

ARTICLE INFO

Received 20 September 2024
Revised 15 October 2024
Accepted 17 October 2024
Published 30 December 2024

RIGENERAZIONE CLIMATICA GREEN DEGLI STREETSCAPES

L'esperienza di De Urbanisten ad Anversa

GREEN CLIMATE-ADAPTIVE STREETSCAPES REGENERATION

The De Urbanisten Experience in Antwerp

Marcello Corradi, Timo Stevens, Ina Macaione, Alessandro Raffa,
Bianca Andaloro

ABSTRACT

Il contributo si propone di esplorare il tema della complessità in architettura attraverso alcune delle sfide del nostro tempo. Riflettere sulla trans-disciplinarietà in architettura significa avventurarsi in territori incerti: l'architettura utilizza modalità ibride per comprendere la realtà, collegando conoscenze scientifiche e non, così come intuizioni teoriche e pratiche. L'articolo presenta una ricerca in corso sugli streetscape adattivi al clima e con soluzioni basate sulla natura applicata alla Città di Matera (IT), con un focus sul ruolo dei processi di rigenerazione urbana in cui la relazione tra progetto e ricerca è fondamentale. All'interno di questo quadro teorico e operativo il testo riflette sul contributo cruciale dello Studio di Architettura olandese De Urbanisten e sul relativo approccio alla complessità contemporanea, con particolare attenzione all'adattamento climatico e all'inclusività della natura, prendendo in esame l'esperienza progettuale del Waterplan per la Città Anversa (Belgio) e il progetto pilota che ne è seguito, Wapper, attualmente in fase di realizzazione.

The contribution aims to explore the theme of complexity in relation to some of the current and urgent challenges of our time. Reflecting on trans-disciplinarity in architecture means venturing into uncertain territory: architecture employs hybrid ways of understanding reality, bridging scientific and non-scientific knowledge, as well as theoretical and practical insights. The paper introduces an ongoing research about nature-based climate-adaptive streetscape applied in the City of Matera, focusing on the role of research-driven design processes in urban regeneration. Inside this theoretical and operational framework, the paper reflects upon the crucial contribution of the globally Dutch architectural Studio De Urbanisten and its spatial approach to contemporary complexity, with a focus on climate adaptation and nature inclusivity. In this regard, the paper discusses the ongoing Research by design experimentation for the Belgian City of Antwerp, which resulted in a global Masterplan and a pilot project currently under implementation.

KEYWORDS

architettura adattiva al clima, soluzioni basate sulla natura, streetscapes, rigenerazione urbana, De Urbanisten

climate-adaptive architecture, nature-based solutions, streetscapes, urban regeneration, De Urbanisten

Marcello Corradi, Landscape Designer, is a Member of De Urbanisten (The Netherlands) since 2019. E-mail: marcellocorradi@urbanisten.nl

Timo Stevens, Urban Designer, was a Member of De Urbanisten (The Netherlands) from 2015 to 2024. E-mail: timostevens@urbanisten.nl

Ina Macaione, Architect, is an Associate Professor at the Dipartimento per l'Innovazione Umanistica, Scientifica e Sociale, University of Basilicata (Italy). E-mail: ina.macaione@unibas.it

Alessandro Raffa, Architect PhD, is an Assistant Professor RTD A PON R&I FSE-REACT-EU at the Dipartimento per l'Innovazione Umanistica, Scientifica e Sociale, University of Basilicata (Italy). E-mail: alessandro.raffa@unibas.it

Bianca Andaloro, Architect and PhD, is a PNRR Tech4You Post-Doctoral Research Fellow at the Dipartimento per l'Innovazione Umanistica, Scientifica e Sociale of the University of Basilicata (Italy). E-mail: bianca.andaloro@unibas.it



La complessità della realtà (Heath-Carpentier, 2023; Prigogine, 1987), definita dall'interdipendenza dei sistemi e dei fenomeni (Yacov, 2018), richiede nuovi metodi e forme di conoscenza. L'architettura permette di collegare conoscenze scientifiche e non scientifiche, saperi teorici e pratici, fungendo da lente critica per comprendere e generare complessità. Tra le diverse incertezze contemporanee (Antonini, 2019), come il cambiamento climatico, gli approcci progettuali complessi, sistemici e transdisciplinari sono essenziali in quanto ridefiniscono il concetto di complessità attraverso quadri collaborativi multi-scalari e multi-temporali, basati su scenari e multi-stakeholders; al contempo la crescente consapevolezza dei rischi climatici ha trasformato la percezione del cambiamento climatico da disastro imminente a risorsa immaginativa che modella identità e possibilità future (Hulme, 2009; Losasso, 2016).

In tale ottica si colloca il presente articolo che illustra i risultati di una ricerca in corso incentrata sugli aspetti spaziali della rigenerazione basata sulla natura e adattiva al clima degli streetscape, rispetto al caso specifico della città di Matera (IT). Sviluppando una metodologia operativa e delle linee guida per ricercatori, progettisti e pianificatori, la ricerca affronta il tema della complessità intrinseca nella rigenerazione dei paesaggi stradali urbani. Nell'ambito della definizione di una metodologia operativa sperimentale un contributo significativo proviene dall'attività di ricerca attraverso il progetto condotta dallo Studio olandese De Urbanisten, e in particolare dal recente Piano per la Città di Anversa; inoltre attraverso l'approfondimento del progetto pilota Wapper, si evidenzia in che modo il progetto possa confrontarsi, trasformandola, con la dimensione spaziale della complessità contemporanea.

Pertanto il presente articolo intende inquadrare il tema della complessità nel progetto di rigenerazione urbana nell'attuale dibattito teorico e nelle pratiche urbane a livello mondiale, facendo riferimento alla letteratura sul complesso intreccio tra adattamento climatico, Nature-based Solution (NbS) e progettazione negli streetscapes urbani. Rispetto alla dimensione spaziale della rigenerazione urbana degli streetscape basati sulla natura e adattivi al clima, dall'analisi della letteratura si evidenziano alcuni gap di carattere teorico e operativo, rispetto ai quali l'articolo introduce una metodologia di ricerca e un approccio transdisciplinare che, attraverso intrecci tra ricerca e progetto, intende confrontarsi con la complessità del tema.

