratta, 2021) while working towards integrating circularity into the production processes of brick blocks and concrete screeds. Mutual collaboration between companies, research centres, consultancy firms and Universities also favours industrial symbiosis, as in the case of brickwork, where the management of material flows such as waste and rejects from other processes brings sectors and companies closer together that are only apparently unrelated. Some limitations and potentials of a general nature can, however, still apply to both re-

search projects. If, in fact, on the one hand, the experimental practices of recycling certain types of waste can be considered models of environmental innovation in the perspective of the Circular Economy, on the other hand, they run the risk of not being easily transferable to products in the building sector. This limitation is partly to be attributed to the cost of landfilling waste, which is in some cases cheaper than recovery and recycling practices and makes it difficult to find companies willing to invest in innovation, especially in the absence of supporting legislation that incentivises such practices, discouraging landfilling (Baratta, 2021). On the other hand, the valorisation of local waste in favour of a short chain limits the phenomenon of the acceleration of consumption cycles, which could lead to the shortening of the life of products in order to guarantee the economy the continuity of production and processing processes (Lavagna, 2022).

By overcoming the limitations and criticalities mentioned above, research prospects are manifold and may become explicit in the short and medium term. Given the positive feedback from laboratory activities, in the short term, there will be industrial trials whose results will lead to the commercialisation of prototypes. With the percentages of recovered and recycled materials estimated to date, products can fully meet both the requirements and rewards outlined in the Minimum Environmental Criteria of the Italian Ministerial Decree of 23 June 2022⁶ that derive from Green Public Procurement⁷, and the criteria of the various Green Building Rating Systems⁸ by placing two products with improved performance on the market. Medium-term prospects lie in the possibility of applying Artificial Intelligence and Machine Learning algorithms to the two industrial processes to facilitate the experimentation of new additive mixtures with waste and simultaneously predict the performance response of the products.

Notes

1) Italian D.M. 5 February 1998 – ‘Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22’, published in Gazzetta Ufficiale, n. 88, 16/04/1998. [Online] Available at: gazzettaufficiale.it/eli/id/1998/04/16/098A3052/sg%20 [Accessed 24 March 2023].

2) UNI EN 771-1:2015 – ‘Specification for masonry units – Part 1: Clay masonry units (annexe A)’; UNI EN 772-13:2002 – ‘Methods of test for masonry units – Determination of net and gross dry density of masonry units (except for natural stone)’.

3) UNI EN 206:2016 – ‘Concrete – Specification, performance, production and conformity’.

4) UNI EN 12620:2008 – ‘Aggregates for concrete’.

5) UNI EN 12390-1:2021 – ‘Testing hardened concrete – Part 1: Shape, dimensions and other requirements for specimens and moulds’.

6) Italian D.M. 23 June 2022 – ‘Criteri ambientali minimi per l’affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l’affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l’affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi’, published in in Gazzetta Ufficiale, n. 183, 06/08/2022. [Online] Available at: gazzettaufficiale.it/eli/id/2022/08/06/22A04307/sg [Accessed 24 March 2023].

7) The Environmental Criteria regulated under Green

Public Procurement (GPP) are available online at: ec.europa.eu/environment/gpp/eu_gpp_criteria_en.htm [Accessed 24 March 2023].

8) Green Building Rating Systems (GBRS) are voluntary standards measuring the sustainability level of buildings. Such systems – by means of multi-criteria assessments of environmental, social and economic aspects – award scores to choices made during the design, construction, use and building demolition phases. Construction works receive different levels of sustainability depending on the score achieved. Today there are several GBRS, the most well-known and widespread in the international context being, by way of example: LEVEL(s); Leadership in Energy and Environmental Design (LEED); WELL; Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM).

References

- Anjum, F., Yasin Naz, M., Ghaffar, A., Kamran, K., Shukrullah, S. and Ullah, S. (2022), “Sustainable insulation porous building materials for energy-saving perspective – Stones to environmentally friendly bricks”, in *Construction and Building Materials*, vol. 318, article 125930, pp. 1-16. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125930 [Accessed 24 March 2023].
- Arivalagan, S. and Sethuraman, V. S. (2021), “Experimental study on the mechanical properties of concrete by partial replacement of glass powder as fine aggregate – An environmental friendly approach”, in *Materials Today – Proceedings*, vol. 45, pp. 6035-6041. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.722 [Accessed 24 March 2023].
- Baratta, A. F. L. (2021), “From resource circularity policies to the zero-waste strategy | Dalle politiche per la circolarità delle risorse alla strategia zero rifiuti”, in *Agathón – International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 9, pp. 32-41. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/932021 [Accessed 24 March 2023].
- Bautista-Marín, J. D., Esguerra-Arce, A. and Esguerra-Arce, J. (2021), “Use of an industrial waste as a pigment in clay bricks and its effects on the mechanical properties”, in *Construction and Building Materials*, vol. 206, article 124848, pp. 1-11. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124848 [Accessed 24 March 2023].
- Butera, F. (2022), “The PNRR to regenerate Italian organisations in the ecological and digital transition | Il PNRR per rigenerare le organizzazioni italiane nella transizione ecologica e digitale”, in *Techne | Journal of Technology for Architecture*, vol. 23, pp. 26-34. [Online] Available at: doi.org/10.36253/techne-12917 [Accessed 24 March 2023].
- Carbonaro, C. (2022), “La circolarità nell’industria Life Cycle Design per l’innovazione di prodotto e processo”, in Lavagna, M. (ed.), *LCA in Edilizia – Ambiti applicativi e orientamenti futuri della metodologia – Life Cycle Assessment nel settore delle costruzioni*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN), pp. 91-104.
- Chen, Z., Wang, Y., Liao, S. and Huang, Y. (2020), “Grinding kinetics of waste glass powder and its composite effect as pozzolanic admixture in cement concrete”, in *Construction Building Material*, vol. 239, article 117876, pp. 1-8. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117876 [Accessed 24 March 2023].
- Cultrone, G. (2022), “The use of Mount Etna volcanic ash in the production of bricks with good physical-mechanical performance – Converting a problematic waste product into a resource for the construction industry”, in *Ceramics International*, vol. 48, issue 4, pp. 5724-5736. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.11.119 [Accessed 24 March 2023].
- Di Roma, A., Scarcelli, A. and Minenna, V. (2019), “RE-STONED – Dalla Polvere di Scarto alla Pietra Sostenibile | RESTONED – From Waste Material to Sustainable Stone”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 5, pp. 183-190. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/5212019 [Accessed 24 March 2023].
- Domenech, T. and Bahn-Walkowiak, B. (2019), “Transition towards a resource efficient circular economy in Europe”, in *Ecological Economics*, vol. 155, pp. 7-19. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.11.001 [Accessed 24 March 2023].
- El Boukili, G., Erba, S., Kifani-Sahban, F. and Khaldoun, A. (2023), “Improving rheological and mechanical properties of non-plastic clay soil from Bensmim region (Morocco) using bentonite additions – Suitability for building application”, in *Journal of Building Engineering*, vol. 63, Part B, article 105525, pp. 1-14. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.job.2022.105525 [Accessed 24 March 2023].
- European Commission (2020), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – A new Circular Economy Action Plan for a cleaner and more competitive Europe*, document 52020DC0098, 98 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN [Accessed 24 March 2023].
- Geboes, E., Galle, W. and De Temmerman, N. (2022), “Make or break the loop – A cross-practitioners review of glass circularity”, in *Glass Structures & Engineering*, pp. 1-18. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s40940-022-00211-y [Accessed 24 March 2023].
- Hamada, H., Alattar, A., Tayeh, B., Yahaya, F. and Thomas, B. (2022), “Effect of recycled waste glass on the properties of high-performance concrete – A critical review”, in *Case Studies in Construction Materials*, vol. 17, article e01149, pp. 1-18. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01149 [Accessed 24 March 2023].
- Harrison, E., Berenjian, A. and Seifan, M. (2020), “Recycling of waste glass as aggregate in cement-based materials”, in *Environmental Science and Ecotechnology*, vol. 4, article 100064, pp. 1-8. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ese.2020.100064 [Accessed 24 March 2023].
- ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2021), *Rapporto rifiuti speciali – Edizione 2021*. [Online] Available at: isprambiente.gov.it/files2021/publicazioni/rapporti/rapportorifutispeciali_ed-2021_n-345_versionedati-di-sintesi.pdf [Accessed 24 March 2023].
- Javed, U., Khushnood, R. A., Memon, S. A., Jalal, F. E. and Zafar, M. S. (2020), “Sustainable incorporation of lime-bentonite clay composite for production of ecofriendly bricks”, in *Journal of Cleaner Production*, vol. 263, article 121469, pp. 1-21. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121469 [Accessed 24 March 2023].
- Keerio, M. A., Abbasi, S. A., Kumar, A., Bheel, N., ur Rehman, K. and Tashfeen, M. (2022), “Effect of Silica Fume as Cementitious Material and Waste Glass as Fine Aggregate Replacement Constituent on Selected Properties of Concrete”, in *Silicon*, vol. 14, pp. 165-176. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s12633-020-00806-6 [Accessed 24 March 2023].
- Kirchherr, J., Reike, D. and Hekkert, M. (2017), “Conceptualizing the circular economy – An analysis of 114 definitions”, in *Resource Conservation and Recycling*, vol. 127, pp. 221-232. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005 [Accessed 24 March 2023].
- Kiss, K., Ruskai, C. and Takács-György, K. (2019), “Examination of Short Supply Chains Based on Circular Economy and Sustainability Aspects”, in *Resources*, vol. 8, issue 4, article 161, pp. 1-21. [Online] Available at: doi.org/10.3390/resources8040161 [Accessed 24 March 2023].
- Lavagna, M. (2022), “Percorsi di applicazione del Life Cycle. Assessment nel settore edilizio”, in Lavagna, M. (ed.), *LCA in Edilizia – Ambiti applicativi e orientamenti futuri della metodologia – Life Cycle Assessment nel settore delle costruzioni*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN), pp. 13-26.
- Lerma, B. and Bruno, E. V. (2021), “Riconversione industriale nei cluster produttivi – Design e conservazione attiva del know-how locale | Industrial reconversion in productive clusters – Design and active preservation of local know-how”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 9, pp. 194-203. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/9192021 [Accessed 24 March 2023].
- Letelier, V., Henríquez-Jara, B. I., Manosalva, M., Parodi, C. and Ortega, J. M. (2019), “Use of Waste Glass as A Replacement for Raw Materials in Mortars with a Lower Environmental Impact”, in *Energies*, vol. 12, issue 10, article 1974, pp. 1-18. [Online] Available at: doi.org/10.3390/en12101974 [Accessed 24 March 2023].
- Mendes, B. C., Pedroti, L. G., Fontes, M. P. F., Ribeiro, J. C. L., Vieira, C. M. F., Pacheco, A. A. and de Azevedo, A. R. G. (2019), “Technical and environmental assessment of the incorporation of iron ore tailings in construction clay bricks”, in *Construction and Building Materials*, vol. 227, article 116669, pp. 1-13. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.08.050 [Accessed 24 March 2023].
- Munaro, M. R. and Tavares, S. F. (2021), “Materials passport’s review – Challenges and opportunities toward a circular economy building sector”, in *Built Environment Project and Asset Management*, vol. 11, issue 4, pp. 767-782. [Online] Available at: doi.org/10.1108/BEPAM-02-2020-0027 [Accessed 24 March 2023].
- Mussinelli, E., Schiaffonati, F. and Torricelli, M. C. (2022), “For a necessary change | Per un cambiamento necessario” in *Techne | Journal of Technology for Architecture*, vol. 23, pp. 15-20. [Online] Available at: doi.org/10.36253/techne-12915 [Accessed 24 March 2023].
- Ogunmakinde, O. E., Egbelakin, T. and Sher, W. (2022), “Contributions of the circular economy to the UN Sustainable Development Goals through sustainable construction”, in *Resources, Conservation & Recycling*, vol. 178, pp. 1-13. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106023 [Accessed 24 March 2023].
- Rahla, M. K., Mateus, R. and Bragança, L. (2021), “Selection Criteria for Building Materials and Components in Line with the Circular Economy Principles in the Built Environment – A Review of Current Trends”, in *Infrastuctures*, vol. 6, issue 49, pp. 1-35. [Online] Available at: doi.org/10.3390/infrastuctures6040049 [Accessed 24 March 2023].
- Scalisi, F. and Sposito, C. (2021), “Strategie e approcci green – Un contributo dall’off-site e dall’upcycling dei container marittimi dismessi | Green strategies and approaches – A contribution from the off-site and upcycling of discarded shipping containers”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 10, pp. 92-119. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1092021 [Accessed 24 March 2023].
- Taki, K., Gahlot, R. and Kumar, M. (2020), “Utilization of fly ash amended sewage sludge as brick for sustainable building material with special emphasis on dimensional effect”, in *Journal of Cleaner Production*, vol. 274, article 123942, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123942 [Accessed 24 March 2023].
- Tamanna, N., Tuladhar, R. and Sivakugan, N. (2020), “Performance of recycled waste glass sand as partial replacement of sand in concrete”, in *Construction and Building Materials*, vol. 239, article 117804, pp. 1-9. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117804 [Accessed 24 March 2023].
- Xu, H., Song, W., Cao, W., Shao, G., Lu, H., Yang, D., Chen, D. and Zhang, R. (2017), “Utilization of coal gangue for the production of brick”, in *Journal of Material Cycles and Waste Management*, vol. 19, pp. 1270-1278. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s10163-016-0521-0 [Accessed 24 March 2023].

ARTICLE INFO

Received	17 March 2023
Revised	27 April 2023
Accepted	09 May 2023
Published	30 June 2023

GEOPOLIMERI PER L'ECO-ARCHITETTURA

Approcci integrati per l'attivazione di strategie green

GEOPOLYMERS FOR ECO-ARCHITECTURE

Integrated approaches for green strategies activation

Raffaella Aversa, Rossella Franchino, Caterina Frettoloso, Nicola Pisacane, Laura Ricciotti

ABSTRACT

Il settore delle costruzioni è responsabile a livello globale del 30% dei consumi energetici, del 40% delle emissioni di CO₂, del 50% delle estrazioni di materie prime, pertanto, si comprende l'urgenza di introdurre azioni per migliorare la sostenibilità attraverso il controllo degli impatti indotti. Al fine di apportare tale cambiamento è importante sia l'introduzione di materiali innovativi, quanto più possibile a matrice naturale sia l'utilizzo di processi costruttivi che ottimizzino il quantitativo di materie prime impiegate e ne agevolino la riciclabilità. Il lavoro presentato illustra i primi esiti di una ricerca interdisciplinare focalizzata sullo studio dell'applicazione dei geopolimeri per la produzione di componenti edilizi che evidenzia il ruolo strategico del connubio sostenibilità e digitalizzazione dalle infrastrutture digitali nel miglioramento delle performance ecologico-ambientali.

The construction industry is responsible for 30% of energy consumption, 40% of CO₂ emissions, and 50% of raw material extraction. Introducing actions to improve the sustainability of induced impacts is urgently necessary, and it is essential to bring about this change by using innovative materials with a natural matrix and construction processes that optimise the raw materials and allow their recyclability. The article introduces the first outcomes of an interdisciplinary research project focused on applying geopolymers for building components. The research highlights the strategic role of sustainability combined with digitisation in order to improve ecological-environmental performance.

KEYWORDS

geopolimeri, materiali innovativi, processi sostenibili, infrastrutture digitali, prototipazione

geopolymers, innovative materials, sustainable processes, digital infrastructure, prototyping

Raffaella Aversa, Architect and PhD, is an Associate Professor at the Department of Architecture and Industrial Design, 'Luigi Vanvitelli' University of Campania (Italy). She carries out research activities mainly in Materials Science and Technology. E-mail: raffaella.aversa@unicampania.it

Rossella Franchino, Engineer and PhD, is an Associate Professor at the Department of Architecture and Industrial Design, 'Luigi Vanvitelli' University of Campania (Italy). She carries out research activities mainly in the field of reading and controlling the quality and characteristics of the environment. E-mail: rossella.franchino@unicampania.it

Caterina Frettoloso, Architect and PhD, is an Associate Professor at the Department of Architecture and Industrial Design, 'Luigi Vanvitelli' University of Campania (Italy). She carries out research activities mainly on the qualification of settlement and environmental system. E-mail: caterina.frettoloso@unicampania.it

Nicola Pisacane, Architect and PhD, is an Associate Professor at the Department of Architecture and Industrial Design, 'Luigi Vanvitelli' University of Campania (Italy). He carries out research on landscape and architecture representation and survey. E-mail: nicola.pisacane@unicampania.it

Laura Ricciotti, Chemist and PhD, is a Researcher at the Department of Architecture and Industrial Design, 'Luigi Vanvitelli' University of Campania (Italy). She carries out research activities in Materials Science and Technology. E-mail: laura.ricciotti@unicampania.it



La letteratura scientifica in materia di edilizia sostenibile, nel delinearne i caratteri distintivi, pone l'accento sull'utilizzo di soluzioni progettuali e costruttive che tengono conto delle risorse naturali e dell'ambiente circostante fin dalla fase di ideazione (Sinopoli and Tatano, 2002; Raiteri, 2012; Colajanni and Valenza, 2021). Tale settore, però, pur fregiandosi spesso di muoversi nell'ottica della sostenibilità, opera ancora nella maggior parte dei casi in maniera tradizionale, impiega molto materiale ed è responsabile di un grande quantitativo di rifiuti. Al fine di supportare un cambio di direzione si avverte la necessità di lavorare secondo approcci orientati alla riduzione degli impatti ambientali lungo l'intero ciclo di vita dell'edificio attraverso l'introduzione sia di materiali innovativi, quanto più possibile a matrice naturale, sia di processi costruttivi che ottimizzano il quantitativo di materie prime impiegate e ne agevolino la riciclabilità (Sposito and Scalisi, 2019).

Bisogna tenere conto, inoltre, che attualmente un ruolo strategico nel miglioramento delle performance ecologico-ambientali del settore edilizio (AEC – Architecture Engineering Construction) è svolto dalle infrastrutture digitali per cui sostenibilità e digitalizzazione si stanno sempre più imponendo come un binomio imprescindibile. La tecnologia digitale contribuisce, infatti, a concretizzare la transizione verso modelli circolari declinati tenendo conto delle specificità del contesto di applicazione e consentendo una maggiore trasparenza relativamente ai prodotti, ai flussi di materiali e alle soluzioni adottate (Azhar, 2011; Wang and Liu, 2020). Sostenibilità e digitalizzazione sono alla base del lavoro presentato che illustra i primi esiti di una ricerca interdisciplinare sviluppata nell'ambito di un progetto finanziato a seguito di Bando competitivo¹. Obiettivo del progetto è lo studio dell'applicazione dei geopolimeri come materiali per la stampa 3D di componenti edilizi eco-orientati.

Nell'ambito dei materiali innovativi e sostenibili i geopolimeri presentano potenzialità sia per la loro matrice naturale sia perché possono essere utilizzati nella fabbricazione digitale che può costituire un input importante per il miglioramento della sostenibilità anche nell'ambito dei processi costruttivi. In tal modo i processi digitali, utilizzando software parametrici e progettazioni avanzate, forniscono un apporto non soltanto per la riduzione di tempi e costi rispetto all'edilizia tradizionale, ma anche per l'ottimizzazione e la riduzione delle quantità di materiale adoperato e per la possibilità di utilizzare materiali riciclati e riciclabili successivamente.

Il principale obiettivo del contributo consiste nell'indagare il potenziale della tecnologia dei geopolimeri nell'ambito di approcci circolari applicati all'edilizia. Tali potenzialità saranno illustrate attraverso il percorso di ricerca sviluppato e, tenendo conto dello stato dell'arte anche in relazione al mondo produttivo, il contributo illustrerà le fasi e i risultati della sperimentazione condotta. Gli esiti, se pure parziali, evidenziano il raggiungimento di importanti obiettivi riguardanti sia le proprietà dei materiali sperimentati sia le implicazioni in termini di impatti ambientali relativamente ai campioni ottenuti aggregando diverse percentuali in peso dei rifiuti ceramici. I dati emersi e riportati all'interno del contributo non solo hanno consentito una prima simulazione digitale del prodotto attraverso

la modellazione parametrica, ma costituiscono un avanzamento che può supportare la comunità scientifica impegnata nello studio delle potenzialità dei geopolimeri soprattutto nell'ottica della valorizzazione delle diverse filiere produttive.

Gli scenari della circolarità nel settore delle costruzioni | La sperimentazione di approcci progettuali incentrati sulle logiche della circolarità, consente di ripensare sistemi e prodotti secondo una visione integrata e inter-scalare che supporti la transizione verso ambienti di vita più resilienti ed ecologicamente performanti (Dufourmont, Pappi Carrone and Haigh, 2020). Le città e gli edifici sono, in stretta analogia con gli organismi viventi, sistemi complessi e dinamici caratterizzati da un proprio metabolismo (Princetl, Bunje and Holmes, 2012; Pollo, Trane and Giovanardi, 2021) che si alimenta di beni e risorse i quali solo in parte vengono assimilati per il corretto funzionamento dei sistemi stessi.

Infatti come ogni sistema di tipo lineare producono da un lato servizi e prodotti dall'altro impatti ambientali sull'ecosistema urbano in termini di emissioni e rifiuti. Lavorare su metodologie finalizzate alla riduzione ed eliminazione di tali disfunzioni metaboliche significa supportare la transizione verso l'uso di energie e materiali rinnovabili² attraverso strategie e soluzioni scalabili che affrontino le sfide più attuali. Sfide che, come emerso anche da un recente seminario scientifico nell'ambito della Progettazione Ambientale (Tucci et alii 2021), riguardano i cambiamenti climatici (e la neutralità climatica), la circolarità delle risorse e la qualità ambientale (anche in relazione alla salute).

Il lavoro di ricerca che si presenta condivide tale premessa così come un approccio metodologico sistemico e interdisciplinare ed è fortemente interconnesso con i tre principi che orientano il progetto circolare: l'eliminazione dei rifiuti e dell'inquinamento, la circolazione di prodotti e materiali (al loro massimo valore) e la rigenerazione della natura: una interconnessione che si rileva non solo a livello strategico ma anche sul piano più operativo. Esaminando il Circular Buildings Toolkit³ di Arup, uno strumento concepito come supporto progettuale per l'edilizia, emergono una serie di aspetti che confermano il ruolo strategico dei materiali innovativi quanto più possibile a matrice naturale, a bassa emissione e che evitino le sostanze inquinanti, così come l'utilizzo di processi costruttivi che ottimizzano il quantitativo di materie prime impiegate e ne agevolino la riciclabilità.

In particolare le azioni prioritarie individuate nel Toolkit, soprattutto in riferimento alle strategie del 'costruire in modo efficiente' e 'costruire con i materiali giusti', trattano alcuni aspetti chiave che riguardano proprio la riduzione sia dell'uso di materiali vergini e non rinnovabili, sia di materiali ad alta intensità di carbonio, così come la progettazione di materiali non pericolosi/inquinanti. Aspetti questi che sono fortemente connessi con il progetto di ricerca, il cui obiettivo principale è quello di approfondire il potenziale della tecnologia dei geopolimeri, in termini di utilizzo di rifiuti e di sottoprodotti industriali, per produrre nuovi componenti edilizi. Tali indicazioni operative sono confluite all'interno del modello digitale oggetto di sperimentazione, andando così ad arricchire il sistema informativo che orienterà le successive scelte di progetto nell'ottica della circolarità.

L'attività di ricerca opera in sintonia anche con Level(s), quadro europeo di riferimento per gli edifici sostenibili, uno strumento volontario che individua una serie di macro-obiettivi per la valutazione e la rendicontazione delle prestazioni di sostenibilità degli edifici. In particolare, risponde al macro-obiettivo 2 – Cicli di Vita dei Materiali Circolari ed Efficienti nell'Uso delle Risorse (Dodd, Donatello and Cordella, 2021) il cui focus riguarda la riduzione degli sprechi, l'ottimizzazione dell'uso dei materiali e la riduzione degli impatti ambientali dei progetti e delle scelte dei materiali lungo l'intero ciclo di vita. Un obiettivo che si può raggiungere facilitando il futuro uso circolare dei componenti degli edifici, con particolare attenzione alla produzione di meno rifiuti e al potenziale di riutilizzo o di riciclo di alta qualità dei principali elementi edilizi dopo la decostruzione (European Commission, 2020).

Tali aspetti, evidenziano di fatto l'importanza di lavorare sulla valorizzazione delle filiere in modo tale che la maggior parte del valore del materiale sia conservato e recuperato alla fine della vita dell'edificio anche grazie all'adozione di approcci costruttivi con un elevato grado di industrializzazione che favoriscano il recupero per il riutilizzo o il riciclo.

Geopolimeri: nuovi materiali per la sostenibilità

| Un possibile processo chiave per il riutilizzo e la valorizzazione di un'ampia varietà di rifiuti metallurgici, industriali, urbani e agricoli, potrebbe essere rappresentato dalla produzione di materiali ad attivazione alcalina e geopolimeri (Provis, 2014; Shen et alii, 2022; Ricciotti et alii, 2020). I geopolimeri sono materiali ceramici amorfi ottenuti attraverso l'attivazione alcalina di polveri alluminosilicatiche di diversa natura, sia di origine naturale (come la caolinite) sia come sottoprodotti di altri processi industriali, quali ceneri volanti e ceneri pesanti di centrali termoelettriche a carbone, scorie di altoforno, fanghi di potabilizzazione delle acque, rifiuti da demolizione e costruzione e così via (Provis, 2014; Roviello et alii, 2020). La reazione di attivazione alcalina di materie prime alluminosilicatiche produce un reticolo tridimensionale amorfo, costituito da legami Si-O-Al-O (Fig. 1; Ricciotti et alii, 2023). Tali sistemi sono considerati una valida alternativa ai materiali a base di cemento grazie alle loro caratteristiche di elevata stabilità termica, basso ritiro, resistenza al gelo e al disgelo, agli agenti chimici e al fuoco, possibilità di essere riciclati e durabilità a lungo termine.

Applicazioni e potenzialità | Secondo Medri (2009, p. 6) «[...] i geopolimeri, sia usati puri o con cariche o rinforzati, trovano già applicazioni in molti campi dell'industria: industria aerospaziale e dell'automobile e dei loro accessori, fonderie dei metalli non ferrosi e metallurgia, ingegneria civile, industrie plastiche, trattamento dei rifiuti, restauro, arte e decorazione, biomateriali, eccetera». Alcuni particolari aspetti che li caratterizzano stanno facendo sì che i geopolimeri acquistino un ruolo di rilievo come materiali emergenti nell'ambito di quelli innovativi e sostenibili anche nel settore AEC. Ciò innanzitutto per la matrice naturale e il riuso di sottoprodotti di altri processi, ma anche perché la reazione di consolidamento del materiale dopo la formatura non necessita di alte temperature, ma ha luogo a temperatura significati-

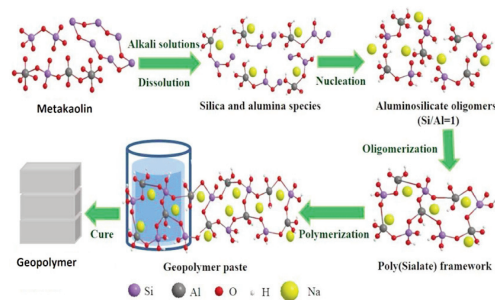


Fig. 1 | Reaction mechanism of a metakaolin-based geopolymer system (source: Ricciotti et alii, 2023).

vamente più basse attraverso un processo chimico fortemente rispettoso dell'ambiente che rende possibile anche la produzione di materiale direttamente in cantiere.

Un altro aspetto di particolare importanza è quello che i geopolimeri possono essere utilizzati nella fabbricazione digitale che può costituire una caratteristica notevole non soltanto per la riduzione di tempi e costi rispetto all'edilizia tradizionale, ma anche per l'ottimizzazione e la riduzione delle quantità di materiale adoperato che viene messo solo dove serve e viene tolto dove non serve e per la possibilità di utilizzare materiali riciclati e riciclabili successivamente. Secondo recenti studi, infatti, «[...] nowadays, the using geopolymers for 3D printing in the large-format printer is a great challenge. It offers a new perspective for the construction industry» (Korniejko et alii, 2020, p. 1). L'uso dei geopolimeri attualmente «[...] gained increasing attention because of their eco-friendly and superior mechanical characteristics and their ability to utilize numerous wastes as precursors» (Shehata et alii, 2022, p. 1).

Le attuali maggiori applicazioni dei geopolimeri nel settore delle costruzioni riguardano in particolare la produzione di mattoni, piastrelle per pavimentazione e pannelli e pareti multistrato. Il ricorso ai geopolimeri nel settore edile è attualmente al centro di numerose attività di ricerche internazionali; in particolare con applicazione sui pannelli multistrato si evidenzia la ricerca svolta nell'ambito del progetto INNOWEE⁴ riguardante lo sviluppo di pannelli isolanti per facciate e pannelli radianti per pareti e soffitti prodotti incorporando rifiuti da demolizione e costruzione in una matrice geopolimerica, il tutto sviluppato con un approccio di design integrato che tiene conto dell'intero ciclo di vita dei materiali.

Una interessante prospettiva è anche quella della produzione di conglomerati in cui il geopolimero costituisce il legante che sostituisce il tradizionale cemento. Questo potrebbe aprire scenari molto interessanti soprattutto per le potenzialità del geopolimero di porsi come «[...] a new environment-friendly cementitious material, and the development of geopolymer can reduce the carbon dioxide emission caused by the development of cement industry» (Cong and Cheng, 2021, p. 283). Da ciò deriverebbe un notevole vantaggio in termini ambientali sia per l'utilizzo di materiali riciclati e sia perché si eviterebbero i trattamenti ad alte temperature necessari per la produzione del cemento con una notevole riduzione dell'emissione di CO₂ che costituisce attualmente una notevole problematica per l'industria edile.

Dalla sperimentazione al prodotto | In linea con le attuali ricerche sulle potenzialità dei geopolimeri nel settore edilizio uno sviluppo dello studio proposto prevede la sperimentazione futura di un pannello concepito come modulo base con connessioni multiple per consentire la costruzione a secco di sistemi di involucro strutturale prefabbricati. Tale pannello si configura come monomateriale in quanto costituito da due strati esterni di geopolimero strutturale che racchiudono uno strato interno di geopolimero espanso. Rispetto a un pannello realizzato con materiali tradizionali quello in oggetto presenta notevoli vantaggi dal punto di vista dell'impatto ambientale lungo tutto il suo ciclo di vita, dall'estrazione delle materie prime fino alla gestione del fine vita.

Già nella prima fase, il consumo di risorse è molto limitato, anzi quasi nullo perché per tutti gli strati del pannello si riutilizzano scarti provenienti da altre filiere produttive. Anche la fase dell'assemblaggio non genera particolari impatti in quanto la giunzione avviene a secco e il cantiere diventa esclusivamente il luogo di assemblaggio in situ di sistemi altamente tecnologici. Il ricorso a tali pannelli, quindi, riduce notevolmente anche i tempi della costruzione. Per quanto riguarda il fine vita, un'alta propensione alla riciclabilità è sicuramente riscontrabile sia nel complesso che nei singoli strati che compongono il pannello.

Nella ricerca malte a base di geopolimeri ottenute attraverso la valorizzazione di scarti derivanti dalla produzione e dal 'fine vita' di prodotti in gres porcellanato sono proposte come materiali eco-compatibili performanti da utilizzare nel settore dell'AEC. Gli obiettivi di questo studio sono consistiti sia nell'indagare il potenziale utilizzo di grandi quantità di scarti ceramici in malte a base di geopolimeri, poiché si tratta di un'opzione interessante per le industrie ceramiche, oggi sempre più focalizzate al riciclo e alla produzione di materiali sostenibili, sia nel suggerire l'applicazione di questi materiali nel settore AEC.

Metodologia e fasi | La reazione di geopolimerizzazione si basa sull'attivazione alcalina di una materia prima alluminosilicata utilizzando una soluzione fortemente alcalina. In questo lavoro NaOH in pellet è stato sciolto nella soluzione di silicato di sodio per preparare la soluzione alcalina attivante. La soluzione così preparata è stata raffreddata e lasciata equilibrare per 24 ore. La composizione chimica della soluzione attivante alcalina è Na₂O 1,55 SiO₂ 12,14 H₂O. Il metacaolino BASF Matamax[®] è stato quindi incorporato nella soluzione attivante con un rapporto liquido-solido di 1,4:1 in peso e miscelato con un miscelatore meccanico per 10 minuti a 800 giri/min. La composizione dell'intero sistema geopolimerico può essere espressa come Al₂O₃ 3,48 SiO₂ 1,0 Na₂O 12,14 H₂O, come rivelato dall'analisi EDS effettuata sui campioni polimerizzati.

Nel presente lavoro il campione di Geopolimero ottenuto è indicato come MK e la Tabella 1 mostra la composizione delle malte a base di geopolimeri impiegate. I campioni sono stati ottenuti aggiungendo diverse percentuali in peso dei rifiuti ceramici (nell'intervallo 6-45% in peso) alla sospensione geopolimerica fresca, preparata come sopra descritto e incorporata rapidamente mediante miscelazione meccanica controllata (5 minuti a 800 giri/min). Le percentuali in massa dei

rifiuti ceramici sono state scelte in modo da non modificare significativamente la lavorabilità, i tempi di presa e le proprietà fisico-meccaniche. I rifiuti ceramici sono stati macinati prima dell'uso per ottenere una polvere fine (dimensioni delle particelle nell'intervallo 5-80 μm).

L'impasto è risultato ben lavorabile per diverse ore (la reticolazione e l'indurimento completi sono avvenuti in 5-7 ore a temperatura ambiente, 20 °C). I campioni sono di seguito indicati come GP-MK, dove GP si riferisce a rifiuti ceramici in gres porcellanato, DC-MK, dove DC si riferisce ai rifiuti ceramici pressati crudi (disco crudo), DC_{dry}-MK, dove DC_{dry} si riferisce a rifiuti ceramici pressati crudi ricotti a 450 °C per 5 ore in aria, Ge-MK, dove Ge si riferisce a rifiuti di gesso, e MIX-MK, che si riferisce a malte geopolimeriche ottenute dall'aggiunta di tutti i rifiuti ceramici.

Tutte le miscele geopolimeriche preparate sono state colate in stampi cubici (50×50×50 mm³) e fatte polimerizzare in condizioni di umidità relativa > 95% a 60 °C per 24 h. Successivamente i provini sono stati tenuti a temperatura ambiente per altri 6 giorni in condizioni di umidità relativa > 95% e poi per altri 21 giorni all'aria. Le resistenze a compressione sono state misurate secondo la norma EN 196-1 impiegando provini cubici di dimensioni 40×40×40 mm³. Le prove sono state eseguite dopo 28 giorni di maturazione a temperatura ambiente e i valori riportati sono le medie di cinque valori di resistenza a compressione. Le prove di compressione sono state eseguite fino all'addensamento e/o alla rottura del campione a una velocità di spostamento costante di 2 kN/s.

Discussione e risultati | In dettaglio sono stati preparati diversi tipi di malte geopolimeriche utilizzando tutti i tipi di sottoprodotti del processo di produzione del gres porcellanato (gres porcellanato di scarto, scarti ceramici pressati crudi, scarti ceramici pressati attivati termicamente e gesso derivante da stampi esausti). I materiali ottenuti sono stati caratterizzati dal punto di vista microstrutturale e fisico-meccanico. La composizione delle malte geopolimeriche è riportata in Tabella 1 mentre la composizione chimica delle materie prime utilizzate, in termini dei principali ossidi, descritta nel paragrafo precedente, è riportata in Tabella 2. Per evidenziare la microstruttura dei campioni nella Figura 2 sono riportate le micrografie SEM delle superfici di frattura dei campioni geopolimerici dopo indurimento.

Il campione di geopolimero privo di aggregati (Fig. 2A) mostra una struttura amorfa omogenea con la presenza di alcune fratture (che potrebbero essere state prodotte durante il taglio del campione per ottenere la superficie di frattura da analizzare). La microstruttura ampiamente omogenea suggerisce che la reazione di geopolimerizzazione è andata a buon fine. Nel caso del campione GP-MK (Fig. 2B), la morfologia è caratterizzata dalla presenza di particelle di riempimento GP ben incorporate nella matrice geopolimerica omogenea e compatta e fortemente adesiva ad essa; non sono state rilevate fratture. Per quanto riguarda la morfologia e la microstruttura dei campioni DC-MK e DC_{dry}-MK (Figg. 2C, 2D), esse appaiono molto simili e per entrambi i campioni non è possibile riconoscere gli aggregati di scarto. Tale osservazione permette di affermare che gli aggregati trattati termicamente siano stati convertiti nella fase

metacaolinica reattiva e abbiano reagito in condizioni di attivazione alcalina. Le malte di cui ai campioni DC-MK e DCdry-MK mostrano una microstruttura più coerente rispetto alla pasta geopolimerica, con una quantità ridotta di microfessure.

Una morfologia diversa è stata osservata nel caso del campione Ge-MK (Fig. 2F), in cui è possibile individuare la presenza di cristalli di carbonato di calcio e solfato di sodio distribuiti nella matrice geopolimerica. Infine, anche il campione MIX-MK (Fig. 2E) mostra una morfologia piuttosto omogenea, dove, come nel caso del campione GP-MK, è possibile riconoscere particelle aggregate di GP con dimensioni di circa 100 µm fortemente compenstrate nella matrice geopolimerica.

Le proprietà fisico-meccaniche sono descritte nella Tabella 3 che riporta i valori di resistenza a compressione, densità e assorbimento d'acqua dei campioni geopolimerici preparati. Tutte le malte geopolimeriche presentano valori di densità superiore al campione geopolimerico di riferimento (MK). Ciò è dovuto alla presenza di una quantità significativa (cfr. Tab. 1 per il mix design) di aggregati di scarto costituiti da materiali di densità superiore rispetto al campione MK (la densità tipica del gres porcellanato e delle argille pressate è di circa 2,6 g/cm³). L'unica eccezione è rappresentata dalla malta Ge-MK, in cui è possibile notare che il valore di densità è molto simile a quello del campione MK. Questo dato è in linea con l'elevata capacità di assorbimento d'acqua del campione, dovuta all'alta affinità del solfato di calcio con l'acqua. Tale caratteristica diminuisce la lavorabilità dell'impasto geopolimerico, riducendo fortemente il tempo di presa e causando così l'incorporazione di una maggiore quantità di aria rispetto alle altre malte, ottenendo un prodotto finale con il valore di densità più basso (1.335 kg/m³).

Una tendenza simile si può evidenziare anche esaminando i valori di resistenza a compressione dei diversi campioni (terza riga della Tab. 3). Come si può notare, ad eccezione della malta Ge-MK, tutti gli altri campioni mostrano una resistenza a compressione paragonabile o addirittura superiore a quella del geopolimero puro, con un aumento dei valori di resistenza a compressione fino al 40%, a indicare che l'aggiunta degli aggregati ha un notevole effetto migliorativo sulle proprietà meccaniche dei materiali. Il miglioramento più evidente delle proprietà meccaniche è stato registrato per il campione DC_{dry}-MK. Questo importante incremento della resistenza a compressione è probabilmente dovuto alla presenza nel campione di partenza di una maggiore quantità di fase reattiva (metakaolino aggiuntivo prodotto dalla calcinazione della caolinite a 450 °C).

A differenza di questo campione la malta Ge-MK mostra proprietà meccaniche più modeste, con una riduzione di circa l'85% del valore di resistenza a compressione rispetto al geopolimero puro (MK). In sostanza, la presenza di gesso all'interno della pasta influisce negativamente sulle proprietà meccaniche del prodotto finale, in quanto il gesso è una fonte di ioni Ca, competitivi con la reazione di geopolimerizzazione (Provis and van Deventer, 2009; Botti et alii, 2020). Al fine di valorizzare gli scarti in gesso è stata realizzato il campione MIX-MK che ha permesso di includere fino al 7% in peso di gesso senza compromettere significativamente le proprietà meccaniche del prodotto finale, un risultato che, a nostra conoscenza,

non era mai stato ottenuto in precedenza utilizzando aggregati con un'alta concentrazione di calcio reattivo (Tab. 1). È importante sottolineare che il materiale ottenuto presenta buone proprietà meccaniche nonostante la sua elevata capacità di assorbimento d'acqua (> 25% in peso), piuttosto superiore a quella del geopolimero puro (18% in peso).

LCA per il controllo degli impatti ambientali |

Un'analisi comparativa del ciclo di vita (LCA) con metodo 'cradle to grave' tra i processi produttivi di prodotti in gres porcellanato e materiali geopolimerici a base di scarti ceramici ha confermato l'efficacia dell'approccio di eco-design che rappresenta un forte contributo alla sostenibilità ambientale ed economica dell'industria ceramica italiana. Gli impatti ambientali generati dal ciclo di vita di 1 mc di prodotti in gres porcellanato artistico sono stati confrontati con quelli di 1 mc delle malte geopolimeriche ottenute a partire da scarti e sottoprodotti del gres porcellanato: GP-MK; DC-MK; DC_{dry}-MK; Ge-MK e MIX-MK (Fig. 3). Per ogni sistema analizzato sono stati considerati gli impatti ambientali delle materie prime e del consumo energetico del processo produttivo.

Per quanto riguarda le malte geopolimeriche, gli impatti derivanti dall'uso del silicato di sodio commerciale (barre blu scuro della Fig. 3A) sono stati confrontati con quelli del silicato di sodio pro-

dotto da rifiuti (barre blu chiaro della Fig. 3A). È importante evidenziare che, per le malte geopolimeriche, il consumo energetico per il processo produttivo è stato stimato in precedenti studi degli autori (Ricciotti et alii, 2020): 2 kWh per la miscelazione della pasta; 12 kWh per il processo di curing termico in camera climatica a 60 °C per 12 ore, 1 kWh per il taglio dei campioni. Per quanto riguarda il processo di produzione del gres porcellanato, i dati sul consumo energetico sono stati forniti direttamente dall'azienda: circa 1950 kWh per l'intero processo produttivo.

È importante evidenziare che il processo di produzione dei geopolimeri permette di riciclare e valorizzare gli scarti industriali e di risparmiare circa il 97% dell'energia rispetto al gres porcellanato (Fig. 3B). Pertanto la tecnologia basata sul gres porcellanato risulta essere più dipendente dai costi di fornitura di gas naturale rispetto a quello dei geopolimeri: la tecnologia impiegata ottenere i materiali geopolimerici risulta molto vantaggiosa sia da un punto di vista ambientale che economico in Paesi come l'Italia (non produttori di petrolio) dove il costo dell'energia è molto elevato.

In termini di Potenziale di Riscaldamento Globale (GWP) il gres porcellanato mostra i valori più alti tra i sistemi studiati (circa il 37% in più rispetto alle malte geopolimeriche); il materiale che mostra il contributo GWP più basso è MIX-MK (41% in meno rispetto al gres porcellanato). Inoltre l'analisi

Materials (wt%)	GP-MK	DC-MK	DCdry-MK*	Ge-MK	MIX-MK
Metakaolin	10-20	10-20	10-20	10-15	10-20
NaOH	5-10	5-10	5-10	7-10	5-10
Sodium silicate	30-40	30-40	30-40	46-56	30-40
Porcelain stoneware waste	30-40	-	-	-	20-30
Raw pressed	-	30-40	30-40	-	16-32
Gypsum	-	-	-	12-22	6-12

* The raw disc was treated in an oven at 450 °C for 5 hours before use

Tab. 1 | Mix design of geopolymer mortars and their physical and mechanical properties (MK: metakaolin; Ge: gypsum; DC: raw disc; and GP: porcelain stoneware).

Compound	Metakaolin	Sodium silicate
Al ₂ O ₃	45.20	-
SiO ₂	52.30	23.50
K ₂ O	0.15	-
Al ₂ O ₃	0.42	-
Na ₂ O	-	11.75
MgO	0.04	-
H ₂ O	-	64.75

Tab. 2 | Chemical composition (% by weight) in terms of main oxides of the metakaolin and sodium silicate solution used in this work; other oxides (e.g., CaO, TiO₂, SO₃) with a relative abundance of less than 1% by weight were not explicitly stated.

dei risultati mostra che, a differenza del gres porcellanato, per le malte geopolimeriche (Fig. 3B) la maggior parte degli impatti ambientali sono attribuibili alle materie prime di partenza: solo l'1% circa del GWP è dovuto al consumo di energia del processo produttivo; la parte restante è attribuibile agli impatti delle materie prime (Fig. 3B).

Validazione attraverso modellazione BIM | Le recenti sperimentazioni e applicazioni nella modellazione parametrica del costruito rivolgono il loro interesse all'impiego di dati ambientali e tecnici degli elementi da costruzione per agevolare la valutazione delle prestazioni in chiave sostenibile di una costruzione durante il suo ciclo di vita (ISO, 2022). Nell'ambito della modellazione parametrica il Building Information Modeling (BIM) costituisce la piattaforma di archiviazione e gestione della ampia mole di informazioni connessa a ciascun componente edilizio anche in relazione ai materiali che lo costituiscono al fine di definire parametri e indicatori validi per la definizione dei comportamenti degli edifici. Le applicazioni della modellazione parametrica computerizzata alla progettazione architettonica hanno permesso l'integrazione non solo delle informazioni geometriche e formali dell'edificio, ma anche delle relative informazioni provenienti da tutte le aree e competenze coinvolte nel processo di costruzione. Nell'ambito delle attività condotte, coerentemente sia con gli obiettivi generali del progetto di ricerca discusso in tale sede che con quelli specifici connessi alla modellazione parametrica, la fase successiva alla caratterizzazione dei mix design ha interessato anche l'impiego del BIM per la replica in digitale dei materiali a base geopolimerica studiati. La costruzione di un gemello digitale attraverso piattaforma BIM ha come obiettivo la verifica e la validazione delle scelte progettuali e nel caso specifico permetterà nelle successive fasi del progetto di valutare in digitale le applicazioni dei mix geopolimerici a componenti edilizi.

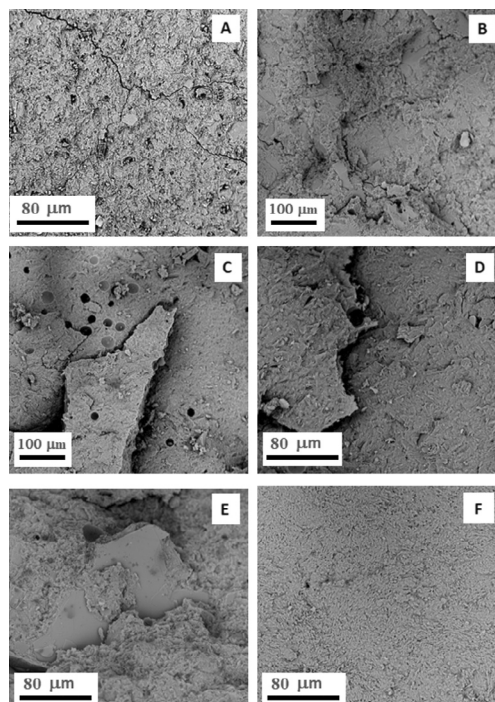


Fig. 2 | SEM micrographs of (A) geopolymer without aggregates; (B) GP-MK; (C) DC-MK; (D) DC_{dry}-MK; and (F) Ge-MK at 10000x and 15000x magnifications.

È noto che le piattaforme di BIM permettono la costruzione di un gemello digitale di un edificio e di ogni suo componente edilizio, registrando per ciascuno di essi non solo le caratteristiche geometrico-dimensionali ma anche quelle fisico-mecchaniche. È stato pertanto possibile trasferire all'interno del database dei materiali del modellatore parametrico i dati emersi dalle prove sperimentali sui geopolimeri. Lo studio in oggetto si è avvalso della piattaforma Autodesk Revit® anche per i vantaggi offerti nella classificazione dei parametri connessi ai singoli materiali non solo in relazione ad aspetti grafici e di visualizzazione delle scelte formali, ma anche in rapporto a caratteristiche fisiche e termiche oltre che per i tool per la personalizzazione dei parametri.

In particolare il processo di ricerca è articolato secondo un particolare flusso di lavoro che prevede specifiche fasi operative legate a: digitalizzazione dei mix design di malte geopolimeriche e relative proprietà; modellazione parametrica di un pannello modulare multistrato; verifica circa l'applicabilità delle scelte progettuali. In tale fase del progetto di ricerca sono stati registrati per le diverse composizioni delle malte geopolimeriche prodotte sperimentalmente i valori relativi alla densità, alla resistenza a compressione e alla percentuale di assorbimento di acqua. L'archiviazione di tali dati è stata effettuata trasferendo i dati in un foglio di calcolo e programmando uno script per il trasferimento automatico al modellatore parametrico dei dati di caratterizzazione delle malte geopolimeriche (Fig. 4). Tale processo è stato favorito da Dynamo, un linguaggio di programmazione visuale interno alla stessa piattaforma di Autodesk Revit® (Jayasinghe and Waldmann, 2020).

La sperimentazione è proseguita attraverso una prima validazione circa l'applicabilità dei materiali a base geopolimerica a un pannello modulare multistrato precedentemente illustrato sui cui definire i primi dati di verifica sui diversi mix. La modellazione della stereometria del pannello si è basata su geometrie parametriche che definissero i due strati strutturali esterni e di uno strato espanso intermedio. La scelta dei parametri geometrici e dimensionali ha permesso la definizione delle caratteristiche metriche da modificare (spessori e dimensioni dei pannelli, nonché tipo di mix impiegato) e dei dati invarianti del modello (vincoli geometrici tra gli strati e tra pannelli).

La parametricità del modello permette la sperimentazione in digitale di differenti possibili alternative anche in relazione alla combinazione dei diversi mix per le parti componenti il pannello. Le variazioni di tali parametri e l'associazione delle diverse malte di geopolimeri nella stratigrafia del pannello validerà nelle successive fasi della ricerca le scelte effettuate (Figg. 5, 6). Gli esiti delle verifiche sperimentali condotte attraverso modello parametrico non sono ancora disponibili e i risultati saranno discussi a conclusione del progetto di ricerca.

Nello specifico, nell'ambito di nuovi scenari basati sulla simulazione digitale del progetto attraverso la modellazione parametrica, tali informazioni possono costituire anche parametri condivisi per le applicazioni a modelli BIM sviluppati per edifici di nuova costruzione o già esistenti, così come per la sperimentazione di elementi autoportanti da produrre attraverso processi di stampa 3D, validando non solo le caratteristiche del singolo elemento costruttivo ma anche la performance

globale dell'edificio (Raza, Zhong and Khan 2022). Tali valutazioni potranno essere orientate anche nella direzione della settima dimensione del BIM relativa alla rispondenza delle scelte tecnologico-progettuali con i principi di sostenibilità (UNI, 2017; Wang and Liu, 2020).

Conclusioni | Il presente lavoro, anche attraverso applicazioni sperimentali, illustra il potenziale tecnologico derivante dall'impiego dei geopolimeri, soprattutto dal punto di vista degli approcci orientati alla riduzione degli impatti ambientali sia per quanto riguarda il risparmio di materia prima che l'utilizzo della fabbricazione digitale, input importante per aumentare la sostenibilità nell'ambito dei processi di costruzione e dismissione. In particolare, sono descritte la preparazione e la caratterizzazione di nuove malte geopolimeriche ottenute dal riciclo di scarti derivanti dal processo produttivo e dal 'fine vita' di prodotti in gres porcellanato.

Tali malte geopolimeriche sono state ottenute utilizzando metacaolino, una soluzione alcalina attivante e diversi tipi di sottoprodotti della dismissione di materiali ceramici. I dati emersi dalla sperimentazione dei campioni ottenuti in relazione alle specifiche proprietà fisico-meccaniche e all'analisi del ciclo di vita hanno consentito un primo approfondimento relativo al loro impiego nella modellazione di un pannello multistrato.

Il pannello oggetto di sperimentazione è un sistema che ottimizza le potenzialità del materiale geopolimero, costituito da due strati strutturali esterni in geopolimero che racchiudono un layer interno in geopolimero schiumato. Pertanto, a differenza di altri prodotti sperimentati in cui si aggiungono altri materiali, ad esempio il polistirene espanso (EPS) per le sue proprietà di peso ridotto e isolamento termico, il pannello risulta monomaterico e tale caratteristica influisce positivamente sulla fase di dismissione del componente.

Il pannello, la cui definizione progettuale e prototipazione costituirà il punto di partenza di uno sviluppo scientifico successivo, è strutturato come un modulo base per consentire la realizzazione a secco di sistemi strutturali prefabbricati che, consentendo il disassemblaggio, favoriscono il riuso e il riciclo a fine vita di molti degli elementi utilizzati implementando l'applicazione di logiche circolari. Il tutto mirando al perseguimento di percorsi innovativi per fornire un contributo chiave all'economia circolare nel contesto del pacchetto e degli obiettivi Next Generation EU e degli obiettivi delle più recenti direttive UE. Si evidenzia infine che i limiti della ricerca sono prevalentemente riconducibili alla necessità di ampliare e diversificare la campionatura e alle barriere legislative connesse all'impiego dei geopolimeri e dei relativi prodotti rallentandone in tal modo la diffusione e commercializzazione.

The scientific literature on sustainable building, in outlining its distinctive features, emphasises the use of design and construction solutions that consider natural resources and the surrounding environment from the conception stage (Sinopoli and Tatano, 2002; Raiteri, 2012; Colajanni and Valenza, 2021). This sector, however, while often boasting of moving toward sustainability, still traditionally operates in most cases, uses a lot of material, and

Sample Properties	MK	GP-MK	DC-MK	DC _{dry} -MK	Ge-MK	MIX-MK
Density (kg/m ³)	1370	1773±95	1718±80	1687±90	1335±99	1627±77
Water absorption (%)	18±1	16±1	18±1	19±1	>25	>25
Compressive strength (MPa)	25±2	30±1	25±3	41±3	4.0±0.5	38±2

The water absorption value for samples containing gypsum, which exceeds 25%, is not reported

Tab. 3 | Physical and mechanical properties of geopolymeric sample (MK) and geopolymeric mortars made from porcelain stoneware waste (GP-MK), crude pressed waste (DC-MK), calcined pressed waste (DC_{dry}-MK), gypsum (Ge-MK), and geopolymeric mortar obtained by mixing the waste (MIX-MK).

is responsible for a large amount of waste. To support a change of direction, there is a need to work according to approaches geared toward reducing environmental impacts throughout the building life cycle through the introduction of both innovative materials, as much as possible with a natural matrix, and construction processes that optimise the number of raw materials used and facilitate their recyclability (Sposito and Scalisi, 2019).

It must also be considered that currently a strategic role in improving the ecological-environmental performance of the construction sector (AEC – Architecture Engineering Construction) is played by digital infrastructures for which sustainability and digitisation are increasingly emerging as an indispensable pair. Indeed, digital technology is helping to materialise the transition to circular models declined considering the specificities of the application context and allowing for greater transparency with regard to products, material flows, and solutions adopted (Azhar, 2011; Wang and Liu, 2020). Sustainability and digitisation are the basis of the work presented, which illustrates the first outcomes of interdisciplinary research developed as part of a project funded following a competitive call for proposals¹. The project's objective is to study the application of geopolymers as materials for the 3D printing of eco-oriented building components.

In the field of innovative and sustainable materials, geopolymers have potential both because of their natural matrix and because they can be used in digital fabrication, which can be an essential input for improving sustainability in construction processes as well. In this way, digital processes, using parametric software and advanced designs, provide input not only for the reduction of time and costs compared to traditional construction, but also for the optimisation and reduction of the quantities of material used and for the possibility of using recycled and subsequently recyclable materials.

The main aim of the contribution is to investigate the potential of geopolymer technology in the context of circular approaches applied to construction. This potential will be illustrated through the research path developed and, therefore, considering the state-of-the-art also about production world, the contribution will report the phases and results of the experimentation conducted. Although partial, the results highlight the achievement of important objectives concerning the properties of the materials tested and the implications in terms of environmental impacts in relation to the samples obtained by integrating different weight percentages of ceramic waste. The data that emerged and are reported within the contri-

bution not only allowed a first digital simulation of the product through parametric modeling but also constitute an advancement that can support the scientific community engaged in the study of the potential of geopolymers, especially with a view to the valorisation of different production chains.

Circularity scenarios in the construction field |

By experimenting with design approaches centred on the logic of circularity, systems and products can be rethought according to an integrated, inter-scalar vision that supports the transition to more resilient and ecologically performing living environments (Dufourmont, Papú Carrone and Haigh, 2020). Cities and buildings are, in close analogy to living organisms, complex and dynamic systems characterised by their own metabolism (Princetl, Bunje and Holmes, 2012; Pollo, Trane and Giovanardi, 2021) that feed on goods and resources which are only partially assimilated for the proper functioning of the systems themselves.