Viene quindi introdotto e discusso l'approccio alla ricerca progettuale di De Urbanisten, con particolare riferimento al Piano per la Città di Anversa e il suo streetscape-pilota Wapper e, infine, l'interpretazione critica del progetto rispetto alle finalità della ricerca in corso, che mira a evidenziare principi e procedure progettuali adottati dallo Studio olandese, a cui riferirsi per la complessità delle sfide e delle urgenze urbane della contemporaneità nel progetto di trasformazione della Città di Matera.

Transdisciplinarietà e Design Research per affrontare la complessità della rigenerazione basata sulla natura e adattativa al clima negli streetscapes: gap e metodologia di ricerca | Gli streetscape sono sistemi complessi (Mansouri and Matsumoto, 2009) – comprendono gli spazi della strada, i marciapiedi, le aree verdi, i sistemi di gestione delle acque, gli edifici e i servizi pubblici – e svolgo-

no un ruolo cruciale nel modellare le qualità ambientali, sociali ed estetiche delle città.

Negli ultimi anni la rigenerazione urbana green è divenuta più complessa (Green City Network, 2020), accogliendo la sfida del cambiamento climatico (Macaione, Raffa and Andaloro, 2024) ed elaborando strategie di mitigazione e adattamento (Raffa, 2023), anche attraverso approcci basati sulla natura. In tal senso l'integrazione di NbS (World Bank, 2021; European Commission, 2021) nel progetto di rigenerazione degli streetscape offre numerose opportunità per potenziare la resilienza climatica, migliorare la biodiversità, le connessioni ecologiche, il benessere delle persone e la qualità dello spazio (Andaloro, de Waal and Suurenbroek, 2022), ma pone anche delle sfide.

Le città pioniere nell'adattamento climatico hanno riconosciuto il potenziale della rigenerazione basata sulla natura e adattativa al clima degli streetscapes (Nature-based Climate-adaptive streetscape Regeneration – NBCASR): molte stanno sperimentando soluzioni pilota per trasformarli in nuovi spazi pubblici multifunzionali, come Los Angeles (Yu and O'Leary, 2024) e Groningen (van Driessche et alii, 2021). Nonostante ciò gli approcci settoriali esistenti, insieme al divario esistente tra politiche e implementazione (Rossi, 2019), non riescono a cogliere pienamente le complessità interdipendenti di questo fenomeno urbano globale; anche il Design Research è ad oggi piuttosto limitato e non riesce a sfruttare appieno il proprio potenziale per confrontarsi e ridefinire le complessità della NBCASR, in una prospettiva spaziale: la ricerca non riesce a innovare le pratiche progettuali consolidate, in particolare nei contesti urbani medi e piccoli, che spesso sono in ritardo nell'adozione di strategie di adattamento.

La ricerca in corso, che si nutre di due progetti finanziati dall'Unione Europea, cerca di affrontare questo problema attraverso l'approccio del Design-as-Search (Nijhuis and Bobbink, 2012), con l'obiettivo di innovare Design Research e pratiche progettuali consolidate. Attraverso la definizione di principi, procedure e strumenti orientati al progetto la ricerca si propone di sviluppare un approccio integrato per trasformare gli spazi infrastrutturali monofunzionali in ambienti urbani verdi e multifunzionali, capaci di adattarsi alle sfide del cambiamento climatico e di migliorare la resilienza e la qualità urbana. La ricerca ha inoltre sollevato una riflessione sul ruolo del Design-as-Search nella NBCASR e su come sfruttare il suo carattere transdisciplinare per affrontare la complessità (Salingaros, 2014; Herr, 2002), sia a livello teorico che applicativo.

Riflettere sulla transdisciplinarietà in architettura significa avventurarsi in un territorio incerto: implica riconsiderare il ruolo della disciplina nel presente, confrontarsi con la sua complessità intrinseca e interrogarsi su come affrontare gli intrecci complessi che caratterizzano la NBCASR. L'architettura impiega modalità ibride per comprendere la realtà, collegando conoscenze scientifiche e non scientifiche, teoriche e pratiche: il suo progetto è un atto critico orientato alla comprensione della complessità del fenomeno, contribuendo nel contempo a generare nuova complessità attraverso la sua dimensione trasformativa.

Nel contesto delle incertezze contemporanee, gli approcci progettuali complessi, sistemici e transdisciplinari sono essenziali per affrontare nuove e pressanti sfide (Vermeulen and Witjes, 2020). Ri-

conoscendo la complementarietà (Nicolescu, 2010) tra conoscenza disciplinare – l'architettura e le sue 'designerly way of knowing' (Cross, 2001; Findeli, 2005) – e transdisciplinarietà (Raffa, 2024; Doucet and Janssens, 2011), la ricerca in corso incorpora e adatta le caratteristiche della ricerca transdisciplinare (Lawrence and Després, 2004) per abbracciare la complessità della NBCASR (Tab. 1). L'approccio Design-as-Search mira inoltre a colmare il divario tra teorie e pratiche attuali (Hauberg, 2011; Schreurs and Martens, 2005; Frayling, 1993), al fine di migliorare entrambe. La metodologia di ricerca è strutturata in tre fasi integrate: 1) Research about Design; 2) Research-by-Design; 3) Research-driven Design.

La Research about Design ha due obiettivi principali: a) comprendere a fondo la NBCASR come fenomeno urbano complesso, analizzandone le caratteristiche e le interconnessioni multilivello, attraverso la raccolta di un ampio corpus di progetti, sia realizzati che non, su scala globale; b) definire una metodologia operativa, fatta di principi, procedure e strumenti progettuali possibili attraverso una literature review di framework progettuali esistenti (Furchtlehner, Lehner and Lika, 2022; Chanse et alii, 2021; Cabanek, Zingoni and Baro and Newman, 2020), report e documenti di città e Organizzazioni e analisi e confronto di una selezione di casi di studio, scelti tra i progetti precedentemente raccolti, in particolare tra Stati Uniti e Europa Centro-Settentrionale: tra questi il Piano per Antwerp e il progetto Wapper di De Urbanisten, oggetto della seconda parte di questo contributo.