Indeed, like any linear-type system, they produce services and products on the one hand and environmental impacts on the urban ecosystem in terms of emissions and waste on the other. Working on methodologies aimed at reducing and eliminating these metabolic dysfunctions means supporting the transition to renewable energies and materials² through scalable strategies and solutions that address the most current challenges. Challenges that, as also emerged from a recent scientific seminar in Environmental Design (Tucci et alii 2021), concern climate change (and climate neutrality), resource circularity, and environmental quality (also in relation to health).

The research work that is presented shares this premise as well as a systemic and interdisciplinary methodological approach and is strongly interconnected with the three principles that guide circular design: the elimination of waste and pollution, the circulation of products and materials (at their highest value) and the regeneration of nature. An interconnection that is detected not only at the strategic level but also at the operational level. Examining Arup's Circular Buildings Toolkit³, a tool designed as design support for construction, several aspects emerge that confirm the strategic role of innovative materials as much as possible with a natural matrix, low emissions and that avoid pollutants, as well as the use of construction processes that optimise the number of raw materials used and facilitate their recyclability.

In particular, the priority actions identified in the Toolkit, especially concerning the strategies of 'building efficiently' and 'building with the right materials', deal with some key aspects that relate precisely to reducing both the use of virgin and

non-renewable materials and carbon-intensive materials, as well as the design of non-hazardous / polluting materials. These aspects are strongly connected with the research project, whose main objective is to investigate the potential of geopolymer technology in terms of using waste and industrial by-products to produce new building components. Therefore, these operational indications are incorporated within the tested digital model, thus enriching the information system that will guide subsequent project choices from the perspective of circularity.

The research activity also operates in line with Level(s), the European Framework for Sustainable Buildings, a voluntary tool that identifies a set of macro-objectives for assessing and reporting on the sustainability performance of buildings. Specifically, it responds to macro-Objective 2 – Resource Efficient and Circular Material Life Cycles (Dodd, Donatello and Cordella, 2021), whose focus is on reducing waste, optimising the use of materials, and minimising the environmental impacts of projects and material choices throughout the life cycle. A goal can be achieved by facilitating the future circular use of building components, focusing on producing less waste and the potential for reuse or high-quality recycling of key building elements after deconstruction (European Commission, 2020).

These aspects highlight the importance of working on the valorisation of supply chains in such a way that most of the value of the material is retained and recovered at the end of the building's life also through the adoption of construction approaches with a high degree of industrialisation that encourage recovery for reuse or recycling.

Geopolymers: new materials for sustainability |

One possible key process for reuse and valorisation of a wide variety of metallurgical, industrial, municipal, and agricultural wastes could be the production of alkaline-activated materials and geopolymers (Provis, 2014; Shen et alii, 2022; Ricciotti et alii, 2020). Geopolymers are amorphous ceramic materials obtained through the alkaline activation of aluminosilicate powders of different kinds, either of natural origin (such as kaolinite) or as by-products of other industrial processes, such as fly ash and bottom ash from coal-fired power plants, blast furnace slag, water purification sludge, demolition and construction waste, and so on (Provis, 2014; Roviello et alii, 2020). The alkaline activation reaction of aluminosilicate raw materials produces an amorphous three-dimensional network consisting of Si-O-Al-O bonds (Fig. 1; Ricciotti et alii, 2023). Such systems are considered a suitable alternative to cement-based materials

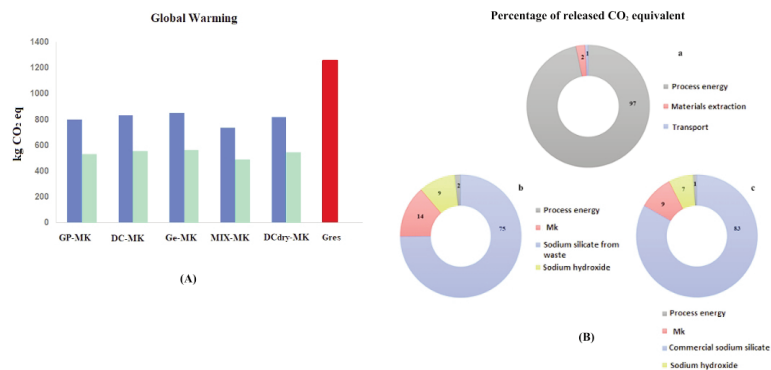


Fig. 3 | LCA results of material production expressed with EPD impact categories. In the image on the left, the blue bars refer to the use of commercial sodium silicate, while the green bars refer to the use of waste-produced sodium silicate (A); in the figure on the right, the percentage of CO₂ equivalent released as a function of the material production process is shown, in terms of comparing the production process of stoneware (a), geopolymer mortar with waste-produced sodium silicate (b) and geopolymer mortar with commercial sodium silicate (c).

because of their characteristics of high thermal stability, low shrinkage, resistance to freezing and thawing, chemicals and fire, ability to be recycled, and long-term durability.

Applications and potential | According to Medri (2009), geopolymers, whether used pure or with fillers or reinforced, already have applications in many fields of industry, such as aerospace and automotive industries and their accessories, non-ferrous metal foundries and metallurgy, civil engineering, plastics industries, waste treatment, restoration, art and decoration, and biomaterials. Furthermore, some particular aspects that characterise them are causing geopolymers to acquire an important role as emerging materials in the context of innovative and sustainable ones also in the AEC sector. This is primarily due to the natural matrix and the reuse of by-products from other processes, but also because the consolidation reaction of the material after forming does not require high temperatures, but takes place at significantly lower temperatures through a highly environmentally friendly chemical process which also makes it possible to produce material directly on site.

Another aspect of particular importance is that geopolymers can be used in digital manufacturing, which can constitute a significant characteristic not only for the reduction of time and costs compared to traditional construction but also for the optimisation and reduction of the quantities of material used that is placed only where it is needed and is removed where it is not required and for the possibility of using recycled and subsequently recyclable materials. In fact, according to recent studies, «[...] nowadays, the using geopolymers for 3D printing in the large-format printer is a great challenge. It offers a new perspective for the construction industry» (Korniejenko et alii, 2020, p. 1). The use of geopolymers currently «[...] gained increasing attention because of their eco-friendly and superior mechanical characteristics and their ability to utilise numerous wastes as precursors» (Shehata et alii, 2022, p. 1).

The current significant applications of geopolymers in the construction sector are mainly in producing bricks, floor tiles, and multilayer panels and walls. The use of geopolymers in the construction sector is currently the focus of several international research activities; in particular, with regard to the application to multilayer panels, we highlight the research carried out as part of the INNOWEE⁴ project concerning the development of insulating facade panels and radiant wall and ceiling panels produced by incorporating demolition and construction waste into a geopolymer ma-

trix, all developed using an integrated design approach that takes into account the entire life cycle of the materials.

An interesting prospect is also the production of conglomerates in which geopolymer constitutes the binder that replaces traditional cement. This could open up very interesting scenarios mainly because of the potential of geopolymer to stand as «[...] a new environment-friendly cementitious material, and the development of geopolymer can reduce the carbon dioxide emission caused by the development of cement industry» (Cong and Cheng, 2021, p. 283). This would result in a significant advantage in environmental terms for using recycled materials because the high-temperature treatments necessary to produce cement would be avoided with a considerable reduction in CO₂ emissions, which currently constitutes a significant problem to the construction industry.

From experimentation to product | In line with current research on the potential of geopolymers in the building sector, a development of the proposed study, foresees the future experimentation of a panel conceived as a basic module with multiple connections to allow the dry construction of prefabricated structural envelope systems. This panel is configured as a single material consisting of two outer layers of structural geopolymer enclosing an inner layer of expanded geopolymer. Compared to a panel made with traditional materials, the one in question has significant advantages in terms of environmental impact throughout its life cycle, from raw material extraction to end-of-life management.

Even in the first phase, resource consumption is minimal, almost zero, because all the panel layers reuse waste from other production chains. Even the assembly phase does not generate any particular impacts because the joining takes place dry, and the construction site becomes exclusively the place for the in-situ assembly of highly technological systems. The use of such panels, therefore, also significantly reduces construction time. As far as end-of-life is concerned, a high propensity for recyclability can certainly be found both in the whole and the individual layers that make up the panel.

The research proposes geopolymer-based mortars obtained through waste valorisation from the production and the 'end-of-life' of porcelain stoneware as eco-friendly performance materials for use in the AEC sector. The objectives of this study were both to investigate the potential use of large quantities of ceramic waste in geopolymer-based mortars, as this is an attractive option for

ceramic industries, now increasingly focused on recycling and production of sustainable materials and to suggest the application of these materials in the AEC sector.

Methodology and phases | The geopolymerisation reaction is based on the alkaline activation of an aluminosilicate raw material using a highly alkaline solution. In this paper, NaOH pellets were dissolved in the sodium silicate solution to prepare the alkaline activating solution. The solution thus prepared was cooled and allowed to equilibrate for 24 hours. The chemical composition of the alkaline activating solution is Na₂O 1.55 SiO₂ 12.14 H₂O. BASF Matamax[®] metakaolin was then incorporated into the activating solution with a liquid-to-solid ratio of 1.4:1 by weight and mixed with a mechanical mixer for 10 minutes at 800 rpm. The composition of the whole geopolymer system can be expressed as Al₂O₃ 3.48 SiO₂ 1.0 Na₂O 12.14 H₂O, as revealed by EDS analysis performed on the cured samples.

In the present work, the obtained Geopolymer sample is referred to as MK. Table 1 shows the composition of the geopolymer-based mortars used. The samples were obtained by adding different weight percentages of the ceramic wastes (in the range of 6-45% by weight) to the fresh geopolymer suspension, prepared as described above and incorporated rapidly by controlled mechanical mixing (5 minutes at 800 rpm). The mass percentages of the ceramic wastes were chosen not significantly to change the workability, setting time and physical-mechanical properties. The ceramic wastes were ground before use to obtain a fine powder (particle size in the range of 5-80 μm).

The mixture was found to be well workable for several hours (complete cross-linking and curing occurred in 5-7 hours at room temperature, 20 °C). The samples are hereafter referred to as GP-MK, where GP refers to porcelain ceramic waste, DC-MK, where DC refers to raw pressed ceramic waste (raw disc), DC_{dry}-MK, where DC_{dry} refers to raw pressed ceramic waste annealed at 450 °C for 5 hours in the air, Ge-MK, where Ge refers to gypsum waste, and MIX-MK, which refers to geopolymeric mortars obtained by the addition of all ceramic waste.

All prepared geopolymer mixtures were poured into cubic moulds (50×50×50 mm³) and cured under > 95% relative humidity at 60 °C for 24 hours. Subsequently, the specimens were kept at room temperature for another six days at > 95% relative humidity and then for another 21 days in the air. Compressive strengths were measured

according to EN 196-1 using cubic specimens of dimensions 40x40x40 mm³. The tests were performed after 28 days of curing at room temperature, and the values reported are the averages of five compressive strength values. Compressive tests were performed until the specimen densified and / or broke at a constant displacement rate of 2 kN/s.

Discussion and results | In detail, different types of geopolymer mortars were prepared using all kinds of by-products of the porcelain stoneware production process (waste porcelain stoneware, raw pressed ceramic waste, gypsum from exhausted moulds and heat-activated pressed ceramic waste). The obtained materials were characterised microstructurally and physico-mechanically. The composition of the geopolymer mortars is shown in Table 1, while the chemical composition of the raw materials used, in terms of the main oxides, described in the previous section, is reported in Table 2. To highlight the microstructure of the samples, SEM micrographs of the fracture surfaces of the geopolymer samples after curing are shown in Figure 2.

The aggregate-free geopolymer sample (Fig. 2A) shows a homogeneous amorphous structure with some fractures (which might have been produced during the sample cutting to obtain the fracture surface for analysis). The largely homogeneous microstructure suggests that the geopolymerisation reaction was successful. In the case of the GP-MK sample (Fig. 2B), the morphology is characterised by the presence of GP filler particles well embedded in the homogeneous and compact geopolymer matrix and strongly adhered to

it. No fractures appear to be present. As for the morphology and microstructure of the DC-MK and DC_{dry}-MK samples (Fig. 2C, 2D), they appear to be very similar, and for both samples it is impossible to recognise waste aggregates.

This observation allows us to affirm that the heat-treated aggregates were converted to the reactive metakaolin phase and reacted under alkaline activation conditions. The mortars DC-MK and DC_{dry}-MK show a more consistent microstructure than the geopolymer paste, with a reduced amount of micro-cracks.

A different morphology was observed in the case of sample Ge-MK (Fig. 2F), in which the presence of calcium carbonate and sodium sulfate crystals distributed in the geopolymer matrix can be detected. Finally, the MIX-MK sample (Fig. 2E) also shows a rather homogeneous morphology, where, as in the case of the GP-MK sample, it is possible to recognise aggregated GP particles with a size of about 100 µm strongly interpenetrated in the geopolymer matrix.

The physical-mechanical properties are described in Table 3, which reports the compressive strength, density and water absorption values of the prepared geopolymer samples. All geopolymer mortars show density values higher than the reference geopolymer sample (MK). This is due to a significant amount (see Tab. 1 for mix design) of waste aggregates of higher-density materials than the MK sample (the typical density of porcelain stoneware and pressed clays is about 2.6 g/cm³). The only exception is the Ge-MK mortar, where it can be seen that the density value is very similar to that of the MK sample. This finding is in line with the high water absorption capacity of the sample

due to the high affinity of calcium sulfate with water. This characteristic decreases the workability of the geopolymer mixture, significantly reducing the setting time and thus causing the incorporation of more air than other mortars, resulting in a final product with the lowest density value (1,335 kg/m³).

A similar trend can also be seen by examining the compressive strength values of the different samples (third row of Tab. 3). As can be noticed, except the Ge-MK mortar, all other samples show comparable or even higher compressive strength than the pure geopolymer, with an increase in compressive strength values of up to 40 %, indicating that the addition of the aggregates has a significant improving effect on the mechanical properties of the materials. The most noticeable improvement in mechanical properties was recorded for the DC_{dry}-MK sample. This significant increase in compressive strength is probably due to a more reactive phase (additional metakaolin produced by calcination of kaolinite at 450 °C) in the starting sample.

In contrast to this sample, the Ge-MK mortar shows more modest mechanical properties, with a reduction of about 85% in compressive strength value compared to the pure geopolymer (MK). In essence, the presence of gypsum within the paste negatively affects the mechanical properties of the final product, as gypsum is a source of Ca ions, which are competitive with the geopolymerisation reaction (Provis and van Deventer, 2009; Botti et alii, 2020). To enhance the value of gypsum waste, the MIX-MK sample was made, which allowed the inclusion of up to 7% by weight of gypsum without significantly compromising the

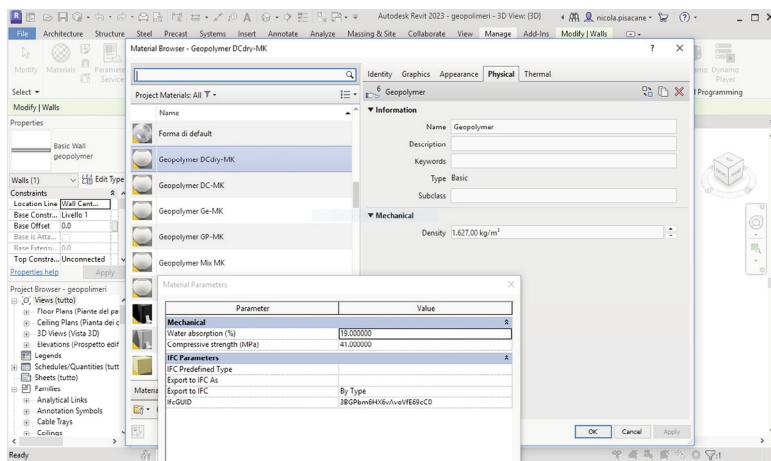


Fig. 4 | Geopolymer mortars mix designs digital modeling and parameters related to physical and mechanical properties.

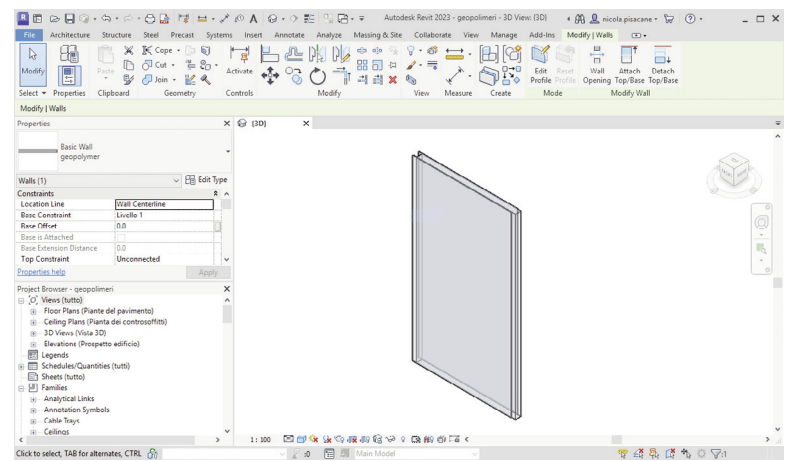


Fig. 5, 6 | Geopolymer mortars multilayer modular panel parametric modeling: geometric structure; stratigraphy.

mechanical properties of the final product, a result that, to our knowledge, had never been previously achieved using aggregates with a high concentration of reactive calcium (Tab. 1). Significantly, the obtained material exhibits good mechanical properties despite its high water absorption capacity (> 25% by weight), which is rather higher than that of pure geopolymers (18% by weight).

LCA for the control of environmental impacts

A comparative life cycle analysis (LCA) using a 'cradle to grave' method between the production processes of porcelain stoneware products and geopolymeric materials made from ceramic waste confirmed the effectiveness of the eco-design approach as a strong contribution to the environmental and economic sustainability of the Italian ceramic industry. The environmental impacts generated by the life cycle of 1 cubic meter of artistic porcelain stoneware products were compared with those of 1 cubic meter of geopolymeric mortars made from porcelain stoneware waste and by-products: GP-MK; DC-MK; DCdry-MK; Ge-MK and MIX-MK (Fig. 3). For each system analysed, the environmental impacts of raw materials and energy consumption of the production process were considered.

For geopolymer mortars, the impacts from the use of commercial sodium silicate (dark blue bars in Fig. 3A) were compared with those of waste-produced sodium silicate (light blue bars in Fig. 3A). It is important to point out that, for geopolymer mortars, the energy consumption for the production process has been estimated in previous studies by the authors (Ricciotti et alii, 2020): 2 kWh for mixing the paste; 12 kWh for the thermal curing process in a climatic chamber at 60 °C for 12 hours; 1 kWh for cutting the samples. As for the porcelain stoneware production process, the company provided energy consumption data: about 1950 kWh for the whole production process.

It is important to point out that the geopolymer production process allows for the recycling and valorisation of industrial waste and saves about 97% of energy compared to porcelain stoneware (Fig. 3B). Therefore, the technology based on porcelain stoneware turns out to be more dependent on natural gas supply costs than that of geopolymers. The technology enabling geopolymer materials is very advantageous both from an environmental and economic point of view in countries such as Italy (non-oil producing), where the energy cost is very high.

In terms of Global Warming Potential (GWP), porcelain stoneware shows the highest values among the systems studied (about 37% higher than geopolymer mortars). In particular, the material showing the lowest GWP contribution is MIX-MK (41% less than porcelain stoneware). In addition, analysis of the results shows that, unlike porcelain stoneware, for geopolymer mortars (Fig. 3B) most of the environmental impacts are attributable to the starting raw materials. Only about 1% of the GWP is due to the energy consumption of the production process; the remainder is attributable to the impacts of the raw materials (Fig. 3B).

Validation through BIM modeling | Recent experiments and applications in building parametric

modeling are turning their interest in using environmental and technical data of construction elements to facilitate sustainable performance assessment of a building during its life cycle (ISO, 2022). In the context of parametric modeling, Building Information Modeling (BIM) constitutes the platform for storing and managing the large amount of information related to each building component and also in relation to its constituent materials in order to define valid parameters and indicators for analysing building behaviours. Parametric computer modeling applications to architectural design have enabled the integration of geometric and formal building information and related information from all areas and skills involved in the construction process.

As part of the activities carried out, consistent with both the general objectives of the research project discussed here and the specific objectives related to parametric modeling, the phase following the characterisation of mix designs also involved using BIM for digital replication of the geopolymer-based materials studied. The construction of a digital twin through the BIM platform aims to verify and validate design choices and, in this specific case, will allow the subsequent project phases to digitally evaluate the applications of geopolymer mixes to building components.

It is known that BIM platforms allow the construction of a digital twin of a building and each of its building components, recording for each of them not only geometric-dimensional characteristics but also physical-mechanical ones. It was, therefore, possible to transfer the data that emerged from experimental tests on geopolymers within the materials database of the parametric modeller. The study in question also used the Autodesk Revit® platform because of the advantages offered in classifying parameters related to individual materials, not only in relation to graphic aspects and visualisation of formal choices but also about physical and thermal characteristics as well as tools for customising parameters.

In particular, the research process is articulated according to a detailed workflow involving specific operational phases related to the digitisation of geopolymer mortar mix designs and related properties, parametric modeling of a multilayer modular panel, and verification regarding the applicability of design choices. At this research project stage, density, compressive strength, and water absorption percentage values were recorded for different compositions of experimentally produced geopolymer mortars. The storage of these data was done by transferring the data into a spreadsheet and programming a script for automatic transfer to the parametric modeler of the geopolymer mortar characterisation data (Fig. 4). This process was aided by Dynamo, a visual programming language internal to the Autodesk Revit® platform itself (Jayasinghe and Waldmann, 2020).

Experimentation continued through initial validation of the applicability of geopolymer-based materials to a previously illustrated multilayer modular panel on which to define initial verification data on different mixes. Modeling of the panel's stereometry was based on parametric geometries defining the two outer structural layers and an intermediate foam layer. The choice of geometric and dimensional parameters allowed the definition of the metric characteristics to be changed (panel

thicknesses and sizes, as well as the type of mix used) and the model invariant data (geometric constraints between layers and panels).

The parametric nature of the model allows for digital experimentation with different possible alternatives, including the combination of different mixes for the panel's components. Variations in these parameters and the association of the different geopolymer mortars in the panel stratigraphy will validate in the subsequent stages of research the choices made (Fig. 5, 6). The outcomes of the experimental verifications conducted through the parametric model are not yet available, and the results will be discussed at the conclusion of the research project.

Specifically, in the context of new scenarios based on digital design simulation through parametric modeling, such information may also constitute shared parameters for applications to BIM models developed for new or existing buildings, as well as for experimentation with self-supporting elements to be produced through 3D printing processes, validating not only the characteristics of the individual building element but also the overall performance of the building (Raza, Zhong and Khan 2022). Such assessments could also be oriented toward the seventh dimension of BIM related to the compliance of technological-design choices with sustainability principles (UNI, 2017; Wang and Liu, 2020).

Conclusions | Thanks to practical applications, this work shows the technological potential of geopolymers, especially from the point of view of reducing environmental impacts. On the one hand, this can be done by reducing raw materials and, on the other hand, by using digital fabrication, which is important to increase the sustainability of construction and decommissioning processes. This article shows the preparation and characterisation of new geopolymeric mortars obtained by recycling waste from the production process and the 'end of life' of porcelain stoneware products.

These geopolymeric mortars have been obtained using metakaolin, an activating alkaline solution, and different kinds of by-products of ceramic materials disposal. The data that emerged from the experimentation of the samples obtained about specific physical-mechanical properties and life-cycle analysis allowed an initial investigation related to their use in modelling a multilayer panel.

The panel being tested is a system that optimises the potential of the geopolymer material, consisting of two external geopolymer structural layers enclosing a foamed geopolymer internal layer. Therefore, unlike other tested products in which other materials are added, such as expanded polystyrene (EPS) for its low weight and thermal insulation properties, the panel is made of a monolayer, and this characteristic positively affects the component disposal phase.

The panel, whose design definition and prototyping will constitute the starting point for subsequent scientific development, is structured as a basic module to allow the dry construction of prefabricated structural systems which, by allowing disassembly, favour reuse and recycling at the end life of many of the elements used by implementing the application of circular logic. All this is aimed at pursuing innovative paths to make a key

contribution to the circular economy in the context of the Next Generation EU package and objectives of the most recent EU directives. Finally,

it should be noted that the research limitations are mainly attributable to the need to broaden and diversify the sampling and the legislative barriers re-

lated to the use of geopolymers and related products, thus slowing down their diffusion and commercialisation.

Acknowledgements

The article is the result of joint research by the Authors. Nevertheless, the paragraph ‘Circularity scenarios in the construction field’ is by C. Frettoloso, the paragraphs ‘Geopolymers: new materials for sustainability’, ‘Methodology and phases’, ‘Discussion and results’, ‘LCA for the control of environmental impacts’ are by R. Aversa and L. Ricciotti, the paragraphs ‘Applications and potential’ and ‘From experimentation to product’ are by R. Franchino and the paragraph ‘Validation through BIM modeling’ is by N. Pisacane. The introduction and ‘Conclusions’ are edited by all the Authors.

Notes

1) ‘GEA – Geopolymers for Eco-Architecture: a chemoreological and thermokinetic survey for developing 3D printable formulations’; Scientific Responsible: Prof. L. Ricciotti. Project funded by ‘Luigi Vanvitelli’ University, D.R. 509/22 (University Call for Fundamental and Applied Research Projects dedicated to Young Researchers).

2) For more information, see the webpage: ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview [Accessed 22 April 2023].

3) For more information, see the webpage: arup.com/services/climate-and-sustainability-services/circular-economy-services/circular-buildings-toolkit [Accessed 22 April 2023].

4) INNOWEE project ‘Innovative pre-fabricated components including different waste construction materials reducing building energy and minimising environmental impacts’ (2016-2020) – HORIZON 2020; Project Coordinator: A. Bernardi, CNR-ISAC. For more information, see the webpage: icmate.cnr.it/it/progetti-accordi-icmate/progetti-icmate/innowee [Accessed 22 April 2023].

References

- Azhar, S. (2011), “Building Information Modeling (BIM) – Trends, benefits, risks and challenges for the AEC industry”, in *Leadership and Management in Engineering*, vol. 11, issue 3, pp. 241-252. [Online] Available at: [doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127) [Accessed 22 April 2023].
- Botti, R. F., Innocentini, M. D. M., Faleiros, T. A., Mello, M. F., Flumignan, D. L., Santos, L. K., Franchin, G. and Colombo, P. (2020), “Biodiesel Processing Using Sodium and Potassium Geopolymer Powders as Heterogeneous Catalysts”, in *Molecules*, vol. 25, issue 12, article 2839, pp. 1-14. [Online] Available at: doi.org/10.3390/molecules25122839 [Accessed 22 April 2023].
- Colajanni, S. and Valenza, A. (2021), *Materiali e tecniche innovative per l’edilizia sostenibile*, FrancoAngeli, Milano.
- Cong, P. and Cheng, Y. (2021), “Advances in geopolymer materials – A comprehensive review”, in *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, vol. 8, issue 3, pp. 283-314. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jtte.2021.03.004 [Accessed 22 April 2023].
- Dodd, N., Donatello, S. and Cordella M. (2021), *Level(s) – Un quadro di riferimento comune dell’UE per i principali indicatori in materia di sostenibilità degli edifici residenziali e a uso ufficio – Manuale utente 2 – Creazione di un progetto per l’utilizzo del quadro di riferimento comune Level(s) (versione 1.1)*. [Online] Available at: susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/sites/default/files/2021-11/ENV-2020-00021-02-01-IT-TRA-00.pdf [Accessed 22 April 2023].

Dufourmont, J., Papú Carrone, N. and Haigh, L. (2020), *Resilience & the Circular Economy – Opportunities and Risks*, Circle Economy. [Online] Available at: assets.website-files.com/5d26d80e8836af2d12ed1269/5f55fe6a1294188a3073a730_20200907%20-%20CJ1%20-%20Resilience%20-%20297x210mm.pdf [Accessed 22 April 2023].

European Commission (2020), *Circular Economy – Principles for Building Design*. [Online] Available at: ec.europa.eu/docsroom/documents/39984 [Accessed 22 April 2023].

ISO 22057 (2022), *Sustainability in buildings and civil engineering works – Data templates for the use of Environmental Product Declarations (EPDs) for construction products in building information modelling (BIM)*. [Online] Available at: iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:22057:ed-1:v1:en [Accessed 22 April 2023].

Jayasinghe, L. B. and Waldmann, D. (2020), “Development of a BIM-Based Web Tool as a Material and Component Bank for a Sustainable Construction Industry”, in *Sustainability*, vol. 12, issue 5, article 1766, pp. 1-15. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su12051766 [Accessed 22 April 2023].

Korniejenko, K., Łach, M., Mikula, J., Hebdowska-Krupa, M., Mierzwiński, D., Gądek, S. and Hebda, M. (2020), “Development of 3D Printing Technology for Geopolymers”, in Serrat, C., Casas, J. R. and Gibert, V. (eds), *Proceedings of the XV edition of the International Conference on Durability of Building Materials and Components (DBMC 2020) Barcelona, Spain 20-23 October 2020*, pp. 1-6. [Online] Available at: scipedia.com/public/Korniejenko_et_al_2020a [Accessed 22 April 2023].

Medri, V. (2009), “Geopolimeri – Ceramiche per uno sviluppo sostenibile”, in *L’Industria dei Laterizi*, vol. 115, pp. 48-53. [Online] Available at: core.ac.uk/download/pdf/37835916.pdf [Accessed 22 April 2023].

Pollo, R., Trane, M., and Giovanardi, M. (2021), “Urban Metabolism, modelli interdisciplinari e progetto a scala micro-urbana | Urban Metabolism, interdisciplinary models and design at micro-urban scale”, in *Techné | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 21, pp. 154-164. [Online] Available at: doi.org/10.13128/techn-9857 [Accessed 22 April 2023].

Princetl, S., Bunje, P. and Holmes, T. (2012), “An expanded urban metabolism method – Toward a system approach for assessing urban energy processes and causes”, in *Landscape and Urban Planning*, vol. 107, n. 3, pp. 193-202. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.06.006 [Accessed 22 April 2023].

Provis, J. L. (2014), “Green concrete or red herring? Future of alkali-activated materials”, in *Advanced in Applied Ceramics*, vol. 113, issue 8, pp. 472-477. [Online] Available at: doi.org/10.1179/1743676114Y.0000000177 [Accessed 22 April 2023].

Provis, J. L. and van Deventer, J. S. J. (eds) (2009), *Geopolymers, structure, processing, properties and application*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.

Raiteri, R. (ed.) (2012), *Trasformazioni dell’ambiente costruito – La diffusione della sostenibilità*, Gangemi Editore, Roma.

Raza, M. H., Zhong, R. Y. and Khan, M. (2022), “Recent advances and productivity analysis of 3D printed geopolymers”, in *Additive Manufacturing*, vol. 52, article 102685, pp. 1-26. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.addma.2022.102685 [Accessed 22 April 2023].

Ricciotti, L., Apicella, A., Perrotta, V. and Aversa, R. (2023), “Geopolymer Materials for Bone Tissue Applications – Recent Advances and Future Perspectives”, in *Polymers*, vol. 15, issue 5, article 1087, pp. 1-25. [Online] Avail-

able at: doi.org/10.3390/polym15051087 [Accessed 22 April 2023].

Ricciotti, L., Occhicone, A., Petrillo, A., Ferone, C., Cioffi, R. and Roviello, G. (2020), “Geopolymer-based hybrid foams – Lightweight materials from a sustainable production process”, in *Journal of Cleaner Production*, vol. 250, article 119588, pp. 1-11. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119588 [Accessed 22 April 2023].

Roviello, G., Ricciotti, L., Molino, A. J., Menna, C., Ferone, C., Asprone, D., Cioffi, R., Ferrandiz-Mas, V., Russo, P. and Tarallo, O. (2020), “Hybrid fly ash-based geopolymeric foams – Microstructural, thermal and mechanical properties”, in *Materials*, vol. 13, issue 13, article 2919, pp. 1-19. [Online] Available at: doi.org/10.3390/ma13132919 [Accessed 22 April 2023].

Shehata, N., Mohamed, O. A., Sayed, E. T., Abdelkareem, M. A. and Olabi, A. G. (2022), “Geopolymer concrete as green building materials – Recent applications, sustainable development and circular economy potentials”, in *Science of The Total Environment*, vol. 836, article 155577, pp. 1-18. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155577 [Accessed 22 April 2023].

Shen, S., Tian, J., Zhu, Y., Zhang, X. and Hu, P. (2022), “Explore the synergic and coupling relationships of multiple industrial solid wastes in the preparation of alkali-activated materials under different curing regimes”, in *Materials Today Sustainability*, vol. 19, article 100169, pp. 1-11. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.mtsust.2022.100169 [Accessed 22 April 2023].

Sinopoli, N. and Tatano, V. (eds) (2002), *Sulle tracce dell’innovazione – Tra tecniche e architettura*, FrancoAngeli, Milano.

Sposito, C. and Scalisi, F. (2019), “Innovazione di Materiali Naturali – Terra e Nanotubi di Argilla per una sfida sostenibile | Natural Material Innovation – Earth and Halloysite Nanoclay for a sustainable challenge”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 5, pp. 59-72. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/572019 [Accessed 22 April 2023].

Tucci, F. et alii (2021), *Verso la neutralità climatica delle Green City – Approcci, indirizzi, strategie, azioni*. [Online] Available at: greencitynetwork.it/wp-content/uploads/stati_generali_green_economy_La_neutralita_climatica_delle_citta.pdf [Accessed 22 April 2023].

UNI 11337-1 (2017), *Building and civil engineering works – Digital management of the informative processes – Part 1 – Models, documents and informative objects for products and processes*. [Online] Available at: store.uni.com/en/uni-11337-1-2017 [Accessed 22 April 2023].

Wang, Z. and Liu, J. (2020), “A Seven-Dimensional Building Information Model for the Improvement of Construction Efficiency”, in *Advances in Civil Engineering*, vol. 2020, article 8842475, pp. 1-17. [Online] Available at: doi.org/10.1155/2020/8842475 [22 April 2023].

ARTICLE INFO

Received	20 March 2023
Revised	08 May 2023
Accepted	11 May 2023
Published	30 June 2023

DIGITALE E CIRCULARITÀ IN EDILIZIA

Le KETs per la gestione degli scarti nell'Unione Europea

DIGITAL AND CIRCULARITY IN BUILDING

KETs for waste management in the European Union

Marina Rigillo, Giuliano Galluccio, Federica Paragliola

ABSTRACT

L'articolo analizza potenzialità e limiti dell'impiego delle tecnologie abilitanti della transizione digitale per la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione in edilizia (BIM, GIS, Realtà Virtuale e Aumentata, Fabbricazione Digitale, Blockchain, Internet of Things, Digital Twin, Intelligenza Artificiale) nel contesto dell'Unione Europea. Lo studio adotta il metodo della Scoping Review per restituire gli esiti di una rassegna di letteratura scientifica a partire dal 2016, anno del Primo Piano di Azione Europeo per l'Economia Circolare e del primo Protocollo per la Demolizione Selettiva. I risultati sono classificati per provenienza geografica, anno di pubblicazione, settore disciplinare, numero di citazioni e contenuti. Obiettivo generale del contributo è individuare apporti originali, scientificamente validati, per perfezionare ulteriori linee di ricerca nella relazione tra tecnologie digitali e cultura della circolarità nel settore delle costruzioni.

The article analyses the potential and limitations of using enabling technologies of the digital transition for construction and demolition waste in construction management (BIM, GIS, Virtual and Augmented Reality, Digital Manufacturing, Blockchain, Internet of Things, Digital Twin, Artificial Intelligence) in the context of the European Union. The study adopts the Scoping Review method to return the outcomes of a scientific literature review since 2016, that is the year of the First European Circular Economy Action Plan and the first Selective Demolition Protocol. The results are classified by geographic origin, year of publication, disciplinary field, number of citations, and content. The overall objective of the contribution is to identify scientifically validated contributions to refine further original lines of research in the relationship between digital technologies and circularity culture in the construction sector.

KEYWORDS

digitalizzazione, tecnologie abilitanti chiave, economia circolare, rifiuti da costruzione e demolizione, scoping review

digitisation, key enabling technologies, circular economy, construction and demolition waste, scoping review

Marina Rigillo, Architect and PhD, is an Associate Professor at the Department of Architecture, 'Federico II' University of Naples (Italy). Her research focuses on the field of environmental and ecological design, with particular attention to the issues of environmental risk, climate adaptation of urban spaces, and reuse and recycling processes of construction and demolition waste. Mob. +39 328/84.73.780 | E-mail: marina.rigillo@unina.it

Giuliano Galluccio, PhD, is a Research Fellow at the Department of Architecture, 'Federico II' University of Naples (Italy). He carries out research activities on the applicability of digital and sustainable processes for decision support in design, with particular reference to the reduction of environmental impacts from construction and demolition interventions on the built heritage. Mob. +39 333/50.12.048 | E-mail: giuliano.galluccio@unina.it

Federica Paragliola, Architect, is a PhD Candidate at the Department of Architecture, 'Federico II' University of Naples (Italy). She conducts research in the field of environmental and ecological design, with a focus on issues related to the management of construction and demolition waste streams in the construction sector. Mob. +39 366/32.05.763 | E-mail: federica.paragliola@unina.it



I recenti indirizzi della Commissione Europea in materia di economia circolare hanno determinato un'importante richiesta di innovazione rispetto ai metodi e alle prassi operative già consolidate nelle discipline del progetto (European Commission, 2015; 2019; 2020a). Allo scopo di indirizzare il settore delle costruzioni verso un design a 'zero rifiuti' (Baratta, 2021), la strategia europea promuove nuove filiere circolari in edilizia e l'approvvigionamento sostenibile di materie prime, anche attraverso l'adozione delle KETs (tecnologie abilitanti chiave) digitali – BIM, GIS, Realtà Virtuale e Aumentata, Fabbricazione Digitale, Blockchain, Internet of Things, Digital Twin, Intelligenza Artificiale (Pimponi and Porcari, 2020) – nei processi di gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione (C&D; European Commission, 2020b).

Il progresso dei processi e delle tecnologie della transizione digitale (Bernstein, 2018; Chaillou, 2022) amplia infatti le possibilità dell'azione progettuale, consentendo di prefigurare fin dalle prime fasi del progetto una gestione virtuosa del ciclo di vita degli interventi e degli edifici (Cays, 2017; Russo Ermolli, 2020). Analogamente l'estensione del concetto di 'urban mining' all'ambiente costruito definisce nuovi obiettivi prestazionali per la fase di fine vita dell'edificio, e segnatamente quelli della produzione di Materia Prima Seconda (Cosu Salieri and Bisinella, 2012; Ghosh, 2020), il riutilizzo, il riciclo e l'upcycling dei rifiuti (Baiani and Altamura, 2018, 2019; Sposito and Scalisi, 2020). Tali obiettivi richiedono la programmazione di una fase di conoscenza funzionale a qualificare i flussi di materia e lo stock di prodotti derivanti dall'intervento, allo scopo di anticipare e gestire i rischi di insuccesso derivanti dai vincoli di carattere tecnico, normativo ed economico che tali operazioni comportano (Rigillo and Giammetti, 2021).

Tuttavia l'approccio operativo delineato dalla Economia Circolare per il settore delle costruzioni – sintetizzato nel protocollo Level(s) (European Commission, 2018) – resta ancorato a metodi sostanzialmente empirici, sottovalutando i vantaggi connessi all'impiego di processi data-driven per la gestione integrata di flussi materici e dello stock di prodotti.

Il presente contributo si propone pertanto di restituire lo stato dell'arte della letteratura scientifica sul rapporto tra digitalizzazione e circolarità nel settore delle costruzioni attraverso una Scoping Review (Daudt, van Mossel and Scott, 2013) effettuata su database Scopus. Lo studio si focalizza, in particolare, su quattro domande di ricerca: Quale impatto hanno avuto le direttive comunitarie in materia di transizione ecologica e digitale? Quale tecnologia è individuata come la più efficace e perché? Quali limiti e quali barriere sono identificate come le più rilevanti? Quali possibili ambiti di ricerca sono identificati come i più validi da perseguire e per quali ragioni?

La review comprende articoli pubblicati in Unione Europea a partire dal 2016, anno dell'entrata in vigore del Primo Piano di Azione Europeo per l'Economia Circolare (European Commission, 2015) e del Protocollo per la Demolizione Selettiva (European Commission, 2016), riconosciuto dagli Autori come il primo tentativo di avanzamento verso l'economia circolare a livello comunitario (Fig. 1). Gli esiti dello studio evidenziano che, a fronte di una consistente produzione di 'letteratura grigia', la comunità scientifica della Unione Europea risulta

poco coinvolta nella ricerca sul tema rispetto ad altri competitors globali quali Cina, Stati Uniti, Australia e Regno Unito. I dati ottenuti rivelano, inoltre, una scarsa partecipazione delle discipline dell'Architettura e del Design al corpus della produzione scientifica, rispetto ad altri settori disciplinari quali quelli dell'ingegneria e delle scienze ambientali.

L'articolo si struttura in cinque paragrafi: 'Ricerche precedenti e aspetti di originalità del contributo' in cui si restituisce una rassegna critica degli studi considerati fondativi per l'impostazione della ricerca; 'Metodologia e limiti della ricerca', in cui si illustra la metodologia adottata, riconoscendo e discutendo le specificità dell'approccio; la sezione 'Risultati' restituisce gli esiti dello studio; e nella 'Discussione dei risultati' si esaminano gli esiti del lavoro alla luce degli obiettivi fissati. Infine nelle 'Conclusioni' si propone una riflessione, sottolineando le criticità riscontrate e le possibili prospettive di avanzamento della ricerca.

Ricerche precedenti e aspetti di originalità del contributo

Lo stato dell'arte sul rapporto tra digitalizzazione e circolarità in edilizia non presenta un corpus critico in grado di restituire la complessità e le molteplici possibilità offerte dall'introduzione delle KETs nel settore delle costruzioni (Tabella 1). L'analisi preliminare, realizzata per indirizzare le procedure automatizzate di review, ha permesso di verificare l'esistenza di due filoni principali: il primo relativo all'utilizzo delle tecnologie BIM nel cantiere edilizio e il secondo prevalentemente riferito allo sviluppo delle ricerche sul tema dell'Urban Mining.

Nel primo caso la rassegna di letteratura prodotta da Schamne, Nagalli e Vieira Soeiro (2022) focalizza l'analisi sull'impiego di procedure automatizzate basate sul BIM all'interno del cantiere di costruzione e demolizione, dal 2009 al 2020; i risultati rivelano che la maggior parte delle pubblicazioni provengono da Regno Unito, Stati Uniti e Cina. Di queste la quasi totalità si concentra esclusivamente sulle potenzialità delle tecnologie digitali nella fase di progettazione preliminare, senza dettagliare il resto la filiera. Analogamente, gli studi di Ismail (2022) rivolgono l'attenzione, negli esiti, sulle principali barriere all'utilizzo del BIM indicando, nell'insufficiente interoperabilità dei software e nell'assenza di indicatori standardizzati per la gestione della fase di cantiere, le principali criticità da risolvere.

Sul tema dell'Urban Mining e della digitalizzazione la rassegna di Aldebei e Dombi (2021) insiste sulla necessità di dispositivi digitali per migliorare per la stima quantitativa delle risorse impiegate nel settore edilizio. A tal fine Aldebei e Dombi confrontano l'impiego di tecnologie BIM, GIS, di Intelligenza Artificiale e Machine Learning, sottolineando come tali strumenti siano in grado di ridurre drasticamente tempi e oneri delle operazioni di quantificazione analitica dei costi di ciascuna lavorazione e, al tempo stesso, facilitino il governo dei flussi di risorse su scala territoriale, migliorando i processi decisionali.

Con riferimento agli studi analizzati, la Tabella 1 è finalizzata a dichiarare gli elementi di originalità del presente studio: i criteri di perimetrazione del contesto scientifico della ricerca; la scelta del termine a quo della review (2016); l'ambito geografico di riferimento (Unione Europea); il riferimento all'ecosistema digitale delle KETs, piuttosto che

l'analisi di un'unica tecnologia (Fig. 2). Un ulteriore elemento di originalità del contributo è l'utilizzo della Scoping Review. Questa metodologia di review è infatti finalizzata a definire un framework di riferimento che possa essere di indirizzo per le ricerche future, sia attraverso l'integrazione con altri database (o con l'interpolazione di più fonti), sia implementando la ricerca alla luce di future disponibilità di processi e tecnologie.¹

Metodologia e limiti della ricerca

Lo studio è condotto sul database web Scopus, secondo il metodo della Scoping Review, una metodologia di ricerca di tipo esplorativo e meta-analitica che lavora su base statistica e consente di 'mappare' la produzione scientifica in un determinato ambito tematico (Arksey and O'Malley 2005). La ricerca punta a individuare i concetti chiave, le teorie e le evidenze scientifiche atte a informare la ricerca applicata (Grant and Booth, 2009) oppure, nel caso in cui l'oggetto di indagine sia particolarmente complesso o poco studiato, elementi di conoscenza tali da costituire avanzamenti scientifici di per sé. I principali obiettivi della Scoping Review sono l'identificazione di possibili lacune all'interno del perimetro di ricerca analizzato e la messa in evidenza di ulteriori ambiti di indagine, valutando in termini dimensionali la letteratura disponibile (Fig. 3).

Sulla base di tale premessa la presente ricerca ha esaminato le pubblicazioni europee comprese in un arco temporale che va dal 2016 al 2022. La metodologia impiegata per la raccolta di dati in Scopus fa riferimento al sistema di ricerca per stringhe di testo: ai termini relativi ai rifiuti da costruzione e demolizione, così come a quelli relativi alle KETs, sono stati attribuiti campi semantici tali da garantire la massima restituzione quantitativa dei sintagmi, in considerazione delle diverse forme, per esteso o per acronimo, con le quali vengono comunemente indicati. Sono state effettuate otto ricerche, tutte aventi in comune la stringa riferita ai rifiuti da costruzione e demolizione di volta in volta associata ad altra stringa relativa a una specifica tecnologia abilitante.

Sono stati inclusi nella ricerca solo documenti in lingua inglese rientranti nelle categorie di articolo scientifico, volume, capitolo di volume, escludendo ulteriori review di letteratura, brevetti, lettere e atti di convegno. La metodologia delineata ha previsto l'analisi di ogni singola tecnologia separatamente, in modo da ottenere un approfondimento dedicato che, di contro, tende a escludere eventuali utilizzi sinergici di più tecnologie.

Ulteriori limiti riguardano la scelta delle parole chiave e l'impiego di un singolo database. Alcune ricerche analoghe precedenti sommano, infatti, esiti provenienti da più database di ricerca (Web of Science, Google Scholar). Si è scelto, tuttavia, di adoperare unicamente il database Scopus, sia per la sua riconosciuta attendibilità (Guerrero-Bote et alii, 2021) sia per rendere più semplicemente verificabile e ripetibile la metodologia qui utilizzata. Il presente studio limita il campo di ricerca ai Paesi dell'Unione Europea in quanto confrontabili per condizioni inerenti alla struttura normativa, alle strategie di sviluppo industriale in essere e alle possibilità di finanziamento delle ricerche. Con riferimento all'approccio adottato si afferma, inoltre, che l'analisi qualitativa ha preso in esame solo i contributi con il maggior numero di citazioni.

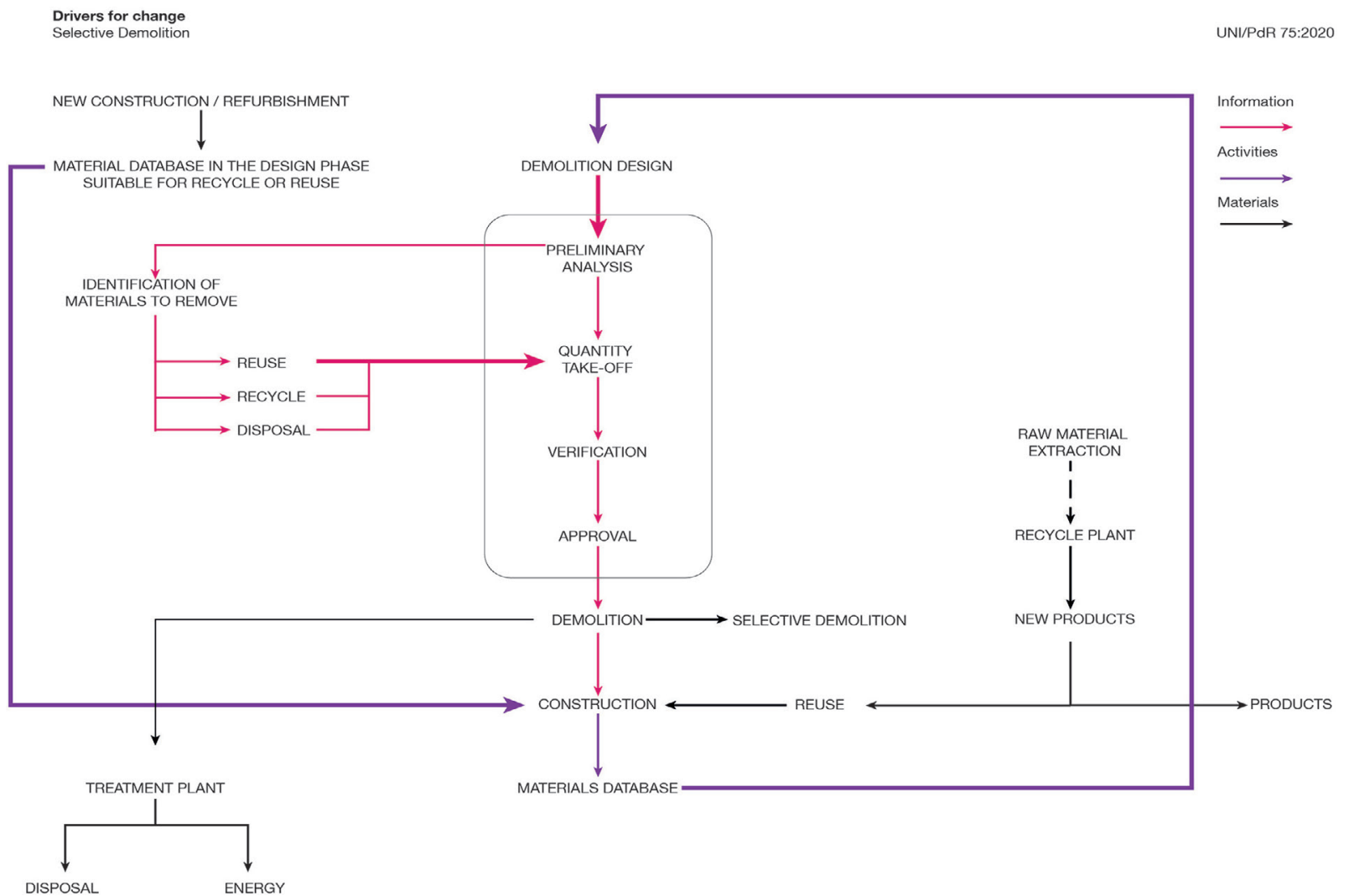


Fig. 1 | Selective demolition process (source: UNI/PdR 75:2020, processed by the Authors, 2023).

Risultati | La ricerca ha restituito 62 contributi sull'utilizzo delle KETs nel settore delle costruzioni (Tabella 2). Dal punto di vista quantitativo, per ognuna delle otto stringhe di ricerca sono stati analizzati: numero di pubblicazioni per ogni anno (Fig. 4); provenienza geografica delle pubblicazioni (Fig. 5); disciplina di appartenenza (Fig. 6); numero di citazioni per ogni pubblicazione (Fig. 7-10); parole chiave più utilizzate (Fig. 11). In linea generale i risultati mostrano che il maggior numero di contributi è stato pubblicato nel 2021, in Olanda, Portogallo e Italia, in ambiti disciplinari principalmente riconducibili all'ingegneria e alle scienze ambientali.

Per la stringa 'a' (BIM), tra gli articoli più citati si segnala quello di Koutamanis, van Reijn e van Bueren (2018) che analizza le possibilità offerte dal BIM per interventi di Urban Mining, incentrati prevalentemente sul recupero di elementi metallici presenti negli edifici residenziali ad Amsterdam. Per la stringa 'b' (GIS) si segnala il contributo di Heeren e Hellweg (2018) che prende in esame differenti scenari per la gestione dei flussi di rifiuti da costruzione e demolizione in modalità 'ciclo chiuso', proponendo un approccio di modellazione che consente di analizzare i flussi e le riserve di materiali edilizi nel tempo e nello spazio, molto utile a superare i limiti dei precedenti modelli edilizi 'bottom-up'.

Per la stringa 'c' (Realtà Virtuale e / o Aumen-

tata) non sono stati trovati contributi afferenti al settore delle costruzioni. Per la stringa 'd' (Fabbricazione Digitale) Suci et alii (2022) propongono un algoritmo di classificazione che facilita l'identificazione e la selezione del rifiuto da costruzione e demolizione. Sulla base delle informazioni acquisite dal nastro trasportatore, grazie all'integrazione dell'Intelligenza Artificiale e dei robot, l'algoritmo consente di classificare i materiali in gruppi specifici e posizzarli in contenitori appositi in cantiere. Tiedemann et alii (2021) propongono un sistema robotico per separare autonomamente i materiali riciclabili grossolani dai rifiuti ingombranti. La soluzione proposta utilizza le attrezzature pesanti, già in uso, piuttosto che strumenti da sviluppare ex novo.

Per la stringa 'e' (Blockchain) la ricerca nel database restituisce un unico articolo pubblicato da Voorter e Koolen (2021), posizionato nel campo delle scienze ambientali e sociali. Gli studiosi olandesi analizzano la procedura di tracciabilità dei flussi di scarti da costruzione e demolizione nelle Fiandre, valutando il contributo della tecnologia blockchain per ottenere catene di approvvigionamento più 'robuste', una migliore gestione dei dati e per veicolare il settore verso una più agevole transizione alla circolarità. Per la stringa 'f' (Internet of Things), non risultano studi pubblicati.

Per la stringa 'g' (Digital Twin) solo due articoli sono stati pubblicati dal 2016 in Europa, di cui

uno è a sua volta una review di letteratura. Meža et alii (2021) presentano attività volte a generare un gemello digitale di una strada totalmente realizzata con Materia Prima Seconda. Per la stringa 'h' (Intelligenza Artificiale), Ferreira et alii (2021) si focalizzano sull'impatto determinato dall'utilizzo di aggregati riciclati nella produzione di malte a base di cemento e calce, con un focus sulle caratteristiche fisiche e meccaniche delle stesse. L'analisi impiega tecniche di modellazione statistica che includono algoritmi di Machine Learning per ottenere una maggiore precisione e affidabilità dei dati raccolti e analizzati.

Discussione degli esiti | Gli esiti dello studio confermano le ipotesi poste a base del lavoro. Nonostante gli sforzi normativi prodotti in ambito comunitario, il rapporto tra digitale e circolarità è in effetti ancora poco indagato nell'Unione Europea, soprattutto nelle discipline dell'Architettura. Nell'ambito delle tecnologie analizzate il BIM e il GIS sono presenti in maniera apprezzabile negli studi inerenti alla gestione dei rifiuti da C&D, con una prevalenza del BIM probabilmente a causa degli obblighi normativi per la digitalizzazione degli appalti pubblici (European Parliament and the Council, 2014). Pur non registrando numeri particolarmente rilevanti, l'approfondimento dell'analisi qualitativa condotta sulle tecnologie di Intelligenza Artificiale e Machine Learning lascia pre-

Authors	Title	Year	Source engine	KETs	Time considered	Region of study
Z. B. Ismail	A critical study of the existing issues in circular economy practices during movement control order: Can BIM fill the gap?	2022	Web of Science Scopus	BIM ICTs RFID AI	-	Malaysia
N. Elshaboury A. Al-Sakkaf E. A. Abdelkader G. Alfalah	Construction and Demolition Waste Management Research: A Science Mapping Analysis	2022	Scopus	-	2001-2021	-
A. N. Schamne A. Nagalli A. A. Viera Soeiro	The use of BIM to automated construction and demolition waste management: A literature review from 2009 to 2020	2022	Scopus	BIM	2009-2020	Brazil
O. A. Soyinka, M. J. Wadu, U. W. A. Hewage T. O. Oladinnin	Scientometric review of construction demolition waste management: A global sustainability perspective	2022	Web of Science	-	2000-2021	-
D. Han, M. Kalantari A. Rajabifard	Building Information Modeling (BIM) for Construction and Demolition Waste Management in Australia: A Research Agenda	2021	Web of Science	BIM Point cloud	1998-2021	Australia
J. A. Mesa, C. E. Fúquene, A. Maury-Ramírez	Life Cycle Assessment on Construction and Demolition Waste: A Systematic Literature Review	2021	Scopus Google Scholar	AI BIM	-	-
F. Aldebei M. Bombi	Mining the Built Environment: Telling the Story of Urban Mining	2021	Scopus Web of Science Google Scholar	BIM GIS AI	-	-
A. Akbarieh, L. B. Jayasinghe D. Waldmann F. N. Teferle	BIM-Based End-of-Lifecycle Decision Making and Digital Deconstruction: Literature Review	2020	Scopus Web of Science	BIM LCA AI	2003-2019	-

Tab. 1 | Comparative analysis of reference Literature Reviews (credit: the Authors, 2023).

sagire interessanti scenari di approfondimento.