La ricerca poi entra nella sua fase contestuale attraverso l'applicazione della metodologia operativa elaborata a partire dai processi deduttivi della fase di Research about Design.

La fase di Research-by-Design sfrutta la dimensione esplorativa del Design-as-Search, intrecciando ricerca e progetto per generare nuova conoscenza. Attraverso un approccio iterativo e di feedback multilivello questa fase mira a produrre soluzioni urbane innovative e desiderabili, piuttosto che sviluppi prevedibili ma meno favorevoli (de Jong, 1992). La fase di Research-by-Design si fonda su un processo iterativo basato sul trial-and-error, come opportunità per affrontare più efficacemente problemi complessi (Toeters et alii, 2012): essa mira a testare e perfezionare la metodologia operativa, applicandola negli streetscape della Città di Matera, eletta come prototipo sperimentale di città euro-mediterranea, alla scala di quartiere e urbana.

La scala del quartiere è cruciale per affrontare nello spazio le complesse interrelazioni tra cambiamento climatico, connettività ecologica e biodiversità, mobilità, benessere e salute, equità sociale e inclusività, e considerazioni energetiche. Gli streetscape sono analizzati per valutare vulnerabilità presenti e opportunità future, ma anche per immaginare potenziali trasformazioni spaziali che dialoghino con complessità localmente individuate e generino nuova complessità. Questa fase è cruciale per la definizione della metodologia operativa e contribuisce a costruire nuove conoscenze, di cui altri ricercatori delle discipline del progetto potranno beneficiare.

Infine la fase di Research-driven Design mira a supportare progettisti e Amministratori locali nello sviluppo di progetti di NBCASR, capaci di affrontare la complessità del contesto locale e generare soluzioni spaziali innovative. Le conoscenze accumulate nelle fasi precedenti verranno tradotte in esi-

ti progettuali (Roggema, 2017) e testate successivamente anche attraverso progetti pilota. Questa fase porterà alla definizione di linee guida operative che serviranno a trasformare gli streetscape di Matera in un sistema reticolare basato sulla natura, con l'obiettivo di rafforzare la resilienza climatica su scala urbana; inoltre potranno in futuro ispirare processi simili in altre città con caratteristiche analoghe.

Matera come prototipo sperimentale e il Piano di De Urbanisten per Anversa come modello | La

Città di Matera è stata selezionata come ologramma della complessità propria delle città euro-mediterranee di medie dimensioni in un clima che cambia e come prototipo in cui testare, nella fase di Research-by-Design e Research-driven-Design, rispettivamente la metodologia operativa, le strategie e le azioni spaziali nei suoi streetscape. Questa scelta deriva dalla mancanza di sperimentazioni NBCASR riscontrate nella letteratura, che coinvolgono streetscape urbani in ambito euro-mediterraneo. Oltre ai gap dimensionali e geografici evidenziati, la città pre-

senta caratteristiche intrinseche che consentono di affrontare, insieme ai caratteri di eccezionalità di città Patrimonio UNESCO e città-laboratorio del Moderno, una serie di tematiche ricorrenti in altri contesti urbani della regione euro-mediterranea, a partire dallo spazio infrastrutturale.

Matera rappresenta un caso rilevante per riflettere sulle NbS in un contesto euro-mediterraneo, grazie alla sua antica gestione sostenibile delle risorse idriche, caratterizzata dall'integrazione di sistemi artificiali e naturali (cisterne, canalizzazioni, ba-

Transdisciplinary characteristics to embrace complexity into the design research for Nature-based Climate Adaptive Streetscape's Regeneration

1 Understanding the actual world

Understanding a global phenomenon. The research recognizes the nature-based climate adaptive streetscapes' regeneration as a global urban phenomenon, expanding the analysis to case studies from different cultural, social and climatic contexts. The objective is to have a broad picture of current tendencies and future perspectives, capturing its complexity on a global scale. This understanding has also contributed to unveil present asymmetries, both of scale – medium and small size cities do not take advantage from this opportunity – and geographical – North Central Europe and US are leading compared to other areas, like the Mediterranean region, where only few cities are experimenting on this topic.

2 Tackle complexity in science and challenges knowledge fragmentation, dealing with research problems and organization that are defined from complex and heterogenous domains

Integrative approach. Integrating insights from various scientific disciplines such as ecology, climate science, environmental science, sociology, and engineering and non-scientific source of knowledge, i.e., local knowledge.

System thinking allows to frame streetscapes as complex systems with interconnected components. System Thinking helps in understanding how different elements (e.g., green, blue and grey infrastructure, public space, flows, climate, usage patterns) interact and affect one another, allowing for the development of adaptive strategies that consider these interactions.

Interdisciplinary collaboration and Knowledge synthesis. Bringing together experts from diverse fields in the different research phases ensures that fragmented knowledge is integrated into a cohesive design approach, bridging gaps between theoretical research and practical application. The design-as-search approach allow to synthesize information from various sources to create a unified and shared understanding to be translated into real world actions.

Framework Development. Integrate various strands of knowledge can help organize and apply research findings in a practical context. The framework provides a structured approach to addressing complex issues and aligning different research domains with design objectives.

Adaptive Research Processes & Feedback loops. The design-as-search process outputs (framework and guidelines) is conceived as flexible and adaptive to address the evolving nature of complex issue. This includes iterative cycles of design, testing, and refinement, where new insights lead to adjustments through and between the research phases. Implementing feedback mechanisms allows researchers and designers to continuously learn from their experiences and outcomes. This iterative approach helps in refining the framework and expand its adaptability and applicability to different contexts.

Stakeholders' engagement, including local communities, policymakers, and practitioners, helps in identifying and addressing research problems from multiple perspectives. Their input had ensured that the research is relevant and applicable to real-world challenges.

3 Modes of Knowledge characterized by hybrid nature, non-linearity and reflexivity

Integrating different modes, quantitative and qualitative, i.e, on-site explorations, literature review, analytical-comparative process, participatory approaches, cross-disciplinary workshops, and reflexive modes, i.e., critical reflection and iterative feedback loops is critical to address the complexity of the phenomenon.

4 Accept local contexts and uncertainty

Context. The complexity of nature-based climate adaptive streetscape regeneration arises from the need to harmonize multiple elements, competences and approaches. Effective design research must also be sensitive to local contexts. This means recognizing and incorporating the unique environmental, cultural, and socio-economic characteristics of a specific area. By tailoring solutions to local conditions which at the same time have a multi-scalar, multi-temporal and shaded among the stakeholders involved, researchers and designers can create more relevant and impactful regeneration strategies that address the specific needs and opportunities of the community inside the city.

Uncertainty is an inherent part of designing for climate adaptation, as future climate conditions and their impacts can be unpredictable. Design research must embrace this uncertainty by adopting flexible and adaptive strategies that can be adjusted as new information and conditions emerge.

5 Includes the practical reasoning of individuals with the constraining and affording nature of social, organizational contexts

Practical reasoning. This involves understanding how individuals – designers, planners, community members, or policymakers – make decisions based on their practical experiences, knowledge, and objectives. Their reasoning processes shape how design solutions are conceived and implemented, reflecting their needs, priorities, and interactions with the environment.

Social and organizational contexts. Social factors, such as community values, social norms, and stakeholder interests, influence the design process, both as constrain (e.g., resistance to change) or afford (e.g., support and collaboration). Organizational context: Organizational structures and processes impact how design research is and applied. Constraints may include limited resources or bureaucratic hurdles, expertise, funding, or institutional support.

6 Close and continuous collaboration between actors during all phases of the research

Collaborative decision-making leverages the strengths and insights of multiple stakeholders – urban planners, landscape architects, environmental scientists, local communities, policymakers, and engineers – leading to more informed, balanced, and context-sensitive outcomes. This collective approach also reduces the risk of knowledge fragmentation and increases the likelihood of developing comprehensive, resilient, and adaptable streetscape regeneration solutions.

Co-creation. Engaging stakeholders in all phases – from problem identification to design development, implementation, and evaluation – facilitates co-creation and shared ownership of the solutions. This collaborative approach helps to align goals, build trust, and foster commitment among all parties.

7 Oriented towards action, making linkage not only across disciplinary boundaries but also between theoretical development and professional practices

By **bridging different disciplines, theory and practices** the research elaborate an operational framework which define principles and procedures which is foundational to frame, understand and manage from a design perspective the complexity of nature-based climate adaptive streetscapes regeneration. Alongside the framework, specific guidelines are developed to support practitioners in applying the research findings to real-world projects.

cini di raccolta, orti giardino, ecc.) che hanno dato forma all'ecosistema dei Sassi, al suo spazio aperto, comprese le strade e il costruito. La rilevanza del caso studio è anche legata alla sua rifondazione moderna che nel Piano di Piccinato (1953-1956) ha previsto un'infrastruttura verde pensata come armatura pubblica della nuova espansione – caratterizzata da parchi e fasce verdi, giardini e orti, viali alberati – progressivamente erosa da processi di artificializzazione e impermeabilizzazione delle nuove espansioni dentro e ai margini della città moderna.

Le espansioni recenti si caratterizzano per un sovradimensionamento di spazi infrastrutturali impermeabili e un sottodimensionamento di spazio verde pubblico di qualità; le trasformazioni dell'ultimo secolo rendono già oggi la città più vulnerabile agli effetti di precipitazioni intense e concentrate, periodi prolungati di siccità e ondate di calore. Le progressive impermeabilizzazioni dei suoli e artificializzazioni della topografia, oltre a provocare allagamenti nella parte moderna e contemporanea, trasformano le strade del nucleo storico in 'torrenti', con impatti negativi sull'economia, sull'ambiente, sulla sicurezza e sulla salute pubblica.

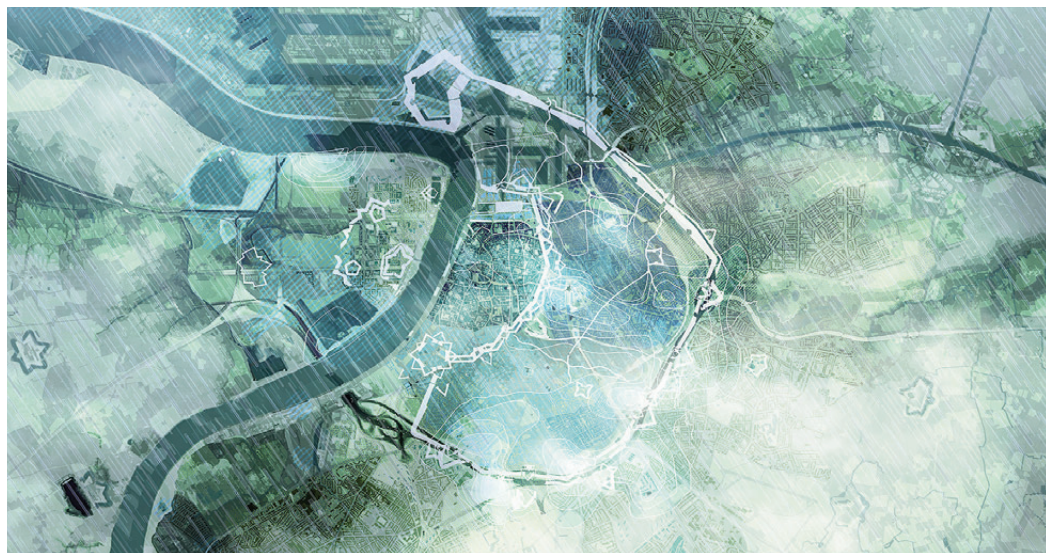
Queste riflessioni hanno informato la parte applicativa della ricerca, nella quale il reticolo urbano di spazi infrastrutturali della città viene prefigurato come parte della sua infrastruttura ecologica¹, in cui nuove nature urbane diventano occasione per moltiplicare lo spazio pubblico (De Capua and Errante, 2019), per contribuire a una gestione sostenibile della risorsa idrica (sia per la raccolta che per il deflusso delle acque) e migliorare la qualità urbana. In una prima fase si è scelto di agire sugli street-scapes alla scala di quartiere della parte moderna e contemporanea della città, dove sono stati individuati gli ambiti più vulnerabili da attenzionare prioritariamente, individuati con l'idea in futuro di estendere la sperimentazione a tutto il corpo urbano.