I risultati dell'indagine possono essere interpretati attraverso il filtro dei diversi livelli di complessità che caratterizzano le KETs esaminate, oltre che alla luce della tradizionale riluttanza del settore delle costruzioni verso l'innovazione tecnologica (Agarwal, Chandrasekaran and Sridhar, 2016). Va inoltre specificato che l'interoperabilità delle diverse piattaforme digitali per l'edilizia non è ancora completamente efficiente, così come risultano carenti le banche dati organizzate a livello territoriale, che potrebbero viceversa consentire una gestione più efficace delle risorse provenienti dalle attività di costruzione e demolizione, in un'ottica circolare (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

A una prima lettura il limitato numero di risultati rilevati nel contesto della Unione Europea potrebbe scoraggiare ulteriori ricerche sul tema, tuttavia il riscontro che si ottiene osservando il quadro nei contesti di Cina, Stati Uniti, Australia e Regno Unito (che pure condividono con la Unione Europea un alto livello di innovazione tecnologica), lascia pensare che tali differenze siano da imputare a questioni normative, più che a capacità tecniche. Questi contesti, infatti, presentano una struttura tecnica e normativa meno vincolante di quella Europea, che favorisce la sperimentazione tecnologica nei processi di riciclo, riuso e re-design: si segnalano, a titolo di esempio, gli studi condotti in Cina sull'implementazione di tecnologie di fab-

bricazione digitale a partire da residui da costruzione e demolizione, in particolar modo aggregati inerti di calcestruzzo (Xiao et alii, 2020).

Conclusioni e sviluppi futuri | L'impegno per un'economia circolare in Europa nel settore delle costruzioni è senza dubbio un fattore qualificante della politica comunitaria, tuttavia, a fronte di aspettative molto rilevanti, soprattutto in termini di sviluppo industriale, si osserva che l'edilizia è ancora un ambito tecnologicamente arretrato, organizzato prevalentemente in PMI, con grandi difficoltà a intraprendere la transizione digitale verso standard di prestazione più avanzati e verso l'attuazione di processi sostenibili.

L'analisi condotta dallo studio conferma la presenza di tre principali fattori di criticità: la capacità di gestione delle risorse naturali e dei rifiuti; l'adozione di metodologie basate sulla simulazione dei processi; l'investimento nel design delle filiere. Inoltre, e più decisamente, il focus si va progressivamente spostando verso la necessità di orientare la ricerca in modo più complesso, puntando a un ripensamento dei processi produttivi in edilizia, capace di tenere insieme innovazione di prodotto e di progetto.

Numerose risultano, infatti, le barriere alla completa implementazione di un simile approccio nella Unione Europea; con riferimento al caso italiano, ad esempio, ai sensi della normativa vigente, le

attività di recupero e di trattamento di rifiuti possono essere esercitate solo a valle di un complesso iter autorizzativo che, per il carattere restrittivo delle norme, determina un allungamento dei tempi, l'aumento dei costi di intervento e un maggior rischio di insuccesso. Analogamente, i criteri normativi sul processo di recupero del rifiuto da demolizione (Decreto Ministero Transizione Ecologica del 27/09/2022, n. 152)² non tengono conto della destinazione d'uso dei materiali riciclati che, in questo modo, vengono ricondotti a una generica definizione di MPS le cui caratteristiche, non essendo tarate sui futuri effettivi usi, finiscono col dover rispondere a requisiti prestazionali molto complessi.

Eppure il reimpiego diretto dei rifiuti da costruzione e demolizione in nuovi tecnocicli dell'edilizia (peraltro in ottemperanza alle direttive CAM – Criteri Ambientali Minimi di cui al Decreto Ministero Transizione Ecologica del 23/06/2022³ in merito alle quantità di materia riciclata da introdurre nei processi di costruzione) ridurrebbe sia le emissioni derivanti dal trasporto a discarica, sia quelle relative alla produzione, al packaging e al trasporto di elementi di nuova realizzazione che i componenti riciclati andrebbero a sostituire.

Risulta evidente il paradosso per cui, nonostante gli indirizzi europei in materia di economia circolare e di appalti pubblici promuovano l'impiego di tecnologie digitali per il riciclo dei rifiuti da

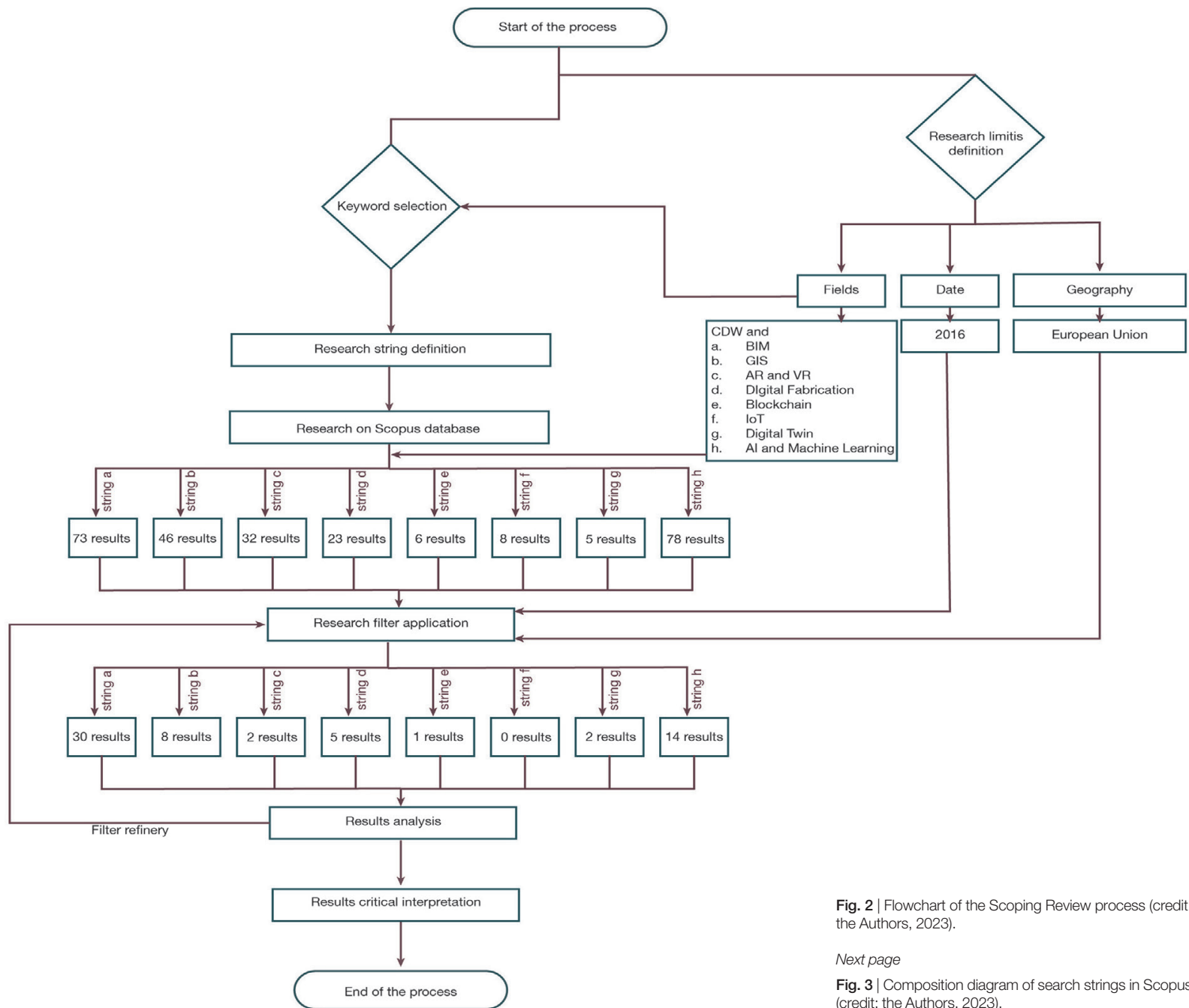


Fig. 2 | Flowchart of the Scoping Review process (credit: the Authors, 2023).

Next page

Fig. 3 | Composition diagram of search strings in Scopus (credit: the Authors, 2023).

costruzione e demolizione, vincoli di carattere legislativo e tecnico ne frenano l'adozione su ampia scala. A ciò vanno certamente aggiunti limiti culturali verso metodi e tecnologie in grado di intervenire a monte dei processi e che richiedono, pertanto, il ridisegno dell'intera filiera e l'adozione di nuovi approcci al progetto e alla sua gestione. Alla luce della complessità intrinseca delle sfide della transizione ecologica e digitale risulta indispensabile intervenire in modo massiccio nella formazione degli attori del settore edilizio, incentivando a un uso più efficace degli strumenti digitali, ma anche a una cultura più matura del lavoro in filiera, promuovendo un'educazione tecnica ed etica, utile tanto ai decisori quanto agli operatori del settore per avviare pratiche di collaborazione e di responsabilità condivisa.

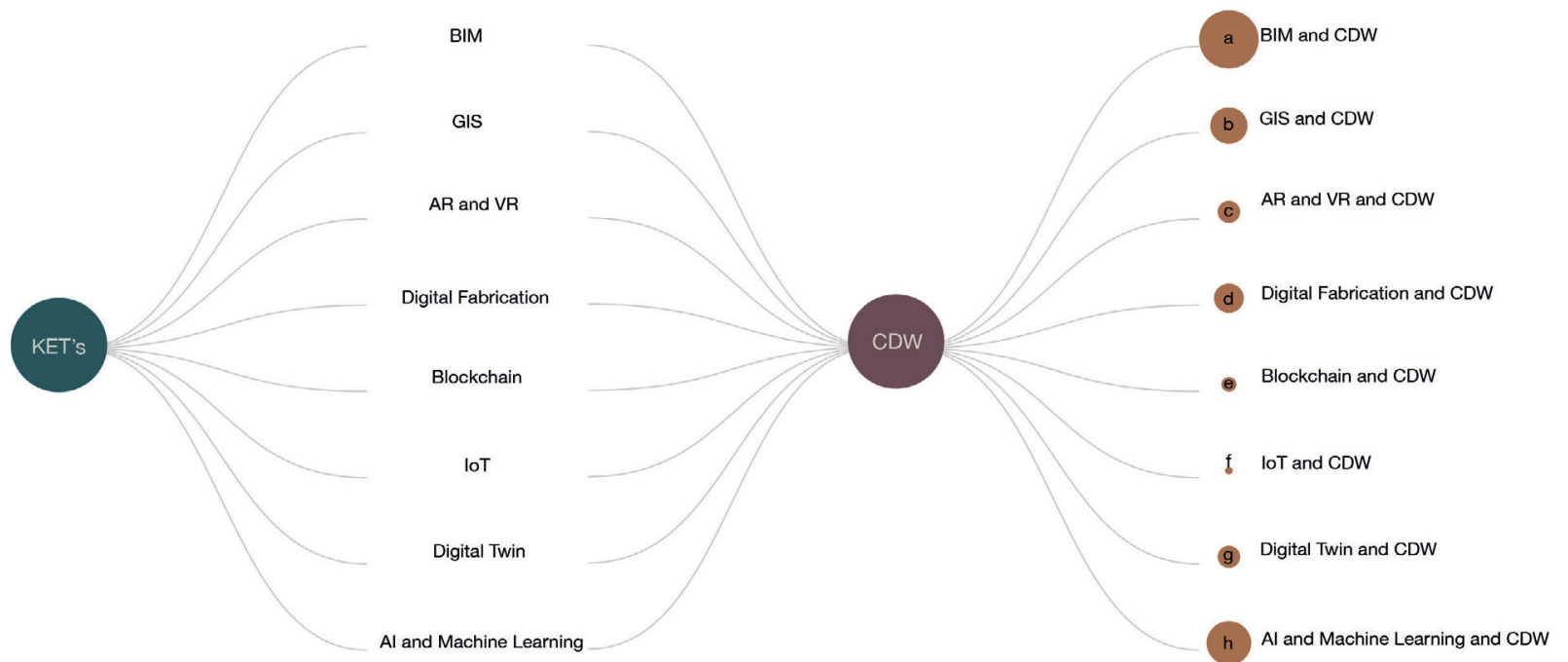
mand for innovation with respect to established methods and operational practices in design disciplines (European Commission, 2015; 2019; 2020a). In order to push the construction sector toward a 'zero-waste' design (Baratta, 2021), the European strategy promotes new circular supply chains in construction, as well as the sustainable sourcing of raw materials, also including the adoption of digital KETs (key enabling technologies) in construction and demolition (C&D) waste management processes (European Commission, 2020b); BIM, GIS, Virtual and Augmented Reality, Digital Fabrication, Blockchain, Internet of Things, Digital Twin, Artificial Intelligence (Pimponi and Porcari, 2020).

In fact, the increasing automation in the processes and technologies of the digital transition (Bernstein, 2018; Chaillou, 2022) expands the possibilities of design action, making it possible to prefigure a virtuous management of the building's life cycle from the earliest stages of the project (Cays, 2017; Russo Ermolli, 2020). Similarly, the extension of the concept of 'urban mining' to the

built environment defines new performative objectives for the end-of-life phase of the building, namely those of Secondary Raw Material production (Cossu Salieri and Bisinella, 2012; Ghosh, 2020), reuse, recycling and upcycling of waste (Baiani and Altamura, 2018, 2019; Sposito and Scalisi, 2020). These objectives require the planning of an essential knowledge phase to qualify the material flows and the stock of products resulting from demolition to anticipate and manage the risks of failure arising from the technical, regulatory, and economic constraints involved in such operations (Rigillo and Giammetti, 2021).

However, the operational approach outlined by the Circular Economy for the construction sector – summarised in the Level(s) protocol (European Commission, 2018) – is still grounded in essentially empirical methods, so that the benefits associated with the use of data-driven processes for the integrated management of material flows and product stock. This paper, therefore, aims to return the state of the art of the scientific literature

The European Commission's recent guidelines on the circular economy have led to an essential de-



on the relationship between digitisation and circularity in the construction sector through a Scoping Review (Daudt, van Mossel and Scott, 2013) conducted on Scopus databases. The study focuses, in particular, on four research questions: What impact have the EU directives had on the ecological and digital transition? Which technology is identified as the most effective and why? What limitations and barriers are recognised as the most relevant? What possible research areas are recognised as the most valuable to pursue and why?

The review includes articles published in the European Union since the introduction of the First European Action Plan for the Circular Economy (European Commission, 2015) and the Protocol for Selective Demolition (European Commission, 2016), acknowledged by the authors as the first attempt to advance the circular economy at the European Union level (Fig. 1). Despite the huge production of grey literature in the EU, the study highlights the European Union to be a little involved in this research topic if compared to other global competitors such as China, the United States, Australia and the United Kingdom. The research outcomes also reveal a low participation of the disciplines of Architecture and Design in the body of scientific production, if compared to other disciplinary fields such as engineering and environmental sciences.

The paper is structured into five sections: 'Previous research and aspects of originality of the contribution' in which a critical review of the studies considered foundational for the research setting is returned; 'Methodology and limitations of the research', where the methodology adopted is explained, recognising and discussing the specifics of the approach; the 'Results' section returns the outcomes of the study; and in the 'Discussion of outcomes' the findings of the work are examined in light of the objectives set. Finally, in the 'Conclusions' a reflection is offered, highlighting the critical issues encountered and possible perspectives for the advancement of the research.

Previous research and aspects of originality of the contribution

The state of the art on the relationship between digitisation and circularity in construction does not present a critical corpus capable of restoring the complexity and multiple possibilities offered by introducing KETs in the construction sector (Table 1). The preliminary analysis, carried out to address the automated review procedures, allowed us to verify the existence of two main strands: the first related to the use of BIM technologies in the construction site, and the second mainly related to the development of research on Urban Mining.

In the first case, the literature review produced by Schamne, Nagalli and Vieira Soeiro (2022) focuses on analysing the use of automated BIM-based procedures within the construction and demolition site from 2009 to 2020. The results reveal that most publications come from the United Kingdom, the United States, and China. Of these, almost all focus exclusively on the potential of digital technologies in the preliminary design phase without detailing the rest of the supply chain. Similarly, Ismail's (2022) studies bring attention in their outcomes to the main barriers to the use of BIM, pointing to insufficient software interoperability and the absence of standardised indicators for managing the construction phase as the main critical issues to be resolved.

On Urban Mining and Digitisation, the Aldebei and Dombi's (2021) review focuses on the need for digital devices to improve for quantitative estimation of resources used in the construction industry. To this end, Aldebei and Dombi compare the use of BIM, GIS, Artificial Intelligence, and Machine Learning technologies, emphasising how such tools can drastically reduce the time and burden of analytical quantification operations of the costs of each processing and, at the same time, facilitate the governance of resource flows on a spatial scale, improving decision-making processes.

Concerning the analysed studies, Table 1 is aimed at stating the elements of originality of the present study: the criteria for the perimeter of the scientific context of the research; the choice of the

term a quo of the review (2016); the geographical scope of reference (European Union); and the reference to the digital ecosystem of KETs, rather than the analysis of a single technology (Fig. 2). A further element of originality in the contribution is the use of scoping review. Indeed, this review methodology aims to define a framework that can serve as a guideline for future research either through integration with other databases (or by interpolating multiple sources) or by implementing research in light of future process and technology availability.¹

Methodology and limitations of the research

The study is conducted on the Scopus web database using the Scoping Review method; it is an exploratory, meta-analytic research methodology that works on a statistical basis and allows for the 'mapping' of scientific production in a given subject area (Arksey and O'Malley 2005). Scoping aims to identify key concepts, theories and scientific evidence that are likely to inform applied research (Grant and Booth, 2009) or, where the subject of investigation is particularly complex or understudied, such that they constitute scientific advances in their own right. The main objectives of the scoping review are to identify possible gaps within the scope of the research being analysed and highlight additional areas for investigation by assessing the available literature in dimensional terms (Fig. 3).

Based on this premise, the present research reviewed European publications included in a period from 2016 to 2022. The methodology employed for data collection in Scopus refers to the text string search system: terms related to construction and demolition waste, as well as those related to KETs, were assigned semantic fields such as to ensure maximum quantitative restitution of the syntagmas, in view of the different forms, by full or acronym, by which they are commonly referred to. Eight searches were carried out, all having the string referring to construction and demolition waste in common, from time to time associated with a string related to a specific enabling technology.

String	No. publication EU	No. publication extra EU	Yr of most publication EU	Geography of publication EU	Geography of publication extra EU	Subject of most publication EU	Most cited by EU
a. CDW and BIM	30	38	2021	Italy (5) Netherlands (5) Portugal (5) Egypt (4) Spain (4)	China (10) Australia (9) United Kingdom (8) United States (8) Hong Kong (5)	Engineering	53
b. CDW and GIS	8	29	2020	Austria (2) Portugal (2) Switzerland (2) Hungary (1) Italy (1) Luxembourg (1) Netherlands (1) Romania (1)	China (12) Australia (5) Brazil (4) United States (3) Hong Kong (3) Lebanon (3)	Environmental Science	98
c. CDW and AR and VR	2	5	2021 2022	Greece (1) Sweden (1)	Argentina (4) China (2) United States (1)	Chemistry Physics Astronomy	2
d. CDW and Digital Fabrication	5	11	2020 2021	Romania (3) Germany (1) Sweden (1)	China (5) Hong Kong (3) Russian Federation (2) Canada (1) Malaysia (1) South Korea (1) Taiwan (1)	Computer Science	3
e (CDW and Blockchain)	1	5	2021	Belgium (1)	Australia (2) Brazil (2) China (1) India (1)	Environmental Science Social Sciences	3
f. CDW and IoT	0	7	-	-	-	-	-
g. CDW and AI and Machine Learning	2	3	2020 2021	Luxembourg (1) Slovenia (1)	Canada (5) Hong Kong (3) Thailand (2) United Kingdom (1)	Business, Management and Accounting Computer Science Economics, Econometrics and Finance Energy Engineering Environmental Science Social Sciences	42
h. CDW and GIS	14	49	2021	Germany (5) France (2) Romania (2) Denmark (1) Hungary (1) Netherlands (1) Portugal (1) Sweden (1)	China (18) Australia (6) United States (6) South Korea (5) Brazil (4) Hong Kong (4) India (4) Canada (3) Saudi Arabia (3) Thailand (3) United Kingdom (2) Bahrain (1) Japan (1) Pakistan (1) Poland (1) Russian Federation (1) Taiwan (1) Turkey (1) Vietnam (1)	Engineering	140

Tab. 2 | Summary of data from quantitative analysis (credit: the Authors, 2023).

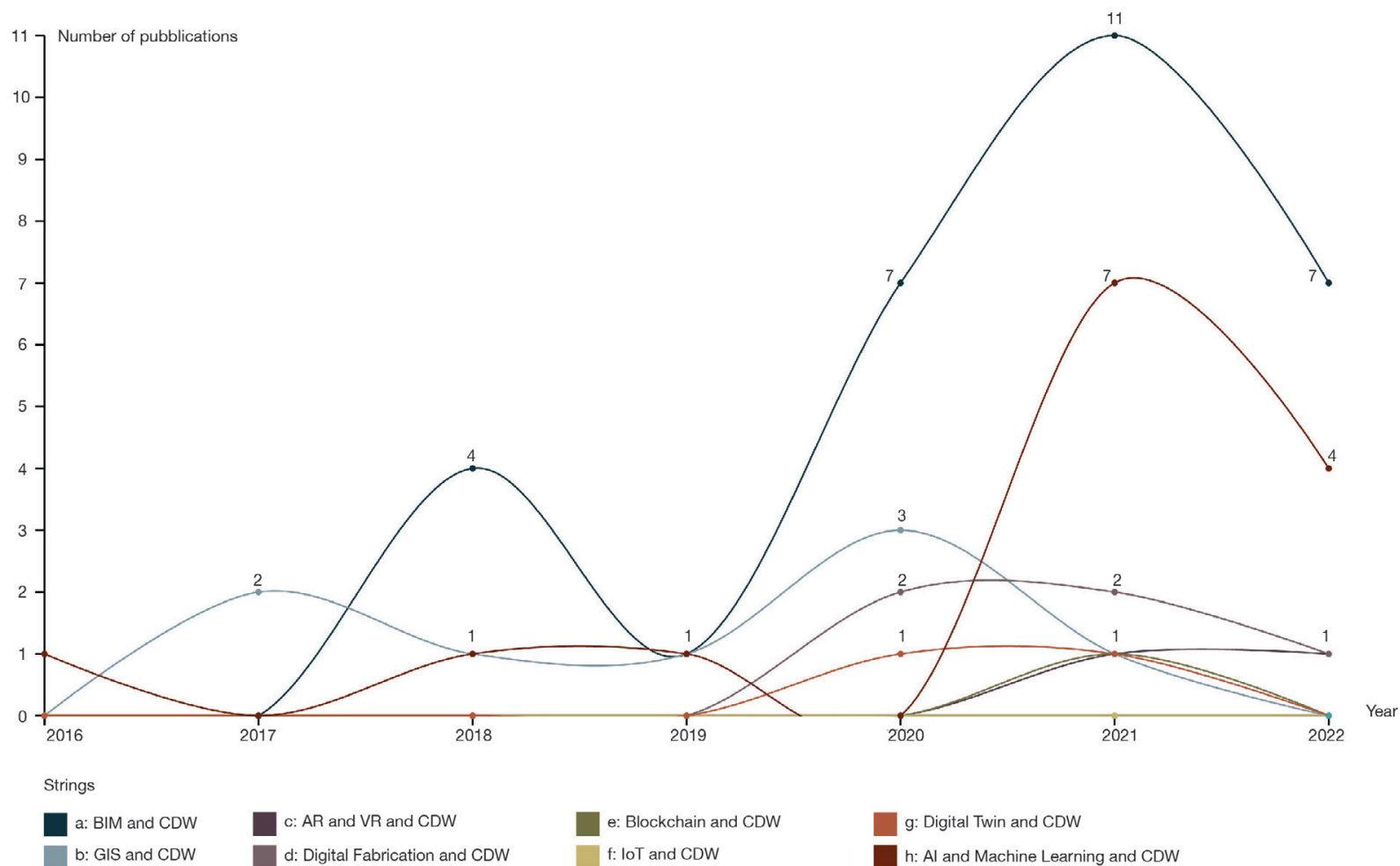
Only English-language papers falling into the categories of scientific article, volume, and volume chapter were included in the search, excluding additional literature reviews, patents, letters, and conference proceedings. The methodology outlined involved analysing each technology separately to obtain a dedicated in-depth study that, conversely, tends to exclude possible synergistic uses of multiple technologies.

Additional limitations relate to the choice of keywords and the use of a single database. In-

deed, some previous similar research summarises outcomes from multiple research databases (Web of Science, Google Scholar). However, we chose to use only the Scopus database, both for its recognised reliability (Guerrero-Bote et alii, 2021) and to make the methodology used here more verifiable and repeatable. The present study limits the scope of the search to European Union countries as they are comparable in terms of conditions inherent to regulatory structure, existing industrial development strategies, and research funding

opportunities. Concerning the approach taken, it is also stated that the qualitative analysis examined only those contributions with the highest number of citations.

Results | The search returned 62 contributions on using KETs in the construction industry (Table 2). Quantitatively, for each of the eight search strings, the following were analysed: number of publications for each year (Fig. 4); geographic origin of publications (Fig. 5); discipline to which they be-



long (Fig. 6); number of citations for each publication (Fig. 7-10); and most used keywords (Fig. 11). In general, the results show that the most significant number of contributions were published in 2021, in the Netherlands, Portugal, and Italy, in disciplinary areas mainly related to engineering and environmental sciences.

For string 'a' (BIM), Koutamanis, van Reijn and van Bueren (2018) is one of the most cited articles by which analyses the possibilities offered by BIM for Urban Mining interventions, mainly focused on the recovery of metal elements found in residential buildings in Amsterdam. For string 'b' (GIS), the contribution by Heeren and Hellweg (2018) examines different scenarios for managing construction and demolition waste streams in a 'closed-loop' mode, proposing a modelling approach that allows for the analysis of construction material flows and reserves over time and space, which is very useful in overcoming the limitations of previous 'bottom-up' construction models.

For string 'c' (Virtual and / or Augmented Reality), no contributions pertaining to the construction sector were found. For string 'd' (Digital Manufacturing), Suci et alii (2022) propose a classification algorithm that facilitates identifying and se-

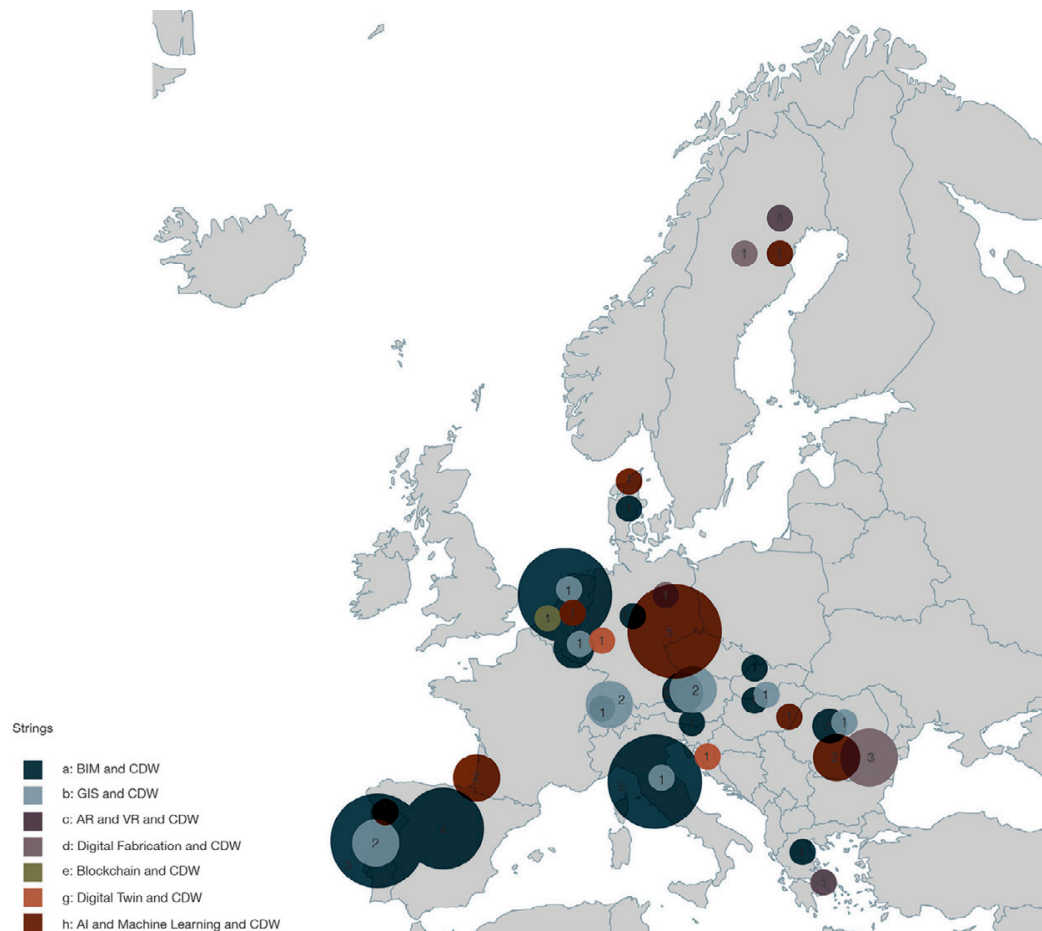


Fig. 4 | Number of publications by year, from 2016 to 2022 (credit: the Authors, 2023).

Fig. 5 | Distribution of publications by geographical origin (credit: the Authors, 2023).

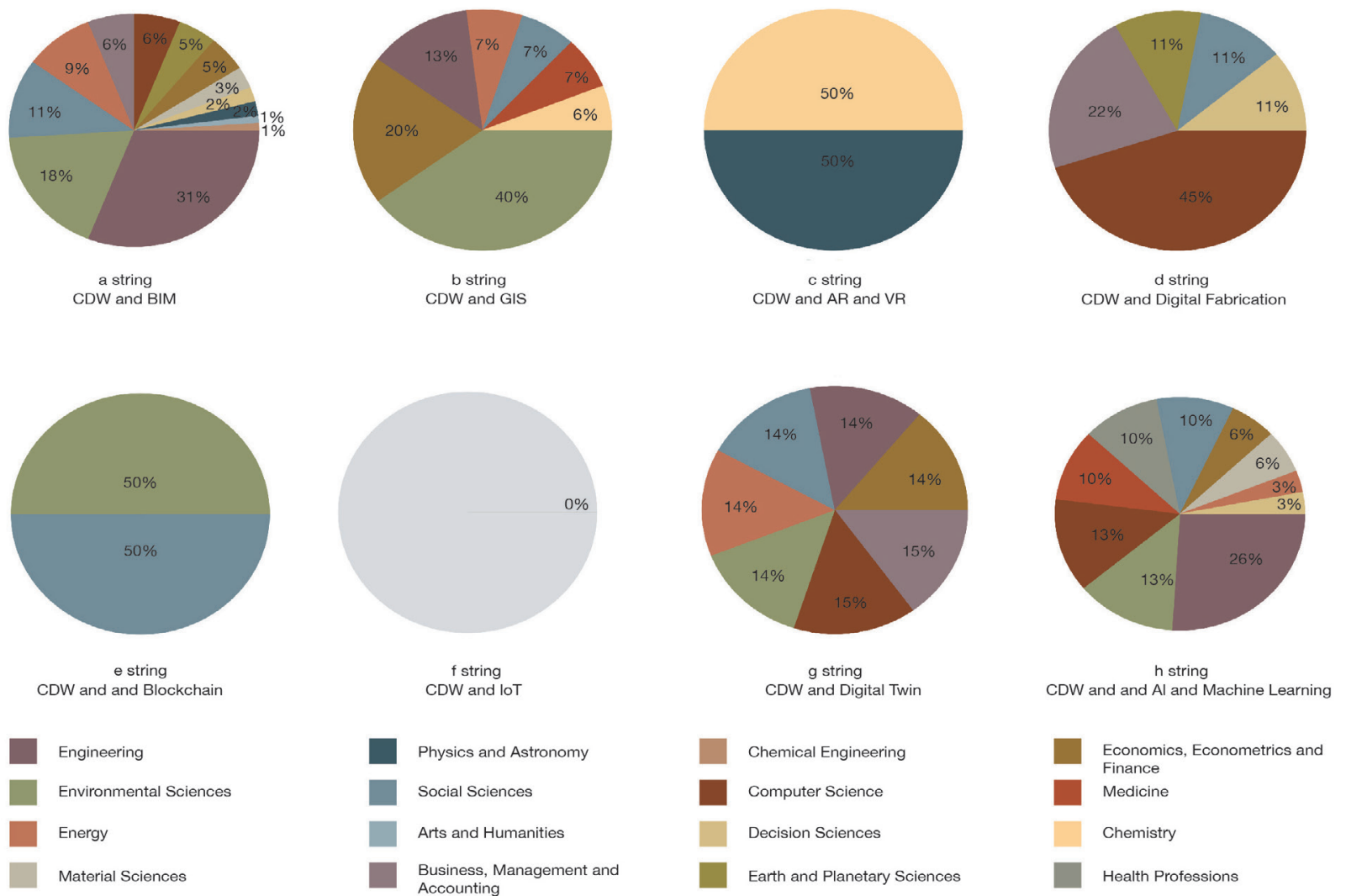


Fig. 6 | Disciplinary fields of affiliation of publications, divided by research string (credit: the Authors, 2023).

lecting construction and demolition waste. Based on the information acquired from the conveyor belt, the algorithm allows materials to be classified into specific groups and placed in special containers at the construction site through the integration of Artificial Intelligence and robots. Tiedemann et alii (2021) propose a robotic system to separate coarse recyclables from bulky waste autonomously. The proposed solution uses heavy equipment already in use rather than tools to be developed from scratch.

For string 'e' (Blockchain), a database search returns a single article published by Voorter and Koolen (2021) and positioned in the environmental and social sciences field. The Dutch scholars analyse the traceability procedure of construction and demolition waste streams in Flanders, evaluating the contribution of blockchain technology to achieve more 'robust' supply chains and better data management and to channel the sector toward a smoother transition to circularity. For string 'f' (Internet of Things), no published studies are reported.

For string 'g' (Digital Twin), only two articles have been published since 2016 in Europe, one of which is a literature review. Meža et alii (2021) present activities aimed at generating a digital twin of a road totally made with Secondary Raw Material. For string 'h' (Artificial Intelligence), Ferreira et alii (2021) focus on the impact of recycled

aggregates in the production of cement and lime-based mortars, focusing on their physical and mechanical characteristics. The analysis employs statistical modelling techniques, including Machine Learning algorithms, to achieve greater accuracy and reliability of the collected and analysed data.

Discussion of outcomes | The study's outcomes confirm the hypotheses posed as the basis of the work. Despite the regulatory efforts produced, the relationship between digital and circularity is indeed still poorly investigated in the European Union, especially in the disciplines of Architecture. Within the KETs, BIM and GIS are appreciably present in studies related to C&D waste management, with a prevalence of BIM probably due to regulatory obligations for the digitisation of public procurement (European Parliament and the Council, 2014). While recording relatively small numbers, the in-depth qualitative analysis conducted on Artificial Intelligence and Machine Learning technologies portends engaging scenarios for further study.

The survey results can be interpreted through the filter of the different levels of complexity that characterise the KETs examined and in light of the construction sector's traditional reluctance toward technological innovation (Agarwal, Chandrasekaran and Sridhar, 2016). It should also be specified that the interoperability of the various

digital platforms for construction is not yet fully efficient, just as spatially organised databases, which could conversely enable more effective management of resources from construction and demolition activities, in a circular perspective, are lacking (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

On a first reading, the limited number of results found in the European Union context might discourage further research on the topic. However, the feedback from looking at the picture in the contexts of China, the United States, Australia and the United Kingdom (which also share a high level of technological innovation with the European Union) suggests that these differences can be attributed to regulatory issues rather than technical capabilities. These contexts, in fact, have a less constraining technical and regulatory structure than the European one, which favours technological experimentation in recycling, reuse and re-design processes. Examples include studies conducted in China on implementing digital fabrication technologies from construction and demolition residues, especially aggregate concrete aggregates (Xiao et alii, 2020).

Conclusions and future developments | Commitment to a circular economy in Europe in the construction sector is undoubtedly a qualifying factor of EU policy. However, in the face of very significant expectations, especially in terms of industrial

development, it is observed that construction is still a technologically backward field, organised mainly in SMEs, with great difficulties in undertaking the digital transition to more advanced performance standards and the implementation of sustainable processes.

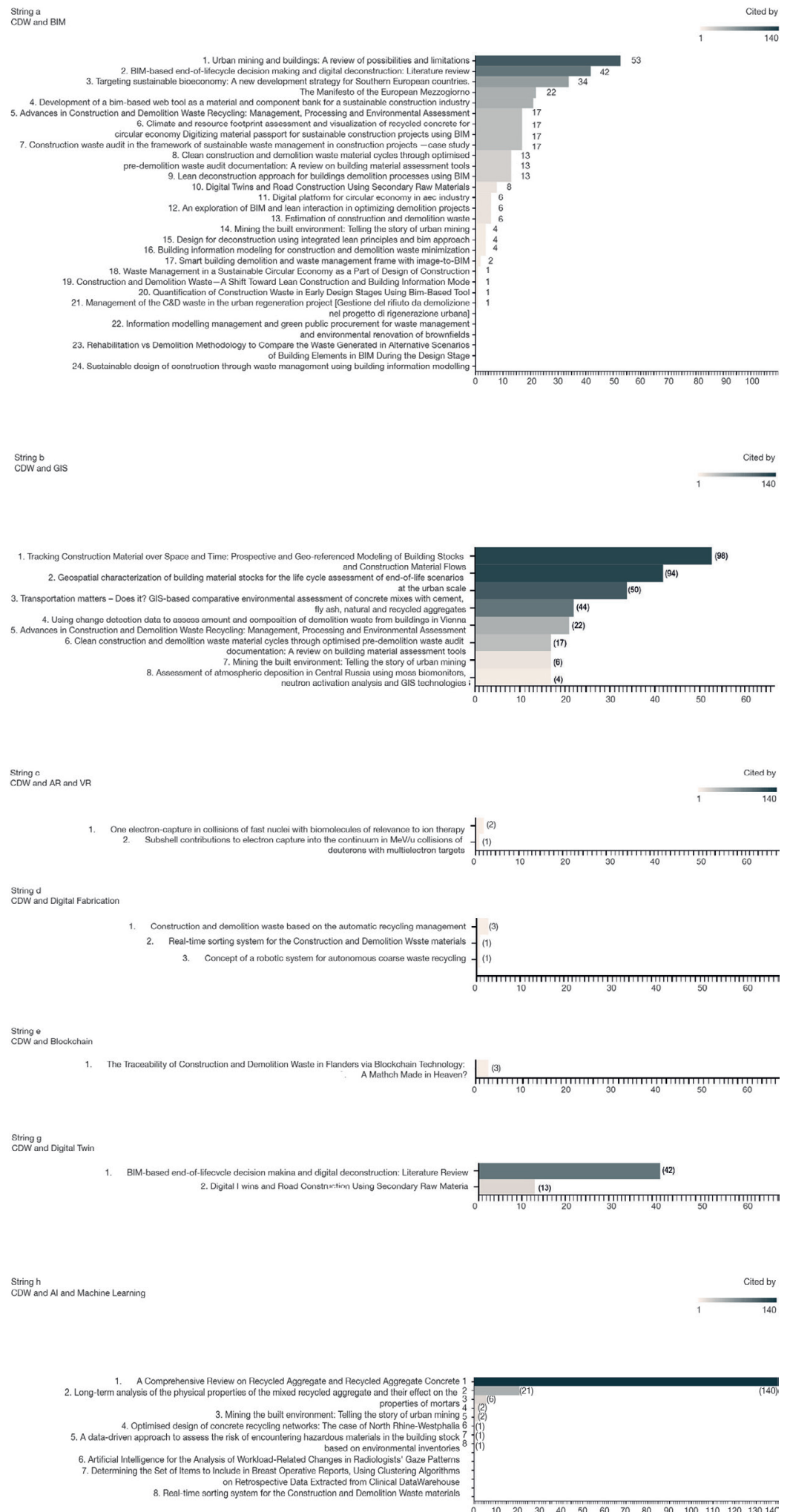
The analysis conducted by the study confirms the presence of three main critical factors: natural resource and waste management capacity; adoption of methodologies based on process simulation; and investment in supply chain design. In addition, and more decisively, the focus is gradually shifting toward the need to orient research in a more complex way, aiming at rethinking production processes in construction, capable of holding product and design innovation together.

In fact, barriers to the full implementation of such an approach in the European Union are many. As for the Italian case, waste recovery and treatment activities can only be carried out downstream of a complex authorisation process under the current regulations. In fact, the restrictive nature of the regulations results in longer timeframes, increased intervention costs and a greater risk of failure. Similarly, the regulatory criteria on the recovery process of demolition waste (Italian Ministry Decree Ecological Transition of 09/27/2022, No. 152)² do not take into account the intended use of recycled materials; in this way, these latter are brought back to a generic definition of MPS whose characteristics, do not fit with the actual future uses, so that they must comply with many and very complex performance requirements.

Yet, the direct reuse of construction and demolition waste in new construction technocycles would reduce both emissions from transportation to landfills and those related to the production, packaging and transportation of newly manufactured elements that the recycled components would replace (moreover, in compliance with the CAM – Minimum Environmental Criteria directives set forth in the Italian Ministry Decree for Ecological Transition of 23/06/2022³ regarding the quantities of recycled material to be introduced in construction processes). A paradox emerges between constraints and intentions: despite European guidelines on the circular economy boost for applying digital technologies in recycling construction and demolition waste, the current EU regulation reduces the opportunities to extend this practices into the construction sector. Cultural constraints must undoubtedly be added toward methods and technologies that can intervene upstream of processes and therefore require the redesign of the entire supply chain and the adoption of new approaches to the project and its management.

In light of the inherent complexity of the challenges of the ecological and digital transition, it is imperative to operate massively in the training of actors in the construction sector, providing incentives for more effective use of digital tools but also for a more mature culture of work in the supply chain, promoting technical and ethical education, useful for both decision-makers and practitioners to initiate practices of collaboration and shared responsibility.

Fig. 7-10 | Number of citations received by the identified publications for each search string (credits: the Authors, 2023).



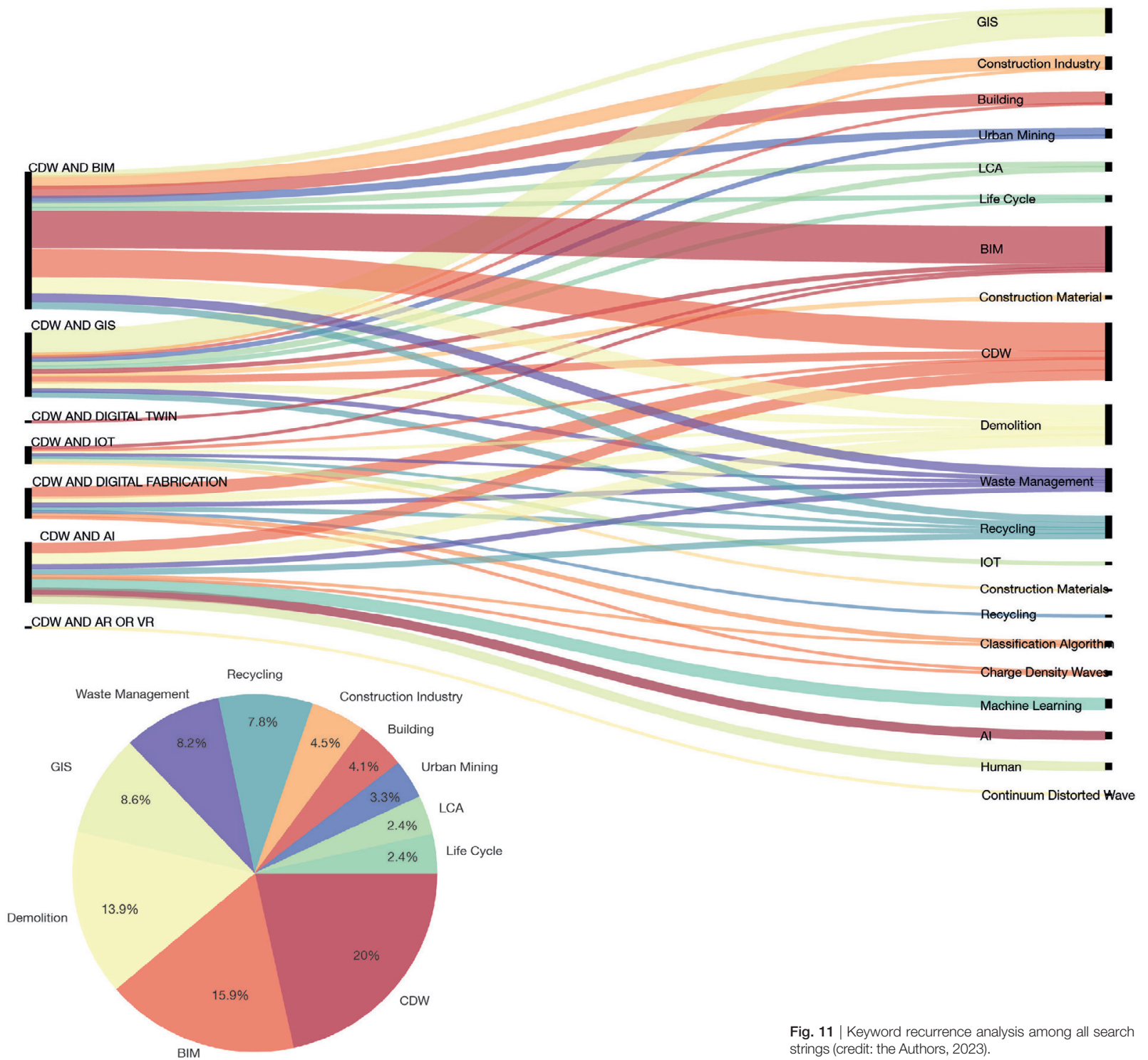


Fig. 11 | Keyword recurrence analysis among all search strings (credit: the Authors, 2023).

Acknowledgements

The contribution is the result of a common reflection of the Authors. Notwithstanding this, the introductory paragraph and ‘Conclusions and future developments’ are attributed to M. Rigillo, the paragraphs ‘Methodology and limitations of the research’ and ‘Discussion of outcomes’ to G. Galluccio, and the paragraphs ‘Previous research and aspects of originality of the contribution’ and ‘Results’ to F. Paragliola, who also took care of data management and image production. The research was financed by the Campania Region, as part of the research project PROSIT – PROgettare in Sostenibilità – Qualification and Digitization in Building’, PO FESR 2014-2020 – Specific Objectives 1.2.1 – Expression of Interest for the ‘realisation of technological platforms un-

der the program agreement – High-tech districts, aggregations and public-private laboratories for the strengthening of the scientific and technological potential of the Campania Region’, assigned to STRESS S.c.a.r.l. Project partners involved in the activity include the Department of Architecture and the Department of Structures for Engineering and Architecture of the ‘Federico II’ University of Naples, the public-private consortium STRESS S.c.a.r.l. and the City of Naples.

Notes

- 1) For more information, see: libguides.uta.edu/ScopingReviews/RQs [Accessed 11 May 2023].
- 2) For more information on Italian Decree No. 152 of September 27, 2022 – ‘Regolamento che disciplina la ces-

sazione della qualifica di rifiuto dei rifiuti inerti da costruzione e demolizione e di altri rifiuti inerti di origine minerale, ai sensi dell’articolo 184-ter, comma 2, del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (22G00163)’, published in Gazzetta Ufficiale Serie Generale No. 246 of 20-10-2022, see: gazzettaufficiale.it/eli/gu/2022/10/20/246/sg/pdf [Accessed 11 May 2023].

3) For more information on Italian Decree June 23, 2022 – ‘Criteri ambientali minimi per l’affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l’affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l’affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi (22A04307)’, published in Gazzetta Ufficiale Serie Generale No. 183 of 06-08-2022, see: gazzettaufficiale.it/eli/id/2022/08/06/22A04307/sg [Accessed 11 May 2023].

References

- Agarwal, R., Chandrasekaran, S. and Sridhar, M. (2016), “Imaging construction’s digital future”, in *McKinsey.com*, 24/06/2016. [Online] Available at: mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/imagining-construction-digital-future [Accessed 11 May 2023].
- Aldebei, F. and Dombi, M. (2021), “Mining the Built Environment – Telling the Story of Urban Mining”, in *Buildings*, vol. 11, issue 9, article 388, pp. 1-18. [Online] Available at: doi.org/10.3390/buildings11090388 [Accessed 10 May 2023].
- Arksey, H. and O’Malley, L. (2005), “Scoping studies – Towards a methodological framework”, in *International Journal of Social Research Methodology*, vol. 8, issue 1, pp. 19-32. [Online] Available at: doi.org/10.1080/136455703200119616 [Accessed 10 May 2023].
- Baiani, S. and Altamura, P. (2019), “Il Processo del Progetto per la Resource Productivity – Un Caso Studio | The Design Process towards Resource Productivity – A Case Study”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 5, pp. 83-92. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/592019 [Accessed 10 May 2023].
- Baiani, S. and Altamura, P. (2018), “Superuse e upcycling dei materiali di scarto in architettura – Progetto e sperimentazione | Waste materials superuse and upcycling in architecture – Design and experimentation”, in *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 16, pp. 142-151. [Online] Available at: doi.org/10.13128/Techne-23035 [Accessed 10 May 2023].
- Baratta, A. F. L. (2021), “Dalle politiche per la circolarità delle risorse alla strategia zero rifiuti | From resource circularity policies to the zero-waste strategy”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 9, pp. 32-41. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/932021 [Accessed 10 May 2023].
- Bernstein, P. (2018), *Architecture, Design, Data – Practice Competency in the Era of Computation*, Birkhäuser, Basel.
- Cays, J. (2017), “Life-Cycle Assessment – Reducing environmental impact risk with workflow data you can trust”, in *Architectural Design*, vol. 87, issue 3, pp. 96-103. [Online] Available at: doi.org/10.1002/ad.2179 [Accessed 10 May 2023].
- Chaillou, S. (2022), *Artificial Intelligence and Architecture – From Research to Practice*, Birkhäuser, Basel.
- Cossu, R., Salier, V. and Bisinella, V. (2012), “Introduction – The Urban Mining Concept”, in Cossu, R., Salier, V. and Bisinella, V. (eds), *Urban Mining – A global cycle approach to resource recovery from solid waste*, CISA, Padova, pp. 13-20.
- Daudt, H. M., van Mossel, C. and Scott, S. J. (2013), “Enhancing the scoping study methodology – A large, inter-professional team’s experience with Arksey and O’Malley’s framework”, in *BMC Med Res Methodology*, vol. 13, issue 48, pp. 1-9. [Online] Available at: doi.org/10.1186/1471-2288-13-48 [Accessed 10 May 2023].
- Ellen MacArthur Foundation (2015), *Delivering the Circular Economy – A Toolkit for Policy Makers*. [Online] Available at: ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Policy-makerToolkit.pdf [Accessed 04 May 2023].
- European Commission (2020a), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe*, document 52020DC0098, 98 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2020%3A98%3AFIN [Accessed 10 May 2023].
- European Commission (2020b), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – A Renovation Wave for Europe – Greening our buildings, creating jobs, improving lives*, document 52020DC0662, 662 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0662 [Accessed 10 May 2023].
- European Commission (2019), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the Implementation of the Circular Economy Action Plan*, document 52019DC0190, 190 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52019DC0190 [Accessed 10 May 2023].
- European Commission (2018), *A background to Level(s) and overview of the testing phase*. [Online] Available at: environment.ec.europa.eu/publications/background-levels-and-overview-testing-phase_en [Accessed 10 May 2023].
- European Commission (2016), *EU Construction & Demolition Waste Management Protocol*. [Online] Available at: ec.europa.eu/docsroom/documents/20509/attachments/1/translations/en/renditions/native [Accessed 10 May 2023].
- European Commission (2015), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Closing the loop – An EU Action Plan for the Circular Economy*, document 52019DC0190, 614 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614 [Accessed 10 May 2023].
- European Parliament and the Council (2014), *Directive 2014/24/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on public procurement and repealing Directive 2004/18/EC – Text with EEA relevance*, document 32014L0024. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/eli/dir/2014/24/oj [Accessed 10 May 2023].
- Ferreira, R. L. S., Anjos, M. A. S., Maia, C., Pinto, L., de Azevedo, A. R. G. and de Brito, J. (2021), “Long-term analysis of the physical properties of the mixed recycled aggregate and their effect on the properties of mortars”, in *Construction and Building Materials*, vol. 274, article 121796, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121796 [Accessed 10 May 2023].
- Guerrero-Bote, V. P., Chinchilla-Rodríguez, Z., Mendoza, A. and de Moya-Aneón, F. (2021), “Comparative Analysis of the Bibliographic Data Sources Dimensions and Scopus – An Approach at the Country and Institutional Levels”, in *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, vol. 5, article 593494, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.3389/frma.2020.593494 [Accessed 10 May 2023].
- Ghosh, S. K. (ed.) (2020), *Urban Mining and Sustainable Waste Management*, Springer Nature, Singapore. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-981-15-0532-4 [Accessed 10 May 2023].
- Grant, M. J. and Booth, A. (2009), “A typology of reviews – An analysis of 14 review types and associated methodologies”, in *Health Information and Libraries Journal*, vol. 26, issue 2, pp. 91-108. [Online] Available at: doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x [Accessed 10 May 2023].
- Heeren, N. and Hellweg, S. (2018), “Tracking Construction Material over Space and Time – Prospective and Georeferenced Modeling of Building Stocks and Construction Material Flows”, in *Journal of Industrial Ecology*, vol. 23, issue 1, pp. 253-267. [Online] Available at: doi.org/10.1111/jiec.12739 [Accessed 10 May 2023].
- Ismail, Z.-A. B. (2022), “A critical study of the existing issues in circular economy practices during movement control order – Can BIM fill the gap?”, in *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. ahead-of-print, n. ahead-of-print. [Online] Available at: doi.org/10.1108/ECAM-08-2021-0676 [Accessed 10 May 2023].
- Koutamanis, A., van Reijn, B. and van Bueren, E. (2018), “Urban mining and buildings – A review of possibilities and limitations”, in *Resources Conservation and Recycling*, vol. 138, pp. 32-39. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.06.024 [Accessed 10 May 2023].
- Meža, S., Mauko Pranjić, A., Vežočnik, R., Osmokrović, I. and Lenart, S. (2021), “Digital Twins and Road Construction Using Secondary Raw Materials”, in *Journal of Advanced Transportation*, vol. 2021, article 8833058, pp. 1-
12. [Online] Available at: doi.org/10.1155/2021/8833058 [Accessed 10 May 2023].
- Pimponi, D. and Porcari, A. (2020), *Circular economy in the building and construction sector in Italy – Towards sustainable production and consumption*, SocKETs project. [Online] Available at: airi.it/airi2020/wp-content/uploads/2021/06/SocKETs_D1.1_Report_Airi_Final_Website.pdf [Accessed 10 May 2023].
- Rigillo, M. and Giammetti, M. T. (2021), “Gestione del rifiuto da demolizione nel progetto di rigenerazione urbana | Management of the C&D waste in the urban regeneration project”, in *Techne | Journal of Technology and Environment*, vol. 22, pp. 240-248. [Online] Available at: doi.org/10.36253/techne-10615 [Accessed 10 May 2023].
- Russo Ermolli, S. (2020), *The Digital Culture of Architecture – Note sul cambiamento cognitivo e tecnico tra continuità e rottura*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna (RN).
- Schamne, A. N., Nagalli, A. and Vieira Soeiro, A. A. (2022), “The use of BIM to automated construction and demolition waste management – A literature review from 2009 to 2020”, in *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, vol. 9, issue 21, pp. 377-394. [Online] Available at: [doi.org/10.21438/rbgas\(2022\)092124](https://doi.org/10.21438/rbgas(2022)092124) [Accessed 10 May 2023].
- Sposito, C. and Scalisi, F. (2020), “Ambiente costruito e sostenibilità – Materiali riciclati e Design for Disassembly tra ricerca e buone pratiche | Built environment and sustainability – Recycled materials and Design for Disassembly between research and good practices”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 8, pp. 106-117. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/8102020 [Accessed 10 May 2023].
- Suciu, G., Petre, I., Iordache, G. V., Ionel, T. and Simionescu, S. (2022), “Classification algorithm of an automated sorting system for Construction and Demolition Waste materials”, in *21st RoEduNet Conference – Networking in Education and Research (RoEduNet), Sovata, September 15-16, 2022*, pp. 1-4. [Online] Available at: doi.org/10.1109/RoEduNet57163.2022.9921053 [Accessed 10 May 2023].
- Tiedemann, T., Keppner, M., Runge, T., Vögel, T., Wittmaier, M. and Wolff, S. (2021), “Concept of a Robotic System for Autonomous Coarse Waste Recycling”, in Gusikhin, O., Nijmeijer, H. and Madani, K. (eds), *Proceedings of the 18th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO 2021), July 6-8, 2021*, ScitePress, Setúbal, pp. 493-500. [Online] Available at: doi.org/10.5220/0010584004930500 [Accessed 10 May 2023].
- UNI/PdR 75 (2020), *Decostruzione selettiva – Metodologia per la decostruzione selettiva e il recupero dei rifiuti in un’ottica di economia circolare | Selective deconstruction – Methodology for selective deconstruction and waste recovery from a circular economy perspective*. [Online] Available at: bauschutt.it/media/9af07049-6542-494a-9f3f-49a743d64595/uni21001058-eit.pdf [Accessed 10 May 2023].
- Voorter, J. and Koolen, C. (2021), “The Traceability of Construction and Demolition Waste in Flanders via Blockchain Technology – A Match Made in Heaven?”, in *Journal for European Environmental and Planning Law*, vol. 18, issue 4, pp. 347-369. [Online] Available at: doi.org/10.1163/18760104-18040003 [Accessed 10 May 2023].
- Xiao, J., Zou, S., Yu, Y., Wang, Y., Ding, T., Zhu, Y., Yu, J., Li, S., Duan, Z., Wu, Y. and Li, L. (2020), “3D recycled mortar printing – System development, process design, material properties and on-site printing”, in *Journal of Building Engineering*, vol. 32, article 101779, pp. 1-13. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jobte.2020.101779 [Accessed 10 May 2023].