Nella fase di Research-about-Design si è quindi guardato a esperienze e progetti di NBCASR che potessero informare, da un punto di vista metodologico-operativo e strategico, le fasi successive di ricerca sulla Città di Matera, e tra questi il Piano di De Urbanisten per Anversa. Le due città, pur nelle diversità geografiche, economiche, storiche e sociali, presentano alcune analogie: entrambe, prima dell'avvento della Modernità, sono state plasmate sull'uso sostenibile della risorsa idrica. Il sistema dei Sassi ha tra le motivazioni d'iscrizione nell'elenco

del Patrimonio Mondiale dell'Umanità proprio quella gestione sostenibile dell'acqua che ha plasmato il suo antico abitato, tra spazio aperto e costruito, in un continuo sconfinamento tra natura e artificio, anche attraverso l'implementazione di soluzioni oggi identificabili come NbS. In particolare strade e spazi pubblici della città antica, ma anche la morfologia degli edifici, erano parte di un sistema articolato di raccolta delle acque, all'interno di un contesto dove tale risorsa era scarsa. Inoltre le due città hanno visto progressivamente marginalizzare il ruolo del

la propria rete idrografica, naturale e artificiale, ed erodere gli spazi verdi attraverso una impermeabilizzazione incontrollata, compromettendo la resilienza urbana agli effetti del cambiamento climatico e, in certi casi, anche la qualità degli spazi urbani. Entrambe affrontano oggi gli effetti, seppur con intensità diverse, dei cambiamenti dei pattern di precipitazioni, sempre più concentrate e violente, e ondate di calore che si espandono nel tempo.

Il Piano di De Urbanisten per Anversa, nel solco di un'attività di ricerca attraverso il progetto carat-



bad sanitation and hygiene caused the outbreak of a cholera epidemic

Because of this the municipality decided on covering of the canals in the historical

Today the "Ruien" are still covered and invisible in the historical city centre

Previous page

Tab. 1 | Characters of a transdisciplinary research embedded into Nature-based Climate-adaptive Streetscape Regeneration design research (source: Lawrence and Després, 2004; adapted by A. Raffa, 2024).

Fig. 1 | Antwerp Waterplan, General Plan of the City of Antwerp (credit: De Urbanisten, 2019).

Fig. 2 | Significant steps in the historical evolution of the Ruien in Antwerp Waterplan (credit: De Urbanisten, 2019).

Fig. 3 | Damages in Antwerp Berchem after a storm in 2016 (source: dederactie.be; credit: De Urbanisten, 2019).



teristica dello Studio olandese in cui la gestione della variabilità odierna delle precipitazioni diventa occasione di miglioramento della qualità urbana, rappresenta una coraggiosa e innovativa proposta per affrontare le sfide del cambiamento climatico in maniera proattiva, in particolare la gestione sostenibile della risorsa idrica, come opportunità di rigenerazione dello spazio pubblico e degli streetscapes urbani, esplorando le intersezioni complesse tra storia, natura, cultura e dinamiche contemporanee. La logica che permea il Piano, i metodi e le procedure impiegate, così come i progetti pilota alla scala di quartiere, rappresentano un modello possibile di NBCASR che ha contribuito a informare la strutturazione della metodologia operativa, nella fase di Research about Design, e le procedure messe in campo in quella di Research-by-Design.

La complessità nella visione progettuale di De Urbanisten per Anversa | Il concetto di complessità, per il quale vari ambiti, scale e questioni progettuali convergono verso un obiettivo condiviso, è centrale nel lavoro dello Studio di Architettura olandese De Urbanisten. Fondato nel 2009 da Florian Boer e Dirk van Peijpe, lo Studio integra conoscenze di ecologia e adattamento climatico allo studio di fenomeni urbani, sociali, climatici e culturali, interrogandosi sulle opportunità che possono scaturire dall'interazione delle questioni climatiche nel progetto di architettura alle diverse scale.

A partire già dai primi progetti che hanno reso maggiormente noto lo Studio, come la Piazza Benthemplein (2009), passando per il Zomerhofkwartier (2014-2017) fino al più recente progetto per il Hofbogenpark (2023), il progetto architettonico, urbano e di paesaggio si confronta con un determinante approccio di Research-by-Design, che integra l'attenzione per la ricerca alla produzione urbana. In particolare, il rapporto del progetto con le infrastrutture naturali verdi e blu è particolarmente ricercato e integrato nella progettazione; in questo quadro lo Studio ricerca anche una continua collaborazione con le comunità locali e i Comuni, definendo visioni di sviluppo urbano a breve e a lungo termine, come nel caso del Waterplan di Anversa (Fig. 1), adottato dalla Municipalità nel 2019.

La Città di Anversa, situata lungo l'estuario del fiume Schelda, ha una storia complessa profondamente legata all'acqua: la sua posizione strategica sul fiume ha favorito la crescita di un porto medievale in un vivace centro urbano, rendendolo un importante polo economico europeo. Storicamente la città era attraversata da piccoli corsi d'acqua, tra cui i Ruien, per il trasporto e il drenaggio che, con la modernizzazione della città nel corso del XIX e del XX secolo (Fig. 2), sono stati coperti e integrati nel sistema fognario. Il passaggio da una città centrata sull'acqua a una città minerale ha emarginato i suoi sistemi idrologici naturali: la costruzione urbana densa ha coperto corsi d'acqua e spazi verdi, riducen-

do la resilienza dell'ecosistema cittadino e la capacità di adattarsi ai cambiamenti climatici (Boer et alii, 2019a).

Negli ultimi anni gli effetti del cambiamento climatico, e in particolar modo i frequenti e intensi eventi di pioggia, hanno messo sotto pressione il vecchio sistema fognario, causando inondazioni urbane e problemi di circolazione (Figg. 3, 4); inoltre il rapido drenaggio durante le forti piogge e i prolungati periodi di siccità hanno evidenziato la necessità di una strategia di gestione dell'acqua adattiva al clima (Boer et alii, 2019a).

Avviato nel 2018 dal Comune di Anversa, il Waterplan di De Urbanisten mira a rispondere alle esigenze a breve e lungo termine della città sulla gestione dell'acqua, trasformando Anversa in una 'watersensitieve stad' ('città sensibile all'acqua'; Boer et alii, 2019a) attraverso il suo storico rapporto fisico e visivo con l'elemento naturale dell'acqua: anziché limitarsi a risolvere le questioni legate alla gestione dell'acqua da un punto di vista esclusivamente infrastrutturale, si propone di integrare l'acqua nel tessuto urbano come elemento vivente. Un tale obiettivo implica un cambiamento cruciale nella gestione del progetto, passando da soluzioni esclusivamente tecniche a un approccio più complesso, olistico e integrato, che tiene in considerazione anche le dimensioni sociali, ecologiche e spaziali della gestione dell'acqua stessa.

Il Waterplan di Anversa sviluppa una metodologia che pondera le esigenze attuali della città, il contesto storico e le sfide future, definendo tre 'città dell'acqua' (Fig. 5): 1) la Città dell'Acqua Artificiale, che include il moderno sistema fognario e l'infrastruttura tecnica, attualmente sotto pressione a causa delle sfide climatiche; 2) la Città dell'Acqua Nascosta, che rappresenta le strutture idriche storiche come i Ruien, ora coperte ma con potenziale non sfruttato per la gestione dell'acqua; 3) la Città dell'Acqua Naturale, che comprende l'idrologia naturale dell'area, la topografia e le acque sotterranee. Il Piano mira ad armonizzare questi elementi per una gestione sostenibile dell'acqua, assicurando che i sistemi artificiali siano supportati da elementi storici e naturali (Boer et alii, 2019a).

Dall'intreccio di questi tre sistemi è possibile definire una strategia di adattamento climatico per le diverse aree del territorio: con il supporto delle iniziali fasi di analisi il Piano sviluppa undici tipologie di città dell'acqua, basate sulle caratteristiche spaziali del tessuto urbano di Anversa² (Fig. 6). Per ciascu-

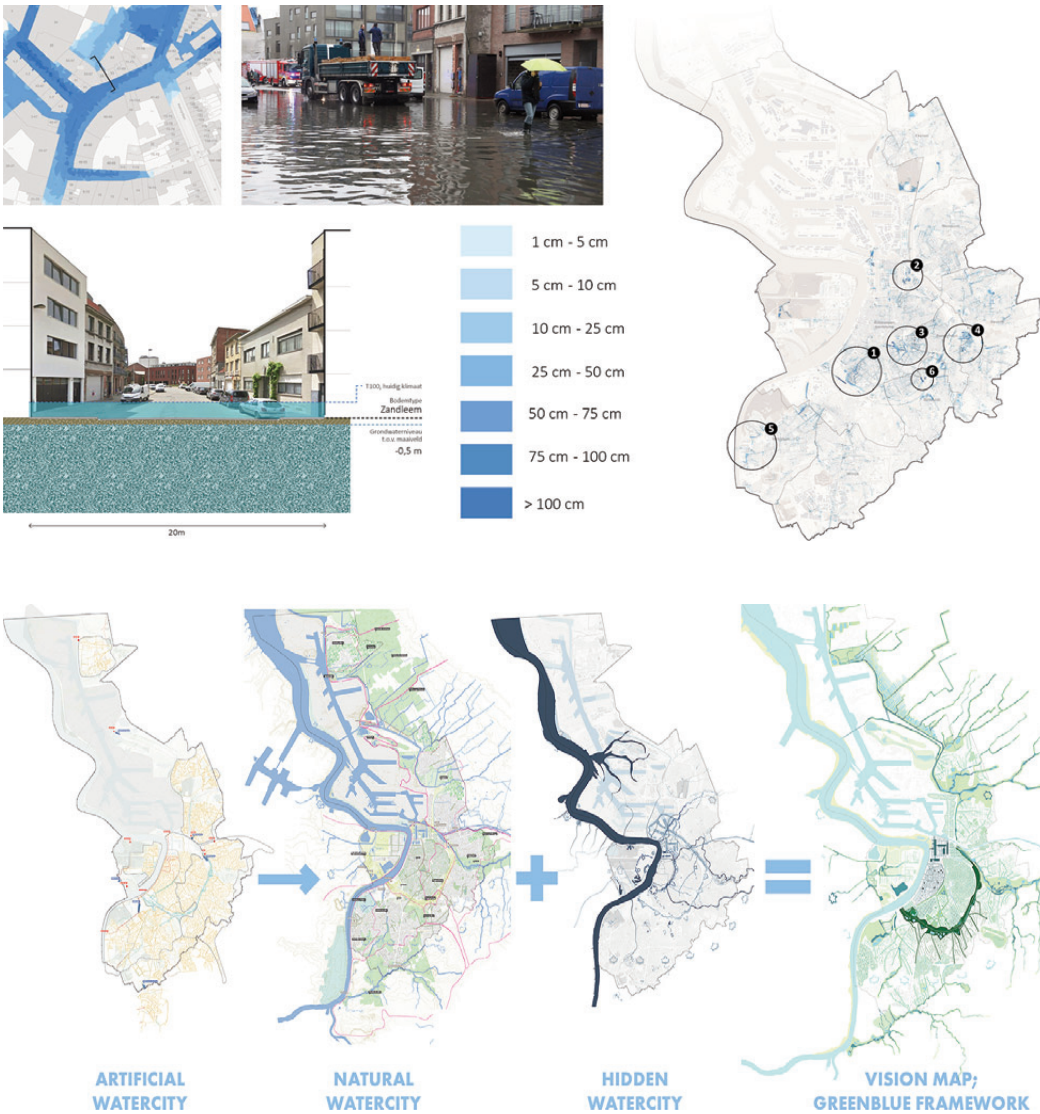


Fig. 4 | Detailed water model for problematic areas in case of extreme rain in Antwerp Waterplan, developed by De Urbanisten (credit: De Urbanisten, 2019).