ARTICLE INFO

Received	04 April 2023
Revised	02 May 2023
Accepted	09 May 2023
Published	30 June 2023

DESIGN SULL'ESPERIENZA DELL'UTENTE E SOSTENIBILITÀ DEGLI OGGETTI CON INTELLIGENZA ARTIFICIALE

USER EXPERIENCE DESIGN AND SUSTAINABILITY OF AI-INFUSED OBJECTS

Venanzio Arquilla, Alice Paracolli

ABSTRACT

Gli oggetti con intelligenza artificiale fanno ormai parte integrante della vita quotidiana di un numero sempre maggiore di utenti generando indubbi benefici ma anche potenziali criticità derivanti dal loro impatto ambientale. Il paper descrive questi oggetti e l'ecosistema che creano, presentando un modello interpretativo in cui vengono analizzate le tre principali componenti: fisica, digitale e d'uso. Riferendosi alla 'sostenibilità' il Design generalmente analizza gli impatti ambientali legati alla componente fisica, mentre l'Ingegneria si occupa della valutazione degli impatti della componente digitale; queste analisi sono solitamente dissociate e non coprono gli impatti legati all'uso. L'approccio che si presenta propone di integrare le diverse metodologie per far emergere gli impatti legati all'esperienza d'uso per generare maggiore consapevolezza già nella fase progettuale.

AI-infused Objects have become an integral part of the daily lives of an increasing number of users. While these objects offer undeniable benefits, they also raise concerns due to their environmental impact. This paper explores the characteristics of these objects and the ecosystem they create, presenting an interpretive model that examines three primary components: physical, digital, and usage. When it comes to 'sustainability', Design generally focuses on environmental impacts related to the physical component, while Engineering evaluates the impacts of the digital component. However, these assessments are often disconnected and fail to encompass the impacts associated with usage. The proposed approach seeks to integrate diverse methodologies to elicit the impacts related to the user experience and generate greater awareness already in the design phase.

KEYWORDS

esperienza d'uso, design, sostenibilità, intelligenza artificiale, internet delle cose

user experience, design, sustainability, artificial intelligence, internet of things

Venanzio Arquilla, Associate Professor of Industrial Design, is the Head of the Product Design Course at the School of Design of Politecnico di Milano (Italy) and the Director of the Experience Design Academy, POLI.design. He conducts research on tools and methodologies for design innovation, user experience, service design, design policies, making, and digital fabrication at national and international levels. Mob. +39 348/292.41.22 | Email: venanzio.arquilla@polimi.it

Alice Paracolli is a PhD Candidate in User Experience Design at Politecnico di Milano (Italy). Her research interests include the relationship between sustainability and user experience to improve human-computer interaction for current and future generations. Mob. +39 375/669.48.30 | Email: alice.paracolli@polimi.it



Assistiamo a una diffusione sempre più ampia di oggetti digitali e connessi che hanno un impatto sempre più importante sulle nostre vite (Ashri, 2020); da un lato questi migliorano la qualità della nostra esistenza, dall'altro diventa sempre più evidente che potrebbero avere un effetto negativo sull'ecosistema, a causa dell'elevato impatto ambientale che essi generano nelle diverse fasi del loro complesso ciclo di vita (progettazione, sviluppo, produzione, gestione, manutenzione e aggiornamento). Se nel corso degli anni la transizione digitale è stata vista come inevitabile – abbiamo assistito a una apparentemente necessaria digitalizzazione di oggetti o processi della nostra vita quotidiana (Epifani, 2020) – oggi iniziamo a riflettere sull'opportunità e il valore di questo processo. Quattro fenomeni tecnologici interdipendenti sono il punto di partenza della transizione digitale, il Cyber-Physical Production System, l'Internet of Things, la Smart Factory e l'Internet of Service (Hermann, Pentek and Otto, 2016) che hanno cambiato sia le aspettative che le routine degli utenti.

Ma occorre porci delle domande. Il continuo monitoraggio digitale di ogni aspetto della nostra esistenza e di ogni nostra azione ha senso? Ci libera o ci rende schiavi? In questo scenario è opportuno evidenziare come la priorità dello User Experience Design sia rendere questa transizione il più naturale possibile per l'utente, concentrandosi però sulla creazione di esperienze digitali positive e significative (Hassenzahl, Burmester and Koller, 2021). In quest'ottica l'articolo presenta gli esiti di un'attività di ricerca che, constatata la complessità della situazione attuale, mira a mettere insieme le logiche dell'esperienza d'uso con quelle della sostenibilità per orientare la società verso una transizione digitale matura e sensata. Nello specifico saranno affrontati il ruolo e la prospettiva dello User Experience Designer nello sviluppo di ecosistemi dotati di Intelligenza Artificiale (IA) sostenibili e desiderabili. La ricerca parte dall'analisi dell'impatto che nel quotidiano hanno gli oggetti con intelligenza artificiale (AI-infused Objects), oggetti 'cyber-physical', connessi, che di solito fanno parte di un ecosistema di 'oggetti intelligenti' tra i quali i contatori, gli orologi o gli assistenti vocali (Vitali, Paracolli and Arquilla, 2022; Figg. 1-3).

Il Design da sempre adotta approcci legati alla sostenibilità che negli anni sono evoluti e sono passati dal cradle-to-cradle (Braungart, McDonough and Bollinger, 2007), all'Emotionally Durable Design (Mugge, 2007; Chapman, 2009), all'eco-design (Charter and Tischner, 2001; Vezzoli and Manzini, 2008) fino al Product / Service System Design for Sustainability (Vezzoli, 2007; Vezzoli, Delfino and Ambole, 2014; Tukker and Tischner, 2006). Analogamente l'ingegneria adotta metodi per valutare gli impatti legati alla componente digitale di questi ecosistemi; nello specifico i loro impatti possono essere diretti, come il consumo di energia statica, dinamica e d'inferenza (Ligozat, 2021, 2022) o indiretti, come gli effetti di rimbalzo della IA (Pohl, Hilty and Finkbeiner, 2019). A queste misure quantitative si sommano le strategie derivanti dalla psicologia comportamentale e della tecnologia persuasiva (Fogg, 2002; Midden, Kaiser and McCalley, 2007; Midden and Ham, 2018). Se si intende affrontare la valutazione in una logica eco-sistemica, questi elementi, tutti importanti, vanno integrati e occorre inserire nel processo di valutazione anche la com-

ponente d'uso per cui la User Experience può assumere un ruolo rilevante nella definizione a monte di prodotti e servizi che utilizzano l'IA.

In questo senso Bertoni (2017) revisiona 'le modalità di integrazione della sostenibilità' come 'valore' individuando i livelli 'meta', 'strategico', 'tattico' e 'operativo'. Gli strumenti dei primi tre livelli sembrano più definiti ed è chiaro che sia socialmente, eticamente e politicamente necessario orientare la produzione, il consumo e i beni in una prospettiva sostenibile. Mancano però strumenti di progettazione che siano applicabili e trasversali come dimostrato dalla letteratura sul tema che appare frammentata e non sempre coerente con le reali esigenze dei progettisti.

In risposta a questa criticità, il contributo propone una prospettiva di analisi della sostenibilità che parta dalla componente d'uso dell'oggetto e dalla esperienza effettiva dell'utente, andando a ritroso nel ricostruire gli aspetti fisici e digitali e non viceversa, con l'obiettivo di trovare il giusto equilibrio tra una esperienza dell'utente positiva, il livello di intelligenza ad esso legata e la conseguente ma necessaria minimizzazione dell'impatto ambientale, considerando sempre che sistemi inutilizzati e / o che non utilizzino a pieno le loro potenzialità (ad esempio disperdendo o raccogliendo dati inutili) generano solo entropia negativa per l'ecosistema sia ambientale che sociale (McGovern, 2020).

Il contributo quindi, a partire dalla definizione del contesto, delle caratteristiche degli AI-infused Objects e delle loro diverse componenti (fisica, digitale e d'uso), attraverso un'analisi della letteratura di riferimento, riflette sul ruolo della User Experience come prospettiva centrale da cui parte l'analisi dell'impatto dell'oggetto. Le conclusioni evidenziano le criticità attuali di relazione tra gli AI-infused Objects, la User Experience e la sostenibilità ambientale, aprendo a un potenziale ambito di interesse per il Design. L'analisi è riferita a una ricerca dottorale in via di sviluppo, in collaborazione con un'azienda multinazionale tecnologica, in cui detti presupposti saranno validati attraverso l'analisi e la comparazione di casi reali su ecosistemi di prodotti/servizi digitali.

Gli AI-infused Objects e il loro impatto ambientale

Questi particolari oggetti, che rientrano nel più ampio insieme dell'IoT, sono da anni sempre più diffusi nel mercato e portano nelle case e nella vita delle persone sistemi che utilizzano IA per svolgere mansioni ordinarie (Ashri, 2020). Entro il 2030 si prevede che il numero di dispositivi IoT in tutto il mondo superi i 29 miliardi, quasi triplicando la quota del 2020 di 9,7 miliardi (Vailshery, 2022; Fig. 4). Gli AI-infused Objects sono 'cyber physical', ovvero hanno sia un corpo fisico con cui l'utente può interagire direttamente sia una rappresentazione digitale di loro stessi; l'interazione con l'utente può avvenire su più dispositivi, può essere multimodale attraverso più interfacce e avere comandi fisici e digitali (Maass and Janzen, 2007).

Gli AI-infused Objects sono dotati di un ID specifico che li rende accessibili e controllabili anche da remoto tramite un indirizzo IP durante il loro intero ciclo di vita (Gutiérrez et alii, 2013; Kärkkäinen et alii, 2003); infine possono collegarsi ad altri oggetti, creando così un vero e proprio ecosistema di oggetti connessi (Abramovici, 2019; Greengard,

2015). Poiché la connessione internet li rende parte di una rete più grande di oggetti, persone e servizi, il loro impatto va oltre il consumo energetico diretto visibile sulla bolletta dell'utente e comprende i costi computazionali legati ai dati¹. Altra caratteristica peculiare è che questi oggetti posseggono una IA, processori e microprocessori capaci di analizzare, gestire, trasformare i dati in informazioni supportando l'utente nel prendere decisioni specifiche, funzionalità tutte non necessariamente svolte in locale ma che spesso vengono gestite in 'cloud' (Meyer, Främpling and Holmström, 2009).

In ambito accademico, essendo in una fase esplorativa delle potenzialità e di fascinazione tecnologica, la ricerca è rivolta a rendere più efficiente la tecnologia, mentre meno attenzione viene data al suo effettivo impatto ambientale (Kaack et alii, 2022). Aimee van Wynsberghe (2021), esperta accademica della relazione tra IA e sostenibilità, ha riconosciuto due possibili punti di vista alternativi: AI for Sustainability e Sustainability for AI. La ricercatrice rileva che esiste un movimento crescente il quale intende utilizzare l'IA per scopi 'buoni' e per obiettivi di sviluppo sostenibile (ad esempio AI4Good); un esempio di AI for Sustainability è riportato da Zaffagnini e Morganti (2022) secondo i quali il binomio dati / macchinari industriali può ridurre l'impatto ambientale dei prodotti con un approccio basato sulla LCA.

Allo stesso tempo però occorrerebbe affrontare il tema della sostenibilità dello sviluppo e dell'uso dei sistemi di IA in quanto tali. Un contributo rilevante su questo aspetto è quello proposto da Crawford e Joler (2018) con Anatomy of AI (Fig. 5), esposto in diverse mostre internazionali e oggetto di numerose pubblicazioni in quanto primo tentativo di analisi del 'lato oscuro' della tecnologia IA. Gli autori individuano i costi nascosti dietro l'apparente semplificazione della qualità della vita degli utenti: costi riferibili alle infrastrutture, alle tecnologie, al traffico dei dati ma anche e soprattutto al lavoro umano connesso all'implementazione di questi sistemi, quindi costi diretti, legati ai prodotti e alle infrastrutture, costi legati al flusso di dati e alla loro analisi e costi sociali legati al lavoro per progettare ed educare questi sistemi.

L'utilizzo di questi ecosistemi è spesso inteso dagli utenti come un aiuto per la propria esistenza; in una dimensione egoriferita può anche essere vero, mentre in ottica di responsabilità collettiva occorrerebbe tenere in maggiore considerazione anche gli aspetti indiretti e andrebbero verificate le diverse condizioni di uso. Un dispositivo medico sempre connesso per un paziente può essere utile e potrebbe salvargli la vita in caso di necessità, uno smartwatch al polso di un teenager in piena salute che non sta facendo allenamento specifico genera gli stessi dati e impatti, ma ha molto meno senso (Figg. 6, 7). Quindi occorrerebbe tenere in stretta considerazione questi aspetti in fase progettuale per evidenziare la responsabilità di chi progetta e gestisce i sistemi; emergono inoltre ulteriori possibili pericoli legati all'etica dei dati, che possono generare o rafforzare pregiudizi danneggiando alcune categorie di utenti. Queste sono alcune delle criticità evidenziate nel report di Mozilla², nel quale si mette in luce anche la disparità di potere tra chi beneficia dell'IA e chi ne è danneggiato.

Le componenti ecosistemiche degli AI-infused Objects | L'IA rende gli AI-infused Objects pro-

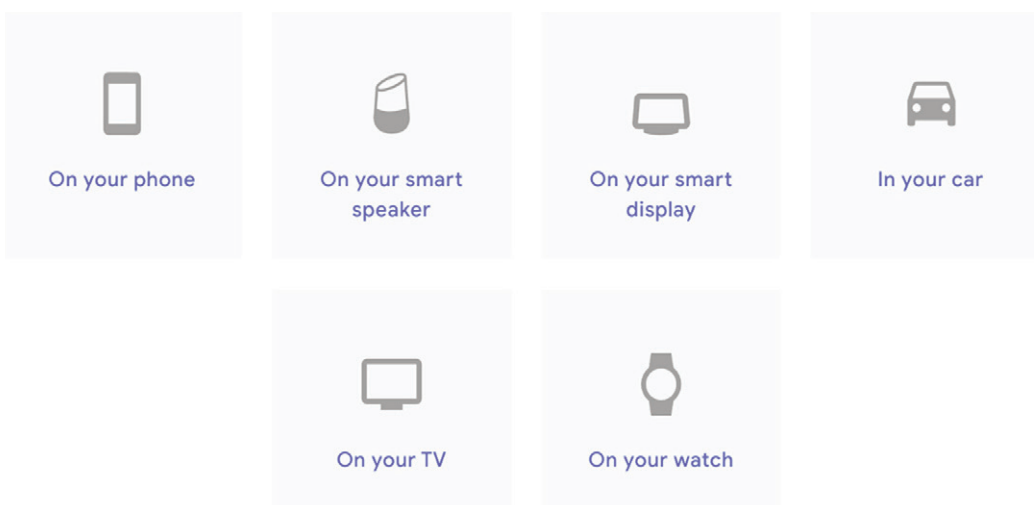
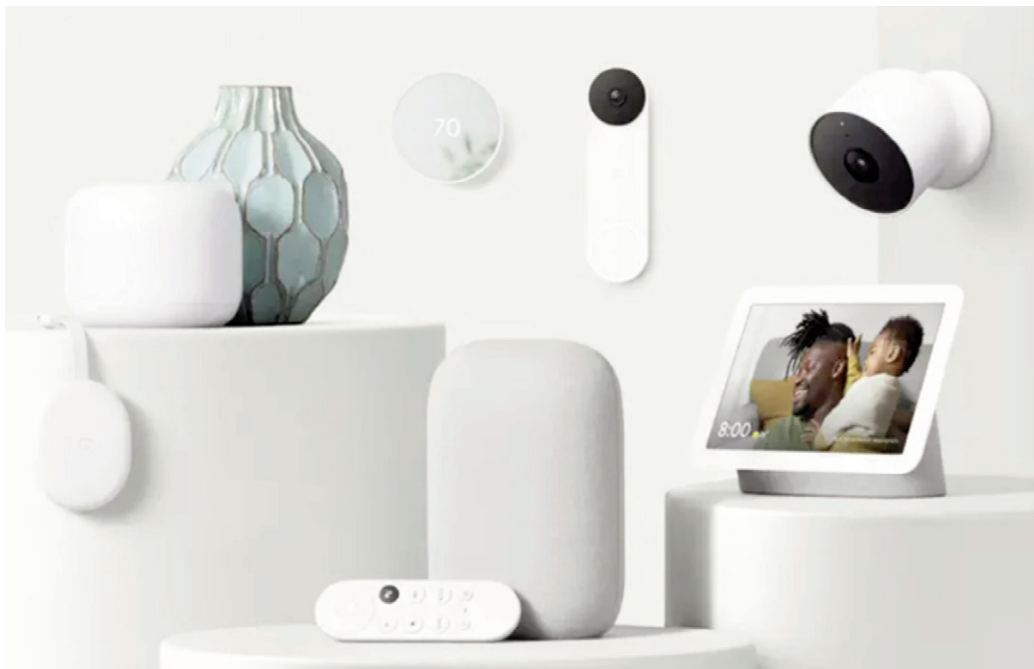


Fig. 1 | British Gas Smart Energy Monitor: the device visualises consumption data and provides a cost breakdown to encourage users to consume less (source: britishgas.co.uk).

Fig. 2 | Google Home Ecosystem (credit: Google, 2023).

Fig. 3 | Different types of devices that can interact with Google Assistant (credit: Google, 2023).

attivi e capaci di prendere decisioni motivate anche senza la diretta richiesta dell'utente; ne è esempio Nest (Fig. 8), un termostato digitale che regola autonomamente la temperatura di una abitazione in base alla presenza o meno di persone e alla temperatura esterna. Questa 'relazione' funziona con una triangolazione tra utente, che fornisce i dati, quadri di comando fisici e digitali con cui l'utente stesso interagisce e il servizio attivato con IA che genera feedback e comportamenti personalizzati sui dati dell'utente nel quotidiano.

Per analizzare la dimensione di impatto degli AI-infused Objects bisogna considerare le tre componenti principali dell'ecosistema: 1) le componenti fisiche dell'oggetto, cioè i quadri di comando fisici con cui l'utente interagisce ovvero l'oggetto stesso (ad esempio se si considera l'impatto generato da uno frigorifero smart, sarebbe il frigorifero stesso) e i relativi componenti intelligenti (schermi, touchscreen, altoparlanti, sensori, ecc.; Figg. 9, 10); 2) le componenti digitali, cioè tutto ciò che un oggetto dotato di IA deve avere per mostrare abilità 'intelligenti' e differenziarsi da un oggetto convenzionale, ovvero i requisiti di connettività (per connettersi alla rete internet e ad altri oggetti) e la capacità di calcolo dell'IA (ad esempio l'elaborazione di dati durante l'inferenza dell'oggetto); 3) la componente d'uso (come viene utilizzato), ovvero gli impatti derivanti dalle interazioni dirette dell'utente (ad esempio il numero di utilizzi all'ora) e i relativi impatti derivanti dai cambiamenti nell'atteggiamento degli utenti, cioè come il loro quotidiano cambia utilizzando un determinato AI-infused Object rispetto a prima.

La metodologia di ricerca | Per l'identificazione di queste tre componenti è stata effettuata una revisione sistematica della letteratura, integrando fonti da tre diversi ambiti: relazione tra il Design e la Sostenibilità, per investigare la componente fisica; relazione tra Sostenibilità e Intelligenza Artificiale, per quella digitale; relazione tra Comportamento d'Uso e Potenziali Impatti Ricorsivi. In particolare, la ricerca ha riguardato l'identificazione delle principali pratiche e delle linee guida per la valutazione della sostenibilità degli oggetti con IA considerando il modello PICO (Nishikawa-Pacher, 2022) che vede: come Popolazione, i prodotti con AI-infused Object diffusi in ambito domestico; come Intervento, le metodologie di valutazione degli impatti ambientali già adottate sia dal Design che dall'Ingegneria; come Raffronto, gli studi presenti in letteratura che riguardano la comparazione tra diverse metodologie per lo stesso scopo e/o la comparazione di AI-infused Objects e la loro versione convenzionale o analogica; come Risultato auspicato, la definizione di una metodologia specifica utilizzabile dai progettisti che approcciano questa tipologia di prodotti.

I database utilizzati per la ricerca sono stati Web of Science, Scopus, IEEE Xplore; i risultati sono stati esaminati utilizzando criteri di inclusione ed esclusione basati sulla pertinenza al quadro PICO (Ranganathan and Aggarwal, 2020).

Componente fisica e analisi dell'impatto ambientale | La stringa per la ricerca della componente fisica degli AI-infused Objects nei database ha compreso le parole chiave 'sustainability', 'life cycle', 'design' e 'smart objects' al fine di comprendere cosa nel Design è già stato fatto per analiz-

zare le componenti fisiche dei quadri di comando degli AI-infused Objects. La ricerca ha generato 5.500 risultati, ulteriormente filtrati per argomenti trattati dalla disciplina del Design. Tra le 149 risorse selezionate soltanto 45 interessano l'analisi del ciclo di vita integrale degli oggetti intelligenti e/o studi che considerano le strategie di compensazione per il cambiamento del comportamento messe in atto da questi oggetti per stimolare l'utente a un comportamento più sostenibile.

Dall'analisi della letteratura sul tema emerge che i primi approcci di valutazione della sostenibilità nel Design sono stati l'Eco-design (Charter and Tischner, 2001; Vezzoli and Manzini, 2008), che mira a minimizzare l'impatto ambientale dei prodotti durante tutto il loro ciclo di vita, e il 'cradle-to-cradle' (Braungart, McDonough and Bollinger, 2007), finalizzato a realizzare i prodotti riciclabili e compostabili all'interno di un ciclo di vita chiuso, circolare e sostenibile. Altro approccio è quello dell'Emotionally Durable Design (Mugge, 2007; Chapman, 2009) che rileva l'importanza di prodotti durevoli, in grado di soddisfare le esigenze emotive dei consumatori nel tempo. Per la prima volta si va oltre le caratteristiche fisiche del prodotto per analizzarne l'aspetto sostenibile, focalizzando l'attenzione del progettista su come l'oggetto viene percepito dall'utente, in risposta al fenomeno dell'obsolescenza psicologica (Cooper, 2004) specifica dell'epoca che stiamo vivendo e partendo dall'analisi dell'utente.

L'approccio più recente che unisce le riflessioni legate a come l'utente percepisce l'oggetto e da cosa deriva la sua soddisfazione, l'analisi dell'intero ciclo di vita dell'oggetto integrando aspetti sociali, ambientali ed economici nella progettazione dei prodotti e dei sistemi è il Product / Service System Design for Sustainability (Tukker and Tischner, 2006; Vezzoli, 2007; Vezzoli, Delfino and Ambole, 2014). Questo approccio considera i prodotti come parte di sistemi più ampi, cerca di creare prodotti e servizi sostenibili che soddisfino le esigenze degli utenti e allo stesso tempo abbiano un impatto ambientale ridotto. Generalmente gli strumenti di valutazione a disposizione del Design si concentrano principalmente sull'approccio strategico, nella fase preliminare del progetto, mentre pochi supportano il progettista durante la fase esecutiva.

In aggiunta la valutazione sulla sostenibilità di un AI-infused Object non prende in esame né l'impatto della connettività né quello dell'IA dell'oggetto mentre analizza gli impatti diretti dell'oggetto: viene considerata la quantità di energia necessaria per tenere l'oggetto attivo, ma non l'energia impiegata nel processo di ideazione, progettazione e gestione dell'IA (Bracquené, De Bock and Duflo, 2020; Rizwan et alii, 2022). Diversi sono gli strumenti a disposizione del designer per valutare l'impatto ambientale della componente fisica degli AI-infused Objects (Vezzoli, Macrì and Takacs, 2022; Vezzoli, Garcia Parra and Kohtala, 2021) e tra questi il Life Cycle Assessment dell'oggetto stesso e delle componenti necessarie a renderlo 'intelligente' (Pirson and Bol, 2021).

Quando si analizza l'impatto ambientale generato da un AI-infused Object è importante considerare anche l'effetto di compensazione che l'oggetto può avere una volta che viene utilizzato dall'utente. Infatti molti di questi oggetti adottano delle strategie persuasive per promuovere un com-

portamento più sostenibile da parte dell'utente, fungendo da intermediari, amplificatori, determinanti o promotori (Midden, Kaiser and McCalley, 2007); tra queste strategie Cialdini (2009) propone la reciprocità, l'impegno, la prova sociale, l'autorità e il piacere. Parallelamente il framework Persuasive Systems Design (Oinas-Kukkonen and Harjuma, 2009) derivante da Fogg (2002) propone 28 strategie persuasive tra le più utilizzate per promuovere un comportamento sostenibile in un sistema IoT (Adaji and Adisa, 2022).

Componente digitale e analisi dell'impatto ambientale | La stringa per la ricerca della componente digitale degli AI-infused Objects nei database ha compreso le parole chiave 'environmental', 'artificial intelligence', 'impacts', 'evaluation' e ha generato 70 risultati; di questi, 36 non sono considerati in quanto studiano l'utilizzo di IA per calcolare il ciclo di vita di qualcos'altro. Negli studi rimanenti comunque, gli impatti dell'IA non vengono analizzati interamente, tralasciando il consumo di energia effettivo del ciclo di vita del modello di IA e i flussi di materiali fisici. La ricerca informatica sta diventando sempre più consapevole delle implicazioni dell'IA e incentra la propria attenzione sul miglioramento degli algoritmi in relazione al contesto d'uso (Ligozat, 2021), soprattutto se associato all'esperienza utente prevista del servizio che utilizza quell'algoritmo. Un caso rappresentativo di questa analisi è riportato da Turovsky (2016) su Google Translate.

La letteratura sull'IA tratta principalmente una piccola parte degli impatti diretti e trascura la produzione della tecnologia, la fine della vita e i possibili effetti indiretti. Sia Wu et alii (2022) che Gupta et alii (2022), evidenziano le carenze metodologiche degli studi precedenti, concentrandosi sulla fase di utilizzo mentre Lacoste et alii (2019), al pari di Kaack et alii (2022), approfondiscono le fonti di emissione di carbonio di un servizio di IA, offrendo una visione più completa degli impatti diretti. Inoltre Kaack et alii (2022) sostengono anche la necessità di approcci metodologici transdisciplinari per analizzare gli effetti indiretti; da qui un possibile coinvolgimento della figura dello User Experience Designer che può comprendere come un oggetto è utilizzato per dedurre l'impatto ambientale.

Ligozat (2021, 2022) ha presentato una guida pratica su come valutare l'impatto ambientale diretto legato all'IA, tuttavia esistono diversi strumenti che possono informare il processo decisionale del progettista sull'impatto ambientale di un sistema IA: quelli integrati nel codice sono più complessi da utilizzare – ne sono esempio CarbonTracker (Anthony, Kanding and Selvan, 2020), Codecarbon (Budenny et alii, 2022), Experiment Impact Tracker (Henderson et alii, 2020) – mentre quelli disponibili online sono meno precisi ma più semplici da utilizzare, come Green Algorithms e ML CO₂ Impact (Bannour et alii, 2022). Essi analizzano diverse fasi del ciclo di vita di un sistema IA, partendo dalla costruzione del modello fino alla fase di inferenza, con diverse categorie di impatto a seconda dello scopo dell'algoritmo e del contesto d'uso. In generale per valutare gli impatti ambientali della componente digitale di un AI-infused Object, bisogna sommare gli impatti derivanti dai requisiti di connessione dell'oggetto, che variano a seconda della esperienza d'uso prevista (Rowland et alii, 2015), e l'impatto generato

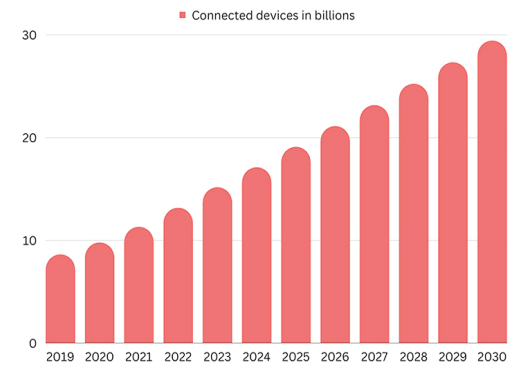


Fig. 4 | The number of Internet of Things (IoT) connected devices worldwide and forecasts until 2030 (source: Vailshery, 2022).

dall'IA (costruzione del modello, implementazione e inferenza); in questo modo si può bilanciare, anche in fase di progettazione, l'esperienza utente desiderata e il suo impatto ambientale.

Componente d'uso e analisi dell'impatto ambientale | La comprensione del contesto d'uso è il punto di partenza per analizzare il terzo componente degli AI-infused Objects, che deriva dalla modalità di interazione dell'utente con l'oggetto e ne valuta gli impatti diretti e indiretti. La stringa per la ricerca della componente d'uso degli AI-infused Objects nei database ha compreso le parole chiave 'user', 'behaviour', 'impact', 'AI', 'assessment' e 'iot' e ha generato 231 risultati.

Gli impatti ambientali di un AI-infused Object legati al comportamento utente possono essere di tipo diretto, quando considerano la domanda di energia o le emissioni associate al ciclo di vita delle componenti, e di tipo indiretto, con valori positivi o negativi (Coroamã et alii, 2020; Wohlschlagel, Neitz-Regett and Lanzinger, 2021). Gli effetti sono considerati sia a livello domestico, con una variazione del consumo energetico, sia a livello di sistema poiché possono determinare un effetto di rimbalzo: uno smart meter potrebbe diminuire il consumo energetico di una famiglia, che però potrebbe decidere di tenere la temperatura più calda in determinate ore, riducendo i benefici netti (Shehabi, 2017). La letteratura scientifica infine riporta svariate tassonomie sugli effetti diretti e indiretti legati alla tecnologia e al suo utilizzo (Horner, Shehabi and Azevedo, 2016; Pohl et alii, 2022; Sternieri et alii, 2023) e diverse metodologie di analisi specifiche sulle singole componenti.

La User Experience Sustainability e il focus sulla componente d'uso | Dall'analisi della letteratura scientifica emerge come l'impatto ambientale di questi oggetti sia determinato dalla somma degli impatti derivanti dalle singole componenti di cui sono composti: fisico, digitale e d'uso; un ambito di ricerca non ancora esplorato riguarda l'uso e il ruolo degli AI-infused Object nella quotidianità degli utenti. L'approccio proposto prevede di ribaltare l'ottica di analisi tradizionale adottata dal Design partendo dall'esperienza d'uso auspicata e auspicabile; con questo approccio si potrebbero individuare ulteriori e più significativi elementi utili a una 'progettazione consapevole' sia della parte fisica che di quella digitale dell'ecosistema. L'esperienza d'uso mira a valutare come l'oggetto è effettivamente adoperato, quali logiche interattive

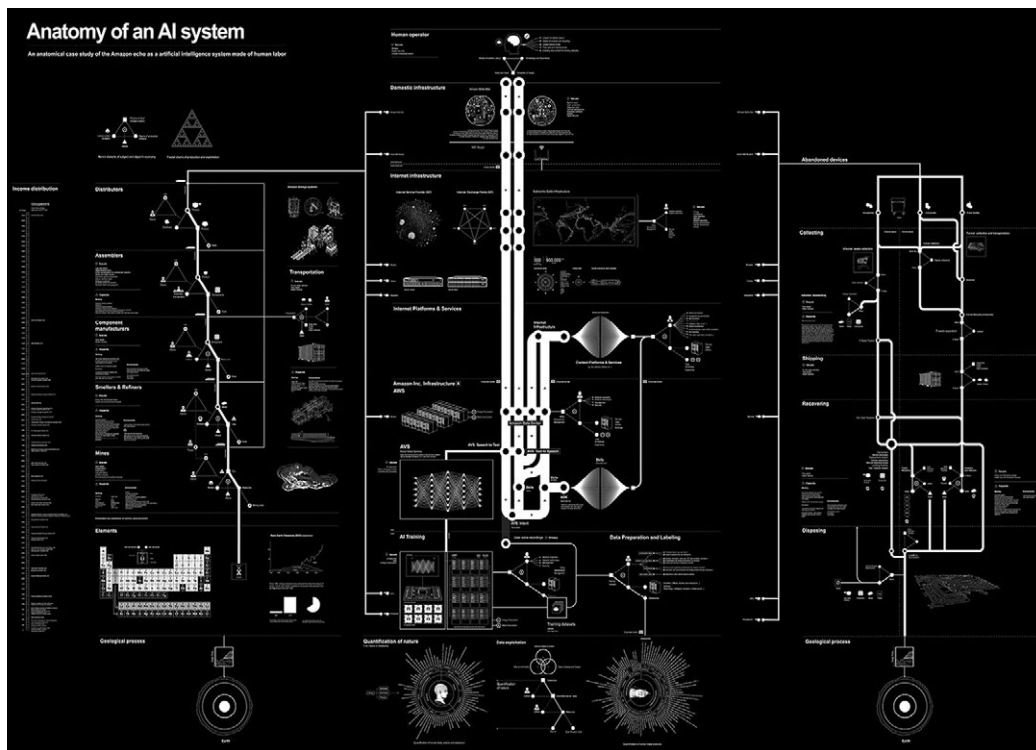


Fig. 5 | Anatomy of AI: a map representing the lifecycle of AI-infused Objects (source: Crawford and Joler, 2018).

vengono utilizzate, quando è necessario avvalersi dell'IA e quando, per il medesimo utilizzo, quella tecnologia potrebbe essere sostituita con una soluzione meno impattante.

Nel caso del termostato intelligente, ad esempio, se l'utente cambia la temperatura della stanza, l'esperienza d'uso sarà analoga sia che la temperatura cambi immediatamente sia che inizi a cambiare dopo due / tre minuti. Nel secondo caso il sistema attiva, sia in termini di energia consumata dall'oggetto stesso sia in termini di hardware per la computazione, una connettività meno impattante rispetto a una comunicazione sempre immediata, la quale richiede uno stato sempre attivo (Rowland et alii, 2015). Si propone quindi di partire dall'esperienza d'uso applicandola:

- 1) al componente d'uso valutando da un lato come le attitudini nei confronti di una determinata azione siano cambiate con l'introduzione di oggetti dotati di IA e quali siano i relativi impatti ambientali indiretti, dall'altro quanto impatti l'interazione diretta con un oggetto, in relazione al numero di utenti per dispositivo, al tempo d'utilizzo, al numero di utilizzi e al tipo di richiesta;
- 2) al componente digitale valutando in prima battuta se l'IA sia effettivamente necessaria e quale sia il suo impatto, a seguire il tipo di connettività richiesta in relazione all'oggetto stesso, al suo contesto e al suo utilizzo (Rowland et alii, 2015);
- 3) al componente fisico analizzando i componenti e gli elementi fisici del prodotto necessari ad un'ottimale esperienza d'uso dell'AI-infused Object (Figg. 11, 12).

Conclusioni | L'approccio proposto ha una valenza strategica e assegna al designer un importante ruolo nello sviluppo di sistemi utili a migliorare l'esperienza dell'utente con il minor impatto ambientale possibile già in fase di progettazione, fase che notoriamente è responsabile dell'80% dell'impatto ambientale di un oggetto (Vezzoli, Ma-

cri and Takacs, 2022). Per questi particolari oggetti assimilabili a ecosistemi fortemente tecnologici si richiama il pensiero di John Maeda (2019) secondo il quale i designer contemporanei devono conoscere e contaminarsi con l'informatica, ma allo stesso tempo devono essere critici sulla tecnologia laddove la sua adozione non produca un'esperienza utente coerente e significativa. Nello specifico serve una riflessione di ordine etico (come si usano i dati), estetico (qualità dell'interazione), dialettico (come superare le logiche del comando vocale e interagire in maniera proattiva), culturale affinché i sistemi siano inclusivi (Carella et alii, 2019) e infine, in ottica di circolarità³, relativa alla imprescindibile dimensione della sostenibilità.

L'approccio presentato, finalizzato a ribaltare l'ottica di analisi tradizionale adottata dal Design, partendo dall'esperienza d'uso ottimale, sarà oggetto di sperimentazione diretta attraverso l'analisi e la valutazione di alcuni progetti reali di ecosistemi di prodotti / servizi digitali in collaborazione con l'azienda multinazionale partner del Dottorato di Ricerca. Obiettivo futuro sarà elaborare una metodologia che possa guidare i designer già in fase progettuale acquisendo maggiore consapevolezza sugli impatti reali della tecnologia in relazione ai processi d'uso. Tale ambito costituisce di fatto un'area di ricerca ad alto potenziale innovativo che potrà essere ulteriormente approfondito in lavori successivi per una figura di designer sempre più ibrida e multidisciplinare.

We are witnessing a widespread diffusion of digital and connected objects that increasingly impact our lives (Ashri, 2020). On the one hand, these objects enhance our quality of existence; on the other hand, it is increasingly evident that they could have a negative effect on the ecosystem due to their high environmental impact throughout their

complex life cycle (design, development, production, management, maintenance, and updates). While the digitisation of objects and processes in our daily lives has been perceived as inevitable over the years (Epifani, 2020), we are now starting to reflect on the opportunity and value of this process. The digital transition is propelled by four interdependent technological phenomena: the Cyber-Physical Production System, the Internet of Things, the Smart Factory, and the Internet of Service (Hermann, Pentek and Otto, 2016), which have transformed user expectations and routines.

However, it is critical to raise questions regarding the continuous digital monitoring of our lives. Is it necessary or meaningful? Does it emancipate us or enslave us? User Experience Design is crucial in ensuring a seamless transition for users, focusing on creating positive and meaningful digital experiences (Hassenzahl, Burmester and Koller, 2021). This article presents the results of a research activity that aims to merge user experience and sustainability principles, guiding society towards a mature and sensible digital transition amidst the complexity of the current situation. It specifically explores the role and perspective of User Experience Designers in developing sustainable and desirable ecosystems embedded with Artificial Intelligence (AI). The research begins with analysing the impact of AI-infused Objects, which are 'cyber-physical' objects typically interconnected within intelligent networks. Examples include meters, clocks, or voice assistants (Vitali, Paracoli and Arquilla, 2022; Figg. 1-3).

The field of Design has embraced various sustainability-oriented approaches over time, from cradle-to-cradle (Braungart, McDonough and Bollinger, 2007) to Emotionally Durable Design (Mugge, 2007; Chapman, 2009), eco-design (Charter and Tischner, 2001; Vezzoli and Manzini, 2008), and Product / Service System Design for Sustainability (Vezzoli, 2007; Vezzoli, Delfino and Ambole, 2014; Tukker and Tischner, 2006). Similarly, engineering employs methods to assess impacts associated with the digital component of these ecosystems. These impacts can be direct, such as static, dynamic, and inference energy consumption (Ligozat, 2021, 2022), or indirect, such as the rebound effects of AI (Pohl, Hilty and Finkbeiner, 2019). In addition to these quantitative measures, strategies derived from behavioural psychology and persuasive technology (Fogg, 2002; Midden, Kaiser and McCalley, 2007; Midden and Ham, 2018) are also fundamental considerations. These crucial elements must be integrated for a comprehensive evaluation from an ecosystemic perspective. The evaluation process should include the usage component, where User Experience can play a significant role in defining AI products and services.

In this sense, Bertoni (2017) examines the integration of sustainability as a value across different levels: 'meta', 'strategic', 'tactical', and 'operational'. The tools at the first three levels are relatively well-defined, highlighting the social, ethical, and political imperative to align production, consumption, and goods with sustainability perspectives. However, there is a lack of design tools that are both applicable and cross-cutting, as reflected in the literature on the topic, which appears fragmented and not always consistent with the real needs of designers. In response to this challenge, this contribution suggests a new perspective on

sustainability analysis. It begins with the usage component and the user's experience analysis, then works backward to reconstruct the physical and digital aspects rather than the other way around. The goal is to strike a balance between a positive user experience, the associated level of intelligence, and the imperative of reducing environmental impact. It is essential to recognise that unused systems or those that fail to fully leverage their potential (e.g., by collecting unnecessary data) create negative entropy within the environmental and social ecosystems (McGovern, 2020).

Starting from the context definition, this contribution reflects on the role of User Experience as a central perspective for analysing the impact of AI-infused Objects. It considers their different components (physical, digital, and usage) through a literature review. Conclusions highlight the current criticalities in the relationship among AI-infused Objects, User Experience, and environmental sustainability. This opens up a potential area of interest for Design. The analysis refers to an ongoing doctoral research project in collaboration with a multinational technology company. The project aims to validate these assumptions by analysing and comparing real cases on digital product / service ecosystems.

AI-infused Objects and their environmental impact | These objects, part of the broader category of IoT devices, have gained significant popularity in the market. They bring AI-systems into people's homes and daily lives to perform ordinary tasks (Ashri, 2020). The number of IoT devices worldwide is projected to surpass 29 billion by 2030, nearly tripling the 2020 quota of 9.7 billion (Vailshery, 2022; Fig. 4). AI-infused Objects are classified as 'cyber-physical', combining a physical body for direct user interaction and a digital representation. Interaction with users can occur across multiple devices, on multimodal interfaces, and feature physical and digital controls (Maass and Janzen, 2007). AI-infused Objects have a unique

ID, enabling remote accessibility and control via an IP address throughout their lifecycle (Gutiérrez et alii, 2013; Kärkkäinen et alii, 2003). They create interconnected ecosystems by connecting with other objects (Abramovici, 2019; Greengard, 2015). Being internet-connected, their impact extends beyond visible energy consumption on the user's bill, including computational costs associated with data processing¹. Furthermore, these objects possess AI, processors, and microprocessors capable of analysing, managing, and converting data into valuable information, assisting users in decision-making. These functions are often performed in the cloud rather than locally (Meyer, Främling and Holmström, 2009).

During this exploratory phase of technological potential and fascination in academia, research primarily focuses on enhancing technology's efficiency while paying less attention to its actual environmental impact (Kaack et alii, 2022). Aimee van Wynsberghe (2021), an academic expert on the relationship between AI and sustainability, has identified two alternative perspectives: AI for Sustainability and Sustainability for AI. The researcher highlights a growing movement to use AI for 'good' purposes and sustainable development goals (e.g., AI4Good). An example of AI for Sustainability is presented by Zaffagnini and Morganti (2022), who suggest combining data and industrial machinery can reduce the environmental impact of products through a Life Cycle Assessment (LCA) approach.

However, it is also crucial to address the sustainability aspects related to the development and use of AI systems. Crawford and Joler (2018) present a significant contribution to this aspect in the Anatomy of AI (Fig. 5). The work has been showcased in international exhibitions and widely discussed in publications as the first attempt to analyse the 'dark side' of AI technology. The authors identify hidden costs behind the apparent simplification of users' quality of life. These costs include infrastructure, technology, data traffic, and the hu-

man labour involved in implementing these systems. They encompass direct costs related to products and infrastructure, costs associated with data flow and analysis, and social costs related to designing and educating these systems.

Users often see the use of these ecosystems as assistance in their own existence. From an egocentric perspective, this may be true. However, from a collective responsibility standpoint, it is essential also to consider indirect aspects and evaluate various use conditions. A constantly connected medical device for patients can provide valuable assistance and potentially save lives when needed. On the other hand, a healthy teenager wearing a smartwatch without engaging in specific training generates similar data and impacts but with little purpose (Fig. 6, 7). Therefore, these aspects should be carefully considered during the design phase to highlight the responsibility of those who design and manage these systems. Additionally, ethical concerns arise regarding data, which can generate or reinforce biases and harm certain user groups. These are some of the issues highlighted in the Mozilla report², which also emphasises the power disparity between those who benefit from AI and those harmed by it.

The ecosystem components of AI-infused Objects | AI enables AI-infused Objects to be proactive and make informed decisions without direct user input. An example of this is Nest (Fig. 8), a digital thermostat that autonomously adjusts a home's temperature based on occupancy and external temperature. This 'relationship' involves a triangulation between the user, who provides the data, the physical and digital touchpoints with which the user interacts, and the AI-powered service that generates personalised feedback and behaviours based on user data in daily life.

To analyse the impact dimension of AI-infused Objects, it is necessary to consider three main components of the ecosystem: 1) the physical components of the object, the physical touchpoints



Fig. 6 | Apple Watch, Health App: Display of user sleep activity data (credit: Apple, 2023).

Fig. 7 | Apple Watch, Health App allows sharing of data with family members; the image shows a notification for a change in the heart rate of an elderly member (credit: Apple, 2023).



Fig. 8 | Nest Smart Learning Thermostat (credit: Google, 2023).

through which the user interacts (for example, in the case of a smart refrigerator, the refrigerator itself), and the related intelligent components (screens, touchscreens, speakers, sensors, etc.; Fig. 9, 10); 2) the digital components refer to everything that an AI-infused Object must have to demonstrate ‘intelligent’ abilities and differentiate itself from a conventional object – this includes connectivity requirements (to connect to the internet and other objects) and the AI’s computing capacity (for example, it involves data processing during object inference); 3) The usage component encompasses the impacts of direct user interactions, such as the frequency of use per hour – additionally, it considers the impacts resulting from user behaviour changes, reflecting how their daily routines are altered since adopting a specific AI-infused Object.

The research methodology | The research involved a systematic literature review to identify the three components. It integrated sources from three different areas: the relationship between Design and Sustainability to investigate the physical component, the relationship between Sustainability and Artificial Intelligence for the digital component, and the relationship between Use Behaviour and Potential Recursive Impacts for the usage one. In particular, this research focused on identifying practices and guidelines to assess AI-infused Objects’ sustainability, following the PICO model (Nishikawa-Pacher, 2022). This model considers Population (AI-infused Objects in domestic settings), Intervention (environmental impact assessment methodologies from Design and Engineering), Comparison (studies that focus on comparing different methodologies for the same purpose and / or comparing AI-infused Objects with their conventional or analogue versions) and Desired Outcome (defining a usable methodology for AI-infused Objects designers).

This research used Web of Science, Scopus, and IEEE Xplore databases. Results were examined based on inclusion / exclusion criteria relevant to the PICO framework (Ranganathan and Aggarwal, 2020).

Physical component and environmental impact analysis | The search string used to explore the physical component of AI-infused Objects in databases encompassed the following keywords:

‘sustainability’, ‘life cycle’, ‘design’, and ‘smart objects’. This search aimed to explore existing research within the field of Design that examines the physical touchpoints of AI-infused Objects. The search yielded 5,500 results, further filtered based on the pertinence to the topic and discipline of Design. Out of the 149 selected resources, only 45 were relevant to the comprehensive life cycle analysis of intelligent objects and / or studies exploring compensation strategies for behavioural changes prompted by these objects, aiming to encourage more sustainable user behaviour.

Through the analysis of relevant literature, it is evident that the initial approaches to sustainability assessment in Design were Eco-design (Charter and Tischner, 2001; Vezzoli and Manzini, 2008) and ‘cradle-to-cradle’ (Braungart, McDonough and Bollinger, 2007). Eco-design aims to minimise the environmental impact of products throughout their entire life cycle. At the same time, ‘cradle-to-cradle’ focuses on creating recyclable and compostable products within a closed, circular, and sustainable life cycle. Another approach is Emotionally Durable Design (Mugge, 2007; Chapman, 2009), which recognises the importance of durable products that meet consumers’ emotional needs over time. For the first time, the focus goes beyond the product’s physical characteristics to analyse its sustainable aspects, emphasising how the user perceives the object in response to the phenomenon of psychological obsolescence (Cooper, 2004) prevalent in our current era. This analysis starts from the user’s perspective.

The latest approach, known as Product / Service System Design for Sustainability (Tukker and Tischner, 2006; Vezzoli, 2007; Vezzoli, Delfino and Ambole, 2014), combines considerations of user perception, factors influencing user satisfaction, and integrates social, environmental, and economic aspects in product and system design. This approach recognises products as part of broader systems and aims to create sustainable products and services that meet user needs while minimising environmental impact. However, existing Design evaluation tools primarily focus on the strategic approach during the preliminary project phase, providing limited support for designers during the execution phase.

Additionally, the sustainability assessment of an AI-infused Object does not consider the impact of connectivity or the one from AI. It solely focuses on the direct impacts of the object. It evaluates the energy required to keep the object active but neglects the energy consumed in the AI’s ideation, design, and management process (Bracquené, De Bock and Dufrou, 2020; Rizwan et alii, 2022). Designers have access to various tools for assessing the environmental impact of the physical component of AI-infused Objects (Vezzoli, Macri and Takacs, 2022; Vezzoli, Garcia Parra and Kohtala, 2021), including the Life Cycle Assessment of the object itself and the components necessary for its ‘intelligence’ (Pirson and Bol, 2021).

When analysing the environmental impact generated by an AI-infused Object, it is essential to consider the compensatory effect that the object may have once used. Many of these objects adopt persuasive strategies to promote sustainable behaviour by the user, acting as intermediaries, amplifiers, determinants, or promoters (Midden, Kaiser and McCalley, 2007). Cialdini (2009) proposes re-

ciprocity, commitment and consistency, authority, liking and consensus among these strategies. Concurrently the Persuasive Systems Design framework (Oinas-Kukkonen and Harjumaa, 2009), derived from Fogg (2002), suggests 28 persuasive strategies commonly used in promoting sustainable behaviour in an IoT system (Adaji and Adisa, 2022).

Digital component and environmental impact analysis | The search string for the digital component of AI-infused Objects in databases included the keywords ‘environmental’, ‘artificial intelligence’, ‘impacts’, and ‘evaluation’. It generated 70 results, with 36 excluded due to their focus on using AI to calculate the life cycle of something else. However, the remaining studies incompletely analyse the impacts of AI, neglecting the actual energy consumption of the AI model’s life cycle and physical material flows. Computer science research is becoming increasingly aware of the implications of AI. It aims to improve algorithms in relation to the intended user experience of services adopting those algorithms (Ligozat, 2021), particularly when aligned with users’ expected experience. Turovsky’s (2016) work on Google Translate is a notable case illustrating this analysis.

The literature on AI primarily addresses a small portion of direct impacts and overlooks technology production, end-of-life, and potential indirect effects. Wu et alii (2022) and Gupta et alii (2022) point out methodological limitations in previous studies, focusing on the using phase. Lacoste et alii (2019) and Kaack et alii (2022) examine the carbon emissions of AI services, providing a more comprehensive understanding of direct impacts. Kaack et alii (2022) also advocate for transdisciplinary methodologies to analyse indirect effects, potentially involving User Experience Designers who can understand an object’s environmental impact starting on how it is used.

Ligozat (2021, 2022) has presented a practical guide to evaluating the direct environmental impact associated with AI. However, several tools can inform the designer’s decision-making process regarding the environmental impact of an AI system. Integrated tools within the code are more complex to use. Examples include CarbonTracker (Anthony, Kanding and Selvan, 2020), Codecarbon (Budenny et alii, 2022), and Experiment Impact Tracker (Henderson et alii, 2020). On the other hand, online tools are less precise but easier to use. Examples include Green Algorithms and ML CO₂ Impact (Bannour et alii, 2022). These tools analyse various stages of an AI system’s life cycle, starting from the model construction, implementation, and inference, with different impact categories based on the algorithm’s purpose and use context.

In general, to assess the environmental impacts of the digital component of an AI-infused Object, it is necessary to consider the impacts arising from the object’s connectivity requirements. These requirements vary depending on the intended user experience (Rowland et alii, 2015). Additionally, we must consider the impact generated by the AI itself, including model construction, implementation, and inference. This allows to strike a balance between the desired user experience and its environmental impact even during the design phase.

Use component and environmental impact analysis | Understanding the use context is the foundation for analysing the third component of AI-infused Objects. The use component stems from the user's interaction and evaluates direct and indirect impacts. The search string used to explore the usage component of AI-infused Objects in databases yielded 231 results, incorporating the keywords 'user', 'behaviour', 'impact', 'AI', 'assessment', and 'IoT'.

The environmental impacts linked to user behaviour in AI-infused Objects can be categorised as direct or indirect. Direct impacts encompass energy demand and emissions throughout the component's life cycle. Indirect impacts can have pos-

itive or negative values (Coroamă et alii, 2020; Wohlschlager, Neitz-Regett and Lanzinger, 2021). The effects are considered both at the household level, resulting in a change in energy consumption, and at the system level as they can result in a rebound effect. A noteworthy example involves smart meters reducing energy consumption for a family, but the family might compensate by raising the temperature during specific hours, thus diminishing the net benefits (Shehabi, 2017). Scientific literature offers diverse taxonomies on direct and indirect effects related to technology and its use (Horner, Shehabi and Azevedo, 2016; Pohl et alii, 2022; Stermieri et alii, 2023) as well as several specific analysis methodologies on individual components.

User Experience Sustainability and the use component focus | The analysis of the scientific literature reveals that the environmental impact of these objects is determined by the combined impacts of their components: physical, digital, and usage. One unexplored area of research concerns the use and role of AI-infused Objects in users' everyday lives. The proposed approach reverses the traditional analysis perspective employed by Design, starting from the desired and desirable user experience. This approach could uncover additional and more meaningful elements that are instrumental in the 'conscious design' of the ecosystem's physical and digital aspects. The user experience assessment aims to understand how the object is actually

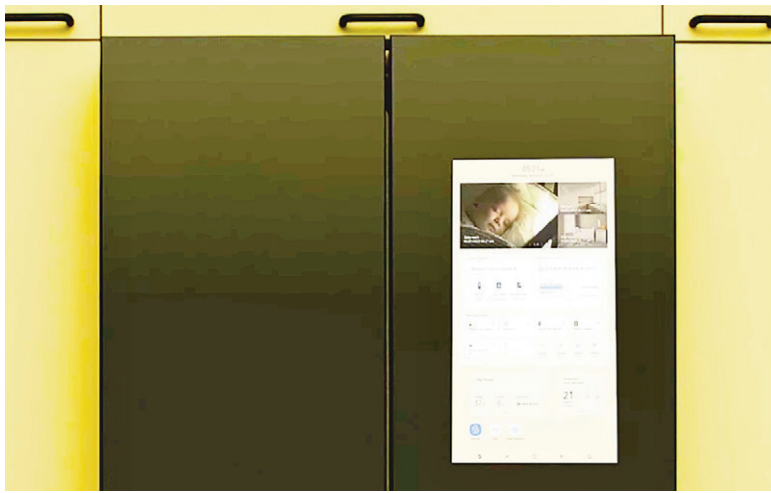


Fig. 9 | Samsung 'Family Hub' Smart Refrigerator (credit: Samsung).

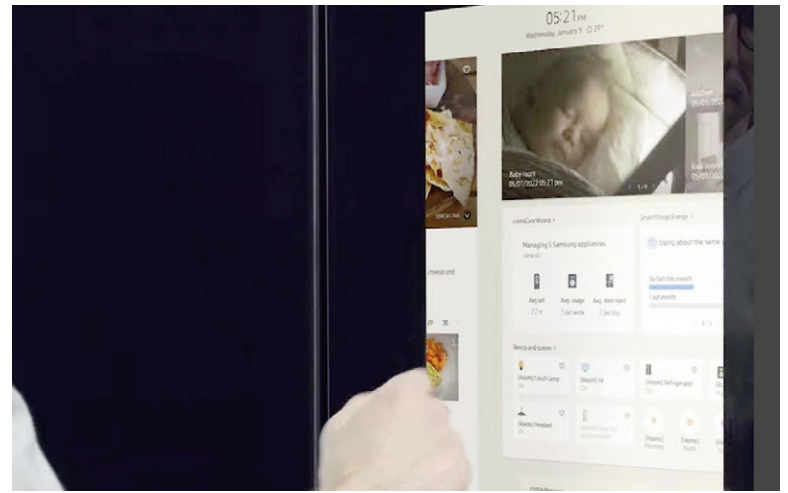


Fig. 10 | Interface of Samsung 'Family Hub' smart refrigerator (credit: Samsung).