Fig. 5 | Antwerp Waterplan, ambitions of the Plan and representation of the three cities: the Artificial Watercity, the Natural Watercity, and the Hidden Watercity (credit: De Urbanisten, 2019).

Next page

Fig. 6 | Overview of the eleven different typologies of the Watercity in Antwerp Waterplan (credit: De Urbanisten, 2019).

Fig. 7 | Example of the methodology structure for rainwater cascade and watercourses in Antwerp Waterplan (credit: De Urbanisten, 2019).

Fig. 8 | Antwerp Plan for integrating the green and blue framework in Antwerp Waterplan (credit: De Urbanisten, 2019).

na tipologia, si propongono specifiche strategie di gestione della risorsa idrica, relative anche alle necessità e alle opportunità del luogo (Fig. 7); il Piano include inoltre un Framework urbano verde-blu, per integrare spazi verdi e corpi d'acqua in una rete a supporto della biodiversità, con l'obiettivo di creare opportunità ricreative e migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici (Fig. 8). Infine il Waterplan sviluppa tre progetti pilota, concepiti per testare e affinare le metodologie proposte su scala ridotta: si tratta di laboratori di innovazione, che declinano il nuovo concetto di sensibilità all'acqua e creano soluzioni possibili per una gestione controllata e misurabile; tra i tre progetti vi è il Wapper³, che il Comune ha scelto per il successivo sviluppo.

Situata nel cuore di Anversa, Wapper è uno streetscape storico che sorge sopra una sezione dei Ruien, e ospita attività commerciali, ricreative e residenziali (Figg. 9, 10). L'obiettivo del progetto pilota del Waterplan era (ri)utilizzare l'acqua dei Ruien come elemento visibile e interattivo dello spazio pubblico; il progetto, approvato dal Comune nell'estate 2024 e attualmente in fase di ulteriore definizione, prevede un sistema di superficie articolato in tre sezioni, ciascuna relativa a diversi tipi di elementi naturali.

L'elemento d'acqua visibile in superficie è suddiviso in tre zone distinte, ognuna delle quali capace di offrire un'esperienza diversa ai visitatori (Fig. 11): 1) la prima zona, sul lato Meir della piazza, è carat-

terizzata da fontane ludiche che spruzzano acqua seguendo diversi pattern e formando una sagoma visibile dei Ruien sottostanti (l'area è progettata per essere facilmente accessibile ai passanti, in particolare ai bambini, che possono interagire con l'acqua e godere dei suoi effetti rinfrescanti durante i mesi estivi); 2) la seconda zona, situata al centro della piazza, presenta un corso d'acqua che guida l'acqua purificata dal biofiltro verso il Meir; 3) la terza zona, situata sul lato Hopland della piazza, è dedicata alla purificazione delle acque piovane (l'acqua viene pompata dai Ruien e filtrata attraverso la vegetazione, creando uno spazio verde che valorizza l'elemento naturale della piazza).

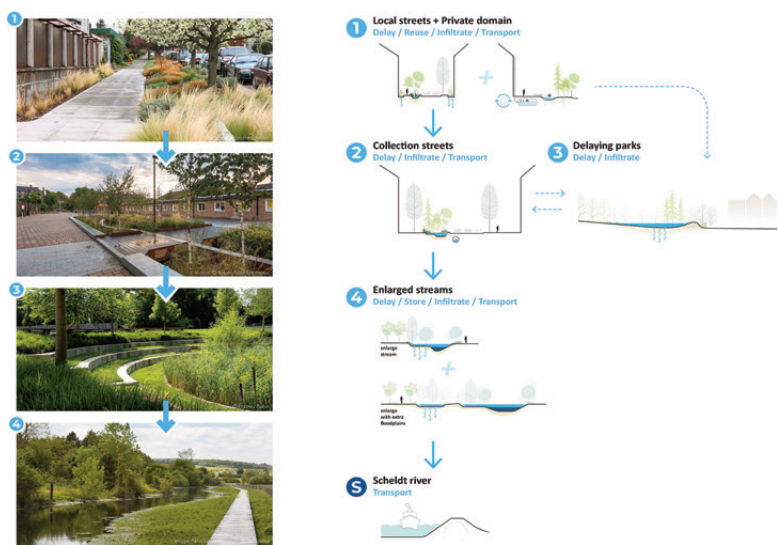
Attraverso le tre zone, il progetto crea un sistema a circuito chiuso in cui l'acqua piovana proveniente dagli edifici circostanti e dalle aree pavimentate viene raccolta, filtrata e riutilizzata all'interno della piazza. Anche la sezione sotterranea dei Ruien viene utilizzata come serbatoio per immagazzinare l'acqua piovana, che viene poi monitorata per garantire la qualità, filtrata attraverso un biofiltro e pompata in superficie anche per la fontana. Questo sistema non solo riduce la domanda sull'approvvigionamento di acqua potabile della città, ma garantisce che sia disponibile durante i periodi di siccità. Il progetto prevede anche un sistema di gestione dell'acqua in eccesso durante forti piogge che ne prevede il deflusso nei Ruien tramite un sistema di sovrappieno (Fig. 12).

Rendendo l'acqua visibile e tangibile nel cuore della città il progetto mira inoltre a favorire una connessione profonda con residenti e passanti, recuperando la relazione storica della città con l'acqua. Con la crescita e l'evoluzione continua della città, progetti per streetscape come Wapper rivestono un ruolo fondamentale nel modellare il futuro della città, contribuendo a definire il futuro sostenibile e vivibile della città di Anversa.