Fig. 11 | Physical components of 'Alexa', Amazon Echo (credit: T. McLellan, 2017).



Fig. 12 | 'Alexa' Amazon Echo (credit: K. Dupzyk, 2017).

used, which interaction logic is employed, when it is necessary to use AI, and when alternative, less impactful solutions could replace that technology for the same purpose.

For instance, in the case of the smart thermostat, the user experience remains similar regardless of whether the room temperature changes instantly or gradually over two to three minutes. In the second scenario, the system uses a less impactful connectivity method in terms of energy consumption and hardware requirements compared to constant immediate communication, which requires the system always to be active (Rowland et alii, 2015). Therefore, it is proposed to start from user experience by applying it:

1) To the usage component, by evaluating, on the one hand, how attitudes towards a specific action have changed with the introduction of AI-infused objects and the resulting indirect environmental impacts, on the other hand, it assesses the direct impact deriving from the interaction with the object, considering factors such as the number of users per device, use time, frequency of use, and type of request.

2) To the digital component, by firstly evaluating the necessity of AI and its impact, secondly, consid-

ering the required connectivity type in relation to the object itself, its context, and its use (Rowland et alii, 2015).

3) To the physical component, by focusing on the analysis of the physical touchpoints and product elements that are essential for providing an optimal user experience with the AI-infused Object (Figg. 11, 12).

Conclusions | The proposed approach holds strategic significance and assigns a critical role to designers in developing systems that enhance user experience with minimal environmental impact. This begins already in the design phase, which is well known to account for 80% of an object's environmental impact (Vezzoli, Macrì and Takacs, 2022). For these particular objects, resembling highly technological ecosystems, the thinking of John Maeda (2019) is evoked. He states that contemporary designers must have the knowledge and be skilled in computer science. At the same time, they should remain critical of technology, especially when its adoption does not result in a coherent and meaningful user experience. Specifically, this calls for ethical considerations in terms of data use. Aesthetic considerations for in-

teraction quality and dialectical considerations to go beyond voice command and proactively engage users. Cultural considerations are essential to ensure that systems are inclusive (Carella et alii, 2019). Lastly, within the circularity perspective³, the dimension of sustainability is indispensable.

The presented approach aims to overturn the traditional perspective adopted by Design. It starts from the optimal user experience and will be subjected to direct experimentation through the analysis and evaluation of real projects involving digital product / service ecosystems in collaboration with the multinational company partner of this doctorate research. The future objective is to develop a methodology to guide designers during the design phase by fostering and concretising their awareness of the actual impacts of technology in relation to its use. This area represents a highly innovative research field with a significant potential for further exploration in subsequent studies, fostering the emergence of a designer figure that is increasingly hybrid and multidisciplinary.

Notes

1) More information can be found here: internethealthreport.org/2018/introduction/readme [Accessed 25 March 2023].

2) More information can be found here: foundation.mozilla.org/en/blog/mozillas-2022-internet-health-report-names-power-disparity-between-who-benefits-from-ai-and-who-is-harmed-by-ai-as-top-challenge-to-health-of-internet/ [Accessed 25 March 2023].

3) More information can be found here: circulardesign-guide.com [Accessed 25 March 2023].

References

Abramovici, M. (2019), "Smart products", in Chatti, S., Laperrière, L., Reinhart, G. and Tollo, T. (eds), *CIRP Encyclopedia of Production Engineering*, Springer Berlin, Heidelberg. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-662-53120-4_16785 [Accessed 25 March 2023].

Adaji, I. and Adisa, M. (2022), "A Review of the Use of Persuasive Technologies to Influence Sustainable Behaviour", in Bellogin, A., Boratto, L., Santos, O. (eds), *UMAP '22 Adjunct Proceedings of the 30th ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization*, Association for Computing Machinery, New York, pp. 317-325. [Online] Available at: doi.org/10.1145/3511047.3537653 [Accessed 25 March 2023].

Anthony, L. F. W., Kanding, B. and Selvan, R. (2020), "Carbontracker – Tracking and Predicting the Carbon Footprint of Training Deep Learning Models", presented at the *ICML Workshop on Challenges in Deploying and Monitoring Machine Learning Systems*, pp. 1-11. [Online] Available at: doi.org/10.48550/arXiv.2007.03051 [Accessed 25 March 2023].

Ashri, R. (2020), *The AI-Powered Workplace – How Artificial Intelligence, Data, and Messaging Platforms Are Defining the Future of Work*, Apress, Berkeley (CA). [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-1-4842-5476-9 [Accessed 25 March 2023].

Bannour, N., Ghannay, S., Névéal, A. and Ligozat, A. L. (2021), "Evaluating the carbon footprint of NLP methods

– A survey and analysis of existing tools", in Nafise, S., Moosavi, I. and Gurevych, A. (eds), *Proceedings of the Second Workshop on Simple and Efficient Natural Language Processing*, Association for Computational Linguistics, pp. 11-21. [Online] Available at: doi.org/10.18653/v1/2021.sustainlp-1.2 [Accessed 25 March 2023].

Bertoni, M. (2017), "Introducing sustainability in value models to support design decision making – A systematic review", in *Sustainability*, vol. 9, issue 6, article 994, pp. 1-31. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su9060994 [Accessed 25 March 2023].

Braquené, E., De Bock, Y. and Dufloy, J. (2020), "Sustainability impact assessment of an intelligent control system for residential heating", in *Procedia CIRP*, vol. 90, pp. 232-237. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.007 [Accessed 25 March 2023].

Braungart, M., McDonough, W. and Bollinger, A. (2007), "Cradle-to-cradle design – Creating healthy emissions – A strategy for eco-effective product and system design", in *Journal of Cleaner Production*, vol. 15, issues 13-14, pp. 1337-1348. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.08.003 [Accessed 25 March 2023].

Budenny, S., Lazarev, V., Zakharenko, N., Korovin, A., Plosskaya, O., Dimitrov, D., Akhrikin, V. S., Pavlov, I. V., Oseledets, I. V., Barsola, I. S., Egorov, I. V., Kosterina, A. A. and Zhukov, L. E. (2022), "eco2AI – Carbon emissions tracking of machine learning models as the first step towards sustainable AI", in *Doklady Mathematics*, vol. 106, pp. 118-128. [Online] Available at: doi.org/10.1134/S1064562422060230 [Accessed 25 March 2023].

Carella, G., Arquilla, V., Zurlo, F. and Tamburello, M. C. (2019), "Phygital experiences design", in *DIID | Disegno Industriale Industrial Design*, vol. 67, pp. 128-135. [Online] Available at: re.public.polimi.it/handle/11311/1138184 [Accessed 25 March 2023].

Chapman, J. (2009), "Design for (emotional) durability", in *Design Issues*, vol. 25, issue 4, pp. 29-35. [Online] Available at: doi.org/10.1162/desi.2009.25.4.29 [Accessed 25 March 2023].

Charter, M. and Tischner, U. (2001), *Sustainable Solutions – Developing Products and Services for the Future*, Routledge London. [Online] Available at: doi.org/10.4324/

9781351282482 [Accessed 25 March 2023].

Cialdini, R. B. (2009), *Influence – Science and practice*, Pearson Education, Boston.

Cooper, T. (2004), "Inadequate life? Evidence of consumer attitudes to product obsolescence", in *Journal of Consumer Policy*, vol. 27, issue 4, pp. 421-449. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s10603-004-2284-6 [Accessed 25 March 2023].

Coroamă, V. C., Bergmark, P., Höjer, M. and Malmödin, J. (2020), "A methodology for assessing the environmental effects induced by ICT services – Part 1 – Single services", in Chitchyan, R. and Schien, D. (eds), *Proceedings of the 7th International Conference on ICT for Sustainability*, Association for Computing Machinery, New York, pp. 36-45. [Online] Available at: doi.org/10.1145/3401335.3401716 [Accessed 25 March 2023].

Crawford, K. and Joler, V. (2018), *Anatomy of an AI System – The Amazon Echo as an anatomical map of human labor, data and planetary resource*, Share Lab and AI Now Institute. [Online] Available at: anatomyof.ai/img/ai-anatomy-publication.pdf [Accessed 25 March 2023].

Epifani, S. (2020), *Sostenibilità digitale – Perché la sostenibilità non può fare a meno della transizione digitale*, Digital Transformation Institute, Roma. [Online] Available at: attiviamoenergiepositive.it/wp-content/uploads/2020/07/EstrattoPerIlSitoRidotto.pdf [Accessed 25 March 2023].

Fogg, B. J. (2002), "Persuasive technology – Using computers to change what we think and do", in *Ubiquity*, vol. 2002, issue December, article 5, pp. 89-120. [Online] Available at: doi.org/10.1145/764008.763957 [Accessed 25 March 2023].

Greengard, S. (2015), *The Internet of Things*, MIT Press, Cambridge (MA).

Gupta, U., Kim, Y. G., Lee, S., Tse, J., Lee, H.-H. S., Wei, G. Y., Brooks, D. and Wu, C.-J. (2022), "Chasing carbon – The elusive environmental footprint of computing", in *IEEE Micro*, vol. 42, issue 4, pp. 37-47. [Online] Available at: doi.org/10.1109/MM.2022.3163226 [Accessed 25 March 2023].

Gutiérrez, C., Garbajosa, J., Diaz, J. and Yagüe, A. (2013), "Providing a Consensus Definition for the Term Smart Product", in *2013 20th IEEE International Confer-*

ence and Workshops on Engineering of Computer Based Systems (ECBS), IEEE, pp. 203-211. [Online] Available at: doi.org/10.1109/ECBS.2013.26 [Accessed 25 March 2023].

Hassenzahl, M., Burmester, M. and Koller, F. (2021), "User Experience Is All There Is – Twenty Years of Designing Positive Experiences and Meaningful Technology", in *i-com*, vol. 20, issue 3, pp. 197-213. [Online] Available at: doi.org/10.1515/icom-2021-0034 [Accessed 25 March 2023].

Henderson, P., Hu, J., Romoff, J., Brunskill, E., Jurafsky, D. and Pineau, J. (2020), "Towards the systematic reporting of the energy and carbon footprints of machine learning", in *The Journal of Machine Learning Research*, vol. 21, issue 1, article 248, pp. 10039-10081. [Online] Available at: dl.acm.org/doi/abs/10.5555/3455716.3455964 [Accessed 25 March 2023].

Hermann, M., Pentek, T. and Otto, B. (2016), "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios", in *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, Koloa (US), pp. 3928-3937. [Online] Available at: doi.org/10.1109/HICSS.2016.488 [Accessed 25 March 2023].

Horner, N. C., Shehabi, A. and Azevedo, I. L. (2016), "Known unknowns – Indirect energy effects of information and communication technology", in *Environmental Research Letters*, vol. 11, issue 10, article 103001, pp. 1-20. [Online] Available at: doi.org/10.1088/1748-9326/11/10/103001 [Accessed 25 March 2023].

Kaack, L. H., Donti, P. L., Strubell, E., Kamiya, G., Creutzig, F. and Rolnick, D. (2022), "Aligning artificial intelligence with climate change mitigation", in *Nature Climate Change*, vol. 12, issue 6, pp. 518-527. [Online] Available at: doi.org/10.1038/s41558-022-01377-7 [Accessed 25 March 2023].

Kärkkäinen, M., Holmström, J., Främling, K., and Arto, K. (2003), "Intelligent products – A step towards a more effective project delivery chain", in *Computers in industry*, vol. 50, issue 2, pp. 141-151. [Online] Available at: doi.org/10.1016/S0166-3615(02)00116-1 [Accessed 25 March 2023].

Lacoste, A., Luccioni, A., Schmidt, V. and Dandres, T. (2019), "Quantifying the Carbon Emissions of Machine Learning", in *arXiv.org*. [Online] Available at: doi.org/10.48550/arXiv.1910.09700 [Accessed 25 March 2023].

Ligozat, A. L. and Luccioni, S. (2021), *A Practical Guide to Quantifying Carbon Emissions for Machine Learning Researchers and Practitioners*, Research Report. [Online] Available at: haliiscience/hal-03376391/ [Accessed 25 March 2023].

Ligozat, A. L., Lefèvre, J., Bugeau, A. and Combaz, J. (2022), "Unraveling the Hidden Environmental Impacts of AI Solutions for Environment Life Cycle Assessment of AI Solutions", in *Sustainability*, vol. 14, issue 9, article 5172, pp. 1-14. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su14095172 [Accessed 25 March 2023].

Maass, W. and Janzen, S. (2007), "Dynamic Product Interfaces – A Key Element for Ambient Shopping Environments", in Markus, M. L. (ed.), *20th Bled eConference in eMergence – Merging and Emerging Technologies, Processes, and Institutions – Bled, Slovenia*, Faculty of Organizational Sciences, pp. 457-470. [Online] Available at: alexandria.unisg.ch/36765 [Accessed 25 March 2023].

Maeda, J. (2019), *How to Speak Machine – Computational Thinking for the Rest of Us*, Penguin Random House, New York.

McGovern, G. (2020), *World Wide Waste – How Digital Is Killing Our Planet – And What We Can Do About It*, Silver Beach.

Meyer, G. G., Främling, K. and Holmström, J. (2009), "Intelligent products – A survey", in *Computers in Industry*, vol. 60, issue 3, pp. 137-148. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.compind.2008.12.005 [Accessed 25 March 2023].

Midden, C. and Ham, J. (2018), "Persuasive Technology to Promote Pro-Environmental Behaviour", in Steg, L. and de Groot, J. (eds), *Environmental psychology – An introduction*, Wiley Online Library, pp. 283-294. [Online] Available at: doi.org/10.1002/9781119241072.ch28 [Accessed 25 March 2023].

Midden, C. J. H., Kaiser, F. G. and McCalley, L. T. (2007), "Technology's Four Roles in Understanding Individuals' Conservation of Natural Resources", in *Journal of Social Issues*, vol. 63, issue 1, pp. 155-174. [Online] Available at: doi.org/10.1111/j.1540-4560.2007.00501.x [Accessed 25 March 2023].

Mugge, R. (2007), *Product Attachment*, PhD Thesis, Technische Universiteit of Delft, the Netherlands. [Online] Available at: resolver.tudelft.nl/uuid:0a7cef79-cb04-4344-abb1-ef24e3e3a78 [Accessed 25 March 2023].

Nishikawa-Pacher, A. (2022), "Research Questions with PICO – A Universal Mnemoni", in *Publications*, vol. 10, issue 3, article 21, pp. 1-10. [Online] Available at: doi.org/10.3390/publications10030021 [Accessed 25 March 2023].

Oinas-Kukkonen, H. and Harjumaa, M. (2009), "Persuasive systems design – Key issues, process model, and system features", in *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 24, article 28, pp. 485-500. [Online] Available at: doi.org/10.17705/1CAIS.02428 [Accessed 25 March 2023].

Pirson, T. and Bol, D. (2021), "Assessing the embodied carbon footprint of IoT edge devices with a bottom-up life-cycle approach", in *Journal of Cleaner Production*, vol. 322, article 128966, pp. 1-13. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128966 [Accessed 25 March 2023].

Pohl, J., Frick, V., Finkbeiner, M. and Santarius, T. (2022), "Assessing the environmental performance of ICT-based services – Does user behaviour make all the difference?", in *Sustainable Production and Consumption*, vol. 31, pp. 828-838. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.spc.2022.04.003 [Accessed 25 March 2023].

Pohl, J., Hilty, L. M. and Finkbeiner, M. (2019), "How LCA contributes to the environmental assessment of higher order effects of ICT application – A review of different approaches", in *Journal of cleaner production*, vol. 219, pp. 698-712. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.018 [Accessed 25 March 2023].

Ranganathan, P. and Aggarwal, R. (2020), "Study designs – Part 7 – Systematic reviews", in *Perspectives in Clinical Research*, vol. 11, issue 2, pp. 97-100. [Online] Available at: pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32670836/ [Accessed 25 March 2023].

Rizwan, A., Rasheed, R., Javed, H., Farid, Q. and Ahmad, S. R. (2022), "Environmental sustainability and life cycle cost analysis of smart versus conventional energy meters in developing countries", in *Sustainable Materials and Technologies*, vol. 33, pp. 2-12. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.susmat.2022.e00464 [Accessed 25 March 2023].

Rowland, C., Goodman, E., Charlier, M., Light, A. and Lui, A. (2015), *Designing connected products – UX for the consumer Internet of Things*, O'Reilly Media. [Online] Available at: dl.acm.org/doi/abs/10.5555/2891121 [Accessed 25 March 2023].

Shehabi, A. (2017), "Data Clouds and the Environment", in Egenhofer, R. B. (ed.), *Routledge Handbook of Sustainable Design*, Routledge, London, pp. 170-178. [Online] Available at: doi.org/10.4324/9781315625508 [Accessed 25 March 2023].

Stermieri, L., Kober, T., Schmidt, T. J., McKenna, R. and Panos, E. (2023), "Quantifying the implications of behavioral changes induced by digitalization on energy transition – A systematic review of methodological approaches", in *Energy Research & Social Science*, vol. 97, article 102961, pp. 1-19. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.erss.2023.102961 [Accessed 25 March 2023].

Tukker, A. and Tischner, U. (2006), "Product-services as a research field – Past, present and future – Reflections from a decade of research", in *Journal of Cleaner Production*, vol. 14, issue 17, pp. 1552-1556. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.01.022 [Accessed 25 March 2023].

Turovsky, B. (2016), "Ten years of Google Translate", in *The Keyword*, 28/04/2016. [Online] Available at: blog.google/products/translate/ten-years-of-google-translate [Accessed 25 March 2023].

Vailshery, L. S. (2022), "Number of IoT connected devices worldwide 2019-2021, with forecasts to 2030", in

Statista, 22/11/2022. [Online] Available at: statista.com/statistics/1183457/iot-connected-devices-worldwide [Accessed 25 March 2023].

van Wynsberghe, A. (2021), "Sustainable AI – AI for sustainability and the sustainability of AI", in *AI and Ethics*, vol. 1, issue 3, pp. 213-218. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s43681-021-00043-6 [Accessed 25 March 2023].

Vezzoli, C. (2007), *System design for sustainability – Theory, methods and tools for a sustainable 'satisfaction-system' design*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RM).

Vezzoli, C., Delfino, E. and Ambole, L. A. (2014), "System Design for Sustainable Energy for all – A new challenging role for design to foster sustainable development", in *FormAkademisk*, vol. 7, issue 3, pp. 1-27. [Online] Available at: doi.org/10.7577/formakademisk.791 [Accessed 25 March 2023].

Vezzoli, C., Garcia Parra, B. and Kohtala, C. (eds) (2021), *Designing Sustainability for All – The Design of Sustainable Product-Service Systems Applied to Distributed Economies*, Springer Nature, Milano. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-030-66300-1 [Accessed 25 March 2023].

Vezzoli, C., Macri, L. and Takacs, B. (2022), *System Design for Sustainability in Practice*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RM).

Vezzoli, C. and Manzini, E. (2008), "Review – Design for sustainable consumption and production systems", in Tukker, A., Charter, M., Vezzoli, C., Stø, E. and Andersen, M. M. (eds), *System Innovation for Sustainability I – Perspectives on Radical Changes to Sustainable Consumption and Production*, Routledge, London, Chapter 28, pp. 1-21. [Online] Available at: doi.org/10.4324/9781351280204 [Accessed 25 March 2023].

Vitali, I., Paracolli, A. and Arquilla, V. (2022), "The role of design in the era of conversational interfaces", in Spallazzo, D. and Sciannamè, M. (eds), *Embedding Intelligence – Designing reflections on AI-infused Products*, FrancoAngeli, Milano, pp. 77-86. [Online] Available at: researchgate.net/publication/363335630_EMBEDDING_INTELLIGENCE_Designerly_reflections_on_AI-infused_products [Accessed 25 March 2023].

Wohlschlager, D., Neitz-Regett, A. and Lanzinger, B. (2021), "Environmental Assessment of Digital Infrastructure in Decentralized Smart Grids", in *2021 IEEE 9th International Conference on Smart Energy Grid Engineering (SEGE)*, IEEE, pp. 13-18. [Online] Available at: doi.org/10.1109/SEGE52446.2021.9535061 [Accessed 25 March 2023].

Wu, C.-J., Raghavendra, R., Gupta, U., Acun, B., Ardalan, N., Maeng, K. et alii (2022), "Sustainable AI – Environmental implications, challenges and opportunities", in Marculescu, D., Chi, Y., and Wu, C. (eds), *Proceedings of Machine Learning and Systems*, vol. 4, pp. 795-813. [Online] Available at: doi.org/10.48550/arXiv.2111.00364 [Accessed 25 March 2023].

Zaffagnini, T. and Morganti, L. (2022), "Data-driven LCA per l'innovazione industriale green delle facciate continue customizzate | Data-driven LCA for green industrial innovation of custom curtain walls", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 12, pp. 94-105. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1292022 [Accessed 25 March 2023].

ARTICLE INFO

Received	20 March 2023
Revised	29 April 2023
Accepted	08 May 2023
Published	30 June 2023

TRANSIZIONE ECOLOGICA E DIGITALE

Il Design Sistemico
nei processi di innovazione aperta delle PMI

ECOLOGICAL AND DIGITAL TRANSITION

Systemic Design
in SMEs open innovation processes

Silvia Barbero, Eliana Ferrulli

ABSTRACT

Per favorire la transizione ecologica e digitale delle PMI europee è necessario un approccio sistemico e collaborativo che sia capace di inquadrare i problemi nella complessità delle relazioni e delle interconnessioni che li caratterizzano. Questo articolo si pone l'obiettivo di indagare come l'approccio e i metodi del Design Sistemico supportino un processo di 'innovazione aperta', in ambienti industriali e interdisciplinari. Viene presentato come caso studio il progetto europeo DigiCirc, che offre uno spazio di sperimentazione delle sfide riscontrate in letteratura con i dati raccolti sul campo, sottolineando il contributo apportato dai ricercatori di Design Sistemico del Politecnico di Torino, sia in qualità di partner di progetto nel processo di 'innovazione aperta' sia con attività di supporto alle start-up e PMI coinvolte. L'articolo si rivolge in particolare agli studiosi e ai professionisti del design che si occupano di 'innovazione aperta' e di transizione ecologica e digitale all'interno di sistemi socio-tecnici e in ambienti industriali e interdisciplinari.

A systemic and collaborative approach is required to facilitate European Small and Medium-sized Enterprises' ecological and digital transition, able to frame issues within the complexity of the relationships and interconnections that characterise them. In light of this, the paper aims to investigate how the approach and methods of Systemic Design support an 'open innovation' process in industrial and interdisciplinary environments. The DigiCirc European project represents the reference case study, offering a space to test the challenges found in the literature with data collected in the field, emphasising the contribution made by the researchers in Systemic Design of the Politecnico di Torino, both as project partners in the 'open innovation' process and through activities supporting the start-ups and SMEs involved. The article is mainly geared toward scholars and design practitioners concerned with 'open innovation' and ecological and digital transition within socio-technical systems and in industrial and interdisciplinary environments.

KEYWORDS

transizione ecologica, transizione digitale, economia circolare, innovazione aperta, design sistemico

ecological transition, digital transition, circular economy, open innovation, systemic design

Silvia Barbero, PhD, is an Associate Professor in Design at the Department of Architecture and Design of the Politecnico di Torino (Italy). Her research focuses mainly on systemic design for the circularity of industrial processes to achieve greater environmental, social, and economic sustainability. She has been the President of the Systemic Design Association since 2018. She is also the Scientific Coordinator of the DigiCirc European project (H2020 – INNOSUP-01). Mob. +39 349/76.33.793 | E-mail: silvia.barbero@polito.it

Eliana Ferrulli, PhD Candidate in Management, Production and Design at the Politecnico di Torino, has a background in Systemic Design. Her research focuses on the transition and implementation of circular textile value chains through a regenerative and holistic approach provided by Systemic Design. She has participated in several European projects, including DigiCirc (H2020 – INNOSUP-01), collaborating with companies at national and international levels. Mob. +39 335/14.97.621 | E-mail: eliana.ferrulli@polito.it



La transizione ecologica e quella digitale sono sfide strettamente connesse, cruciali nell'attuale epoca di trasformazioni. Al centro del dibattito vi è il passaggio da un modello produttivo ed economico lineare basato sullo sfruttamento delle risorse a uno di tipo circolare e rigenerativo incentrato su eliminazione dei rifiuti e dell'inquinamento, mantenimento in uso di prodotti e materiali e rigenerazione dei sistemi naturali (Ellen MacArthur Foundation, 2015). A partire dal 2015 l'Unione Europea ha riconosciuto l'importanza di tale transizione, definendone le traiettorie all'interno del Circular Economy Action Plan (European Commission, 2020a), un piano strategico incentrato su azioni di Economia Circolare e supportato dagli stakeholder della Quadrupla Elica (Università, Aziende, Società e Governo). In questo scenario la digitalizzazione è considerata un fattore chiave per il raggiungimento degli obiettivi di Economia Circolare (Antikainen, Uusitalo and Kivikytö-Reponen, 2018) in quanto le tecnologie digitali permettono di mettere in relazione le risorse materiali, integrare le catene di valore e facilitare il dialogo tra gli attori, favorendo processi condivisi e velocizzandone l'attuazione (Amit and Han, 2017).

Come si traduce però tutto ciò a livello aziendale? Come vengono supportate le Piccole e Medie Imprese (PMI) europee? Sono queste in grado di trasformare in opportunità di business le sfide che la transizione ecologica e digitale comporta? Per orientare correttamente queste sfide è necessario un approccio sistemico capace di capire e collocare prodotti e processi nella complessità, riconoscere l'interconnessione dei diversi aspetti e massimizzare così le potenzialità della digitalizzazione e dell'Economia Circolare (European Commission, 2020a). In questo scenario si inserisce il progetto europeo DigiCirc (H2020 – INNOSUP-01)¹, che affronta la transizione ecologica e digitale con processi di 'innovazione aperta' e una prospettiva a quadrupla elica in tre domini strategici: Circular Cities, Blue Economy e Bioeconomy.

Il progetto si è articolato in quattro macro-fasi: 1) la creazione di un ecosistema di 'innovazione aperta' trans-europeo; 2) la realizzazione di tre campagne di coinvolgimento degli stakeholder, definendo congiuntamente le principali sfide di Economia Circolare all'interno dei tre domini strategici; 3) il lancio di tre programmi di accelerazione per PMI europee, selezionate tramite tre bandi aperti; 4) la realizzazione di contenuti e strumenti olistici a supporto dell'innovazione (tematica, tecnica, commerciale, legale). Attraverso il progetto DigiCirc questo articolo si pone l'obiettivo di indagare come l'approccio del Design Sistemico supporti la transizione ecologica e digitale e contribuisca alla configurazione di un processo di 'innovazione aperta' (Chesbrough, 2003) per le PMI europee.

L'articolo utilizza una ricerca multi-metodo che integra e corrobora i dati derivanti dalla revisione della letteratura con quelli ottenuti dal caso studio DigiCirc. Nello specifico la metodologia adottata agisce in due fasi: 1) individuando in letteratura le principali sfide riscontrate dalle imprese nell'utilizzo delle tecnologie digitali per l'Economia Circolare e prendendo come riferimento in particolare il lavoro di Trevisan et alii (2023); 2) mettendo in luce come il processo di 'innovazione aperta' realizzato da DigiCirc ha indirizzato queste sfide e sottolineando come e in quali sfide ha contribuito il Design Sistemico.

Attraverso la discussione dei risultati del progetto DigiCirc questo articolo intende riconoscere il ruolo del Design Sistemico all'interno di un processo di 'innovazione aperta' per accelerare la transizione ecologica e digitale delle PMI europee. In questo scenario il Design Sistemico ha contribuito a: 1) innescare e sostenere un dialogo intersettoriale con diversi stakeholder tematici, industriali e accademici; 2) trasferire la conoscenza sia all'interno che all'esterno dell'ecosistema DigiCirc; 3) rafforzare la comprensione sistemica nelle PMI manifatturiere e di servizi. Inoltre questo lavoro si rivolge in particolare agli studiosi e ai professionisti del design che si occupano di 'innovazione aperta' e di sistemi socio-tecnici in ambienti industriali e interdisciplinari, mettendo in luce il contributo del Design Sistemico nella creazione di ecosistemi di innovazione ecologica e digitale.

L'articolo si sviluppa come segue: i primi tre paragrafi inquadrano la ricerca nel background di riferimento relativo alla 'innovazione aperta', all'uso di strumenti digitali a supporto dell'Economia Circolare e al design; il quarto paragrafo chiarisce la metodologia utilizzata, seguito da un approfondimento relativo al progetto europeo DigiCirc preso come caso studio di questo lavoro; il sesto paragrafo discute le fasi e i risultati del progetto, esplicitando il contributo dei ricercatori di Design Sistemico coinvolti; il settimo e ultimo paragrafo mette in luce le limitazioni di questo lavoro suggerendone gli sviluppi futuri (Fig. 1).

Innovazione aperta | Il concetto di 'innovazione aperta' è stato teorizzato per la prima volta da Chesbrough (2003) e definito come il flusso di risorse necessarie ad attivare un processo innovativo che oltrepassa i confini aziendali. Questo flusso può essere, o meno, regolato da meccanismi pecuniari (Chesbrough, 2006) e può avvenire dall'esterno verso l'interno, dall'interno verso l'esterno o in entrambi i versi (Gassmann and Enkel, 2004). Successivamente Keupp e Gassmann (2009) hanno ampliato il concetto di 'innovazione aperta', collegandolo al grado di permeabilità delle imprese verso l'ambiente esterno.

Vista l'attuale globalizzazione dell'industria manifatturiera e la crescente complessità delle sfide che la transizione ecologica e digitale richiede, la 'innovazione aperta' ha assunto un'importanza crescente nella ricerca accademica e nelle applicazioni industriali (Obradović, Vlačić and Dabić, 2021). Infatti secondo una recente analisi della letteratura effettuata da Wu et alii (2022) sulla 'innovazione aperta' nelle aziende manifatturiere, i temi su cui si concentra maggiormente la ricerca in questo tema riguardano la collaborazione (Gianpoulou, Barlatier and Pénin, 2019), la digitalizzazione (Zhang et alii, 2021), le strategie aperte (Vahter, Love and Roper, 2014) e la performance dell'innovazione (Kobarg, Stumpf-Wollersheim and Welpe, 2019).

Il presente contributo si concentra soprattutto sui primi due e su come essi siano strettamente collegati attraverso il Design Sistemico. Difatti, da un lato la collaborazione tra diversi stakeholders abilita la 'innovazione aperta' nelle imprese manifatturiere poiché integra le conoscenze e le risorse mancanti all'interno delle aziende (Wu et alii, 2022), dall'altro le tecnologie digitali combinano più facilmente le risorse aziendali con le esigenze e i bisogni del mercato o di altre imprese (Amit and Han,

2017; Annarelli et alii, 2021). Ecco perché un approccio sistemico è necessario per poter cogliere appieno le opportunità che la 'innovazione aperta' e gli strumenti digitali offrono all'interno dell'ecosistema dell'innovazione.

Strumenti digitali ed Economia Circolare | Con l'avvento dell'Industria 4.0, le tecnologie digitali applicate a prodotti, processi e servizi sono state identificate come abilitatori della transizione circolare (Antikainen, Uusitalo and Kivikytö-Reponen, 2018; Ranta, Aarikka-Stenroos and Väisänen, 2021). Anche l'Europa ne ha fatto uno dei tre assi portanti del Green New Deal (European Commission, 2019), poiché rende le imprese più produttive, integrate, intelligenti ed efficienti² e permette loro di prendere decisioni basate su dati concreti, tracciabili e trasparenti, consentendone la condivisione con tutti gli stakeholder lungo la catena del valore.

Pagoropoulos, Pigosso e McAlloone (2017) hanno fornito una classificazione delle tecnologie digitali, dividendole in tre categorie in base alla loro funzione: raccolta dei dati, integrazione dei dati e analisi dei dati. Esempi di tecnologie per la raccolta dati includono RFID, Internet of Things (IoT) e Cyber-Physical Systems (CPS); tra quelle per l'integrazione dei dati ci sono i Cloud e le Blockchain; infine tecnologie che analizzano i dati includono i Big Data Analytics e l'Intelligenza Artificiale (Ranta, Aarikka-Stenroos and Väisänen, 2021). Le tecnologie digitali permettono quindi di raccogliere, processare e indirizzare grandi quantità di dati, creando le condizioni necessarie affinché si mettano in pratica i cicli di interconnessione previsti dall'Economia Circolare. In questo modo si abbattano diverse barriere, fisiche e di conoscenza, rendendo più permeabili le imprese verso l'ambiente esterno (Keupp and Gassmann, 2009) e agevolando l'implementazione di processi di 'innovazione aperta' (Rachinger et alii, 2018).

Tuttavia un recente studio di Trevisan et alii (2023) ha identificato le 45 barriere che ostacolano l'impiego delle tecnologie digitali per l'Economia Circolare da parte delle imprese, effettuando un'analisi sistemica e multi-livello e classificandole nelle seguenti dimensioni: 1) di gestione della conoscenza; 2) finanziarie; 3) di gestione dei processi e governance; 4) tecnologiche; 5) relative a prodotti e materiali; 6) logistiche; 7) comportamentali; 8) relative alle policy. Quindi è possibile affermare che la digitalizzazione è un catalizzatore a livello di sistema per l'Economia Circolare poiché ne indirizza la complessità su più scale e livelli, facilitando i collegamenti. Tuttavia è necessario avere un approccio sistemico per capire e interpretare meglio prodotti e processi nella complessità e per poter massimizzare le potenzialità della digitalizzazione e dell'Economia Circolare (Eisenreich, Füller and Stuchtey, 2021).

Design Sistemico | Dall'integrazione del pensiero sistemico con la disciplina del Design è nato il Design Sistemico, che applica un approccio olistico alla progettazione di prodotti, servizi e sistemi (Jones, 2014), supportando al tempo stesso la collaborazione attiva tra diversi stakeholder (Giraldo Nohra, Pereno and Barbero, 2020). Come ha spiegato Jones (2014), la disciplina del Design si è evoluta nel tempo, allargando sempre di più il proprio dominio e ambito d'azione, passando quindi dal

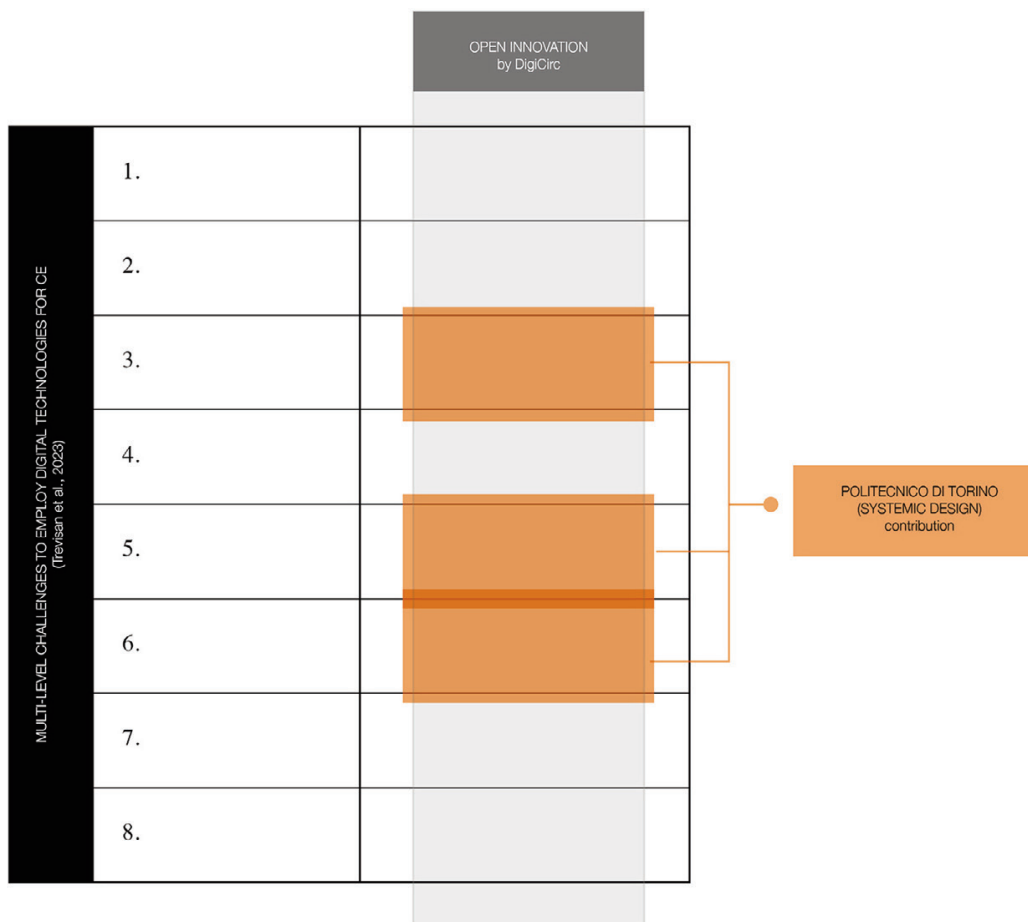
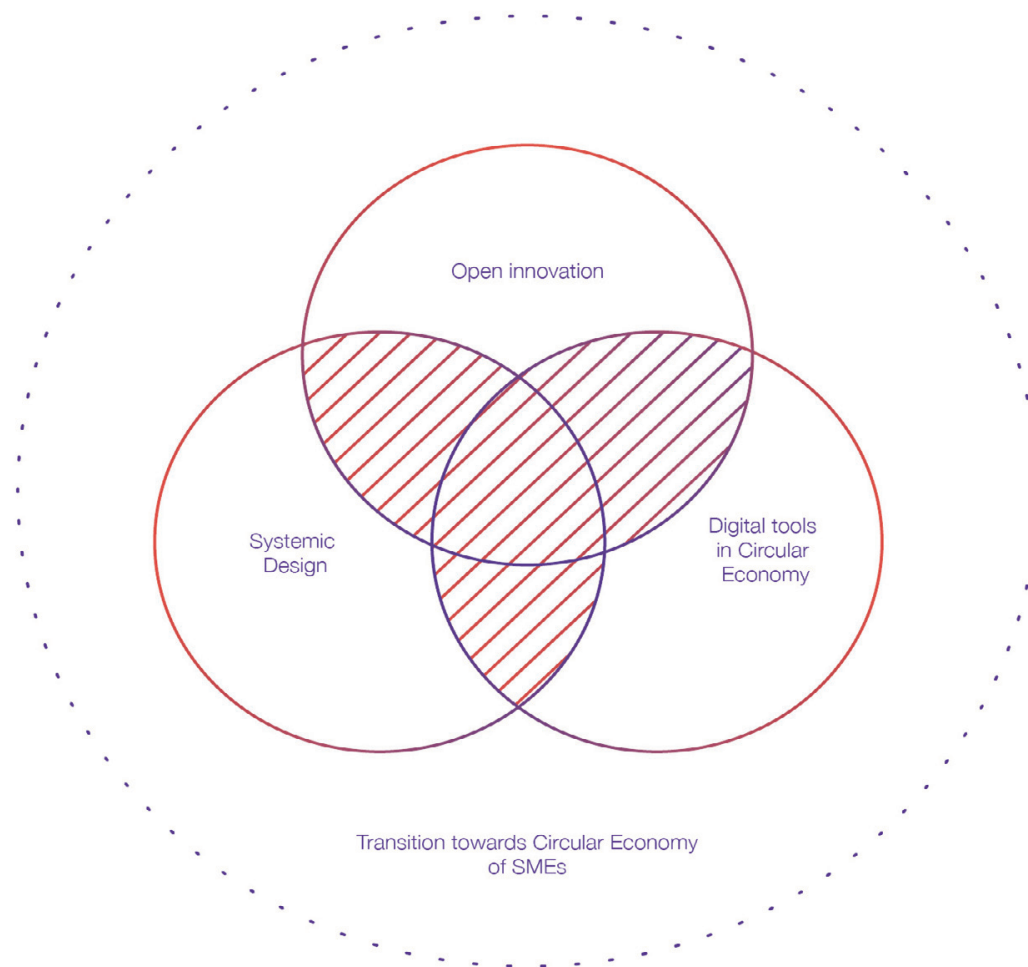


Fig. 1 | Research background (credit: the Authors, 2023).

Fig. 2 | Methodology framework (credit: the Authors, 2023).

design per la produzione di artefatti al design che si occupa di trasformazioni sociali complesse. Di conseguenza, anche i metodi del design sono evoluti integrando conoscenze tecniche di base proprie del design a metodi di co-progettazione con altri stakeholder che includono mappe, visualizzazioni e riconfigurazioni di sistemi complessi. Questo tipo di evoluzione nasce per rispondere a problemi complessi e interconnessi come il cambiamento climatico o la transizione verso l'Economia Circolare per cui è necessaria la collaborazione di diversi esperti con conoscenze e competenze diverse.

Pereno e Barbero (2020) hanno identificato in letteratura sei domini del design che si occupano di unire la ricerca e le pratiche del design con i problemi complessi: Product / Service System (PSS) Design, Systems-Oriented Design, Advanced Design, Design for Sustainability Transitions, Transition Design e il Design Sistemico. Quest'ultimo si concentra sui processi produttivi e si occupa di progettare i flussi di materia ed energia da un componente all'altro del sistema, trasformando gli output di un processo in input per un altro. L'obiettivo finale del Design Sistemico è quello di tendere a emissioni zero e di generare sistemi socio-tecnici locali resilienti; secondo Bistagnino (2009) esso si basa su cinque principi fondamentali: 1) Output / Input – gli scarti di un sistema produttivo diventano risorse per un altro; 2) Relazioni – le relazioni all'interno del sistema generano il sistema stesso; 3) Autopoiesi – un sistema autopoietico è un sistema resiliente, in grado di rigenerarsi ed evolvere nel tempo; 4) Agire Localmente – il contesto in cui si opera è fondamentale per localizzare l'innovazione sulla base delle risorse disponibili; 5) L'umanità al centro del progetto – l'essere umano, in relazione al suo contesto ambientale, sociale, culturale ed economico, è al centro del progetto.

Poiché si stima che l'80% degli impatti a livello ambientale è generato nella fase di progettazione (Thackara, 2006), è necessario cambiare il modo in cui pensiamo prodotti, processi o servizi sin dalle prime fasi di progettazione in modo tale da affrontare il problema a monte e non solo a valle. In questo senso il Design Sistemico offre metodi e strumenti utili per indirizzare la complessità, pertanto applicato ai processi aziendali offre una lente più ampia per la progettazione di nuovi prodotti, servizi e sistemi innovativi.

Metodologia | Dall'analisi della letteratura sintetizzata nei paragrafi precedenti emerge come l'attuazione di processi di 'innovazione aperta' così come l'utilizzo di strumenti digitali, possono accelerare la transizione e l'implementazione dell'Economia Circolare all'interno delle imprese. Tuttavia è necessario un approccio sistemico in modo tale da poter indirizzare la complessità dei cicli di interconnessione multi-livello e multi-scala che l'Economia Circolare richiede e poter sfruttare appieno le potenzialità sia della 'innovazione aperta' che degli strumenti digitali.

Per questo motivo il presente contributo suggerisce l'approccio e gli strumenti del Design Sistemico a supporto di un processo di 'innovazione aperta' per le PMI europee al fine di favorire la loro transizione ecologica e digitale per validare questa ipotesi viene presentato il caso studio del progetto europeo DigiCirc, sottolineando il con-

tributo apportato dai ricercatori di Design Sistemico del Politecnico di Torino, sia in qualità di partner nel processo di ‘innovazione aperta’ messo in atto da DigiCirc sia con attività di supporto alle imprese coinvolte.

Il presente contributo illustra una ricerca qualitativa multi-metodo che integra e corrobora i dati derivanti dalla revisione della letteratura con quelli ottenuti dal caso studio DigiCirc che offre uno spazio di sperimentazione delle sfide riscontrate in letteratura con i dati raccolti sul campo. Nello specifico la metodologia adottata si divide in due fasi: in primo luogo sono state individuate in letteratura le principali sfide riscontrate dalle imprese nell’utilizzo delle tecnologie digitali per l’Economia Circolare, prendendo come riferimento il lavoro di Trevisan et alii (2023); in secondo luogo l’analisi mette in luce come il processo di ‘innovazione aperta’ realizzato da DigiCirc ha indirizzato queste sfide, sottolineando come e in quali sfide i ricercatori di Design Sistemico hanno contribuito. Questa metodologia consente quindi una maggiore generalizzazione dei risultati (Hesse-Biber and Johnson, 2015) dati dalla complementarità dei metodi, dove l’uno integra l’altro, rafforzando la ricerca (Reis, Amorim and Melão, 2019; Fig. 2).

Il caso studio DigiCirc | Il progetto europeo DigiCirc (HORIZON2020 – INNOSUP-01) affronta la transizione ecologica e digitale delle PMI europee con processi di ‘innovazione aperta’ e una prospettiva a quadrupla elica, in tre domini strategici: Circular Cities, Blue Economy e Bioeconomy. L’obiettivo principale di DigiCirc è supportare le PMI europee nello sviluppo di soluzioni digitali scalabili che contribuiscano all’Economia Circolare. Il progetto ha coinvolto 11 partner provenienti da 10 Paesi europei con l’obiettivo di creare un ecosistema di ‘innovazione aperta’ trans-europeo offrendo alle imprese una gamma completa di servizi a supporto dell’innovazione.

Il progetto ha adottato un approccio sistemico per indirizzare la complessità di queste transizioni, articolandosi in quattro macro-fasi: 1) la creazione dell’ecosistema di ‘innovazione aperta’ trans-europeo; 2) la realizzazione di tre campagne di coinvolgimento di stakeholder complementari e multidisciplinari, definendo congiuntamente le principali sfide di Economia Circolare all’interno dei tre domini strategici; 3) il lancio di tre programmi di accelerazione per PMI europee, selezionate tramite tre bandi aperti; 4) la realizzazione di contenuti e strumenti olistici a supporto dell’innovazione (tematica, tecnica, commerciale, legale). L’obiettivo di queste attività è implementare un processo sistemico di ‘innovazione aperta’, per sostenere le imprese nello sviluppo di strategie go-to-market concrete e lanciare sul mercato prodotti o servizi digitali per l’Economia Circolare (Figg. 3, 4).

Fasi, risultati e discussione | Attraverso il progetto DigiCirc il contributo indaga e dimostra come l’approccio del Design Sistemico supporti la transizione ecologica e digitale e contribuisca alla configurazione di un processo di ‘innovazione aperta’ per le PMI europee. Le quattro macro-fasi del progetto illustrano come si è attuato il processo di ‘innovazione aperta’ in DigiCirc e qual è stato il contributo del Politecnico di Torino e, nello specifico, dei ricercatori di Design Sistemico coinvolti.

Fase 1 – Creazione dell’ecosistema transeu-

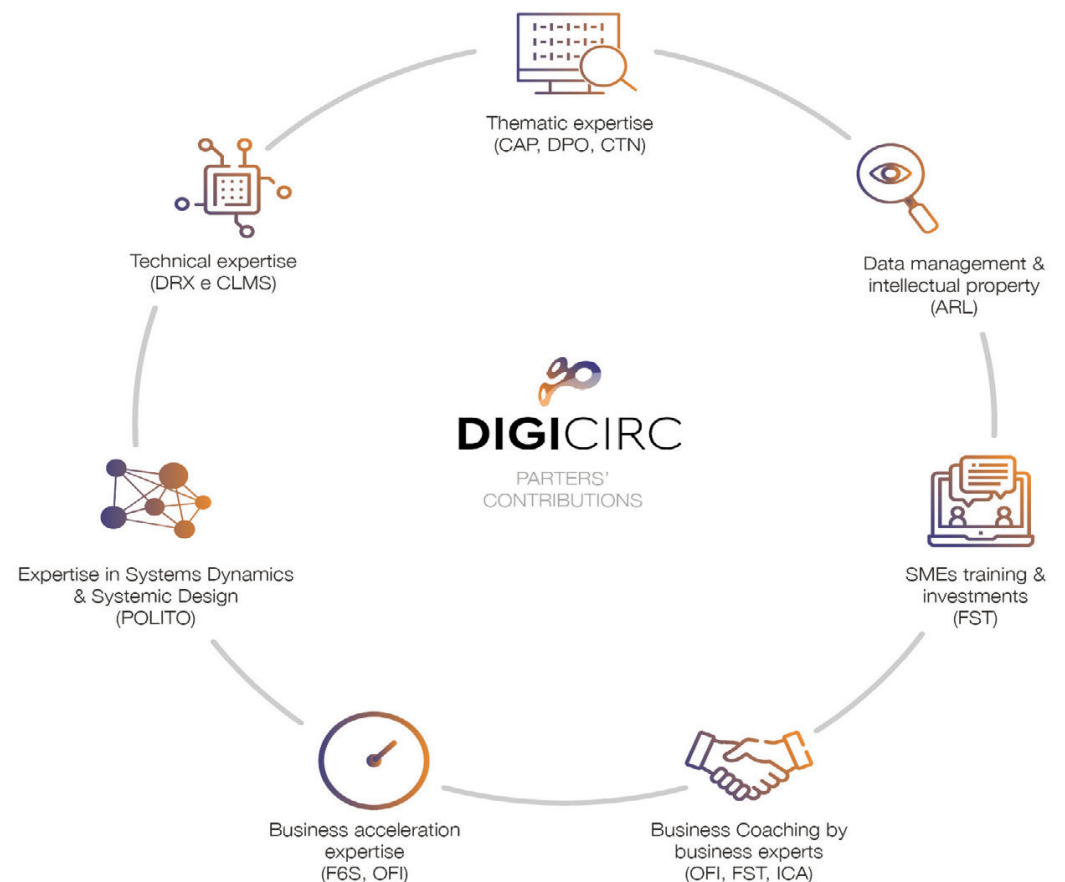


Fig. 3 | European partners involved in the DigiCirc project: Digipolis (DPO), F6S (F6S), Arthur’s legal (ARL), Cap Digital (CAP), Inspiring Culture Association (ICA), Politecnico di Torino (POLITO), Officine Innovazione (OFI), Fasttrack Action (FST), Centro Tecnologico y Naval (CTN), Draxis (DRX) and CLMS (source: digicirc.eu).

Fig. 4 | Multi-disciplinary contributions from partners within DigiCirc (credit: the Authors, 2023).

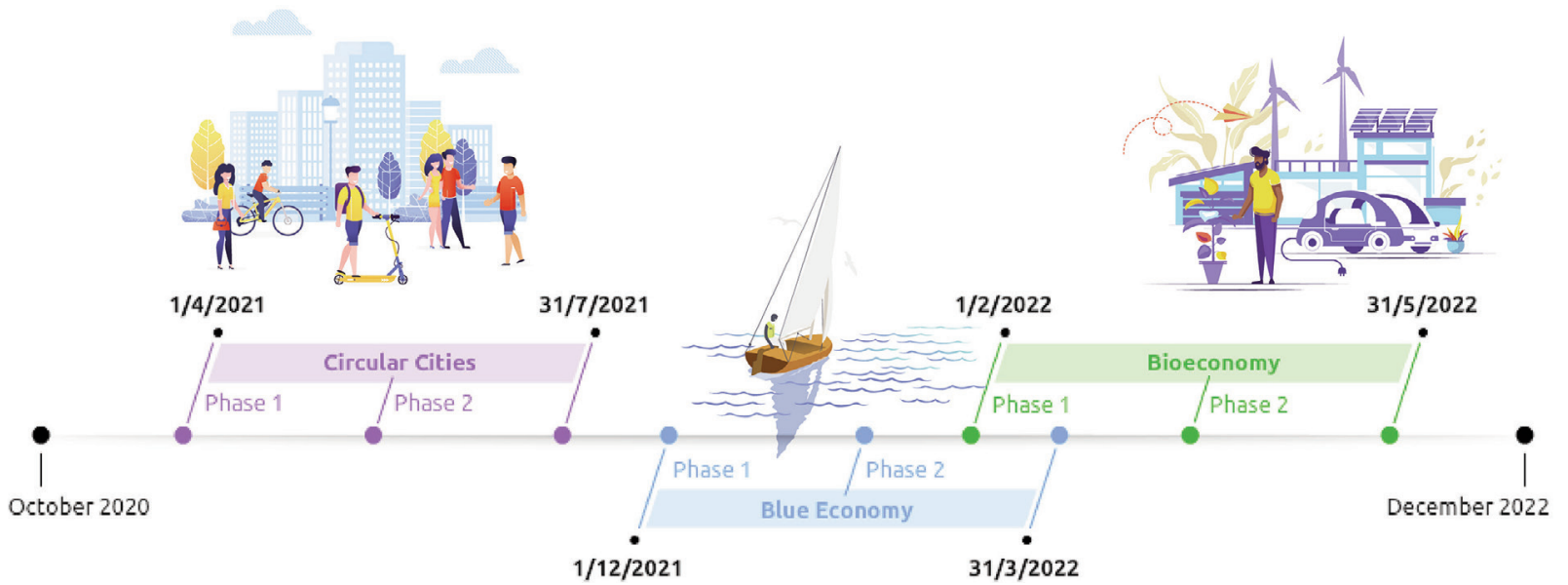


Fig. 5 | Phases of business accelerators (source: digicirc.eu).

Fig. 6 | DigiCirc Open Innovation Ecosystem (source: digicirc.eu).

Next page

Fig. 7 | Digital tools developed within DigiCirc (credit: the Authors, 2023).

ropeo DigiCirc. 11 partner provenienti da 10 Paesi europei hanno offerto alle imprese una gamma completa di servizi a supporto dell'innovazione, tra cui: competenze tematiche, tecniche e di accelerazione aziendale; competenze in materia di Systems Dynamics e Design Sistemico; supporto in materia di protezione dei dati e della proprietà intellettuale; formazione delle PMI sugli investimenti; servizi di coaching forniti da esperti aziendali. Il Politecnico di Torino è stato coinvolto per fornire le proprie competenze sul Design Sistemico e sul Systems Dynamics e nel coordinamento

della produzione e trasferimento della conoscenza prodotta.

Fase 2 – Coinvolgimento degli stakeholders e definizione delle sfide di Economia Circolare. Diversi stakeholder complementari e multidisciplinari appartenenti a cluster innovativi, Università, PMI, investitori ed Enti pubblici sono stati coinvolti per definire le principali priorità di Economia Circolare all'interno dei tre domini strategici. Queste priorità hanno guidato la definizione delle sfide specifiche all'interno dei programmi di accelerazione, per un totale di 17 sfide (4 per il bando Cir-

cular Cities, 7 per il bando Blue Economy e 6 per il bando Bioeconomy). Il Politecnico di Torino ha contribuito alla selezione dei cluster industriali e delle competenze accademiche coinvolte nella discussione sulle priorità della Economia Circolare.

Fase 3 – Lancio dei tre programmi di accelerazione, attraverso altrettanti bandi aperti, uno per ogni dominio strategico, a cui si sono candidati consorzi d'impresa con una proposta di strumento o servizio digitale per affrontare le sfide identificate. Su un totale di 139 domande pervenute, 48 consorzi che rappresentano un totale di 100 PMI provenienti da 26 Paesi, sono stati selezionati per partecipare ai programmi di accelerazione (17 per il bando Circular Cities, 15 per il bando Blue Economy, 16 per il bando Bioeconomy). Un budget totale di 2,3 milioni di euro è stato distribuito tra le PMI per sostenerle nel processo di innovazione. Il Politecnico di Torino ha supportato la diffusione dei bandi aperti attraverso e-mail dirette, campagne sui social media, newsletter rivolte a cluster, imprese o start-up del proprio network.

Fase 4 – Realizzazione di contenuti e strumenti olistici per l'innovazione. L'ecosistema DigiCirc ha sviluppato durante tutto il progetto quattro strumenti digitali per assistere le imprese nella progettazione e commercializzazione delle loro soluzioni innovative, denominati: Circular Economy Data Hub, Industrial Symbiosis Platform, Match-making tool e Infoportal. Inoltre DigiCirc ha progettato e sviluppato: 17 MOOC (Massive Online Open Courses), 18 ore di contenuti didattici digitali per ampliare conoscenze e competenze trasversali in diversi domini tematici e tecnici (il set di corsi comprendeva corsi obbligatori e facoltativi, con una valutazione finale per verificare le competenze apprese); 7 workshop (circa 8 ore per consorzio) per approfondire gli argomenti trattati nei corsi e favorire lo scambio di idee e le opportunità di networking; 6 sessioni individuali con un mentore tematico (incontri bisettimanali) per ricevere indicazioni e feedback su aspetti specifici del proprio progetto; circa 13 sessioni individuali con un business coach (incontri settimanali) per ricevere consigli personalizzati e supporto per lo sviluppo della propria attività.

Il Politecnico di Torino è stato responsabile nello sviluppare l'offerta formativa, coordinare i

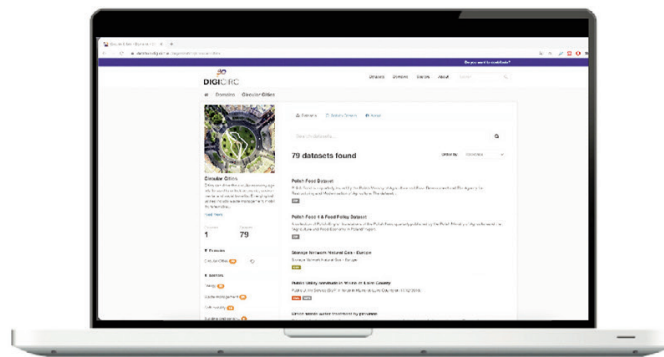
partner nella creazione dei contenuti e sviluppare internamente la piattaforma digitale che ospita i MOOC. Inoltre come titolari del corso di Design Sistemico presente tra i MOOC, il Politecnico ha condotto dei workshop insieme alle imprese, supportando i 48 consorzi nell'attuazione dell'approccio e degli strumenti del Design Sistemico nei loro processi aziendali e ha valutato gli elaborati svolti da loro all'interno del corso. Infine ha coinvolto 4 mentori tematici a supporto delle imprese (Figg. 5-7).

La Tabella 1 approfondisce gli strumenti sviluppati durante il progetto, esplicitandone la struttura, i contenuti e i limiti. Dettagliando il modo in cui si è svolto il processo di 'innovazione aperta' all'interno di DigiCirc, la Tabella 2 invece riassume il contributo originale di questo articolo: riprendendo le principali sfide riscontrate dalle imprese nell'utilizzo delle tecnologie digitali per l'Economia Circolare (Trevisan et alii, 2023), l'analisi identifica e rende esplicito in che modo il processo di 'innovazione aperta' messo in atto all'interno di DigiCirc ha affrontato queste sfide, mettendo in evidenza il contributo del Design Sistemico (Figg. 8-10).

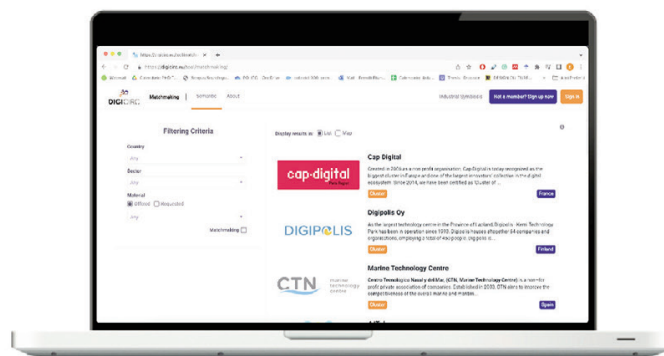
Conclusioni, limitazioni e sviluppi futuri | Come si evince dalla Tabella 2 il Design Sistemico ha contribuito al processo di 'innovazione aperta' messo in atto da DigiCirc, indirizzando 5 sfide su 8 presenti in letteratura. Dai dati raccolti attraverso il caso studio DigiCirc, il presente contributo è originale poiché dimostra come l'approccio del Design Sistemico supporti la transizione ecologica e digitale e contribuisca alla configurazione di un processo di 'innovazione aperta' per le PMI europee. Nello specifico il Design Sistemico ha supportato il processo prevalentemente nella parte di gestione della conoscenza, dei processi e dei flussi di prodotti e materiali ma anche nel superamento di una barriera tecnologica e nell'indirizzare le future policy a supporto della transizione ecologica e digitale. Più generalmente ha contribuito a: 1) innescare e sostenere un dialogo intersettoriale con diversi stakeholder tematici, industriali e accademici; 2) trasferire la conoscenza sia all'interno che all'esterno dell'ecosistema DigiCirc; 3) rafforzare la comprensione sistemica nelle PMI manifatturiere e di servizi.

Risulta invece mancante il contributo nell'indirizzare sfide finanziarie, logistiche e comportamentali; sebbene le prime risultino fuori dall'approccio e dai metodi contemplati dal Design Sistemico, sfide logistiche e comportamentali risultano sicuramente un limite di questo studio, in quanto perfettamente contemplate all'interno dei cinque principi del Design Sistemico e prese in considerazione nella prassi progettuale. Pertanto studi futuri potrebbero indagare maggiormente questi aspetti a completamento dell'attuale contributo.

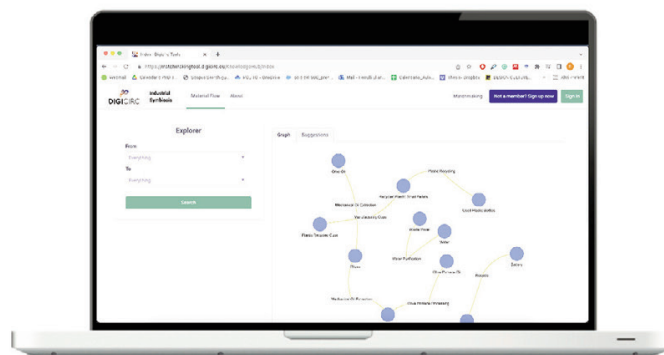
Altre limitazioni riguardano gli strumenti sviluppati durante il programma che, sebbene rispondano alla necessità di accentrare la conoscenza in specifiche piattaforme o strumenti digitali così da limitare la frammentazione delle informazioni e abilitare processi di Economia Circolare, tuttavia necessitano di un aggiornamento costante per garantirne la sostenibilità anche oltre la fine del progetto. Un'altra importante limitazione è stata determinata dall'avvento della pandemia che ha interessato gran parte dello svolgimento del progetto, limitando le occasioni di incontro in



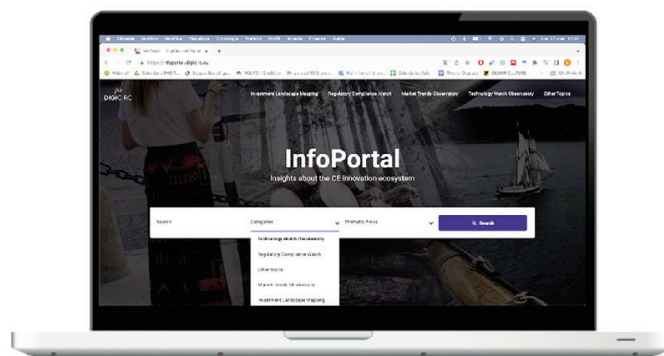

Circular economy data hub



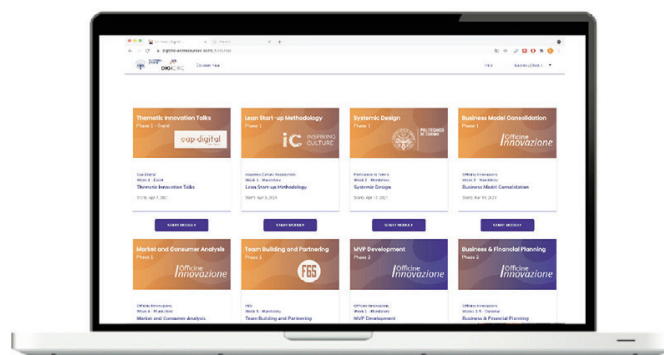

Matchmaking Tool




Industrial Symbiosis Platform




InfoPortal




MOOC platform

Tool name	Structure	Description	Limits
Circular Economy Data Hub	Web Tool Datasets	This tool can be used to find data on waste, people, energy, etc., collected in specific datasets, and sorted by sector, tag, format and licence The CE data hub is an automated data acquisition and pre-processing system, acting as a multi-source and centralized repository of information and measurements derived from many sources	The tool tends to the needs of non-technical managers but it is mainly oriented for programmers
Industrial Symbiosis platform	Web Tool Waste Streams	This tool can be used to access an interactive catalogue of real-life 'waste streams', connected in input and output, in order to find potential suppliers and partners All the registered resources and processes are stored following a state-of-the-art knowledge graph architecture, which is the key component of the Industrial Symbiosis tool.	This tool needs a constant update of waste streams available, and is currently underdeveloped It should be widely advertised and filled in order to give the chance to create effective connections among potential partners
Matchmaking tool	Web Tool Partner Description and Contacts	This tool can be used to find and connect with future business partners and potential customers, sorted by country, sector and material	This tool should be widely advertised and filled with profile and contact descriptions, to increment matchmaking possibilities
Infoportal	Web Tool Articles and Posts	This tool can be used to gain knowledge on investment opportunities, regulatory landscape, market and tech trends, sorted by categories and strategic domains	Articles and posts of this tool are currently insterted manually by DigiCirc partners An algorithn may authomatize this procedure
MOOCs platform	Web Tool Video-lessons and Assessments	This tool can be used to gain knowledge on transversal topics related to Innovation, Circular Economy, Business and Marketing, through a variety of short video-lessons, articles, reports, and short assessments	After the project's end the courses' assessment is not guaranteed and the knowledge acquired can't be evaluated and certified.

Tab. 1 | Contents, structure and limits of the tools developed within DigiCirc (credit: the Authors, 2023).

Next page

Tab. 2 | Synoptic framework of the main challenges faced by companies in the use of digital technologies for the Circular Economy and the process of 'open innovation' implemented within DigiCirc with evidence of the contribution of Systemic Design researchers of Politecnico di Torino (credit: the Authors, 2023).

presenza e quindi minando le opportunità di riunione in presenza tra partner e imprese; l'emergenza sanitaria ha richiesto, inoltre, maggiore sforzo e coordinamento nella produzione dei contenuti per la piattaforma MOOC, soprattutto nella fase di registrazione.

Nonostante ciò durante il progetto sono state condivise alcune buone pratiche che forniscono nuove prospettive per ulteriori progetti nell'ambito della transizione ecologica e digitale tra cui: il supporto alle imprese di un business coach e un mentore tematico su base settimanale e mensile, figure particolarmente apprezzate dalle imprese utili a fornire una guida rispetto a modelli di business e con una visione a lungo termine; la creazione di consorzi di imprese con competenze trans-settoriali e TRL simili, per un allineamento su bisogni e visioni; il coinvolgimento di potenziali investitori già nella fase di selezione delle PMI, così da aumentare l'aderenza delle soluzioni proposte al mercato; infine, la formazione di un team eterogeneo di partner con background e competenze diverse per indirizzare meglio la complessità e fornire alle imprese uno spettro più ampio nella progettazione di nuovi prodotti, servizi e sistemi innovativi.

Presentando il caso studio DigiCirc, questo contributo quindi dimostra come il Design Sistemico fornisca un valido apporto alla creazione di ecosistemi di innovazione digitale sostenibili e per

il superamento delle barriere che impediscono alle aziende di abbracciare appieno la transizione ecologica e digitale. I risultati presentati sono utili e rilevanti per tutti gli studiosi e i professionisti del design che si occupano di 'innovazione aperta' e di sistemi socio-tecnici in ambienti industriali e interdisciplinari, poiché offrono una base empirica per supportare l'adozione del Design Sistemico come strumento chiave per la creazione di un futuro più sostenibile e digitalizzato.

The ecological and digital transition are closely related challenges, crucial in the current era of transformation. Central to the debate is the shift from a linear production and economic model, based on resource exploitation, to a circular and regenerative one focused on eliminating waste and pollution, keeping products and materials in use, and regenerating natural systems (Ellen MacArthur Foundation, 2015). The European Union recognised the importance of this transition in 2015, defining its trajectories within the Circular Economy Action Plan (European Commission, 2020a), a strategic plan focused on Circular Economy actions and supported by the stakeholders of the Quadruple Helix (Universities, Companies, Society and Government). In this scenario, digital-

isation is considered a key factor in achieving the goals of the Circular Economy (Antikainen, Uusitalo and Kivikytö-Reponen, 2018), as digital technologies make it possible to connect material resources, integrate value chains and facilitate dialogue between actors, fostering shared processes and accelerating their implementation (Amit and Han, 2017).

However, how does is this translated to the corporate level? How are European Small and Medium-sized Enterprises (SMEs) supported? Are they able to turn the challenges posed by the ecological and digital transition into business opportunities? Correctly targeting these challenges requires a systemic approach capable of understanding and placing products and processes within complexity, recognising the interconnectedness of different aspects, and thus maximising the potential of digitalisation and the Circular Economy (European Commission, 2020a). The European project DigiCirc (H2020 – INNOSUP-01)¹ is part of this scenario, addressing the ecological and digital transition with 'open innovation' processes and a quadruple helix perspective in three strategic domains: Circular Cities, Blue Economy, and Bioeconomy.

The project was structured in four macro-phases: 1) the creation of a trans-European 'open innovation' ecosystem; 2) the implementation of

Multi-level challenges for the use of digital technologies for CE
(Trevisan et alii, 2023)

Open Innovation by DigiCirc

Challenges	Description	Evidences	Politecnico di Torino (Systemic Design)'s contribution
Knowledge Management	Concerning the lack of technical and environmental knowledge to guide the transition to EC	17 MOOCs 7 workshops 6 individual session with a thematic mentor	provide expertise on Systemic Design and Systems Dynamics develop training and coordinate partners in content creation transfer knowledge within and outside the DigiCirc ecosystem and beyond the end of the project conduct the Systemic Design workshop with the SMEs, for each accelerator suggest 4 thematic mentors
Financial	Concerning the lack of financial and investment resources or knowledge	13 individual sessions with a business coach 9 meetings with investors to support the launch of products / services on the market € 2.3M to support SMEs 5 MOOC courses: Business Model consolidation; MVP development; Commercial launch strategy; Access to capital; Business and financial planning	
Process Management & Governance	Concerning the lack of management support, cooperation between partners, innovation capacity and long-term planning	17 challenges for the transition to CE in the 3 domains 48 SMEs consortia with complementary expertise 3 business accelerator programs, with thematic, technical support, networking activities provided by 11 partners with cross-disciplinary and multidisciplinary expertise 1 MOOC course: Intellectual Property Support	selection and involvement of the industrial clusters and academic expertise in the discussion of CE priorities dissemination of open calls to Clusters, companies or start-ups within Politecnico di Torino's network
Technologic	Concerning the availability of digital tools, technical infrastructure and difficulties in data management	4 digital tools developed: the Circular Economy Data Hub; the Industrial Symbiosis Platform; the 'Matchmaking tool; and the Infoportal 1 MOOC platform implemented	development of the Open-EdX MOOCs platform
Products & Materials	Concerning the circular flow of products and materials	3 MOOCs courses: Systemic Design; Systems Dynamics; Resource Management 2 digital tools: Circular Economy Data Hub; the Industrial Symbiosis Platform 6 individual sessions with a thematic mentor	development of the Systemic Design course's contents and evaluation of the companies' assignments for the course
Reverse Logistic & Infrastructure	Concerning the lack of knowledge and infrastructure to implement reverse logistics	1 MOOC course on Resource Management 2 digital tools: the Industrial Symbiosis Platform; the Matchmaking tool	
Behaviours	Concerning the behaviour of all actors involved	1 digital tool: Matchmaking Tool 1 MOOC course: Market and Consumers analysis	
Policy & Regulations	Concerning the lack of economic incentives or government policies to support CE	3 meetings with the European Commission's Project Officer to review the project progress and implement corrections 1 policy brief to gather all insights from the project, which will be disseminated among entities and institutions at national and European levels 1 Circular Innovation Priority report, to identify key priorities for circular innovation in Europe 1 contribution in the European Commission's Ecodesign Regulation (Directive 2009/125/EC)	participation in meetings with the Project Officer from the European Commission (future) contribution to the Policy Brief and the Circular Innovation Priority report



Fig. 8 | DigiCirc Project Progress Meeting (credit: the Authors, 2023).

three stakeholder engagement campaigns, jointly defining the main challenges of Circular Economy within the three strategic domains; 3) the launch of three accelerator programs for European SMEs, selected through three open calls; and 4) the creation of holistic set of contents and tools to support innovation (thematic, technical, business, legal). Through the DigiCirc project, this paper aims to investigate how the Systemic Design approach supports the ecological and digital transition and contributes to the configuration of an 'open innovation' process (Chesbrough, 2003) for European SMEs.

The contribution is based on multi-method research that integrates and corroborates data from the literature review with data obtained from the DigiCirc case study. Specifically, the methodology operates in two phases: 1) by identifying, within the literature, the main challenges encountered by companies when using digital technologies for the Circular Economy, specifically referencing the work of Trevisan et alii (2023); 2) by highlighting how the 'open innovation' process carried out through DigiCirc has addressed these challenges and underlining the ways and challenges in which Systemic Design has contributed.

By discussing the results of the DigiCirc project, this article aims to recognise the role of Systemic Design within an 'open innovation' process to accelerate the green and digital transition of European SMEs. In this scenario, Systemic Design has contributed to: 1) trigger and support an intersectoral dialogue with different thematic, industrial and academic stakeholders; 2) transfer knowledge both within and outside the DigiCirc ecosystem; 3) strengthen systemic understanding in manufacturing and service SMEs. Furthermore, this work is specifically geared toward design scholars and practitioners dealing with 'open innovation' and socio-technical systems in industri-

al and interdisciplinary environments, emphasising the contribution of Systemic Design in creating ecosystems of ecological and digital innovation.

The article is structured as follows: the first three paragraphs frame the research within the reference background related to 'open innovation', to the use of digital tools in support of the Circular Economy, and to design; the fourth paragraph clarifies the methodology used, followed by an in-depth discussion related to the European project DigiCirc, taken as a case study for this work; the sixth paragraph discusses the phases and results of the project, with explicit reference to the contribution of the involved Systemic Design researchers; the seventh and final paragraph highlights the limitations and suggests future developments (Fig. 1).

Open innovation | The concept of 'open innovation' was first theorised by Chesbrough (2003) and defined as the flow of resources needed to activate an innovative process that transcends company boundaries. This flow may or may not be regulated by monetary mechanisms (Chesbrough, 2006) and can take place from the outside inwards, from the inside outwards, or both ways (Gassmann and Enkel, 2004). Subsequently, Keupp and Gassmann (2009) expanded upon the concept of 'open innovation', linking it to the degree of permeability of companies to the external environment.

Given the current globalisation of the manufacturing industry and the increasing complexity of the challenges that the ecological and digital transition requires, 'open innovation' has become increasingly important in academic research and industrial applications (Obradović, Vlačić and Dabić, 2021). In fact, according to a recent analysis of the literature carried out by Wu et alii (2022) regarding 'open innovation' in manufacturing companies, re-

search in this area is mainly focused on the themes of collaboration (Giannopoulou, Barlatier and Pénin, 2019), digitalisation (Zhang et alii, 2021), open strategies (Vahter, Love and Roper, 2014) and innovation performance (Kobarg, Stumpf-Wollersheim and Welpe, 2019).

This contribution focuses mainly on the first two and the way they are closely linked through Systemic Design. Hence, on the one hand, collaboration among different stakeholders enables 'open innovation' in manufacturing companies because it integrates missing knowledge and resources within companies (Wu et alii, 2022); on the other hand, digital technologies more easily combine company resources with the needs and requirements of the market or other companies (Amit and Han, 2017; Annarelli et alii, 2021). This is why a systemic approach is necessary to fully grasp the opportunities that 'open innovation' and digital tools offer within the innovation ecosystem.

Digital Tools and Circular Economy | With Industry 4.0, digital technologies applied to products, processes and services have been identified as enablers of the circular transition (Antikainen, Uusitalo and Kivikytö-Reponen, 2018; Ranta, Aarikka-Stenroos and Väisänen, 2021). Europe has also made it one of the three pillars of the Green New Deal (European Commission, 2019), as it makes companies more productive, integrated, intelligent and efficient², able to make data-driven, traceable, and transparent decisions, which can be shared with all stakeholders along the value chain.

Pagoropoulos, Pigosso and McAlloone (2017) provided a classification of digital technologies, dividing them into three categories according to their function: data collection, data integration and data analysis. Examples of technologies for data collection include RFID, Internet of Things (IoT) and Cyber-Physical Systems (CPS); technologies for data integration include the Cloud and Blockchain; finally, technologies that analyse data include Big Data Analytics and Artificial Intelligence (Ranta, Aarikka-Stenroos and Väisänen, 2021). Digital technologies thus make it possible to collect, process and channel large amounts of data, creating the conditions to put into practice the interconnection cycles envisioned by the Circular Economy. In this way, several physical and knowledge barriers are broken down, making companies more permeable to the external environment (Keupp and Gassmann, 2009) and facilitating the implementation of 'open innovation' processes (Rachinger et alii, 2018).

However, a recent study by Trevisan et alii (2023) identified the 45 barriers to companies' use of digital technologies for the Circular Economy by conducting a systemic, multi-level analysis, and classifying them as follows: 1) knowledge management related; 2) financial; 3) process management and governance related; 4) technological; 5) product and material related; 6) logistical; 7) behavioural; and 8) policy related. Thus, it is possible to argue that digitalisation is a system-level catalyst for the Circular Economy because it addresses its complexity on multiple scales and levels and facilitates its connections. However, a systemic approach is necessary to better understand and interpret products and processes in complexity and to be able to maximise the potential of digital-

isation and the Circular Economy (Eisenreich, Füller and Stuchtey, 2021).

Systemic Design | Systemic Design, born from the integration of systemic thinking with the discipline of Design, applies a holistic approach to the design of products, services, and systems (Jones, 2014) while supporting active collaboration among different stakeholders (Giraldo Nohra, Pereno and Barbero, 2020). As explained by Jones (2014), Design as a discipline has evolved over time, increasingly broadening its domain and scope, thus moving from design for producing artefacts to design that deals with complex social transformations. As a result, design methods have also evolved, integrating basic technical knowledge of design to co-design methods with other stakeholders, including mapping, visualisations and reconfigurations of complex systems. This type of evolution has developed in response to complex and interconnected problems, such as climate change or the transition to a Circular Economy, for which the collaboration of different experts with diverse knowledge and skills is needed.

In the literature, Pereno and Barbero (2020) identified six domains of design that combine design research and practices with complex problems: Product / Service System (PSS), Systems-Oriented Design, Advanced Design, Design for Sustainability Transitions, Transition Design and Systemic Design. The latter focuses on production processes and deals with designing matter and energy flows from one system component to another, transforming the outputs of one process into inputs for another. The ultimate goal of Systemic Design is to strive for zero emissions and to generate resilient local socio-technical systems; according to Bistagnino (2009), it is based on five fundamental principles: 1) Output / Input – the waste of one production system becomes resources for another; 2) Relationships – relationships within the system generate the system itself; 3) Autopoiesis – an autopoietic system is a resilient system, able to regenerate and evolve; 4) Local Action – the context of operation is fundamental to localise innovation based on available resources; 5) Humanity at the centre of the project – the human being, in relation to its environmental, social, cultural and economic context, is at the centre of the project.

Since it is estimated that 80% of environmental-level impacts are generated in the design phase (Thackara, 2006), it is necessary to change the way we think about products, processes, or services from the earliest stages of design to address the problem upstream and not just downstream. In this sense, Systemic Design offers useful methods and tools to manage complexity; therefore, it provides a broader perspective for designing new innovative products, services, and systems when applied to business processes.

Methodology | The analysis of the literature, as summarised in the previous paragraphs, shows how the implementation of ‘open innovation’ processes, as well as the use of digital tools, can accelerate the transition and implementation of the Circular Economy within companies. However, a systemic approach is required to address the complexity of the multi-level, multi-scale interconnection cycles that the Circular Economy requires

and to take full advantage of the potential of both ‘open innovation’ and digital tools.

For this reason, this paper recommends the approach and tools of Systemic Design in support of an ‘open innovation’ process for European SMEs to facilitate their green and digital transition. The European DigiCirc, project case study, is presented to validate this hypothesis, highlighting the contribution made by researchers in Systemic Design at the Politecnico di Torino, both as partners in the ‘open innovation’ process implement-

ed by DigiCirc and through support activities for the companies involved.

This contribution employs multi-method qualitative research that integrates and substantiates data from the literature review with data obtained from the DigiCirc case study. The case study thus provides a space for testing the challenges found in the literature with data collected in the field. Specifically, the adopted methodology is divided into two phases: first, the main challenges encountered by companies in using digital technolo-



Figg. 9 | 10 | DigiCirc project event with a plenary presentation of innovative products and services developed by companies – BioEconomy DemoDay (credit: the Authors, 2023).

gies for the Circular Economy were identified in the literature, using the work of Trevisan et alii (2023) as a reference; second, the analysis highlights how the 'open innovation' process carried out by DigiCirc addressed these challenges, emphasising the extent to which Systemic Design researchers contributed. This methodology thus allows for greater generalisation of results (Hesse-Biber and Johnson, 2015) given the complementarity of the methods, where one integrates the other, strengthening the research (Reis, Amorim and Melão, 2019; Fig. 2).

The DigiCirc case study | The European project DigiCirc (HORIZON2020 – INNOSUP-01) addresses the ecological and digital transition of European SMEs, with 'open innovation' processes and a quadruple helix perspective, in three strategic domains: Circular Cities, Blue Economy and Bioeconomy. DigiCirc's main objective is to support European SMEs in developing scalable digital solutions that contribute to the Circular Economy. The project involved 11 partners from 10 European countries to create a trans-European 'open innovation' ecosystem by offering companies a full range of services to support innovation.

The project adopted a systemic approach to address the complexity of these transitions, articulated in four macro-phases: 1) the creation of the trans-European 'open innovation' ecosystem; 2) the implementation of three complementary and multidisciplinary stakeholder engagement campaigns, jointly defining the key Circular Economy challenges within the three strategic domains; 3) the launch of three accelerator programs for European SMEs, selected through three open calls; and 4) the creation of holistic content and tools to support innovation (thematic, technical, business, legal). These activities aim to implement a systemic process of 'open innovation' to support companies in developing practical go-to-market strategies and launching digital products or services for the Circular Economy into the market (Fig. 3, 4).

Phases, results, and discussion | Through the DigiCirc project, the contribution investigates and demonstrates how the Systemic Design approach supports the ecological and digital transition and contributes to shaping an 'open innovation' process for European SMEs. The four macro-phases of the project illustrate how the 'open innovation' process was implemented within DigiCirc and the extent of the contribution of the Politecnico di Torino, and more specifically, of the Systemic Design researchers involved.

Phase 1 – Creation of the DigiCirc trans-European ecosystem. 11 partners from 10 European countries offered companies a full range of services to support innovation, including: thematic, technical and business acceleration expertise; Systems Dynamics and Systemic Design expertise; data protection and intellectual property support; SME investment training; coaching services provided by business experts. The Politecnico di Torino was involved to provide its expertise on Systemic Design and System Dynamics, and in coordinating the production and transfer of the resulting knowledge.

Phase 2 – Stakeholder involvement and definition of Circular Economy challenges. Several

complementary and multidisciplinary stakeholders from innovative clusters, universities, SMEs, investors and public bodies were involved in defining the main Circular Economy priorities within the three strategic domains. These priorities guided the definition of specific challenges within the accelerator programs for 17 challenges (4 for the Circular Cities call, 7 for the Blue Economy call, and 6 for the Bioeconomy call). The Politecnico di Torino contributed to the selection of industrial clusters and academic skills involved in the discussion on the priorities of the Circular Economy.

Phase 3 – Launch of the three acceleration programs through open calls, one for each strategic domain, to which consortia of companies applied with a proposal for a digital tool or service to face identified challenges. Out of 139 applications received, 48 consortia representing 100 SMEs from 26 countries were selected to participate in the acceleration programs (17 for the Circular Cities call, 15 for the Blue Economy call, and 16 for the Bioeconomy call). A total budget of 2.3 million euros was distributed among SMEs to support them in the innovation process. The Politecnico di Torino supported the dissemination of open calls through direct e-mails, social media campaigns, newsletters aimed at clusters, and businesses or start-ups belonging to its network.

Phase 4 – Creation of holistic set of contents and tools for innovation. Throughout the project, the DigiCirc ecosystem developed four digital tools to assist companies in designing and commercialising their innovative solutions: the Circular Economy Data Hub, the Industrial Symbiosis Platform, the Matchmaking tool and the Infoportal. In addition, DigiCirc designed and developed: 17 MOOCs (Massive Online Open Courses), 18 hours of digital learning content to expand cross-disciplinary knowledge and skills in different thematic and technical domains (the set of courses included mandatory and optional courses, with a final assessment to test acquired knowledge); 7 workshops (about 8 hours per consortium) to delve deeper into the topics covered in the courses and encourage the exchange of ideas and networking opportunities; 6 individual sessions (biweekly meetings) with a thematic mentor for guidance and feedback on specific aspects of each participant's project; about 13 individual sessions (weekly meetings) with a business coach for personalised advice and support in developing each participant's business.

The Politecnico di Torino was responsible for developing the course curriculum, coordinating partners for content creation, and internally developing the digital platform which hosts the MOOCs. Furthermore, as the organisers of the MOOC Systemic Design course, the Politecnico conducted workshops with the companies, supporting the 48 consortia in implementing the Systemic Design approach and tools in their business processes, and evaluated their coursework within the program. Finally, the Politecnico brought in 4 thematic mentors to support the companies (Fig. 5-7).

Table 1 provides a more in-depth view of the tools developed during the project, explaining their structure, content, and limitations. Having detailed how the 'open innovation' process took place within DigiCirc, Table 2, on the other hand, summarises the original contribution of this article: drawing on the main challenges encountered by

businesses in using digital technologies for the Circular Economy (Trevisan et alii, 2023), the analysis identifies and clarifies how the 'open innovation' process implemented within DigiCirc addressed these challenges, highlighting the contribution of Systemic Design (Fig. 8-10).

Conclusions, limitations, and future developments

As shown by Table 2, Systemic Design has contributed to DigiCirc's 'open innovation' process, addressing 5 out of 8 challenges in literature. Based on the data collected through the DigiCirc case study, this paper is original as it demonstrates how the Systemic Design approach supports the ecological and digital transition and contributes to shaping an 'open innovation' process for European SMEs. Specifically, Systemic Design has supported the process mainly concerning knowledge and process management, product and material flows, but also by overcoming a technological barrier and directing future policies to support the ecological and digital transition. More generally, it has contributed to: 1) initiating and sustaining a cross-sectoral dialogue with various thematic, industrial and academic stakeholders; 2) transferring knowledge within and outside the DigiCirc ecosystem; and 3) strengthening systemic understanding in manufacturing and service SMEs.

However, financial, logistical, and behavioural challenges have yet to be addressed. Although the former challenges are outside the approach and methods contemplated by Systemic Design, logistical and behavioural challenges certainly prove to be a limitation of this study, as they are perfectly contemplated within the five principles of Systemic Design and considered in design practice. Therefore, future studies could further investigate these aspects to complement the current contribution.

Other limitations concern the tools developed during the program, which, while responding to the need to centralise knowledge in specific platforms or digital tools to limit information fragmentation and enable Circular Economy processes, nevertheless require constant updating to ensure their sustainability beyond the end of the project. Another major limitation was caused by the pandemic outbreak, which affected much of the project's progress, limiting opportunities for face-to-face encounters and thus undermining opportunities for in-person meetings between partners and businesses; the global pandemic also called for more effort and coordination in the production of content for the MOOC platform, especially in the registration phase.

Nevertheless, some good practices were shared during the project, providing new perspectives for further endeavours in the area of green and digital transition, including: the support to companies of a business coach and a thematic mentor on a weekly and monthly basis, useful figures particularly appreciated by companies to provide guidance with respect to business models and long-term vision; the creation of consortia of companies with cross-sectoral competences and similar TRL, providing alignment on needs and long term visions; the involvement of potential investors already at the SME selection stage, so as to increase the market fit of proposed solutions; and finally, the formation of a heterogeneous

team of partners with different backgrounds and skills to better target complexity and provide companies with a broader spectrum in the design of new innovative products, services and systems.

The DigiCirc case study demonstrates how Systemic Design provides a valuable contribution

to creating sustainable digital innovation ecosystems and overcoming barriers that prevent companies from fully embracing the ecological and digital transition. The present findings are useful and relevant for all design scholars and practitioners dealing with ‘open innovation’ and socio-technical

systems in industrial and interdisciplinary environments, as they provide an empirical basis to support the adoption of Systemic Design as a key tool for creating a more sustainable and digitised future.

Notes

1) For more information, see the webpage: digicirc.eu [Accessed 13 March 2023].

2) For more information, see the webpage: ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_3541 [Accessed 13 March 2023].

References

- Amit, R. and Han, X. (2017), “Value creation through novel resource configurations in a digitally enabled world”, in *Strategic Entrepreneurship Journal*, vol. 11, issue 3, pp. 228-242. [Online] Available at: doi.org/10.1002/sej.1256 [Accessed 13 March 2023].
- Annarelli, A., Battistella, C., Nonino, F., Parida, V. and Pessot, E. (2021), “Literature review on digitalization capabilities – Co-citation analysis of antecedents, conceptualization and consequences”, in *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 166, article 120635, pp. 1-22. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120635 [Accessed 13 March 2023].
- Antikainen, M., Uusitalo, T. and Kivikytö-Reponen, P. (2018), “Digitalisation as an enabler of circular economy”, in *Procedia CIRP*, vol. 73, pp. 45-49. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.procir.2018.04.027 [Accessed 13 March 2023].
- Bistagnino, L. (2009), *Systemic Design – Designing the productive and environmental sustainability*, Slow Food Editore, Cuneo, Bra.
- Chesbrough, H. W. (2006), *Open business models – How to thrive in the new innovation landscape*, Harvard Business Review Press, Boston.
- Chesbrough, H. W. (2003), *Open innovation – The new imperative for creating and profiting from technology*, Harvard Business Review Press, Boston.
- Ellen MacArthur Foundation (2015), *Growth within – A circular economy vision for a competitive Europe*. [Online] Available at: unfccc.int/sites/default/files/resource/Circular%20economy%203.pdf [Accessed 13 March 2023].
- European Commission (2020), *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – A New Circular Economy Action Plan for a Cleaner and more competitive Europe*, document 52020DC0098, 98 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN [Accessed 13 March 2023].
- European Commission (2019), *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – The European Green Deal*, document 52019DC0640, 640 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN [Accessed 13 March 2023].
- Eisenreich, A., Füller, J. and Stuchtey, M. (2021), “Open circular innovation – How companies can develop circular innovations in collaboration with stakeholders”, in *Sustainability*, vol. 13, issue 23, article 13456, pp. 1-23. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su132313456 [Accessed 13 March 2023].
- Gassmann, O. and Enkel, E. (2004), “Towards a theory of open innovation – Three core process archetypes”, in *R&D Management Conference (RADMA)*, Lissabon, pp. 1-18. [Online] Available at: alexandria.unisg.ch/274/ [Accessed 13 March 2023].
- Giannopoulou, E., Barlatier, P. J. and Pénin, J. (2019), “Same but different? Research and technology organizations, universities and the innovation activities of firms”, in *Research Policy*, vol. 48, issue 1, pp. 223-233. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.respol.2018.08.008 [Accessed 13 March 2023].
- Giraldo Nohra, C., Pereno, A. and Barbero, S. (2020), “Systemic design for policy-making – Towards the next circular regions”, in *Sustainability*, vol. 12, issue 11, article 4494, pp. 1-22. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su12114494 [Accessed 13 March 2023].
- Hesse-Biber, S. N. and Johnson, R. B. (eds), *The Oxford Handbook of Multimethod and Mixed Methods Research Inquiry*, Oxford University Press, Oxford. [Online] Available at: doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199933624.001.0001 [Accessed 13 March 2023].
- Jones, P. H. (2014), “Systemic design principles for complex social systems”, in Metcalf, G. (ed.), *Social systems and design*, Springer, Tokyo, pp. 91-128. [Online] Available at: link.springer.com/chapter/10.1007/978-4-431-54478-4_4 [Accessed 13 March 2023].
- Keupp, M. M. and Gassmann, O. (2009), “Determinants and archetype users of open innovation”, in *R&D Management*, vol. 39, issue 4, pp. 331-341. [Online] Available at: doi.org/10.1111/j.1467-9310.2009.00563.x [Accessed 13 March 2023].
- Kobarg, S., Stumpf-Wollersheim, J. and Welpel, I. M. (2019), “More is not always better – Effects of collaboration breadth and depth on radical and incremental innovation performance at the project level”, in *Research Policy*, vol. 48, issue 1, pp. 1-10. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.respol.2018.07.014 [Accessed 13 March 2023].
- Obrovčić, T., Vlačić, B. and Dabić, M. (2021), “Open innovation in the manufacturing industry – A review and research agenda”, in *Technovation*, vol. 102, article 102221, pp. 1-16. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102221 [Accessed 13 March 2023].
- Pagoropoulos, A., Pigosso, D. C. A., McAloone, T. C. (2017), “The emergent role of digital technologies in the circular economy – A review”, in *Procedia CIRP*, vol. 64, pp. 19-24. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.047 [Accessed 13 March 2023].
- Pereno, A. and Barbero, S. (2020), “Systemic design for territorial enhancement – An overview on design tools supporting sociotechnical system innovation”, in *Strategic Design Research Journal*, vol. 13, issue 2, pp. 113-136. [Online] Available at: revistas.unisinos.br/index.php/sdrj/article/view/sdrj.2020.132.02 [Accessed 13 March 2023].
- Rachinger, M., Rauter, R., Müller, C., Vorraber, W. and Schirgi, E. (2018), “Digitalization and its influence on business model innovation”, in *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 30, issue 8, pp. 1143-1160. [Online] Available at: doi.org/10.1108/JMTM-01-2018-0020 [Accessed 13 March 2023].
- Ranta, V., Aarikka-Stenroos, L. and Väisänen, J. M. (2021), “Digital technologies catalyzing business model innovation for circular economy – Multiple case study”, in *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 164, article 105155, pp. 1-11. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105155 [Accessed 13 March 2023].
- Reis, J., Amorim, M. and Melão, N. (2019), “Multichannel service failure and recovery in a O2O era – A qualitative multi-method research in the banking services industry”, in *International Journal of Production Economics*, vol. 215, pp. 24-33. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.07.001 [Accessed 13 March 2023].
- Thackara, J. (2006), *In the bubble – Designing in a complex world*, MIT Press, Cambridge.
- Trevisan, A. H., Lobo, A., Guzzo, D., de Vasconcelos Gomes, L. A. and Mascarenhas, J. (2023), “Barriers to employing digital technologies for a circular economy – A multi-level perspective”, in *Journal of Environmental Management*, vol. 332, article 117437, pp. 1-13. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117437 [Accessed 13 March 2023].
- Vahter, P., Love, J. H. and Roper, S. (2014), “Openness and innovation performance – Are small firms different?”, in *Industry and Innovation*, vol. 21, issues 7-8, pp. 553-573. [Online] Available at: doi.org/10.1080/13662716.2015.1012825 [Accessed 13 March 2023].
- Wu, L., Sun, L., Chang, Q., Zhang, D. and Qi, P. (2022), “How do digitalization capabilities enable open innovation in manufacturing enterprises? A multiple case study based on resource integration perspective”, in *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 184, article 122019, pp. 1-17. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122019 [Accessed 13 March 2023].
- Zhang, C., Chen, Y., Chen, H. and Chong, D. (2021), “Industry 4.0 and its implementation – A review”, in *Information Systems Frontiers | A Journal of Research and Innovation*, pp. 1-11. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s10796-021-10153-5 [Accessed 13 March 2023].

ARTICLE INFO

Received	27 March 2023
Revised	27 April 2023
Accepted	08 May 2023
Published	30 June 2023

MAPPATURA DI PROCESSI DESIGN-DRIVEN PER LA RIGENERAZIONE DELLE PICCOLE CITTÀ FORTIFICATE IN AREE INTERNE

MAPPING DESIGN-DRIVEN PROCESSES FOR THE REGENERATION OF SMALL FORTIFIED TOWNS IN INLAND AREAS

Massimo Brignoni, Giorgio Dall'Osso, Silvia Gasparotto,
Riccardo Varini

ABSTRACT

Il contributo intende mettere a fuoco e trattare una metodologia di mappatura, tipizzazione e catalogazione di interventi progettuali selezionati in base agli impatti che le varie discipline del design sono state in grado di indurre alle differenti scale d'azione nei contesti delle piccole città fortificate, costituenti i nuclei insediativi primigeni delle cosiddette aree interne. Le principali chiavi d'indagine, schedatura e lettura scelte per la mappatura consentono la schematizzazione infografica delle ricerche in un diagramma cartesiano fondato su due assi basilari. La tassonomia, sviluppata e adottata dall'Unità di Ricerca in Design dell'Università di San Marino, individua, distribuisce e classifica numerosi casi studio secondo due essenziali variabili relazionali tra esseri umani, comunità e luoghi: tempo di permanenza e livello di interazione e coinvolgimento con i territori.

The contribution aims to focus on and deal with a methodology of mapping, typifying and cataloguing selected design interventions based on the impacts that the various design disciplines are or have been able to induce at different scales of action in the contexts of small fortified towns, constituting the primary settlement cores of the so-called inland areas. The main keys of research, filing and reading chosen for mapping allow the infographic schematisation of study in a Cartesian diagram based on two primary axes. The taxonomy, developed and adopted by the Design Research Unit of the University of San Marino, identifies, distributes and classifies numerous case studies according to two essential relational variables between human beings, communities and places: the time of permanence and the level of interaction and involvement with the areas.

KEYWORDS

aree interne, città fortificate, design per i territori, rigenerazione, processi data-driven

inland areas, fortified cities, design for territories, regeneration, data-driven processes

Massimo Brignoni, Architect, is a Professor at the Department of Economics, Science and Law of the University of the Republic of San Marino. Since 2004, he has been conducting research in the areas of social innovation, products and processes in local craft productions. E-mail: m.brignoni@unirmsm

Giorgio Dall'Osso, Designer and PhD, is a Researcher at the Department of Economics, Science and Law of the University of the Republic of San Marino. He conducts research in product design and interaction with a particular focus on the dialogue between the human body and space. E-mail: giorgio.dalosso@unirmsm

Silvia Gasparotto, PhD, is a Researcher at the University of the Republic of San Marino. Her research interests are mainly oriented towards Design for the Enhancement of Cultural Heritage and interaction design. E-mail: silvia.gasparotto@unirmsm

Riccardo Varini, Architect and Designer, is a Professor at the University of the Republic of San Marino. He founded the Community Design Research Unit, that deals with the dialogic relationships that strategic and systemic design can establish with local communities. E-mail: r.varini@unirmsm



Nel corso dell'ultimo secolo il processo di spopolamento e abbandono delle aree montane e collinari, con vocazione prevalentemente agro-forestale, considerate sempre più marginali rispetto alle politiche dominanti di sviluppo sociale, economico e industriale (Varini, Brignoni and Abdollahian, 2021), e dei rispettivi insediamenti di piccole dimensioni a favore delle medie e grandi città e aree metropolitane nazionali e internazionali è divenuto un fenomeno endemico e generalizzato a livello globale (Zarzo, Sebastián and Martínez, 2020). Eppure, i 'centri minori' di piccole dimensioni, ad esempio nelle regioni del sud Europa, rappresentano la strutturazione spaziale e ambientale predominante dei territori abitati. Le caratteristiche peculiari di questi contesti possono essere riassunte con l'espressione 'aree interne', classificate statisticamente come intermedie, periferiche e ultraperiferiche in opposizione ai grandi agglomerati urbani.

Per quanto concerne la popolazione italiana, i dati desumibili dal rapporto ISTAT del luglio del 2022 pongono in evidenza un'allarmante contraddizione: solamente 13,5 milioni di persone, corrispondenti al 22,7% della popolazione abitano queste aree, a fronte di una superficie territoriale occupata di quasi 180 mila kmq corrispondente al 60% dell'intera Penisola (ISTAT, 2022). E sempre in Italia «I primi cento Comuni delle Aree Interne con il maggior calo di popolazione dal 2001 al 2020 hanno registrato un -40,9%, da 90.188 a 53.314 abitanti. Il 66% di tali Comuni è localizzato nelle regioni meridionali, in particolare in Abruzzo (15%) e Calabria (26%)» (ISTAT, 2022, p. 5). Tali processi di impoverimento abitativo vedono corrispondere progressivamente dinamiche di destrutturazione dei legami delle comunità con la terra e l'ambiente, di riduzione della complessità funzionale e sociale e di indebolimento della custodia e cura dei beni comuni, naturali e antropici, con conseguente aumento della vulnerabilità e fragilità dei luoghi (Barbera, Cersosimo and De Rossi, 2022).

A fronte di un processo apparentemente irreversibile, osservando con particolare attenzione il contesto italiano, grazie, ad esempio, anche ai successi e alle criticità derivate dalle recenti azioni messe in atto dalla SNAI¹ (Strategia Nazionale Aree Interne), una politica nazionale innovativa di sviluppo e coesione territoriale che mira a contrastare la marginalizzazione e i fenomeni di declino demografico propri delle aree interne, si possono registrare alcuni importanti indicatori di positive strategie e politiche sistemiche, sia tra quelle guidate dall'alto sia da quelle attivate dal basso, che favoriscono concretamente la riappropriazione, rivitalizzazione, rigenerazione di questi contesti (Dall'Ara and Villani, 2020).

Parallelamente il dibattito scientifico rivolge sempre maggiore interesse alle attività di riattivazione e rigenerazione di piccoli centri urbani e di aree interne (Reina, 2014; Manzini, 2015; Cucinella, 2018; Gaiardo et alii, 2022). Tra i casi studio internazionali sono da segnalare, ad esempio, gli interventi che mirano a contrastare lo spopolamento nell'entroterra della Spagna e che vedono come attività generatrice o guida del processo talvolta l'Arte, talora il Design e spesso l'Architettura (Zarzo, Sebastián and Martínez, 2020), oppure, come nel caso del villaggio di Almatret, sempre in Spagna, l'adozione di pratiche sostenibili per la riattivazione di produzioni locali (Del Arco et alii,

2021) o ancora strategie di micro-rigenerazione basate sulla valutazione della percezione e delle preferenze della popolazione locale nel villaggio di Huangshan in Cina (Xi et alii, 2021).

Considerando i più recenti cambiamenti comportamentali post pandemia, derivanti in parte anche dalla diffusione e democratizzazione delle tecnologie (Florida, 2014; Pistidda and Giambruno, 2022), il fattore ambientale ricopre un ruolo predominante per il benessere delle persone e la maggiore vicinanza a natura e agricoltura, guida verso nuove scelte di vita. Tali territori, organicamente integrati nel paesaggio naturale, rappresentano quindi una straordinaria risorsa per la rinascita di relazioni più equilibrate e misurate tra uomini e altre specie (Nussbaum and Sen, 1993; Braidotti, 2014; Antonelli and Tannir, 2019), per la riscoperta dei valori della tradizione e per l'approfondimento della cultura e dei patrimoni materiali e immateriali locali.

Mario Cucinella (2018), quale curatore del Padiglione Italia alla XVI Mostra Internazionale di Architettura – La Biennale di Venezia del 2018, propone di affrontare l'insieme degli interventi disciplinari e multidisciplinari di progettazione in questi territori interni concepandoli in un macro-insieme definito Arcipelago Italia. Questi micro-territori rappresentano la ricchezza fondante delle aree interne, proprio in quanto caratterizzati da specifiche, talvolta uniche, peculiarità antropiche e/o naturali, che li rendono differenti l'uno dall'altro, identitari e quindi attrattivi dal punto di vista ambientale, sociale ed economico: luoghi tangibili dell'abitare sostenibile che contribuiscono a creare ecosistemi multi-specie e interspecie (Braidotti, 2014).

Gli attori / interlocutori della ricerca sono rappresentati collettivamente, non individualmente, in forma di comunità intese come organismi complessi, dinamici e mutevoli. L'incontro tra comunità locali custodi e comunità visitanti e il loro mescolarsi contribuiscono a promuovere processi di maggiore comprensione e quindi di accettazione dei valori identitari dei luoghi per una successiva fase di promozione e valorizzazione (Lupo, 2009, 2021).

È inevitabile fare riferimento al Sistema Design Italia, ricerca nazionale cofinanziata dal Ministero della Pubblica Istruzione, dell'Università e della Ricerca e coordinata da Ezio Manzini che, alla fine degli anni '90, ha individuato nuovi modi di applicare il Design volti a valorizzare i prodotti culturali locali, le risorse storico-culturali ambientali o l'immaginario collettivo legato all'idea di un luogo specifico. Questi prodotti o servizi hanno consentito di avviare un dialogo con i luoghi di origine, rinnovandoli e inventandone una diversa interpretazione e riprogettando indirettamente lo stesso territorio: una sorta di 'design del territorio' (Parente and Sedini, 2017).

Nonostante l'intervento del Design sia pervasivo e multilivello, la tematica in analisi è stata spesso trattata attraverso la descrizione e l'attuazione di progetti articolati e multidisciplinari – che investono campi quali ad esempio l'architettura, la pianificazione territoriale, la valorizzazione dei Beni culturali o gli aspetti legati alle economie locali – in cui il Design non sempre emerge in modo chiaro e definito. Obiettivo della ricerca e del contributo è indagare come tale disciplina – che per sua natura funge da ponte tra persone, ambiente, economie e società – possa essere uno strumento di rigenerazione dei territori collocati in aree interne

e in particolare di quei luoghi di piccole dimensioni circoscritti da fortificazioni artificiali (mura, canali) o da barriere naturali (rocce, fiumi, deserti, etc.).

Il contributo presenterà, a seguito di uno specifico approfondimento sulla metodologia della ricerca, un framework originale di classificazione utile a mappare casi studio nazionali e internazionali; un modello che ha fatto emergere quattro macro-tendenze – 'ereditare e appartenere', 'trasferire e connettere', 'scoprire e fruire' e 'ricercare e attingere' – capaci di raccogliere e interpretare le qualità progettuali dei casi stessi. Tale strumento costituisce il presupposto per mettere in atto una periodica mappatura di casi studio destinati alla riattivazione, rigenerazione e valorizzazione dei luoghi analizzati e dei loro Patrimoni, utile alla comunità scientifica per conferire una visione d'insieme, ma allo stesso tempo per dettagliare il ruolo del Design all'interno di differenti e multi-sfaccettate attività. Questa azione, sviluppata in sinergia con il rafforzamento del network legato ai casi raccolti, fornirà supporto per il lancio di nuove progettualità nei territori.

La ricerca pluriennale attivata nel 2022 attraverso il bando competitivo PRIU – Progetti di Ricerca interni dell'Università degli Studi della Repubblica di San Marino vede come ulteriori partner e finanziatori il Dipartimento di Architettura dell'Università di Bologna e la Beijing City University.

Metodologia e fasi | A seguito dell'analisi della letteratura scientifica sull'argomento e definiti i parametri legati al luogo, sono state individuate delle parole chiave² utili alla ricerca di casi studio nazionali e internazionali. Tali casi sono stati raccolti tra novembre 2022 e aprile 2023 all'interno di un database relazionale sviluppato in collaborazione con il Dipartimento di Architettura dell'Università di Bologna (Zannoni et alii, 2022) e ricercati attraverso i motori di ricerca online Google e DuckDuckGo, su riviste scientifiche, blog di settore o grazie alla segnalazione di membri della comunità accademica. I casi studio sono stati selezionati in base ai seguenti parametri: collocazione in ambito nazionale e internazionale in aree interne e/o circoscritte da confini naturali o artificiali; presenza di una comunità di piccola dimensione; rilevanza del contributo della disciplina del Design alla rigenerazione.

Al fine di fare emergere le principali differenze tra i casi studio, mantenendo allo stesso tempo una visione d'insieme, è stato sviluppato un diagramma ad assi cartesiani basato su due variabili trasversali emerse dalla letteratura scientifica (Pils and Trocchianesi, 2017; Alfaro, Gamberini and Succini, 2021) che deriva dalla disamina dei casi stessi: 'la temporalità' e 'il coinvolgimento delle comunità'.

La temporalità è uno dei due fattori che, insieme allo spazio, determina il 'locus', quest'ultimo caratterizzato da azioni progettuali che sono da un lato brevi, sporadiche e riferibili al transito di persone, dall'altro rivolte a chi dimora nel luogo per lungo tempo. Il fattore dello spazio non è stato invece inserito all'interno del diagramma in quanto definito a priori dalla ricerca. Sul secondo asse è stato individuato il fattore del coinvolgimento, grazie al quale emergono le caratteristiche tipiche dell'habitus, in cui l'elemento portante è la dimensione umana e quella delle relazioni; questo asse congiunge da un lato quelle attività che includono gli estranei, i forestieri (siano essi visitatori, turisti,

ospiti) e dall'altro le azioni progettuali che interessano le comunità residenti. La conseguente lettura dei casi studio e la loro collocazione all'interno del grafico hanno permesso la verifica e la validazione di un modello che non ha la pretesa di essere esaustivo, ma che suggerisce una chiave di lettura e analisi di casi studio su questa tematica.

Discussione e risultati | La divisione schematica scelta per la mappatura mette in evidenza quattro aree all'interno delle quali i casi studio selezionati trovano una specifica collocazione (Fig. 1). A fronte della complessità della tematica – che include differenti tipi di interlocutori, molti ambiti disciplinari e una pluralità di obiettivi progettuali – ogni caso è stato collocato all'interno di una specifica area

del grafico, in base a un criterio di prevalenza delle attività progettuali tipiche del Design. I casi studio raccolti all'interno dei quadranti hanno fatto emergere quattro macro-tendenze in cui le culture del progetto plasmano risorse materiali e immateriali locali per valorizzare i territori e le rispettive comunità (Fig. 2): 'ereditare e appartenere', 'trasferire e connettere', 'scoprire e fruire', 'ricercare e attingere'. Nei paragrafi successivi è richiamata una selezione di casi studio rappresentativi di differenti tipologie di attività progettuali appartenenti ai quadranti descritti.

Ereditare e appartenere | 'Ereditare e appartenere' raccoglie casi studio che alimentano i valori materiali e immateriali di un territorio attraverso

azioni progettuali legate al miglioramento delle prospettive occupazionali e di vita. I progetti collocati in questo gruppo evidenziano un forte coinvolgimento delle comunità locali che risiedono in modo permanente nel territorio. Queste comunità si attivano o sono attivate da azioni volte a ridefinire identità e funzionalità dei luoghi ('place-making'; Granata, 2021) e nel mantenimento degli stessi ('placekeeping'; Dempsey, Smith and Burton, 2014).

La riattivazione della filiera della colorazione dei tessuti con la grafite, effettuata grazie alla riapertura dell'estrazione del minerale presso le cave di Monterosso Calabro, è un esempio efficace di azione progettuale volta a ridare vita a una caratteristica territoriale. Grazie allo studio delle tecniche di colorazione con la grafite il progetto 'g_pwdr'³ è riuscito a riattualizzare, in un mercato più attento agli impatti sociali ed ecologici, una lavorazione completamente in disuso sul piccolo territorio calabrese. In quest'area di mappatura rientrano anche le attività grazie alle quali le comunità locali celebrano e riscoprono memorie legate a tradizioni, testimonianze e rituali.

Le azioni progettuali mirano a trasferire il patrimonio culturale rafforzando il senso di appartenenza. Esempi virtuosi che testimoniano queste progettualità sono i prodotti realizzati in Spagna da Loewe⁴ in collaborazione con l'artigiano Álvaro Leiro di Moscoso (Fig. 3), piccolo borgo in Provincia di Pontevedra. L'artigiano sfrutta la propria conoscenza della 'coroza' – un'antica tecnica galiziana di intreccio tra fibre di paglia, canna e radica nota per la produzione di indumenti impermeabili – per assemblare cestini e borse a secchiello che vengono poi commercializzati dal noto brand di moda.

Altrettanto virtuosa è la produzione di maschere realizzate con la 'junça da Beselga' (Fig. 4) nel piccolo borgo portoghese di Penedono. La comunità locale del paese ha attivato un percorso di certificazione della produzione artigianale del giunco. Il disciplinare prodotto⁵ contiene la grammatica decorativa che rende riconoscibile la produzione artigianale di Penedono rispetto ad altre tecniche nazionali e internazionali. L'artigiana-designer Catarina Martins ha quindi disegnato e fabbricato alcune maschere zoomorfe utilizzando linguaggi contemporanei che vengono vendute tramite la piattaforma dedicata alla valorizzazione e diffusione di prodotti vernacolari portoghesi Origem Comum.⁶

Sempre in questo perimetro sono iscritti anche quei progetti temporanei che riescono con i loro echi a legarsi indissolubilmente all'immagine di un territorio specifico. Un caso rappresentativo è il progetto Legarsi alla Montagna di Maria Lai (Fig. 5), che nel 1978 attiva l'intera comunità di Ulassai in un'opera collettiva volta a legare con un nastro azzurro tutte le porte delle case dell'abitato. Di quel progetto si trovano tracce in molteplici immagini fotografiche e nel video realizzato da Tonino Casula⁷. Questi materiali unitamente all'opera concorrono a definire l'identità del borgo che l'ha ospitata e ha contribuito a crearla. Le comunità locali residenti ereditano un tessuto culturale e manifatturiero che consente loro, attraverso

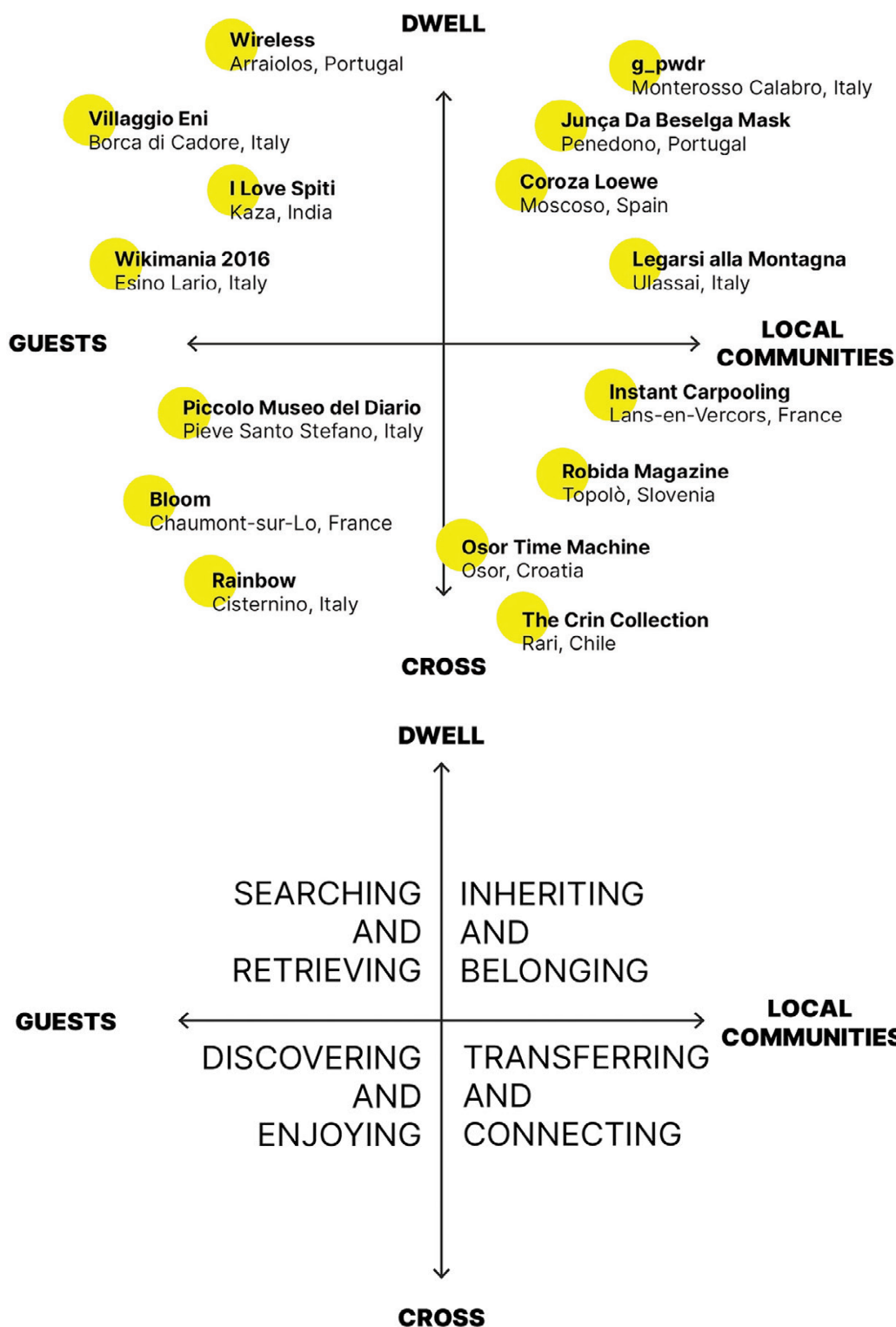


Fig. 1, 2 | Structural frameworks: Case studies and Macro-trends (credits: the Authors, 2023).



Fig. 3 | Coroza technique for basket making (source: loewe.com).



Fig. 4 | Masks produced with Junça da Beselga (source: origemcomum.com, 2014).

continue azioni di recupero e ridefinizione della propria identità, di alimentare un senso di appartenenza a un luogo che contribuiscono a creare.

Trasferire e connettere | La tendenza ‘trasferire e connettere’ include casi studio in cui le comunità locali si spostano al di fuori del proprio territorio per poi rientrare, sia fisicamente che metaforicamente. Grazie a questa dinamica, i cittadini diventano testimoni attivi di una cultura e di memorie che promuovono al di fuori del territorio di origine. Questo movimento può essere correlato sia alle persone sia a contenuti culturali, ambientali o produttivi; le azioni progettuali sono finalizzate a migliorare l’accessibilità, la connettività o la riconoscibilità del luogo, a implementare servizi innovativi e a diffondere il ‘genius loci’ (Schulz, 1979) al di fuori del territorio.

The Crin Collection⁸, ad esempio, è un progetto nato dalla collaborazione tra l’artigiana Marcela Sepúlveda originaria del borgo di Rari in Cile e i designer dello studio Eggpicnic di Camberra. Il progetto vede l’utilizzo di mini-abiti realizzati con un’antica tecnica di lavorazione cilena dei crini di Cavallo per la vestizione di personaggi di ‘character design’ (Fig. 6). Attraverso questa idea, designer e artigiano sono stati in grado di esportare e far conoscere, al di fuori del territorio d’origine, una tecnica di 200 anni fa. Racconta invece il paese di Topolò con un prodotto editoriale il collettivo italo-sloveno Robida⁹: tra le molte iniziative proposte dal giovane gruppo – tra cui una radio, delle residenze artistiche o delle attività intensive

di formazione – Robida Magazine (Fig. 7) è una rivista multilingue che esplora, in ogni suo numero, un tema legato a Topolò, interpretato da autori che non hanno mai visitato il luogo, ma che rispondendo a una call esplorano in modo inedito e personale una modalità di valorizzazione e promozione.

Un altro espediente per promuovere un territorio al di fuori dei suoi confini è attraverso la tecnologia. Tra i casi ascrivibili a questa categoria vi è l’esperienza in realtà aumentata Osor Time Machine – A New Dimension Of The Past¹⁰, in cui l’antica città fortificata di Osor, collocata in Croazia tra l’isola di Cherso e quella di Lussino, rivive i fasti del passato attraverso la realtà aumentata (Fig. 8). Il progetto, realizzato in collaborazione con l’Ente Turistico del Comune di Osor e il Museo di Lussino, può essere fruito al museo o in loco attraverso gli appositi visori. Anche la mobilità può essere un elemento fondamentale per poter vivere e fruire un luogo collocato nelle aree interne. All’interno del report Innovations for Better Rural Mobility, prodotto da ITF Research Reports (ITF, 2021), è riportato il caso studio del servizio di carpooling (Fig. 9) del Parco Regionale Naturale del Vercors, sviluppato da Ecov¹¹. Attraverso delle fermate dedicate e grazie ad una pulsantiera, gli utenti possono prenotare il passaggio di qualcuno che transita in quella zona, condividendo i costi e permettendo ai residenti delle aree scarsamente popolate e prive di trasporti pubblici di spostarsi con più facilità.

Questi esempi raccontano come le azioni pro-

gettuali di questo quadrante siano guidate dal movimento spaziale e temporale, valorizzando, trasmettendo e connettendo persone, cultura e territorio.

Scoprire e fruire | ‘Scoprire e fruire’ comprende casi studio in cui il visitatore fa esperienza di alcune unicità del territorio. Il tempo della fruizione è limitato e sporadico e le azioni progettuali sono finalizzate a narrare frammenti del ‘genius loci’ e diffonderli fuori dai confini grazie all’esperienza del visitatore. Fanno parte di questa categoria quei numerosi casi studio che mirano a valorizzare il patrimonio locale attraverso mostre, musei o eventi.

Il Piccolo Museo del Diario¹² di Pieve Santo Stefano, ad esempio, è un caso emblematico e virtuoso di valorizzazione di un luogo e delle sue peculiarità attraverso uno spazio espositivo interattivo rivolto a turisti e curiosi. A partire dal 1984, grazie a un’idea di Saverio Tutino, Pieve Santo Stefano, collocato nella Valtiberina, ospita un archivio pubblico che raccoglie lettere, memorie e diari di persone comuni. Oggi l’archivio raccoglie oltre 9.000 testimonianze e celebra la 39a edizione del Premio Pieve Saverio Tutino, un evento che riconosce il miglior diario tra i primi 100 ricevuti nel corso dell’anno. Il museo è stato progettato nel 2014 dallo studio Dot Dot Dot (Fig. 10) e, attraverso espedienti narrativi d’interazione e narrazione (Cirifino et alii, 2011), concentra in sole tre stanze storie e racconti di persone comuni tratte da diari che possono andare dalla fine del 1800 ad oggi.



Fig. 5 | Tying oneself to the mountain, by Maria Lai (source: antinomies.co.uk, 1981).



Fig. 6 | The Crin Collection (source: eggpicnic.com).

Altra azione progettuale legata ad allestimenti site-specific è ad esempio, un'installazione progettata nel 2014 dallo studio NAS architecture in occasione del Festival dei Giardini di Chaumont-sur-Lo. Bloom¹³ (Fig. 11) intende creare uno spazio paesaggistico astratto e contemplativo giocando sui contrasti di colori e volumi: un grande tavolo tondo circonda un giardino fiorito. Questo mobile invita i passanti a contemplare la topografia vegetale sviluppando un'interazione con coloro che, collocandosi attorno al cerchio, possono scoprire le piante nascoste. Uno dei più classici tra gli oggetti rivolti ai turisti è il souvenir, che dovrebbe aiutare il visitatore a riportare alla memoria un luogo o la storia di un sito (Chandhasa, 2017); possono essere molti gli esempi di questo segmento, tra questi un caso studio che unisce un'antica lavorazione artigianale con una performance artistica – Rainbow¹⁴ (Fig. 12) dell'artista Bernardo Palazzo, in collaborazione con Luzzart APS, l'agenzia Syncretic e lo stesso Comune – è quello di Cisternino che ha reso famoso come souvenir il centrino lavorato al merletto.

Sono dunque comprese in quest'area quelle azioni progettuali rivolte per lo più a ospiti e forestieri che, visitando saltuariamente il luogo, si fermano solo su alcune peculiarità, apprendendo specificità culturali, tradizionali o naturalistiche.

Ricercare e attingere | In 'ricercare e attingere' sono inclusi casi studio in cui gli ospiti venuti dall'esterno soggiornano a lungo o ritornano periodicamente nel territorio. Grazie a questo movimento periodico e duraturo, essi instaurano un forte legame con il luogo e la comunità locale. Le azioni progettuali permettono allo straniero di attingere così a memorie e tradizioni appropriandosi dei valori locali. Esempi evidenti collocati in quest'area di progetto sono le residenze artistiche e di design che in molti luoghi sono cardine di interessanti innesti tra ospiti e ospitanti. Esempio è il caso studio del borgo portoghese di Arraiolos in cui il progetto CórteX Frontal offre differenti tipologie di residenze artistiche a livello internazionale, tra cui il ciclo denominato Wireless¹⁵ (Fig. 13): le discipline su cui artisti e designer si misurano sono il ricamo, l'arazzo, lo stampaggio e la

tintura. Queste tecniche sono strettamente collegate alla storia manifatturiera del borgo noto per la produzione di tappeti fin dal medioevo. La residenza offre agli ospiti la possibilità di conoscere il territorio tramite attività guidate di approfondimento culturale e di relazione con la comunità; una mostra collettiva itinerante chiude infine l'esperienza. Le attività di residenza possono essere anche un modo per riattivare spazi che difficilmente la comunità fruisce; è questo il caso delle residenze a Borca di Cadore¹⁶ collocate all'interno degli edifici della ex colonia turistica Villaggio Eni.

Talvolta la permanenza degli ospiti non è protratta nel tempo, ma la scelta del luogo è così precisa da instaurare un legame forte con i residenti. Un esempio è quello della conferenza internazionale annuale di Wikipedia nel 2016 a Esino Lario¹⁷, borgo con meno di mille abitanti in provincia di Lecco. Durante la specifica settimana il borgo ha raddoppiato gli abitanti e si è trasformato per rispondere alle esigenze di un convegno con presentazioni, hackaton e momenti conviviali.

All'insieme finora descritto appartengono anche quelle attività realizzate da progettisti che sono tornati sul luogo dei propri viaggi proprio perché hanno instaurato relazioni forti con la comunità e la cultura locale. Un esempio è il progetto I Love Spiti¹⁸ di Nath Shivya realizzato in sinergia con l'associazione Ecosphere. Il progetto nasce dalla necessità di ridurre l'utilizzo di bottiglie di plastica nella regione Himalayana di Spiti in India, oggetti che creano problemi per la salute degli abitanti e per la natura, invasa dai rifiuti, così Ecosphere promuove l'uso di contenitori in acciaio per l'acqua riempibili in apposite stazioni nella valle. Shivya ha coordinato il progetto di un Instameet (Fig. 14) in prossimità della città di Kaza realizzato con i rifiuti raccolti nella valle: obiettivo dell'installazione permanente è veicolare l'attenzione dei turisti e delle comunità locali sulla problematica.

Gli ospiti dei territori giungono nel luogo dopo una propria ricerca personale che può consentirgli di trovare nelle culture e nelle relazioni locali elementi da cui attingere periodicamente.

Conclusioni | Il contributo si inserisce in un campo di ricerca sempre più considerato, legato ad assi

di finanziamento per la rigenerazione dei piccoli borghi come, ad esempio, il recente Piano Nazionale Borghi¹⁹ all'interno del PNRR (Ministero dello Sviluppo Economico, 2021) o le singole linee di finanziamento che le regioni hanno mosso verso le proprie aree interne. Il framework emerso dalla ricerca, basato sulle relazioni tra fattori temporali e fattori di coinvolgimento delle comunità sui territori, appare adeguato a ospitare ampie eterogeneità di progetti design-driven dedicate alla rigenerazione di piccoli territori fortificati in aree interne. La raccolta di casi studio e parole chiave ha consentito di definire quattro macro-tendenze attraverso cui leggere ulteriori casi studio rispetto a quelli qui descritti. Il modello, trasferibile e replicabile, può essere dunque un utile strumento di analisi e parametrizzazione di progetti che, per la loro natura, possono essere talvolta molto complessi, coinvolgendo indistintamente attività top-down e bottom-up afferenti a diversi settori disciplinari.

Dalla ricerca bibliografica e da quella desk sono emersi numerosi esempi attraverso cui il Design promuove, sostiene o affianca processi di rigenerazione nelle aree interne. La maggioranza di questi casi, tuttavia, non è specificatamente legata a piccoli territori ma espande la propria azione in modo sistemico su aree diffuse. L'intervento del Design, inoltre, non è sempre distinguibile, poiché emerge da progettualità spontanee (Manzini, 2015) non sempre ascrivibili all'ambito specifico, che evidenziano altresì le capacità delle comunità a valorizzare specifiche peculiarità dei propri luoghi di dimora o affezione.

Con il fine di archiviare in modo strutturato le progettualità e i casi studio segnalati o individuati nella ricerca è stato attivato un database relazionale online. Questo strumento permette di attingere in modo strutturato informazioni multiple sulle caratteristiche che i processi di rigenerazione mettono in campo. L'archiviazione digitale dei casi studio alimenta il framework costruito consentendo di raccogliere dati qualitativi e quantitativi sul fenomeno. I dati raccolti sono condivisi nel simposio internazionale Stretch the Edge – Design Driven Processes for Reactivating Small Walled Towns and Inland Areas che l'Università di San Marino ospita il 22 e 23 giugno 2023.

Future azioni di ricerca in questo ambito, che verranno messe in atto a seguito di una cospicua raccolta di casi studio, saranno la definizione di linee guida volte a indirizzare progettualità generative, efficaci e virtuose e l'organizzazione di un periodico festival delle città fortificate da tenersi nella Repubblica di San Marino.

Over the last century, the process of depopulation and abandonment of mountain and hilly areas with a predominantly agro-forestry vocation – considered increasingly marginal to the dominant policies of social, economic and industrial development (Varini, Brignoni and Abdolhian, 2021) – and their respective small settlements in favour of medium and large cities and national and international metropolitan areas has become an endemic and globally generalised phenomenon (Zarzo, Sebastián and Martínez, 2020). Yet, small 'minor centres', for example, in southern European regions, represent the predominant spatial and environmental structuring of inhabited territories. The peculiar characteristics of these contexts can be summarised by the expression 'inner areas', statistically classified, as opposed to large urban agglomerations, as intermediate, peripheral, and ultraperipheral.

As for the Italian population, data inferable from the July 2022 ISTAT Report highlight an alarming contradiction: only 13.5 million people, corresponding to 22.7% of the population inhabit these areas, compared to an occupied land area of almost 180 thousand square kilometres corresponding to 60% of the entire Peninsula (ISTAT, 2022). And also, in Italy, the top one hundred municipalities in the Inland Areas with the most significant decline in population from 2001 to 2020 recorded a -40.9% (ISTAT, 2022), from 90,188 to 53,314 inhabitants: 66% of these municipalities are located in the southern regions, particularly Abruzzo (15%) and Calabria (26%). These processes of housing impoverishment are progressively matched by dynamics of deconstructing the ties of communities with the land and the environment, reducing functional and social complexity and weakening the custody and care of common, natural and man-made goods, increasing the vulnerability and fragility of places (Barbera, Cersosimo and De Rossi, 2022).

In the face of a seemingly irreversible process, looking with particular attention at the Italian context, thanks, for example, also to the successes and criticalities derived from the recent actions put in place by SNAI¹ (Strategia Nazionale Aree Interne), an innovative national policy of development and territorial cohesion that aims to counter the marginalisation and phenomena of demographic decline peculiar to inland areas, some important indicators of positive systemic strategies and policies can be recorded, both among those led from above and those activated from below, which concretely favour the reappropriation, revitalisation, and regeneration of these contexts (Dal'Ara and Villani, 2020).

At the same time, the scientific debate places increasing interest in the reactivation and regener-

ation activities of small urban centres and inland areas (Reina, 2014; Manzini, 2015; Cucinella, 2018; Gaiardo et alii, 2022). Among the international case studies, it is worth mentioning, for example, interventions which aim to counter depopulation in inland Spain and which sometimes see art, design and often architecture as a generating or guiding activity in the process (Zarzo, Sebastián and Martínez, 2020), or, as in the case of the village of Almatret, also in Spain, the adoption of sustainable practices for the reactivation of local production (Del Arco et alii, 2021) or even micro-regeneration strategies based on the assessment of the perception and preferences of the local population in the village of Huangshan in China (Xi et alii, 2021).

Considering even the most recent post-pandemic behavioural changes, stemming in part from the diffusion and democratisation of technologies (Floridi, 2014; Pistidda and Giambruno, 2022), the environmental factor plays a predominant role in people's well-being and the greater proximity to nature and agriculture drives toward new lifestyle choices. Such areas, organically integrated into the natural landscape, therefore represent an extraordinary resource for the rebirth of more balanced and measured relationships between humans and other species (Nussbaum and Sen, 1993; Braidotti, 2014; Antonelli and Tannir, 2019), for the rediscovery of the values of tradition and the deepening of local culture as well as material and immaterial heritages.

Mario Cucinella (2018), as the curator of the Italian Pavilion at the 16th International Architecture Exhibition – La Biennale di Venezia 2018, proposes to address the context of disciplinary and multidisciplinary design interventions in these inland territories by conceiving them in a macro-territory defined as Archipelago Italy. These micro-territories represent the founding richness of inland areas, precisely because they are characterised by specific, sometimes unique, anthropic and / or natural peculiarities, which make them

different from each other, identifiable and therefore attractive from environmental, social and economic points of view: tangible places of sustainable living that contribute to creating multi-species and inter-species ecosystems (Braidotti, 2014).

The actors / stakeholders of the research are represented collectively, not individually, in the form of communities understood as complex, dynamic and changing organisms. The encounter between local custodian communities and visiting communities and their intermingling help promote processes of greater understanding and, thus, acceptance of the identity values of places for later promotion and enhancement (Lupo, 2009, 2021).

It is inevitable to refer to Sistema Design Italia, a research co-funded by the Ministry of Education, University and Research and coordinated by Ezio Manzini that, in the late 1990s, identified new ways of applying Design aimed at enhancing local cultural products, environmental-historical resources or the collective imaginary linked to the idea of a specific place. These products or services made it possible to initiate a dialogue with the places of origin, renewing them and inventing a different interpretation and indirectly redesigning the same territory: a kind of 'design of the territory' (Parente and Sedini, 2017).

Although the intervention of Design is pervasive and multilevel, the topic under analysis has often been dealt with through the description and implementation of articulated and multidisciplinary projects – involving fields such as architecture, territorial planning, the enhancement of Cultural Heritage or aspects related to local economies – in which Design does not always emerge in a clear and defined way. The objective of this research and contribution is to investigate how this discipline – which by its nature acts as a bridge between people, environment, economies and society – can be a tool for the regeneration of territories located in inland areas and, in particular, those small places circumscribed by artificial for-



Fig. 7 | A cover of the Robida Journal (source: robidacollective.com, 2015).



Fig. 8 | Osor Time Machine (source: uristickprice.hr, 2018).

Fig. 9 | Instant Carpooling (source: ecov.fr, 2019).

Fig. 10 | Piccolo Museo del Diario (credit: L. Burroni; source: piccolomuseodeldiario.it).

tifications (walls, canals) or natural barriers (rocks, rivers, deserts, etc.).

The contribution will present, following a specific in-depth study of the research methodology, an original classification framework useful for mapping national and international case studies; a model that has brought out four macro-trends – ‘inheriting and belonging’, ‘transferring and connecting’, ‘discovering and enjoying’ and ‘searching and retrieving’ – capable of gathering and interpreting the design qualities of the cases themselves. This tool constitutes the prerequisite to put in place a periodic mapping of case studies intended for the reactivation, regeneration and enhancement of the analysed sites and their Heritage, useful for the scientific community to give an overview, but at the same time to detail the role of Design within different and multi-faceted activities. This action, developed in synergy with the strengthening of the network related to the collected cases, will support the launch of new projects in the territories.

The multi-year research activated in 2022 through the competitive PRIU – Internal Research Projects call of the University of the Republic of San Marino has the Department of Architecture of the University of Bologna and Beijing City University as additional partners and funders.

Methodology and steps | Following the analysis of the scientific literature on the topic and defined place-related parameters, keywords were identified² as useful for searching national and international case studies. These cases were collected between November 2022 and April 2023 within a relational database developed in collaboration with the Department of Architecture at the University of Bologna (Zannoni et alii, 2022) and searched

through the online search engines Google and DuckDuckGo, in scientific journals, industry blogs, or thanks to referrals from members of the academic community. Case studies were selected based on the following parameters: location in national and international contexts in inland areas and / or circumscribed by natural or artificial boundaries; the presence of a small community; relevance of the Design discipline’s contribution to regeneration.

To bring out the main differences between the case studies, while maintaining an overview, a Cartesian axis diagram was developed based on two cross-cutting variables that emerged from the scientific literature (Pils and Trocchianesi, 2017; Alfaro, Gamberini and Succini, 2021) than from the examination of the cases themselves: ‘temporality’ and ‘community involvement’.

Temporality is one of the two factors that, together with space, determine ‘locus’. The temporality axis is characterised by design actions that are, on the one hand, short and sporadic typical of the transit of people, and on the other hand, aimed at those who dwell in a place for a long time. The factor of space, on the other hand, was not included within the diagram as it was defined a priori by the research. On the second axis, the factor of involvement was identified, thanks to which the typical characteristics of habitus emerge, in which the supporting element is the human dimension and that of relationships; this axis connects on the one hand those activities that include outsiders, foreigners (whether visitors, tourists, guests) and on the other hand the design actions that affect resident communities. The consequent reading of the case studies and their placement within the graph allowed the verification and validation of a model that does not pretend to be exhaustive but sug-

gests a key to reading and analysing case studies on this issue.

Discussion and results | The schematic division chosen for mapping highlights four areas within which the selected case studies find a specific place (Fig. 1). Given the complexity of the subject matter – which very often includes different types of stakeholders, many disciplinary areas, and a plurality of design goals – each case was placed within a specific area of the chart, based on a criterion of the prevalence of typical Design activities. The case studies collected within the quadrants revealed four macro-trends in which design cultures shape local tangible and intangible resources to enhance territories and their communities (Fig. 2): ‘inheriting and belonging’, ‘transferring and connecting’, ‘discovering and enjoying’, and ‘searching and retrieving’. The following paragraphs recall a selection of case studies representative of different types of project activities belonging to the described quadrants.

Inheriting and belonging | ‘Inheriting and belonging’ collects case studies that nurture an area’s tangible and intangible values through project actions related to improving employment and livelihood prospects. The projects in this group highlight a strong involvement of local communities that permanently reside in the territory. These communities are activated by actions aimed at redefining the identity and functionality of places (‘placemaking’; Granata, 2021) and maintaining them (‘place-keeping’; Dempsey, Smith and Burton, 2014).

The reactivation of the graphite fabric colouring supply chain carried out through the reopening of the mineral extraction at the Monterosso Calabro quarries is an effective example of a design action

aimed at reviving a territorial feature. Through the study of graphite colouring techniques, the 'g_pw-dr' project³ has succeeded in re-actualizing, in a market that is more attentive to social and ecological impacts, a process that was disused entirely in the small Calabrian territory. This mapping area also includes activities through which local communities celebrate and rediscover memories related to traditions, testimonies and rituals.

The project actions aim to transfer cultural heritage by strengthening the sense of belonging. Virtuous examples testifying to these projects are the products made in Spain by Loewe⁴ in collaboration with the artisan Álvaro Leiro of Moscoso (Fig. 3), a small village in Pontevedra Province. The artisan uses his knowledge of 'coroza' – an ancient Galician technique of weaving between straw, cane and briar fibres known for making waterproof clothing – to assemble baskets and bucket bags that are then marketed by the well-known fashion brand.

Equally virtuous is the production of masks made from 'junça da Beselga' (Fig. 4) in the small Portuguese village of Penedono. The village's local community has activated a path to certify the handcrafted production of the junça. The product specification⁵ contains the decorative grammar that makes Penedono's handcraft production recognisable from other national and international techniques. Artisan-designer Catarina Martins then designed and manufactured some zoomorphic masks using contemporary languages sold through the platform dedicated to valorising and disseminating Portuguese vernacular products Origen Comum.⁶

Also enrolled in this perimeter are those temporary projects managed by their echoes to bind themselves inextricably to the image of a specific territory. A representative case is Maria Lai's Legarsi alla Montagna project (Fig. 5), which in 1978 activated the entire community of Ulassai in a collective work aimed at tying all the doors of the houses in the village with a blue ribbon. Traces of that project can be found in multiple photographic images and the video by Tonino Casula⁷. These materials and the work help define the identity of the village that hosted and helped create it. Resident communities inherit a cultural and manufacturing fabric which allows them, through continuous actions of recovery and redefinition of their identity, to nurture a sense of belonging to a place they help to create.

Transferring and connecting | The 'transferring and connecting' trend includes case studies in which local communities move outside their territory and then return, both physically and metaphorically. Through this dynamic, citizens become active witnesses of a culture and memories that they promote outside their home territory. This movement can be related to people and cultural, environmental or productive content. Design actions

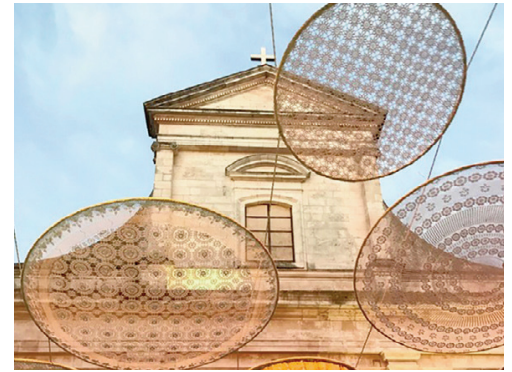


Fig. 11 | Bloom, designed by NAS architect (source: nasarchitecture.com, 2014).

Fig. 12 | Rainbow, designed by Bernardo Palazzo (source: arte.it, 2020).

Fig. 13 | Wireless, Residence artist (source: cortexfrontal.org, 2022).

Fig. 14 | I Love Spiti (source: spitiecosphere.com, 2019).

are aimed at improving accessibility, connectivity or place recognition, implementing innovative services and spreading the 'genius loci' (Schulz, 1979) outside the territory.

The Crin Collection⁸, for example, is a project resulting from a collaboration between artisan Marcela Sepúlveda originally from the village of Rari in Chile and designers from the Camberra-based Eggpicnic studio. The project involves the use of mini-dresses made with an ancient Chilean technique of working with Horsehair for dressing 'character design' characters (Fig. 6). Through this idea, the designer and artisan were able to export and publicise a 200-year-old technique outside its home territory. On the other hand, the Italian-Slovenian collective Robida⁹ narrates the village of Topolò with an editorial product: among the many initiatives proposed by the young group – including a radio station, artistic residencies or intensive training activities – Robida Magazine (Fig. 7) is a multilingual magazine that explores, in each of its issues, a theme related to Topolò, interpreted by authors who have never visited the place, but who, responding to a call, explore in a new and personal way a way of valorisation and promotion.

Another expedient for promoting an area outside its borders is through technology. Among the cases that can be ascribed to this category is the augmented reality experience Osor Time Machine – A New Dimension Of The Past¹⁰, in which the ancient fortified town of Osor, located in Croatia between the islands of Cres and Lošinj, relives the glories of the past through augmented reality (Fig. 8). The project, implemented in collaboration with the Municipality of Osor Tourist Board and the Museum of Lošinj, can be enjoyed at the museum or on-site through particular viewers. Mobility can also be a key element in experiencing and enjoying a place located in inland areas. The report entitled Innovations for Better Rural Mobility, produced by ITF Research Reports (ITF, 2021), illustrates the case study of the carpooling service (Fig. 9) of the Vercors Natural Regional Park, developed by Ecov¹¹. Through dedicated stops and thanks to a push-button panel, users can book someone passing through that area, sharing costs and allowing residents of sparsely populated areas without public transportation to get around more easily. These examples tell how design actions in this quadrant are driven by spatial and temporal movement, enhancing, conveying and connecting people, culture and territory.

Discovering and enjoying | 'Discovering and enjoying' includes case studies in which the visitor experiences some uniqueness of the area. The time of fruition is limited and sporadic, and the project actions aim to narrate fragments of the 'genius loci' and spread them out of the boundaries through the visitor's experience. Those numerous case studies that aim to enhance local heritage through exhibitions, museums or events belong to this category.

The Little Diary Museum¹² in Pieve Santo Stefano, for example, is an emblematic and virtuous case of enhancing a place and its peculiarities through an interactive exhibition space aimed at tourists and the curious. Starting in 1984, thanks to the idea of Saverio Tutino, Pieve Santo Stefano, located in the Valtiberina, hosts a public archive that collects ordinary people's letters, memoirs

and diaries. Today the archive collects more than 9,000 testimonies; it celebrates the 39th edition of the Pieve Saverio Tutino Prize, an event that recognises the best diary among the top 100 received during the year. The museum was designed in 2014 by Dot Dot Dot studio (Fig. 10) and, through narrative expedients of interaction and storytelling (Cirifino et alii, 2011), concentrates in just three rooms stories and accounts of ordinary people from diaries that can range from the late 1800s to the present.

Another design action related to site-specific installations is, for example, an installation designed in 2014 by NAS architecture for the Chaumont-sur-Lo Garden Festival. Bloom¹³ (Fig. 11) aims to create an abstract and contemplative landscape space by contrasting colours and volumes: a large round table surrounds a flower garden. This piece of furniture invites passersby to contemplate the plant topography by developing interaction with those who can discover hidden plants by placing themselves around the circle. One of the most classic objects aimed at tourists is the souvenir, which is supposed to help the visitor bring back the memory of a place or the history of a site (Chandhasa, 2017); there can be many examples of this segment, among them a case study that combines ancient craftsmanship with artistic performance – Rainbow¹⁴ (Fig. 12) by artist Bernardo Palazzo, in collaboration with Luzzart APS, the agency Syncretic and the municipality itself – is that of Cisternino, which has made the lace-worked doily famous as a souvenir.

Thus, included in this area are those project actions aimed mostly at guests and outsiders who, occasionally visiting the place, linger only on certain peculiarities, learning cultural, traditional or naturalistic specificities.

Searching and retrieving | 'Searching and retrieving' include case studies in which guests from outside stay for a long time or periodically return to the area. Through this periodic and sustained movement, they establish a strong bond with the place and the local community. The project actions thus enable the foreigner to draw on memories and traditions by appropriating local values.

Prominent examples in this project area are the art and design residencies pivotal to interesting grafts between hosts and guests in many places. Exemplary is the case study of the Portuguese village of Arraiolos, where the CórteX Frontal project offers different types of artistic residencies at the international level, including the cycle called Wireless¹⁵ (Fig. 13). Here, the disciplines on which artists and designers measure themselves are embroidery, tapestry, stamping and dyeing. These techniques are closely linked to the manufacturing history of the village known for carpet production since the Middle Ages. The residency offers guests the opportunity to learn about the area through guided activities for cultural exploration and community relations; a travelling group exhibition finally closes the experience. Residency activities can also be a way to reactivate spaces that the community hardly uses; this is the case of the residencies in Borca di Cadore¹⁶ located inside the buildings of the former tourist colony Villaggio Eni.

Sometimes the guests' stay is not protracted, but the choice of location is so precise that it establishes a strong bond with the residents. An ex-

ample is Wikipedia's annual international conference in 2016 in Esino Lario¹⁷, a village with less than a thousand inhabitants in the province of Lecco (Italy). During the specific week, the village doubled its inhabitants and was transformed to meet the needs of a conference with presentations, hackathons, and convivial moments.

Also belonging to the set described so far are those activities carried out by designers who have returned to the place of their travels precisely because they have established strong relationships with the local community and culture. One example is the I Love Spiti¹⁸ project by Nath Shivya, carried out in synergy with the Ecosphere Association. The project stems from the need to reduce the use of plastic bottles in the Spiti Himalayan region of India. Objects such as these create problems for the health of the inhabitants and nature, which is invaded by waste, so Ecosphere promotes the use of steel containers for water that can be filled at special stations in the valley. Shivya coordinated the design of an Instameet (Fig. 14) near the city of Kaza made from waste collected in the valley. The goal of the permanent Instameet is to convey the attention of tourists and local communities to the issue. Guests from the territories come to the place after their research enable them to find elements in local cultures and relationships from which to draw periodically.

Conclusions | The contribution is part of an increasingly considered field of research related to funding axes for the regeneration of small hamlets, such as, for example, the recent Italian Village Plan¹⁹ within the PNRR (Ministero dello Sviluppo Economico, 2021) or the individual funding lines that regions have moved toward their inland areas. The framework that emerged from the research, based on the relationships between temporal factors and community involvement factors on the territories, appears adequate to accommodate wide heterogeneity of design-driven projects dedicated to the regeneration of small fortified territories in inland areas. The collection of case studies and keywords allowed for the definition of four macro-trends through which to read further case studies than those described here. The model, which is transferable and replicable, can thus be a useful tool for analysing and parameterising projects that, due to their nature, can sometimes be very complex, indiscriminately involving top-down and bottom-up activities pertaining to different disciplinary fields.

Numerous examples have emerged from the literature and desk research through which Design promotes, supports or accompanies regeneration processes in inland areas. The majority of these cases, however, are not specifically related to small areas but expand their action systematically over diffuse areas. Moreover, the intervention of Design is not always distinguishable, as it emerges from spontaneous projects (Manzini, 2015) that are not always ascribable to the specific area, which also highlights the capabilities of communities to enhance specific peculiarities of their places of dwelling or affection. With the aim of archiving the projects and case studies reported or identified in the research in a structured way, an online relational database was activated. This tool makes it possible to retrieve multiple information about the characteristics that regeneration processes bring

to bear in a structured way. The digital archiving of the case studies feeds into the built framework allowing qualitative and quantitative data on the phenomenon to be collected. The collected data are shared in the international symposium Stretch

Acknowledgements

The contribution is the result of a joint research project. Nevertheless, the introductory paragraph is written by R. Varini and M. Brignoni, 'Methodology and steps' and 'Discussion and results' have been developed by G. Dall'Osso and S. Gasparotto, 'Inheriting and belonging' and 'Searching and retrieving' by G. Dall'Osso, 'Transferring and connecting' and 'Discovering and enjoying' by S. Gasparotto. Finally, 'Conclusions' are written by the four Authors together.

Notes

- 1) For more information, see the webpage: agenziacoecione.gov.it/strategy-national-areas-internal/ [Accessed 25 March 2023].
- 2) The keywords are: Local Identity, Memories, Tradition, Handicrafts, Social and Solidarity Economy, Accessibility, Employment Services, Networks, Metaverse, Commuting, Mobility, Outreach, Tourism, Experiences, Hospitality, Promotion, Events, Souvenirs, Rehabilitation, Connection with Nature, Cultural Integration, Residences, Knowledge Exchange.
- 3) For more information, see the webpage: perpetua.it/post/monterosso-calabro-tra-tradition-and-innovation [Accessed 25 March 2023].
- 4) For more information, see the webpage: loewe.com/usa/en/stories-collection/weave-restore-renew.html [Accessed 25 March 2023].
- 5) For more information, see the webpage: cearte.pt/public/public/media/501711554/files/gpao/193_CE_Junca_Beselga_20191127.pdf [Accessed 25 March 2023].
- 6) For more information, see the webpage: origemcomum.com/en/product/mask-19/ [Accessed 25 March 2023].
- 7) For more information, see the webpage: toninocasuila.net/news_old/ListeFilmati.aspx [Accessed 25 March 2023].
- 8) For more information, see the webpage: eggpicnic.com/work/the-crin-collection/ [Accessed 25 March 2023].
- 9) For more information, see the webpage: robidacollective.com/ [Accessed 25 March 2023].
- 10) For more information, see the webpage: turistick-price.hr/en/osor-time-machine-a-new-dimension-of-osor%27s-rich-past/ [Accessed 25 March 2023].
- 11) For more information, see the webpage: ecov.fr/en/story/instant-carpooling-solution-in-vercors-and-grenoble-metropolis [Accessed 25 March 2023].
- 12) For more information, see the webpage: piccolomu-seodeldiario.it/ [Accessed 25 March 2023].
- 13) For more information, see the webpage: nasarchitecte.com/Bloom [Accessed 25 March 2023].
- 14) For more information, see the webpage: arte.it/calendar-art/brindisi/exhibition-bernardo-palazzo-rainbow-69691 [Accessed 25 March 2023].
- 15) For more information, see the webpage: cortexfrontal.org/wireless22 [Accessed 25 March 2023].
- 16) For more information, see the webpage: progettoborca.net/artists-in-residence/ [Accessed 25 March 2023].
- 17) For more information, see the webpage: wikimania2016.wikimedia.org/wiki/Main_Page [Accessed 25 March 2023].
- 18) For more information, see the webpage: the-shooting-star.com/spiti-valley/ [Accessed 25 March 2023].
- 19) For more information, see the webpage: cultura.gov.it/borghi [Accessed 25 March 2023].

the Edge – Design Driven Processes for Reactivating Small Walled Towns and Inland Areas that the University of San Marino is hosting on June 22 and 23, 2023. Future research actions in this area, which will be put in place following a conspicuous

References

- Alfaro, E., Gamberini, P. and Succini, L. (2021), "Spontaneous Rituals as a Design Model for CCI Platforms", in *Diid | Disegno Industriale Industrial Design*, vol. 73, pp. 34-47. [Online] Available at: doi.org/10.30682/diid7321c [Accessed 25 March 2023].
- Antonelli, P. and Tannir, A. (eds) (2019), *Broken Nature – XII Triennale di Milano*, Electa, Milano.
- Barbera, F., Cersosimo, D. and De Rossi, A. (eds) (2022), *Contro i borghi – Il Belpaese che dimentica i paesi*, Donzelli, Roma.
- Braidotti, R. (2014), *Il postumano – La vita oltre l'individuo, oltre la specie, oltre la morte*, vol. 1, DeriveApprodi, Roma.
- Chandhasa, R. (2017), "Thai traditional hanging garland decoration to the pattern design adapted on Suan Sunandha Rajabhat University Souvenir", in *Asian Social Science*, vol. 13, issue 7, pp. 131-141. [Online] Available at: doi.org/10.5539/ass.v13n7p131 [Accessed 25 March 2023].
- Cirifino, F., Giardina Papa, E., Rosa, P. and Studio Azurro (2011), *Musei di narrazione – Percorsi interattivi e affreschi multimediali | Museum as Narration – Interactive experiences and multimedia frescoes*, Silvana Editoriale, Cinisello Balsamo.
- Cucinella, M. (ed.) (2018), *Arcipelago Italia – Progetti per il futuro dei territori interni del Paese – Padiglione Italia alla Biennale Architettura 2018*, Quodlibet, Macerata.
- Dall'Ara, G. and Villani, T. (2020), "Per un futuro sostenibile dei borghi – Albergo Diffuso e nuovi scenari di rigenerazione | A sustainable future for hamlets – Albergo Diffuso and new regeneration scenarios", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 8, pp. 230-243. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/8222020 [Accessed 25 March 2023].
- Del Arco, I., Ramos-Pla, A., Zsembinszki, G., de Gracia, A. and Cabeza, L. F. (2021), "Implementing SDGs to a sustainable rural village development from community empowerment – Linking energy, education, innovation, and research", in *Sustainability*, vol. 13, issue 23, article 12946, pp. 1-13. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su132312946 [Accessed 25 March 2023].
- Dempsey, N., Smith, H. and Burton, M. (eds) (2014), *Place-Keeping – Open Space Management in Practice*, Routledge, New York. [Online] Available at: doi.org/10.4324/9780203725313 [Accessed 25 March 2023].
- Floridi, L. (2014), *The fourth revolution – How the infosphere is reshaping human reality*, Oxford University Press, Oxford.
- Gaiardo, A., Remondino, C., Stabellini, B. and Tamborini, P. (2022), *Il Design è Innovazione Sistemica – Metodi e strumenti per gestire in modo sostenibile la complessità contemporanea – Il caso Torino*, LetteraVentidue, Siracusa.
- Granata, E. (2021), *Placemaker – Gli inventori dei luoghi che abiteremo*, Einaudi, Torino.
- ISTAT (2022), *La geografia delle aree interne nel 2020 – Vasti territori tra potenzialità e debolezze*. [Online] Available at: istat.it/it/files/2022/07/FOCUS-AREE-INTERNE-2021.pdf [Accessed 25 March 2023].
- ITF – International Transport Forum (2021), *Innovations for Better Rural Mobility*, ITF Research Reports, OECD Publishing, Paris. [Online] Available at: itf-oecd.org/sites/default/files/docs/innovation-rural-mobility.pdf [Accessed 25 March 2023].
- Lupo, E. (2021), "Design e innovazione del Patrimonio culturale – Connessioni phygital per un Patrimonio di prossimità | Design and innovation for the Cultural Heritage –

collection of case studies, will be the definition of guidelines aimed at directing generative, effective and virtuous planning and the organisation of a periodic festival of fortified cities to be held in the Republic of San Marino.

Phygital connections for a Heritage of proximity", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 10, pp. 186-199. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/10172021 [Accessed 25 March 2023].

Lupo, E. (2009), *Il design per i Beni culturali – Pratiche e processi innovativi di valorizzazione*, FrancoAngeli, Milano.

Manzini, E. (2015), *Design when Everybody Designs – An Introduction to Design for Social Innovation*, The MIT Press, Cambridge.

Ministero dello Sviluppo Economico (2021), *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*. [Online] Available at: governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf [Accessed 25 March 2023].

Nussbaum, M. and Sen, A. (eds) (1993), *The quality of life*, Clarendon Press, Oxford.

Parente, M. and Sedini, C. (2017), "Design for Territories as Practice and Theoretical Field of Study", in *The Design Journal*, vol. 20, sup. 1, pp. S3047-S3058. [Online] Available at: doi.org/10.1080/14606925.2017.1352812 [Accessed 25 March 2023].

Pistidda, S. and Giambruno, M. (2022), "Back to the small villages – Critical issues and prospects for a post-covid re-appropriation of built heritage in the marginal internal areas in Lombardy", in Hadda, L., Mecca, S., Pancani, G., Carta, M., Fratini, F., Galassi, S. and Pittaluga, D. (eds), *Villages et quartiers à risque d'abandon – Stratégies pour la connaissance, la valorisation et la restauration*, vol. 1, Firenze University Press, Firenze, pp. 389-401. [Online] Available at: dx.doi.org/10.36253/978-88-5518-537-0 [Accessed 25 March 2023].

Pils, G. and Trocchianesi, R. (2017), *Design e rito – La cultura del progetto per il patrimonio rituale contemporaneo*, Mimesi Edizioni, Milano.

Reina, G. (ed.) (2014), *Gli ecomusei – Una risorsa per il futuro*, Marsilio, Venezia.

Schulz, C. N. (1979), *Genius loci – Paesaggio ambiente architettura*, Mondadori Electa, Milano.

Varini, R., Brignoni, M. and Abdolhian, A. (2021), "Rural Communities as Places for Design Change", in Bosco, A. and Gasparotto, S. (eds), *Updating Values – Perspectives on Design Education*, Quodlibet, Macerata, pp. 186-191.

Xi, X., Xu, H., Zhao, Q. and Zhao, G. (2021), "Making Rural Micro-Regeneration Strategies Based on Resident Perceptions and Preferences for Traditional Village Conservation and Development – The Case of Huangshan Village, China", in *Land*, vol. 10, issue 7, article 718, pp. 1-24. [Online] Available at: doi.org/10.3390/land10070718 [Accessed 25 March 2023].

Zannoni, M., Dall'Osso, G., Rosato, L. and Barbieri, L. (2022), "The human body interaction open database", in Zannoni M. and Montanari, R. (eds), *Human Body Interaction*, Bologna University Press, Bologna, pp. 67-85. [Online] Available at: hdl.handle.net/11585/918293 [Accessed 25 March 2023].

Zarzo, J. L. B., Sebastián, J. P. and Martínez, N. M. (2020), "Contrastare lo spopolamento nell'entroterra della Spagna – Proposte tra Arte, Design e Architettura | Fighting against depopulation in inland Spain – Alternatives from Art, Design and Architecture", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 8, pp. 138-147. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/8132020 [Accessed 25 March 2023].

ARTICLE INFO

Received	27 March 2023
Revised	11 May 2023
Accepted	19 May 2023
Published	30 June 2023

GESTIONE DELLE FORESTE URBANE

Percorsi tecnologici design-driven per la valorizzazione dei rifiuti da potatura

URBAN FORESTS MANAGEMENT

Design-driven technological routes for wood waste valuing

Cyntia Santos Malaguti de Sousa, Tomás Queiroz Ferreira Barata, Caio Dutra Profirio de Souza, Felipe Gustavo de Melo

ABSTRACT

La selvicoltura urbana è di fondamentale importanza per la qualità della vita e la resilienza delle città e merita risorse adeguate per la sua pianificazione, gestione e implementazione. L'obiettivo del contributo è analizzare e tracciare i percorsi tecnologici per i potenziali usi dei residui arborei urbani da potatura e abbattimento individuati attraverso attività di ricerca, didattica e terza missione dell'Università di San Paolo. Lo studio è strutturato per fasi con un'analisi della letteratura sul tema, l'identificazione e la classificazione delle specie arboree, l'apprendimento delle procedure di gestione degli alberi, l'implementazione di processi sperimentali proiettivi e produttivi, la conduzione di workshop finalizzati all'acquisizione di competenze su processi e risorse e al loro trasferimento tecnologico. I risultati dello studio restituiscono una mappatura dei percorsi tecnologici a supporto della transizione verso un modello di produzione più sostenibile per questo particolare capitale naturale urbano.

Urban forestry is fundamental to cities' quality of life and resilience and deserves an effort in planning, management and expansion. The article aims to analyse and systematise technological routes to indicate potential uses of urban tree residues, focusing on the research, teaching and extension activities of the University of São Paulo. The methodological procedures consist of: 1) review of related literature; 2) identification and classification of species; 3) analysis of tree management procedures; 4) implementation of experimental projective and productive processes and; 5) conducting capacity building and technology transfer workshops. The results present a mapping of the technological routes indicating a transition to a more sustainable production model for this urban natural capital.

KEYWORDS

foreste urbane, gestione rifiuti, up-cycling del legno, design di prodotto, economia circolare

urban forest, waste management, wood up-cycling, product design, circular economy

Cyntia Santos Malaguti de Sousa, Designer and PhD, is a Full Professor at the Department of Technology, University of São Paulo (Brazil). She carries out research on sustainability, future studies and material culture. E-mail: cyntiamalaguti@usp.br

Tomás Queiroz Ferreira Barata, Architect and PhD, is a Full Professor at the Department of Technology, University of São Paulo (Brazil). He carries out research on sustainability and product development – furniture, urban equipment, prefabricated construction systems in wood and materials from renewable sources. E-mail: barata@usp.br

Caio Dutra Profirio de Souza, Designer and PhD Candidate at the University of São Paulo (Brazil), holds a specialisation course in Material Culture and Consumption from the same Institution. His research focuses on the cultural and social aspects of design, systemic design, and design for sustainability. E-mail: caiodutra@usp.br

Felipe Gustavo de Melo, Craftsman, Designer and M.Sc. Candidate at the University of São Paulo (Brazil), is a Researcher of urban wood waste from demolition, post-use disposal and tree pruning for furniture as much as small objects. E-mail: felipe.gustavo.melo@gmail.com



La selvicoltura urbana – un tema che riguarda tutta la vegetazione degli agglomerati costruiti o urbani, siano essi piccole comunità rurali o grandi città metropolitane (Miller, Haur and Werner, 2015) – svolge un ruolo fondamentale per la qualità della vita e la resilienza delle città, offrendo diversi benefici ambientali, di decoro e salute pubblica. In questo senso è imperativo che vengano previste adeguate risorse per la sua pianificazione e gestione, soprattutto in quelle metropoli con modesta densità di alberatura stradale come San Paolo in Brasile (11,7%), la più grande città dell'America Latina; il dato è sconcertante se assumiamo come riferimento Singapore che, con una densità di popolazione pari a 7.797/km² simile a quella di San Paolo (7.913/km²), presenta una densità di vegetazione di alberatura stradale pari al 29,3%¹. Tuttavia è da rilevare che, aumentando la vegetazione urbana, crescono proporzionalmente le attività di manutenzione degli alberi e quindi anche gli oneri economici e le complessità gestionali, soprattutto per la disomogeneità degli spazi urbani e delle loro condizioni logistiche nonché per il maggior volume di rifiuti da potatura (Meira, 2010) la cui principale destinazione è la discarica.

In città come San Paolo il conferimento in discarica richiede spostamenti che vanno oltre i 50 km e comporta, per una quantità di circa 50.000 tonnellate/anno (Souza e Velasco, 2022) e un costo medio di 20 dollari statunitensi per tonnellata, una spesa annua di circa un milione di dollari. Pochi Comuni brasiliani hanno individuato per questi rifiuti una seconda vita come compost organico o per la produzione di energia (tramite bricchette e pellet). Entrambe le soluzioni non sono però esenti da criticità: la prima riduce il ciclo di vita dei rifiuti biologici da potatura non fornendo valore aggiunto in termini di economia circolare (Ellen MacArthur Foundation, 2021); la seconda, se appare in prima battuta più rispettosa dell'ambiente, concorre al rilascio di emissioni di gas serra nell'atmosfera tanto quanto lo smaltimento in discarica.

Sulla base di tali premesse, considerato che il Design ha come obiettivo la valorizzazione del capitale naturale, il contributo si propone di stimolare una riflessione sugli indirizzi tecnologici e le potenzialità di un utilizzo del legno proveniente dalle attività di potatura legate alla selvicoltura urbana nel contesto brasiliano. Tale riflessione appare fondata poiché la letteratura scientifica riferisce che circa il 30% dei suddetti rifiuti può fornire legno massello proveniente da specie che possiedono diversificate potenzialità d'uso (Meira, 2010). L'incentivo all'impiego di questa materia prima in prodotti e componenti a più alto valore aggiunto consentirebbe una riduzione dei costi di gestione a cui si è accennato e contribuirebbe alla qualificazione degli spazi urbani, favorendo inoltre la creazione di occupazione e reddito.

Consapevoli che il Design è, per sua stessa natura, una disciplina che mira a risolvere specifiche problematiche configurando scenari futuri desiderabili (Simon, 1996) attraverso un processo continuo di produzione e diffusione della conoscenza, dell'innovazione e del trasferimento tecnologico, gli Autori hanno avviato linee di ricerca sul tema già a partire dal 2017 (Sousa, 2018; Malaguti de Sousa, 2019; Barata et alii, 2021), convinti che le competenze progettuali acquisite possono essere utili a ipotizzare e rendere visibili e tangibili nuove soluzioni, capaci di rispondere alle

esigenze dell'intera catena produttiva (dalla potatura allo smaltimento sino alle azioni strategiche di marketing), se supportate da una ricerca su basi scientifiche propria delle attività svolte in seno all'Università.

In quest'ottica, nell'ambito delle attività di ricerca scientifica in corso presso l'Università di San Paolo, il saggio mira a fornire un quadro preliminare degli indirizzi tecnologici design-driven per la valorizzazione dei rifiuti da potatura provenienti dalla gestione delle foreste urbane, attraverso: 1) lo stato dell'arte su studi e ricerche che hanno trattato il tema; 2) un'attività di ricerca desk e sul campo; 3) una riflessione sui risvolti formativi e sulle attività di terza missione. Nello specifico la prima parte del contributo illustra la metodologia utilizzata per l'acquisizione dei dati; la seconda presenta una rassegna della letteratura sul tema, evidenziando gli approcci adottati; la terza parte riassume i principali risultati, le interconnessioni con lo stato degli studi e fornisce un quadro utile a individuare gli indirizzi tecnologici e i potenziali usi per questa risorsa materiale; infine le conclusioni illustrano come e quanto le attività svolte possano contribuire a una transizione sostenibile del modello produttivo, i limiti e l'orizzonte di ricerca futura.

Metodologia | Sulla base dei tre pilastri fondativi delle Università (didattica, ricerca e terza missione), la metodologia adottata per lo studio individua nel Design e nella natura sistemica delle sue attività gli assi guida del processo di individuazione, sistemizzazione e analisi dei rifiuti da potatura provenienti dalla gestione degli alberi nella città di San Paolo in Brasile. Le criticità di questo filone di ricerca hanno ispirato l'individuazione di diverse opportunità di riutilizzo del legno di modesta pezzatura che costituisce una parte significativa del volume dei rifiuti da potatura, promuovendo la valorizzazione di questo capitale naturale in relazione alla sfida emergente dello sviluppo di città più sostenibili, resilienti e inclusive.

Le attività sviluppate durante lo studio hanno interessato la didattica, con il coinvolgimento di Corsi di Laurea, la ricerca, supportata da Enti finanziatori, associazioni scientifiche e Dottorati e la terza missione per risolvere criticità e problematiche di Enti pubblici. Sebbene ciascuna di queste attività sia stata svolta con strumenti e metodi specifici, comune è l'approccio culturale improntato al Circular Design, al Material-driven Design, al Systemic Design e al Design for Social Innovation. La Figura 1 riassume le attività, i progetti realizzati e le loro interrelazioni, nonché i partenariati multidisciplinari e inter istituzionali sottoscritti in ambito universitario e con Centri di ricerca del settore pubblico e privato.

Il punto di forza dello studio risiede, in primo luogo, nella conduzione di una ricerca scientifica capace di superare i limiti degli approcci teorici e concettuali, implementando modelli consolidati della transizione ecologica basati sulla prospezione dei loro potenziali usi e sull'osservazione di criticità e possibili opportunità nella progettazione del prodotto. In quest'ottica dopo aver revisionato la letteratura scientifica sul tema, si è proceduto a caratterizzare il materiale attraverso ricerche bibliografiche e attività sul campo, a determinare le proprietà fisiche e meccaniche delle essenze del legno e infine a sperimentare tecniche di lavorazione

tradizionale e tecnologie di fabbricazione digitale. Nell'ambito della didattica le attività hanno mirato a indagare processi proiettivi e produttivi sperimentali e di qualità estetica, sensoriale, espressiva e funzionale del materiale ligneo, al fine di soddisfare le potenziali esigenze della comunità universitaria di riferimento. Infine sono state pianificate e avviate attività di formazione e trasferimento di conoscenze per studenti dei Corsi di Architettura e Design, comunità ed Enti locali e artigiani.

Quadro teorico | Come in Europa a seguito della Seconda Guerra Mondiale, anche in Brasile si sono configurati nuovi assetti economici e politici che hanno ridefinito il ruolo dello Stato e interi settori pubblici tra cui quello dell'Istruzione. L'Università è stata percepita non solo come luogo di formazione professionale e produttore di conoscenza, ma anche come Istituzione capace di interagire con la società e i suoi diversi attori attraverso una visione della realtà più sistemica.

Per l'individuazione di possibili indirizzi tecnologici finalizzati all'utilizzo del legno da potatura e abbattimento delle alberature urbane è stata considerata una Technology Road Mapping che individua le relazioni tra tecnologie, imprese e mercato (Probert, Farrukh and Phaal, 2003); questo metodo, messo a punto nel campo della gestione d'impresa, è oggi utilizzato dalla Pubblica Amministrazione poiché è uno strumento procedurale che aiuta nella costruzione graduale di percorsi tecnologici favorendo al contempo riflessioni, dibattiti e sperimentazioni e consolidando le conoscenze acquisite.

Nel processo di mappatura degli indirizzi tecnologici si è proceduto alla formazione di un bagaglio di conoscenze improntata al concetto di 'tecnologia sociale', intesa come un insieme di tecniche e metodologie trasformatrici sviluppate e/o applicate in sinergia con la popolazione, di facile utilizzo e utili all'inclusione sociale e al miglioramento delle condizioni di vita (Passoni, 2004). Un tale approccio è sembrato del tutto appropriato soprattutto in un contesto nel quale tecniche e processi associati ai tradizionali saperi della falegnameria – spesso svalutati dalla produzione industriale su larga scala – possono essere recuperati e migliorati, per aumentarne il valore, con alcuni adattamenti a uso di operatori e generare così reddito per le popolazioni più vulnerabili.

Questo approccio è anche in linea con i principi dell'Economia Circolare che mira a mettere in campo soluzioni sistemiche per salvaguardare e rigenerare i sistemi naturali ed eliminare così il concetto di 'rifiuto', mantenendo i materiali in cicli chiusi di utilizzo e riutilizzo con il maggior valore funzionale ed economico più a lungo possibile (Ellen MacArthur Foundation, 2021). Un tale approccio sistemico promosso dalla Economia Circolare è fondamentale anche per individuare nuove soluzioni di utilizzo dei rifiuti vegetali urbani, anche in relazione alla molteplicità degli attori della filiera produttiva, delle loro differenti competenze e dei diversi interessi in gioco che devono mirare a creare relazioni di valore (Kimbrell, 2011; Manzini, 2017) strutturando nuovi significati e opportunità in termini di modelli di prodotto e servizio.

In questo senso i processi, gli strumenti e il modo di pensare il Design (denominato Design Thinking), insieme a un approccio sistemico, possono contribuire in modo significativo alla gestione ar-

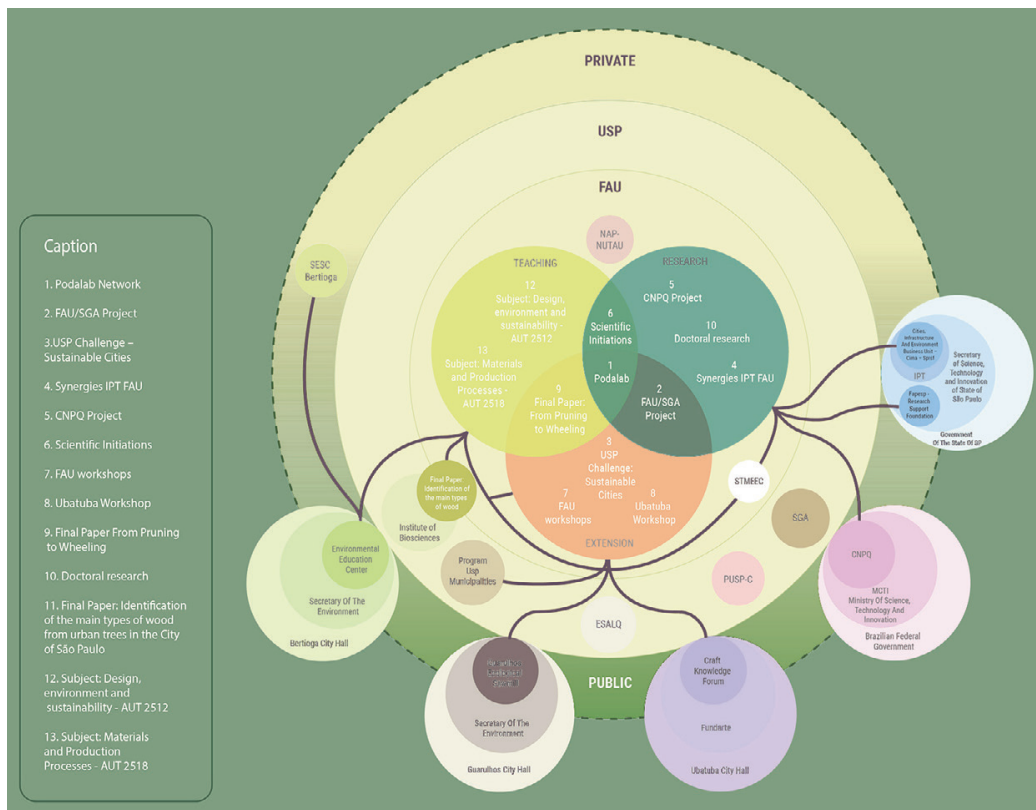


Fig. 1 | Gigamap relating university research, teaching, and extension activities with the urban tree waste valorisation theme (credit: F. G. Melo, 2023).

borea urbana, consentendo una migliore visualizzazione, descrizione e riconfigurazione del sistema attraverso tassonomie visive quali scenari, mappe, info grafiche e modelli iconografici (Jones, 2014), tutti strumenti che possono fornire una più chiara visione delle opportunità, aiutare con maggiore profitto nella gestione dei possibili conflitti e favorire il dialogo, la cooperazione e la condivisione delle informazioni (Sennett, 2013). In precedenti pubblicazioni (Malaguti de Sousa, 2019; Barata et alii, 2021) si è dimostrato come questi approcci abbiano caratterizzato esperienze di grande successo negli Stati Uniti (a titolo di esempio si citano Wood from the Hood e Baltimore Wood Project – Rethinking the Wood and the City), in Spagna (Sintala Design) e in Brasile (Pedro Petry e Madeira Urbana). Per il raggiungimento di tali obiettivi diviene strategico il ruolo del designer-ricercatore perché può da un lato guidare e connettere più stakeholder, dall'altro promuovere iniziative e relative azioni che possono essere replicate anche in altri contesti.

Il numero di casi studio emblematici, frutto di ricerca sperimentale riportati nella letteratura sul tema, è piuttosto esiguo, tuttavia vale la pena citare le ricerche condotte dal Tokyo Institute of Technology e dal Massachusetts Institute of Technology: la prima ha indagato la messa a punto di una metodologia per progettare la trasformazione dei rifiuti vegetali in beni collettivi urbani essenziali (Sánchez, Tsukamoto and Lobo, 2020); la seconda, attraverso strumenti digitali e metodologie computazionali, ha sviluppato un sistema che consente agli architetti di utilizzare le forcelle degli alberi come giunti di elementi portanti (Stauffer, 2022). Sebbene nel primo caso sia rintracciabile un approccio sistemico collegabile a esperienze didattiche tenute in Corsi universitari di Design ne-

gli Stati Uniti, nessuna delle due pubblicazioni dichiara l'integrazione tra ricerca, didattica e terza missione.

L'approccio adottato dialoga fortemente anche con il Material-driven Design. Secondo Karana et alii (2015) le attitudini funzionali non sono sufficienti a garantire il successo e l'uso diffuso di un 'nuovo' materiale nel mercato; è necessario progettare esperienze materiali significative per l'utente che vadano oltre la sua valutazione utilitaristica, quindi qualificare la materia non solo per quello che è, ma anche per quello che fa, esprime, suscita e fa fare.

Il legno da potatura e abbattimento dell'albero è ancora considerato uno scarto, sia dall'Amministrazione Pubblica che dagli attori di una potenziale catena di valorizzazione. In quest'ottica il suo successo come 'materia' dipende da una serie di fattori quali il cambiamento di percezione e di giudizio di valore, la capacità del progetto di creare ed esplicitare collegamenti con la materializzazione di una cultura della sostenibilità e infine la conoscenza tecnica. Ciò premesso, tramite un approccio Material-driven Design si è proceduto a: 1) studiare il materiale; 2) creare una visione esperienziale del legno; 3) individuare i campi di esperienza materica; 4) progettare il concept del materiale / prodotto e definire delle linee guida per la fase di pianificazione, realizzazione e valutazione dei risultati raggiunti.

Risultati | I risultati presentati sono organizzati in quattro sezioni. La prima presenta le indagini e i criteri per la classificazione dei residui provenienti dalla gestione della vegetazione arborea; la seconda descrive le attività di campo per la classificazione dei residui arborei e l'identificazione delle specie legnose, propedeutiche alla successiva si-

stemizzazione delle informazioni in specifiche schede tecniche; la terza caratterizza morfologicamente i residui arborei e individua i loro potenziali usi; l'ultima sezione illustra la sperimentazione del materiale in ambito accademico e aziendale, concentrandosi sullo sviluppo di nuovi prodotti e sulla valutazione di mercati potenziali.

Il percorso dei rifiuti da potatura da gestione arborea urbana

All'interno del Campus principale dell'Università di San Paolo è avvenuto il monitoraggio delle attività di potatura e smaltimento della vegetazione arborea, punto di partenza del processo basato sull'approccio metodologico del Material-driven Design (Fig. 2). Grazie al supporto dell'Amministrazione dell'Università è stato possibile conoscere le modalità di gestione locale dei rifiuti arborei e seguire parte del processo di potatura appaltato a una ditta esterna. La Figura 3 riporta alcune fasi, modalità e attrezzature impiegate che mostrano come: 1) le attività siano pianificate per aree geograficamente delimitate; 2) i rami di ciascun albero vengano tagliati in segmenti lunghi fino a 1 mt; 3) i rifiuti siano separati in loco in due grandi gruppi, rami sottili e foglie e rami di sezione maggiore; 4) il primo gruppo venga triturato e il secondo sia caricato in cassoni da 20 mc posizionati nelle vicinanze fino al completo riempimento. Il processo di gestione è riassunto nel diagramma di flusso della Figura 4.

Classificazione del legno grezzo e identificazione delle specie

Le alberature urbane sono di diverse specie, sia autoctone che esotiche e di dimensione differente. Tradizionalmente vengono privilegiate le specie ornamentali con maggiore velocità di crescita e capacità di ombreggiamento, trascurando nella maggior parte dei casi le proprietà fisico-meccaniche e estetiche del legno per una scarsa conoscenza tecnica del materiale giovane di diametro ridotto, per lo più rami provenienti da processi di potatura. Per colmare questa lacuna conoscitiva lo studio ha sistemizzato le informazioni acquisite da ricerche bibliografiche e corsi di formazione di Ingegneria Forestale e Anatomia Vegetale, integrandole con quelle delle ricerche sperimentali e sul campo.

Un accordo siglato dall'Università con la ditta appaltatrice ha consentito che una porzione di rifiuti vegetali da potatura, di diametro superiore a 8 cm – dimensione raccomandata da Meira (2010) per ottimizzare le potenzialità di riutilizzo del materiale – con un volume complessivo di 60 mc proveniente da 2.380 alberi, fosse stoccata senza alcun criterio selettivo in un cortile del Campus e messa a disposizione del team di ricerca: questo materiale ligneo dalle essenze varie, con diverse caratteristiche morfologiche e stati di salute differenti è stato l'oggetto principale del Laboratorio e della ricerca sperimentale svolta.

Come primo passo delle attività sul campo si è proceduto a separare il legno per specie, poiché le proprietà tra una specie e l'altra possono variare notevolmente. Con il supporto dell'Istituto di Bioscienze della USP è stato possibile identificare e separare (Fig. 5) circa 20 specie arboree, tra cui era presente la specie esotica 'Tipuana tipu'. Il secondo step dello studio si è basato sulla collazione dei dati relativi alle specie identificate e alla loro restituzione in schede tecniche (Fig. 6). Le informazioni sono state poi integrate dall'Istituto de

Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo che ha caratterizzato cinque specie ricorrenti nell'imboschimento urbano attraverso test di laboratorio oggetto di una recente pubblicazione (Souza and Velasco, 2022); il supporto dell'Istituto è risultato di notevole aiuto sia per facilitare l'identificazione delle specie, sia per mettere in luce le potenzialità di utilizzo del legno proveniente dai rami di potatura. Le caratteristiche delle essenze presenti in letteratura sono state quindi confrontate con quelle ottenute dai campioni attraverso le prove di laboratorio, confermando valori prestazionali e ipotesi per una seconda vita degli scarti da potatura.

Caratterizzazione morfologica e potenziali usi

Con un approccio Design-driven sono stati poi esplorati i possibili impieghi della materia prima. Nel Laboratorio sono stati presi in considerazione gli elementi a sezione circolare, con diametro ridotto, da trasformare con attrezzature convenzionali di falegnameria e tecnologie digitali di fabbricazione sottrattiva attraverso: 1) la valutazione delle caratteristiche dei residui arborei in relazione alla loro eterogeneità e diversità di specie, dimensione e sezione; 2) l'individuazione della tipologia di attrezzature e la definizione delle procedure da impiegare prima e dopo la movimentazione degli scarti vegetali; 3) la raccolta di dati economici sui rendimenti lordi e netti dei processi di taglio e tornitura del legno grezzo; 4) la modellazione virtuale parametrica per lo sviluppo di elementi, componenti, prototipi e artefatti.

La fase di caratterizzazione dei residui arborei restituisce una varietà di scarti tra cui radici, cortecce, foglie, frutti, fiori, semi e materiale legnoso, quest'ultimo sotto forma di fusto, tronco e rami con diametri variabili. Meira (2010) li classifica in quattro categorie in funzione del diametro: da 0 a 8 cm, da 8,1 a 15 cm, da 15,1 a 25 cm e oltre 25 cm suggerendo anche gli usi più appropriati; in generale i pezzi di diametro maggiore, lavorati in assi e travetti, possono essere utilizzati nella produzione di mobili e componenti per l'edilizia, mentre quelli con diametro inferiore possono essere utilizzati per la realizzazione di piccoli oggetti. Nel processo di potatura e smaltimento (Fig. 7) è importante catalogare i pezzi grezzi e tagliarli alla massima lunghezza possibile, al fine di aumentare le possibilità di utilizzo e diminuire la quantità di fessurazioni. La tornitura, al pari del taglio a sega, è una lavorazione utile per la produzione di elementi con geometrie regolari; gli scarti di tali lavorazioni possono essere tritati e aggregati in materiali compositi.

Per i residui in fase di marcescenza o molto eterogenei i tradizionali usi come compost organico e produzione di energia appaiono la soluzione migliore; gli altri usi potenziali sono riportati nella Figura 8 insieme ai relativi possibili percorsi tecnologici, dalla prima fase di caratterizzazione delle tipologie di rifiuti alla definizione dei processi primari e secondari fino ai prodotti di nicchia, gli unici a possedere quelle caratteristiche del materiale che può soddisfare le esigenze espresse (dagli utenti durante il sondaggio nel Campus, dai part-

ner del progetto e da artigiani, designer e falegnami locali) per modelli e prototipi ma soprattutto per prodotti commerciali del tipo arredo urbano e per interni, giocattoli e giochi educativi, stoviglie, componenti per interni e decorazione.

Applicazioni in attività accademiche e imprenditoriali

Lo studio sulle potenziali applicazioni di questa 'risorsa' urbana, reperibile nell'Università di San Paolo, si è basato su azioni di ricerca, di insegnamento nei corsi di Design e di terza missione. L'insieme delle attività ha rilevato limiti e potenzialità del materiale, combinando tecnologie di fabbricazione digitale e tecniche di lavorazione artigianale. Tra gli strumenti progettuali sono stati utilizzati software di modellazione virtuale parametrica e processi produttivi vari, tra cui la pressatura di pannelli incollati, la curvatura a vapore e / o meccanica (per elementi curvi e impiallacciati), la tornitura, il taglio laser e il pantografo CNC.

Nei Laboratori universitari è stato sviluppato il tema della realizzazione di piccoli oggetti, giochi e mobili in legno, con una triplice finalità: in primo luogo fornire al team un'esperienza 'pratica'; il ragionamento adduttivo, tipico del design, è stato così stimolato dalla sfida di progettare, 'percepire' e 'sentire' il materiale in relazione sia alla diversità morfologica che alla specie legnosa, confrontando le proprietà tecniche individuate con il 'il potenziale uso' dei vari pezzi disponibili. In secondo luogo per acquisire, durante i workshop, le potenziali richieste di utenti diversi e per sviluppare processi di progettazione collettiva affinché l'as-

semblaggio finale e la finitura degli oggetti creati potessero essere realizzati da qualsiasi tipo di utente con strumenti semplici e manuali. In terzo luogo per far vivere ai partecipanti al workshop un'esperienza di interazione con il materiale, valutando difficoltà e impressioni del target di utenti sull'oggetto costruito (Figg. 9, 10).

Rispetto a queste finalità sono stati ottenuti risultati rilevanti anche sul tema dalla società Dapoda – Design Living Lab², creata da alcuni studenti vincitori del concorso internazionale No Waste Challenge lanciato nel 2021 dall'organizzazione What Design Can Do. Da allora la startup si è dedicata alla creazione di prodotti utili innovativi e alla conduzione di workshop sull'uso del legno da potatura per mobili compatti, multifunzionali e decorativi per piccole residenze urbane, esplorando diverse tipologie di giunti in legno per collegare elementi strutturali e valorizzando le diverse specie legnose (Fig. 11).

I Laboratori sono stati occasione per sperimentare anche altre potenzialità del materiale; in risposta agli obiettivi definiti dai docenti / ricercatori e seguendo le loro indicazioni, gruppi di studenti hanno utilizzato il legno da potatura e/o abbattimento per produrre degli oggetti, definendo il target di riferimento, la specifica esigenza o opportunità e la risposta progettuale. Così all'interno di Materiali e Processi Produttivi I sono state esplorate le caratteristiche estetiche e tecniche dei materiali e sono stati sviluppati 10 prototipi di giochi educativi (Fig. 12), mentre in Design, Ambiente e Sostenibilità sono stati realizzati arredi urbani per

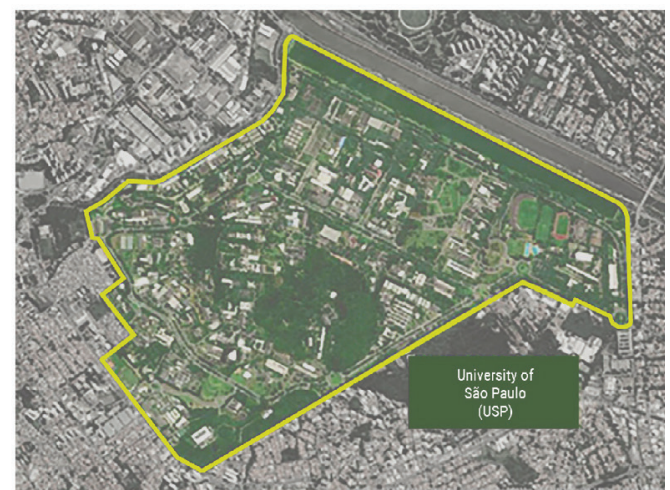
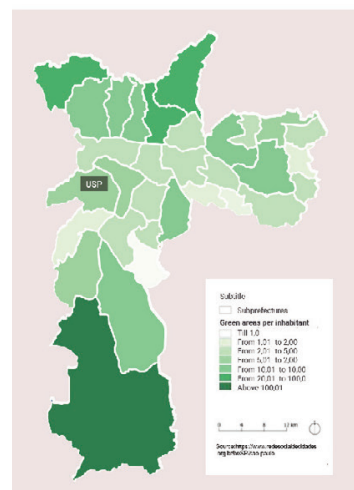


Fig. 2 | Location of Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira, University of São Paulo Campus (credit: T. Q. F. Barata, 2023).



Tree Waste Management Flowchart in 2022
University City Armando de Salles Oliveira - USP
São Paulo / SP / BRASIL

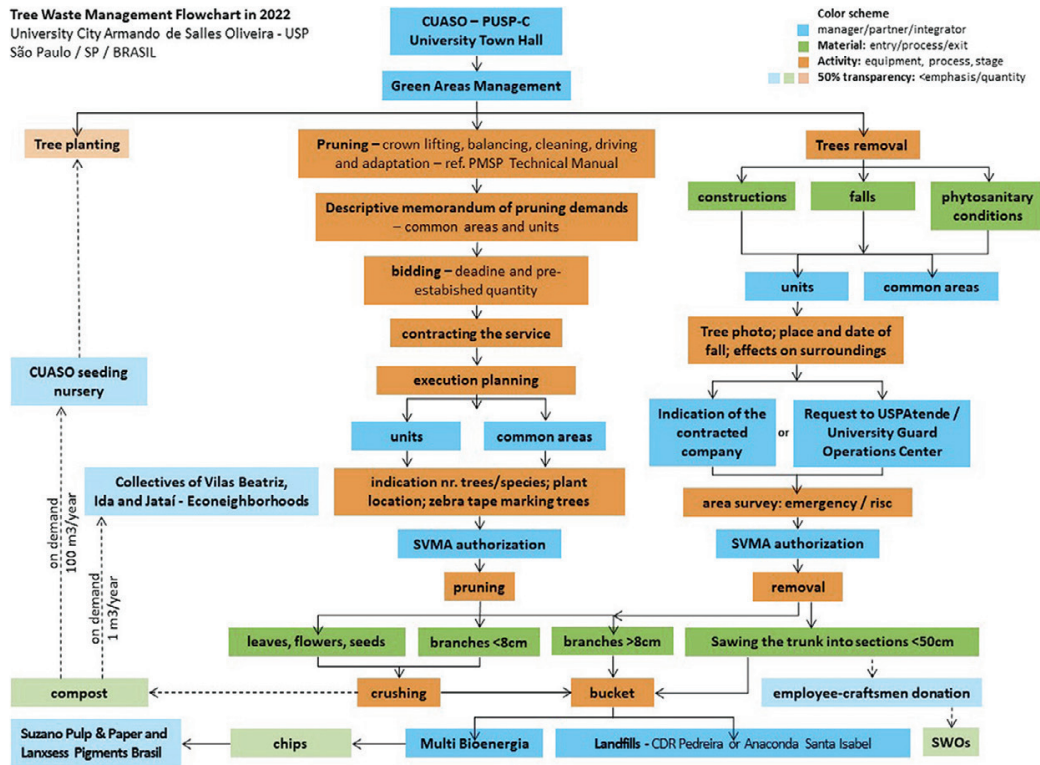


Fig. 3 | Stages of the tree pruning process at CUASO/USP, 2021 (credit: C. Malaguti de Sousa, 2021).

Fig. 4 | Flowchart of tree waste management in CUASO, 2022 (credit: C. Malaguti de Sousa, 2022).

Fig. 5 | Selection, separation and identification step of the 'Tipuana Tipu' species (credit: F. G. Melo, 2022).

la convivialità nelle aree verdi del Campus universitario, in risposta a una esplicita richiesta del Rettore (Fig. 13). Tutte le soluzioni proposte hanno previsto l'uso congiunto di specie legnose diverse e materiali quali cemento, alluminio e acciaio.

Considerazioni finali | Nell'ottica di supportare le politiche pubbliche e stimolare azioni integrate per un'imprenditorialità inclusiva, innovativa e sostenibile che valorizzi lo scarto derivante da potature e / o abbattimento di alberature in ambito urbano, l'Università pubblica in Brasile può giocare un ruolo importante attraverso i suoi pilastri della ricerca scientifica, dell'insegnamento e della terza missione. La proposizione di indirizzi tecnologici che valorizzino il riutilizzo di questo capitale naturale, disponibile in città in grandi volumi e varietà di specie, presuppone tuttavia azioni adeguate ai contesti locali.

Se l'analisi della filiera coinvolta nella gestione degli alberi è di tipo sistemico e l'approccio è fondato sui principi dell'economia circolare, la progettazione dei suddetti indirizzi tecnologici può favorire la scalabilità e la replicabilità di un modello operativo di gestione dei rifiuti forestali urbani. I risultati della sperimentazione descritta hanno infatti suscitato l'interesse di due Comuni dello Stato di San Paolo, Guarulhos e Bertioga, con i quali sono state attivate nuove collaborazioni (Fig. 1) aperte a Centri di ricerca come l'Istituto di Ricerca Tecnologica di San Paolo e ad Agenzie finanziarie nazionali, come il National Council for Scientific and Technological Research.

Considerando il Design una disciplina sociale applicata che guida l'innovazione, è possibile asserire che possa giocare un importante ruolo nella costruzione di scenari finalizzati alla transizione verso modelli di città resilienti improntati alla bioeconomia. Il caso studio della Città di San Paolo, e in particolare del Campus universitario, ha consentito di mettere a fuoco i principali aspetti che interessano la gestione della selvicoltura urbana (dal processo di potatura alla caratterizzazione della materia) e tracciare possibili percorsi tecnologici per il riuso del materiale dai più semplici ai più complessi. I risultati ottenuti rivelano che esiste un enorme potenziale da esplorare con approcci e principi costruttivi innovativi diversi in relazione alla scala di applicazione, alla tipologia dell'oggetto prodotto, alle tecniche e tecnologie da adottare. La diversità di artefatti e prodotti potenzialmente realizzabili può essere di interesse per nuove imprenditorialità di nicchia coinvolgendo diversi attori della società, aggiungendo valore, soddisfacendo le richieste locali e aprendo nuovi mercati.

Altri percorsi tecnologici, come la curvatura del legno e i materiali compositi, sono in corso di sviluppo così come è in corso lo studio per rendere accessibili le conoscenze acquisite e le schedature prodotte con applicazioni per smartphone, sulla scorta di PI@ntNet³ e iNaturalist⁴. La complessità e l'importanza del tema trattato, che richiede un approccio multidimensionale, rendono necessari ulteriori approfondimenti; l'aggravarsi della crisi climatica (con innumerevoli effetti, tra cui un aumento significativo del numero degli alberi caduti) e la necessità di implementare la densità arborea delle città come una delle strategie per fronteggiare il cambiamento climatico stimolano a proseguire il presente studio nel quale l'Università può svolgere un ruolo attivo e da protagonista, avian-



Fig. 6 | Consolidated data sheet of 'Tipuana tipu'; Hyperlinks to set of data sheets for 20 species (source: sites.usp.br/podalab, 2022).



Fig. 7 | Raw parts cataloguing; Cutting operation to obtain perpendicularity between faces; Turning process (credit: F. G. Melo, 2022).



do ricerche e divulgandone i risultati, in continua interazione con la società.

Urban forestry is a concept that encompasses all woody vegetation surrounding or found in urban areas, from small rural communities to large metropolitan regions (Miller, Haur and Werner, 2015); it is fundamental to the quality of life and resilience of cities, providing several environmental, aesthetic and public health benefits. Therefore, investments must be made in its planning, management, and expansion, especially in metropolises with low levels of street tree coverage, such as São Paulo (Brazil), the largest Latin American city, with only 11.7%, while in Singapore, for instance, with a similar population density (São Paulo 7,913/km² and Singapore 7,797/km²), it is 29,3%¹. With the increase in tree cover, on the contrary, the need for maintenance also increases, and the pruning and removal of urban trees become more complex and costly. First, this is due to the different configurations of urban spaces and their logistical conditions, in addition to the monthly expense they represent. These activities also generate a high volume of residues (Meira, 2010), whose principal destination is the landfill.

In cities such as São Paulo, this destination requires displacements that range to more than 50 km, which represents, considering that this waste reaches around 50,000 tons/year (Souza and Velasco, 2022), at the cost of, on average, USD 20 per ton, an annual expense of about one million dollars. Few Brazilian municipalities give other destinations for this waste, such as non-energy use (organic compost) or energy use (briquettes and pelletising). Although the last options are considered more environmentally friendly, they also contribute to greenhouse gas releases into the atmosphere, such as landfills.

Moreover, the routes mentioned reduce the life cycle of these biological residues, going against the principles and strategies for value creation intrinsic to the Circular Economy (Ellen MacArthur Foundation, 2021). Thus, with design as the guiding axis for the appreciation of this natural capital, the fundamental question this article aims to re-

flect upon is: what are the technological routes and potential uses of wood from pruning and suppression activities related to urban forestry in the context of Brazilian cities? Such questioning is relevant, as research indicates that up to 30% of these residues are solid wood sources of species with different potential uses (Meira, 2010). The incentive of using this raw material in developing products and components with higher added value enables a reduction in the operational and management costs previously mentioned, contributing to the qualification of urban spaces and promoting the generation of employment and income.

Realising that design is, by its very nature, an activity that starts from the problematisation of a given situation and aims at anticipating futures considered desirable (Simon, 1996) being, therefore, focused on innovation, the authors of this article have been addressing this topic since 2017 (Souza, 2018; Malaguti de Sousa, 2019; Barata et alii, 2021). Design competencies can become a guiding axis to help organise and make visible and tangible new solutions that meet the demands of the entire production chain (from pruning and tree removal activities to strategic and marketing actions) if applied to scientific research and within the scope of the role assigned to public Universities; in addition, it helps to promote a continuous process of production and dissemination of knowledge, innovation, and technology transfer.

As part of the results of ongoing scientific research at the University of São Paulo, this paper aims to provide a preliminary framework on design-driven technological routes for wood waste valuing in urban forest management, building the discussions on results obtained by: 1) review of the related literature; 2) field and experimental research; and 3) reflection on pedagogical and extension practices. It is structured as follows: the first section describes in more detail the methods above to obtain the data for this study; the second section presents an overview of the related literature review introducing the foundations for the adopted approaches; the third section summarises the main findings, perceived connections with the literature review and provides a framework for the technological routes and potential

uses for this source of the material; the conclusions highlight the extent to which the results of this research contribute to a transition towards sustainability in the production model, its limitations and the scope for future research.

Methods | Based on the three pillars of higher education, which are teaching, research and extension compiling the tripartite and priority actions of public Universities, the methodological procedures adopted in this work establish design and the systemic nature of its activities as guiding axes in the process of identification, systematisation and analysis of tree management waste in the city of São Paulo, Brazil. The problematisation of this research object inspired a search for different opportunities for the use of low-diameter raw wood, which comprises a significant part of the volume of such waste; this aims at promoting the valorisation of this natural capital, considering the existing challenges in the development of more sustainable, resilient and inclusive cities.

The developed activities cover the field of teaching, with undergraduate courses; research, with projects funded by financing agencies, with scientific initiations and doctoral research; and university extensions, with the dissemination of knowledge by means of open events and publications. Each of them involved specific materials and methods; however, they all started from common approaches in the field of design, which are: Circular Design, Material Driven Design, Systemic Design, and Design for Social Innovation. Figure 1 allows for a general view of the activities and projects carried out, their interrelations, multidisciplinary and inter-institutional partnerships established in the different fields of the University, research centres, and public and private sectors.

The main emphasis of these activities lies first and foremost in scientific research, beyond any theoretical and conceptual approach; a close link to the implementation of green transition models focused on exploring their potential uses and observing gaps and possible opportunities in product design. Thus, they unfolded into four strands: 1) review of related literature; 2) characterisation of the material through bibliographic and field research; 3) determination of their physical and

mechanical properties; 4) experimental research through conventional carpentry techniques and digital fabrication technologies.

In the context of teaching, the proposed activities fostered various explorations through projective and productive experimental processes and the aesthetic, sensory, expressive and functional qualities within the material they provide to

meet the potential demands of the university community. Finally, extension approaches covered the planning and execution of training and knowledge transfer activities for architecture and design students, local communities and artisans.

Theoretical frame | The context of the crisis resulting from the Second World War and the new eco-

nomic and political contexts established in Europe at that time led to discussions on the appropriate model and role of the state, including the field of education. In Brazil, this situation had a similar effect. Universities began to be perceived not only as a place for professional training and as a producer of knowledge, but they also took on value for their interaction with society, in a two-way street where Universities would act not only in the dissemination of knowledge but also the learning process by approaching reality more systematically and interacting with other social actors.

In an attempt to point out possible 'technological routes' for the use of wood from pruning and suppression of urban trees, these routes were regarded as an initial constitutive part of a Technology Road Mapping, «[...] a visualisation of the linkage between technologies, business and market conditions» (Probert, Farrukh and Phaal, 2003, p. 3). This method originated in the field of business and is nowadays also used in formulating public policies. Using a procedural tool, the gradual construction of technological paths helps research teams optimise reflection, discussion and experimentation and solidify knowledge.

In the process of mapping the technological routes, the construction of knowledge was also sought out, based on the concept of 'social technology', here understood as «[...] a set of techniques and transforming methodologies developed and / or applied in interaction with the population and appropriated by them, which represent solutions for social inclusion and improvement of living conditions» (Passoni, 2004, p. 26). Such an approach seemed to be quite appropriate, especially in this context, where techniques and processes associated with traditional knowledge of carpentry – often devalued by large-scale industrial production – can be recovered and improved, with some adaptations, to increase value, for professional qualification and to promote income generation for vulnerable populations.

This approach is also in line with the principles of the Circular Economy, which aims for systemic solutions to restore and regenerate natural systems, keeping materials in closed cycles of use and reuse with as much functional and economic value and for as long as possible, thus eliminating the concept of 'waste' (Ellen MacArthur Foundation, 2021). The systemic approach promoted by the Circular Economy is essential to identify new solutions for the use of urban forestry waste, given the multiplicity of actors positioned at different points in the production chain and their different skills and interests, which need to converge, in order to create valuable relationships (Kimbell, 2011; Manzini, 2017) capable of structuring new meanings and opportunities (products, services, and models).

In this sense, the processes, tools, and the way of thinking of design (currently referred to as design thinking), together with systems thinking, can contribute significantly to integrating and organising the flow of urban forestry management by enabling a better visualisation, description, and reconfiguration of the system through visual taxonomies – scenarios, maps, infographic, and iconographic mod-

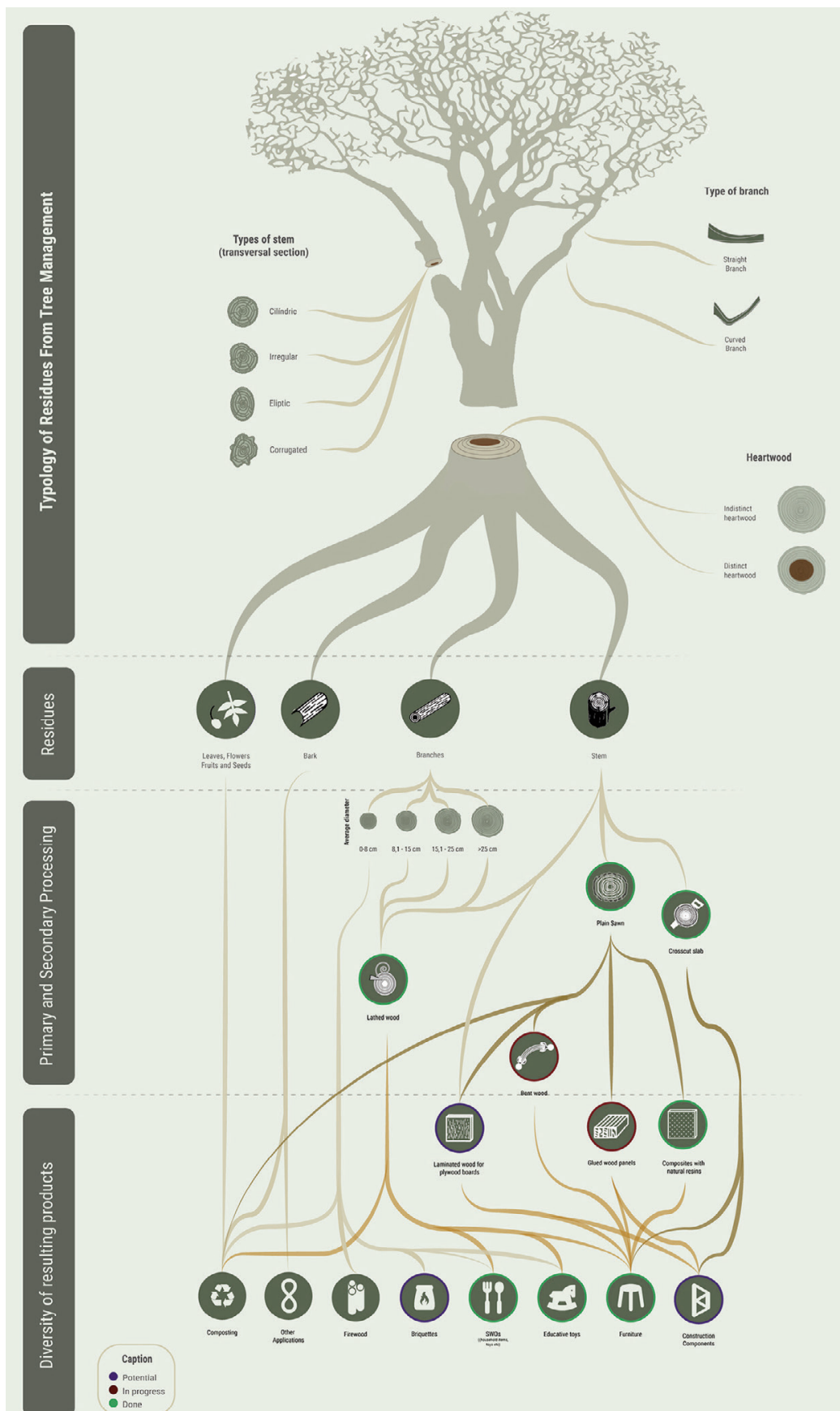


Fig. 8 | Mapping of design-driven technology routes for afforestation management waste (credit: F. G. Melo, 2022).

els, among others (Jones, 2014). This allows better access to opportunities and possible conflicts, favouring dialogue, cooperation, and consolidation of information (Sennett, 2013).

In previous papers (Malaguti de Sousa, 2019; Barata et alii, 2021), the authors showed how these approaches favoured very successful experiences in the USA (for instance, Wood from the Hood and Baltimore Wood Project – Rethinking the Wood and the City), in Spain (Sintala Design) and Brazil (Pedro Petry and Madeira Urbana). From this angle, the designer-researcher can act as a strategist capable of promoting, guiding, and connecting multiple stakeholders, initiatives and related actions so that they may mutually strengthen each other and whose most promising solutions may eventually be replicated in different contexts.

Unfortunately, very few exemplary experiences were found – through the literature review – related to scientific design research on this article issue: it is worth mentioning one conducted by the Tokyo Institute of Technology and the other by the Massachusetts Institute of Technology. The first focused on providing a design methodology for «[...] transforming green waste into resources for reconstructing urban commons based on existing livelihoods» (Sánchez, Tsukamoto and Lobo, 2020, p. 1230); the second one, through digital and computational methods, developed an approach that enables architects to use discarded tree forks as load-bearing joints in their structures (Stauffer, 2022). Although the first case reveals both design thinking and systemic design approaches and other experiences connected teaching with extension in undergraduate design courses in the USA, none reported integrating research, teaching and extension, employing these approaches.

The approach adopted here also strongly engages with the Material Driven Design method. According to Karana et alii (2015, p. 37), functional aptitudes are not enough to ensure the success

and widespread use of ‘new’ material in the market; designing for material experiences becomes necessary: «The ‘material’ should also elicit meaningful user experiences in and beyond its utilitarian assessment. This requires qualifying the material not only for what it is, but also for what it does, what it expresses to us, what it elicits from us, and what it makes us do».

Wood from pruning and suppression is still considered a waste to be discarded by the general public and potential actors in a valorisation chain. Therefore, its success as a raw material depends on a change in perception, value judgement, and the ability, in the design process, to create explicit connections with the materialisation of a culture of sustainability and the support of technical knowledge. Given this, the proposed material-driven design method, with the steps of: 1) understanding the material; 2) creating materials experience vision; 3) manifesting materials experience patterns; and 4) designing material / product concepts, which offers an adequate approach structure, which works as a central guideline in the planning, course of activities and results achieved.

Results | The results presented are organised into four sections. Initially, the investigations and methods for defining diagnostics on the trajectory of the residues from the afforestation management. Afterwards, field activities were conducted to classify the arboreal residues and identify the species for later systematisation of the information in technical sheets. The third section deals with the morphological characterisation of the tree residues and their potential uses. The last section presents the initiatives for experimentation and application of the material in academic and entrepreneurial activities, focusing on developing new products and prospecting potential markets.

The path of waste from urban forestry management | Based on the methodological approach

of Material Driven Design, the starting point of the process was the monitoring of pruning and suppression activities, taking as the locus of investigation the main campus of the University of São Paulo, located at the city of São Paulo, Brazil (Fig. 2). Through interaction with the University City Hall, it was possible to understand how the local management of tree waste is carried out and to partially follow the pruning process corresponding to a contract made with an outsourced company.

Figure 3 illustrates some of these steps, equipment, procedures involved and waste organisation, verifying that: 1) operations are planned by geographically demarcated regions; 2) the branches of each tree are cut in segments up to 1 meter long; 3) the waste is separated on-site into two large groups – thin branches and leaves, larger diameter branches; 4) the first group is shredded, and the second is unloaded into 20 mc buckets, positioned nearby until they are filled. The handling process was summarised in the flowchart shown in Figure 4.

Rough wood grading and species identifica-

tion | Several species of different sizes are used in urban forestation, both native and exotic. Traditionally, the ornamental characteristics, growth speed and shading capacity, among other qualities, are privileged but, in most cases, the physical-mechanical and aesthetic properties of wood that tree individuals can provide are not prioritised. However, the technical knowledge about the effective properties of young low-diameter wood – mostly branches from pruning processes – is still limited and not widespread. To fill this knowledge gap, we sought to systematise the existing information through bibliographic research and training courses in the areas of forest engineering and plant anatomy and to expand it through the field and experimental research.

An agreement made with the University City Hall and the outsourced company allowed that a



Fig. 9 | Experimental creative workshops with artisans from Ubatuba/SP (credit: T. Q. F. Barata, 2021).

Fig. 10 | Experimental creative workshops with FAU/USP students (credit: C. Malaguti de Sousa, 2021).



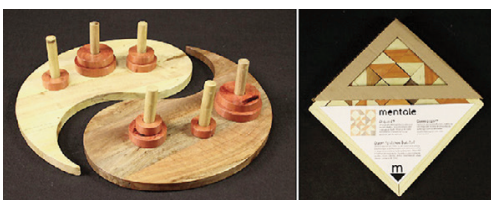
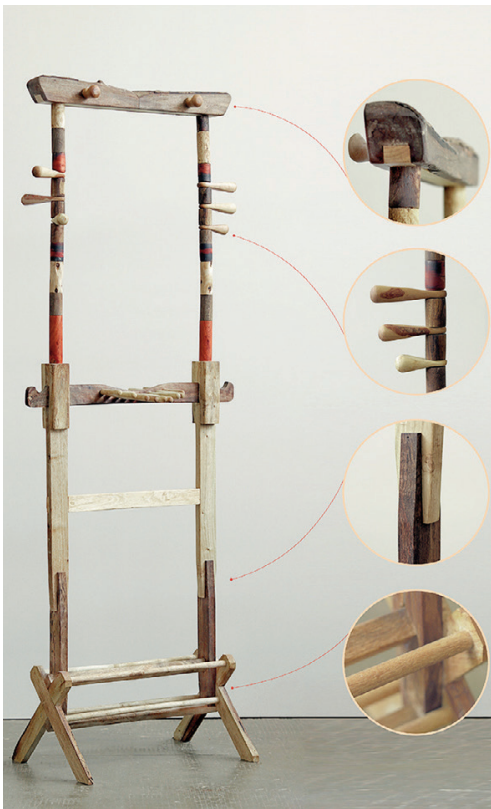


Fig. 11 | Pindura coat and shoe rack, designed by Caio Dutra, Felipe de Melo, Gabriela Bertin and Tiago Schützer (credit: @dapoda.design, 2022).

Fig. 12 | Educational games: New Hanoi, designed by Andressa Barbosa Oliveira, Bruno Henrique Agostinho da Silva, Bruno Souza and Davi Proite Galvani; Mentale, designed by Anatasha Allison Li, Ana Carolina Ishida and Julia da Costa Taveira Gomes (credit: R. Vasconcelos, 2022).

Fig. 13 | Urban furniture: Arco, designed by Eric H. Oki, Gustavo E. S. Pinheiro, João Pedro de O. Sales and Rafael Antônio F. de Oliveira; Rutherford, designed by Camila Rosado, Eike Sato, Enzo Sato and Luiz Henrique Silva (credit: R. Vasconcelos, 2022).

portion of pruned waste, with a diameter greater than 8 cm – as recommended on the potential use of the material (Meira, 2010) – was deposited in an open-air courtyard at the University, with a total volume of approximately 60 mc. This batch of waste, consisting of branches of various tree species with different morphological characteristics and health states, corresponding to the pruning process of 2,380 trees, was piled by the outsourced company without any criterion of organisation. This volume of waste was the main object of the laboratory and experimental research carried out.

The first step was to separate it by species because wood properties can vary greatly. With the support of the Institute of Biosciences – USP, it was possible to identify and separate (Fig. 5) only about 20 tree species present, emphasising the exotic species ‘Tipuana tipu’. The second result of this research was the consolidation of data on the identified species in technical sheets, initially fed by bibliographic research (Fig. 6). Regarding the properties of the wood, even with gaps in various information, the study indicated interesting potential applications.

This information was complemented with the support of the São Paulo Technological Research Institute, which enabled the technological characterisation of five recurrent species in urban afforestation, carried out through laboratory tests, which resulted in a joint publication (Souza and Velasco, 2022). These new data were fundamental both to assist in identifying species after pruning activity and to indicate more accurately the potential use of wood from pruning branches. When data from the publication and test results came together, similar data were found from the samples, reinforcing the high prospects for the previously identified wood use.

Morphological characterisation and potential uses | Taking design as a guiding axis, we explore the possibility of using this raw material. The main challenges faced in processing, in the laboratory, low diameter round wood through transformation processes of the material with conventional carpentry equipment, combined with subtractive technologies of digital fabrication, were: 1) to identify the characteristics of the tree residue due to its heterogeneity and diversity of species, dimensions, and shapes; 2) to define the typology of the equipment and to systematise the processing procedures before and after tree handling; 3) to collect data on gross and net yields of the processes of sawing and turning the raw wood and; 4) to perform the parametric virtual modelling aiming at the development of components, parts, prototypes, and artefacts.

As for the characterisation of tree residues, they encompass roots, bark, leaves, fruits, flowers, seeds and woody material; the latter is divided into stem, trunk, and branches, which may vary in diameter. Meira (2010) classifies them into four diameter categories: 0 to 8 cm, 8.1 to 15 cm, 15.1 to 25 cm, and over 25 cm. The separations by diameter and by species can indicate more appropriate destinations. The pieces with a greater diameter, sawn into boards and rafters, can be used to produce furniture and construction components, while the smaller diameter pieces can be used to create Small Wooden Objects (SWOs). In the process of pruning and suppression (Fig. 7),

it is relevant to catalogue the raw pieces and cut them to the greatest possible length in order to increase the possibilities of use and decrease the amount of cracking. In addition to the conventional processes of wood sawing, the use of turning processes is also an alternative for the utilisation of irregular pieces. The low-diameter residues can be ground and aggregated into composite materials.

For the rotten or very heterogeneous residues, the best solution is the traditional methods of destination: organic compost and energy generation. Figure 8 synthesises the possible technological routes and potential uses identified – in the first stage, the characterisation of the waste typologies; then, the definition of primary and secondary processes; finally, product niches. These niches tried to connect the material characteristics with public demands identified during the investigation in the university campus and through interaction with other partners (such as models and prototypes, urban and interior furniture, educational toys and games), as well as demands of commercial products from local artisans, designers and carpenters (such as table and kitchenware, toys, interiors components and decoration). In the following item, we will present the application explorations so far.

Applications in academic and entrepreneurial activities | The exploration of applications of this urban wood source at Universities has taken place in various ways through research, university extension activities, and teaching in design courses. These exploratory studies sought to understand the limits and potentialities of the material, combining the resources of digital fabrication technologies with conventional carpentry techniques. In addition, as design resources, parametric virtual modelling software could test mixed production processes, including the pressing of glued wood panels, the machining of bent wood pieces (round and veneered) with steam and/or mechanically, the turning of raw wood, and the machining of components with laser cutting equipment and CNC milling machines.

With regard to university extension activities, workshops for the creation of small wooden objects, games and simple furniture were favoured, based on previously identified requests, which played a threefold role in the investigation process. First, to provide the team with a ‘hands-on’ experience. The abductive reasoning, typical of design, was thus stimulated by the challenge of designing, perceiving and feeling the material in its morphological diversity and the relationship of these characteristics with the variation of the species, comparing the identified technical properties with the behaviour of the several available pieces. A second role of the workshops was to bring together the potential demands of different audiences to collectively develop the design processes so that the final assembly and finishing of the created objects could take place by the target audience with simple, manual tools. Third, the workshops, by allowing participants to observe the experience of interacting with the material, also assessed the difficulties and impressions of the target audience on the constructed object (Fig. 9, 10).

Relevant results also came from the company Dapoda – Design Living Lab², created by students

who were part of the winning group of the international No Waste Challenge, launched in 2021 by the organisation What Design Can Do. Since then, the startup has devoted itself to creating innovative utility products and conducting workshops on the use of pruned wood, such as compact, multifunctional and decorative furniture for small urban residences, exploring different wood joints to connect small parts of pruned tree branches and combining the rich diversity of urban wood species (Fig. 11).

Other possibilities were also experimented with in the educational field in practical activities. Based on the briefing proposed by the teacher-researchers, where pruning and / or suppressed wood was compulsory, the students in teams defined the target audience, the specific need or opportunity and the project response. In the discipline Materials and Production Processes I, the aesthetic and dynamic dimensions of materials were explored; 10 prototypes of educational games were developed (Fig. 12). In the discipline Design, Environment and Sustainability, the briefing was to create urban furniture for conviviality in green areas of the university campus, in response to a royal demand of the University Mayor (Fig. 13). In both situations, different wood species were combined, in addition to the specification of other materials, such as concrete, aluminium and steel.

Final considerations | From the perspective of formulating public policies and stimulating integrated actions aimed at inclusive, innovative, and sustainable entrepreneurship, focusing on the val-

orisation of urban tree waste, the role of the public University in Brazil is considered fundamental, especially in its pillars of scientific research, teaching, and university extension. The proposition of technological routes with better use of this natural capital, available in great diversity and volume in the cities, presupposes actions that are adequate to local contexts.

Having as methodological procedure the systemic analysis of the chain involved in its management and as a foundation the principles of circular economy, the design of such technological routes can favour scalability and replicability, inspiring different models of urban forestry waste management. In fact, the reported experience aroused the interest of other São Paulo state municipalities, such as Guarulhos and Bertioga, with whom new partnerships – counting on the support of other research centres such as São Paulo Technological Research Institute, and national financial agencies, such as the National Council for Scientific and Technological Research – are already in progress, as shown in Figure 1.

Considering design as an applied social science driving innovation, it can play an important role in building future scenarios that aim at transitioning to resilient city models supported by the bioeconomy. The diagnosis of the typical situation identified in the city of São Paulo, particularly in the university campus, highlighted the main aspects that characterise the management of urban forestry, the process of pruning or suppression and the flow of this material from its origin, and these aspects impact the identification and exploration of

technological routes. Given this diagnosis, the research mapped simpler and more complex paths.

The results reveal an enormous potential to be explored with different approaches, either from the point of view of scale, object typology and necessary technological support capacity, with the adoption of constructive principles and innovative inspiration concepts. The diversity of potentially viable artefacts and products may generate a new business niche, involving different players in society, adding value, meeting local demands, and opening new markets.

Other technological routes, such as wood bending and composites development, are in progress. New possibilities to make the acquired knowledge available, such as adapting the data sheets to cell phone applications like Pl@ntNet³ and iNaturalist⁴, have also emerged. Finally, faced with a problem that certainly demands a multidimensional approach, the answers given so far are still preliminary. However, the worsening of the climate crisis on the one hand – which, among innumerable consequences, has significantly increased the number of fallen trees – and, on the other hand, the need to expand the tree coverage of cities as one of the strategies for coping with climate change, signal the urgency of continuing this type of investigation, with the University as an active protagonist in fulfilling its role in the production and dissemination of knowledge, in permanent interaction with society.

Notes

1) For more information, see the webpage: senseable.mit.edu/treepedia [Accessed 19 May 2023].

2) For more information, see the webpage: dapodadesign.com/home [Accessed 19 May 2023].

3) For more information, see the webpage: plantnet.org/en/ [Accessed 19 May 2023].

4) For more information, see the webpage: inaturalist.org [Accessed 19 May 2023].

References

Barata, T. Q. F., Malaguti de Sousa, C. S., Dutra Profirio de Souza, C. and Klingenberg, D. (2021), “La gestione dei rifiuti da potatura di vegetazione urbana – Esperienze a San Paolo, Brasile | Management of waste from the pruning of urban greenery – Experiences in São Paulo, Brazil”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 9, pp. 232-243. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/9232021 [Accessed 19 May 2023].

Ellen MacArthur Foundation (2021), *Universal circular economy policy goals – Enabling the transition to scale*. [Online] Available at: ellenmacarthurfoundation.org/universal-policy-goals/overview#upg-paper [Accessed 19 May 2023].

Jones, P. (2014), “Systemic design principles for complex social systems”, in Metcalf, G. (ed.), *Social Systems and Design*, Translational Systems Sciences, vol. 1, Springer, Tokyo, pp. 91-128. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-4-431-54478-4_4 [Accessed 19 May 2023].

Karana, E., Barati, B., Rognoli, V. and Van Der Laan, A. Z. (2015), “Material Driven Design (MDD) – A method to design for material experiences”, in *International Journal of Design*, vol. 9, issue 2, pp. 35-54. [Online] Available at:

ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/viewFile/1965/687 [Accessed 19 May 2023].

Kimbell, L. (2011), “Designing for service as one way of designing services”, in *International Journal of Design*, vol. 5, issue 2, pp. 41-52. [Online] Available at: ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/view/938/345 [Accessed 19 May 2023].

Malaguti de Sousa, C. (2019), “Valutare gli scarti della gestione del verde urbano per il design – Idee dal caso di San Paolo | Waste valuing from urban wood management through design – Ideas from the case of São Paulo”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 6, pp. 228-239. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/6222019 [Accessed 19 May 2023].

Manzini, E. (2017), *Design – Quando todos fazem design – Uma introdução ao design para a inovação social*, Unisinos, São Leopoldo.

Meira, A. M. (2010), *Gestão de resíduos da arborização urbana*, Doctoral Thesis, Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’ – USP, Piracicaba. [Online] Available at: teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-19042010-103157/pt-br.php [Accessed 19 May 2023].

Miller, R. W., Haur, R. and Werner, L. (2015), *Urban forestry – Planning and managing urban greenspaces*, Waveland Press, Long Grove, Illinois (US).

Passoni, I. (2004), *Caderno de debate – Tecnologia social no Brasil*, Instituto de Tecnologia Social, São Paulo. [Online] Available at: irp.cdn-website.com/c8d521c7/files/uploaded/CADERNO%20DEBATE.pdf [Accessed 19 May 2023].

Probert, D. R., Farrukh, C. and Phaal, R. (2003), “Technology roadmapping – Developing a practical approach for linking resources to strategic goals”, in *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B – Journal of Engineering Manufacture*, vol. 217, issue 9, pp. 1183-1195.

[Online] Available at: doi.org/10.1243/095440503322420115 [Accessed 19 May 2023].

Sánchez, D. M., Tsukamoto, Y. and Lobo, N. G. (2020), “Pavilions revealing the possibility of urban forestry as commons – Case studies on ‘Fire Foodies Club’ and ‘Urban Foresters Club’ at UABB”, in *AIJ Journal of Technology and Design*, vol. 26, issue 64, pp. 1230-1235. [Online] Available at: researchgate.net/publication/346280075_Pavilions_revealing_the_possibility_of_Urban_Forestry_as_a_Commons_-_Case_studies_on_Fire_Foodies_Club_and_Urban_Foresters_Club_at_UABB- [Accessed 19 May 2023].

Sennett, R. (2013), *Together – The Rituals, Pleasures and Politics of Cooperation*, Yale University Press, Yale.

Simon, H. A. (1996), *The Sciences of the Artificial*, MIT Press, Cambridge.

Sousa, C. S. M. (2018), “Design and waste upcycling from tree pruning and fallen trees at the USP Campus (University of São Paulo) – Potentialities”, in Leal Filho, W., Frankenberger, F., Iglecias, P. and Mülfarth, R. C. K. (eds), *Towards Green Campus Operations*, Springer International Publishing, Heidelberg, pp. 777-791. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-319-76885-4_51 [Accessed 19 May 2023].

Sousa, C. A. and Velasco, G. D. N. (eds) (2022), *Resíduo de poda de árvores urbanas – Como reaproveitar?*, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, USP – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo.

Stauffer, N. W. (2022), “Using nature’s structures in wooden buildings – A new approach enables architects to use discarded tree forks as load-bearing joints in their structures”, in *MIT News*, 09/03/2022. [Online] Available at: news.mit.edu/2022/using-natures-structures-wooden-buildings-0309 [Accessed 19 May 2023].

Printed in June 2023
by FOTOGRAF s.r.l.
viale delle Alpi n. 59 | 90144 Palermo | Italy