Interpretare la complessità progettuale attraverso il framework di ricerca | Il progetto Wapper è una componente cruciale nell'ambizioso Piano di sviluppo del Waterplan di Anversa, che mira a definire una integrazione equilibrata tra i sistemi idrici artificiali e quelli nascosti e naturali della città. Il progetto pertanto permette una riflessione sulla necessità di ripensare il modo di progettare la transizione climatica e ambientale. Combinando la trasformazione dello spazio pubblico con i modelli di gestione dell'acqua, e attraverso il supporto, lungo tutte le fasi, dei dati relativi ai cambiamenti climatici locali (in particolare riguardo allo stress da calore, alle inondazioni e alla siccità), lo Studio olandese ha sviluppato una soluzione capace di considerare anche gli aspetti sociali e ambientali della rigenerazione urbana.

Inoltre come progetto pilota del Waterplan di Anversa, il Wapper permette di delineare altri due obiettivi di trasformazione: da un lato dimostrare la

Overview of the 11 different water city typologies



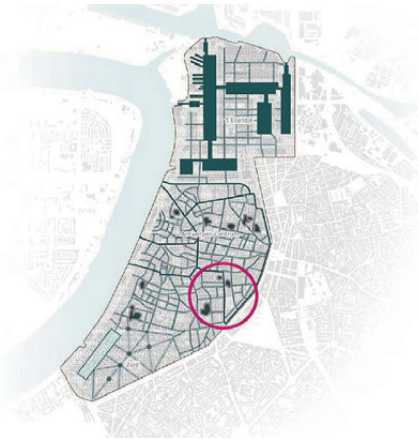


Fig. 9 | The Wapper: the City of Antwerp's site Plan and the localisation of the project site in the Antwerp Waterplan (credit: De Urbanisten, 2019).



Fig. 10 | The Wapper: current state of the site (credit: De Urbanisten, 2019).

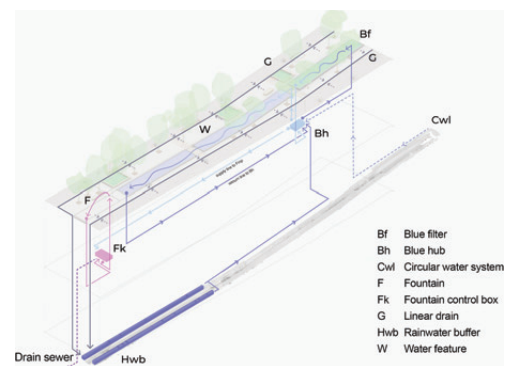
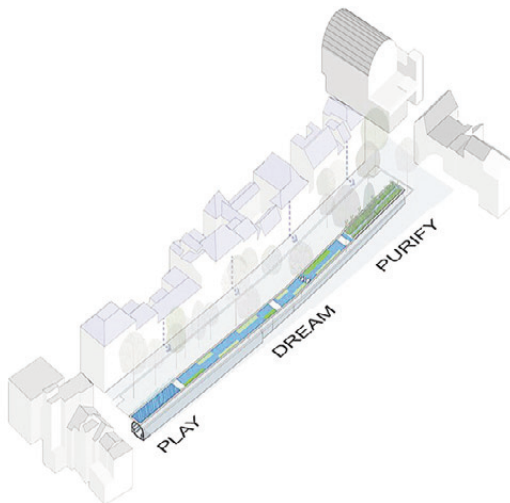
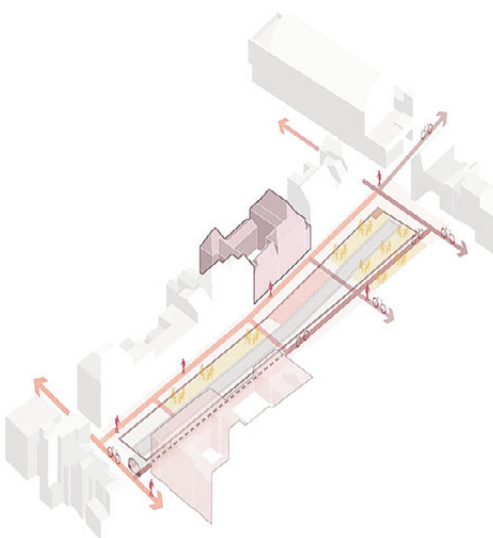


Fig. 11 | The Wapper: axonometries show the pedestrian and cycle flows in the public spaces and the water management in the three-part project (credit: De Urbanisten, 2024).

Fig. 12 | The Wapper: schematic axonometry of integrating the water management system in the public space design (credit: De Urbanisten, 2024).

fattibilità dei progetti per streetscape climatico-adattivi basati sulla natura come trasformazioni spaziali che integrano questioni tecniche nella definizione dello spazio, dall'altro dimostrare la possibilità di adattare, scalandolo, l'approccio del Waterplan in diversi luoghi. Utilizzando il framework operativo di ricerca precedentemente introdotto si possono delineare in Wapper alcuni caratteri progettuali specifici e ricorrenti nella progettazione NBCARS: interdisciplinarietà, inter-scalarità, multi-temporalità e multi-soggetto definiscono la peculiarità della resilienza adattiva urbana, esplicitando la complessità delle materie e dei soggetti coinvolti nelle diverse fasi del processo progettuale (Macaione, Raffa and Andaloro, 2024). La coesistenza di questi caratteri rende evidente la complessità intrinseca del progetto, rivelando un cambiamento di paradigma nel modo di concepire, sviluppare e costruire il progetto per lo spazio pubblico contemporaneo (Tab. 2): in particolare, come mostrato in Figura 13, si possono trarre le riflessioni che seguono.

Rispetto alla interdisciplinarietà, il progetto Wapper beneficia dell'impalcato teorico del Waterplan di Anversa, sostenuto da diversi esperti collaboranti nella definizione dell'intero sistema complesso del tessuto urbano (Background, Knowledge). Inoltre il progetto risponde alle previsioni climatiche rela-

tive al cambiamento di specifici parametri nei prossimi cento anni (Background), e queste informazioni influenzano la modellazione dello spazio stesso. Infine non solo il Wapper risponde ai bisogni della popolazione di Anversa, ma contribuisce anche al benessere di diversi ecosistemi naturali e animali (Trans-specist).

L'inter-scalarità è visibile nella relazione tra il Waterplan di Anversa e il progetto Wapper, e in particolare negli obiettivi e nelle visioni che delineano Anversa come una città sensibile all'acqua (Coexistence): sviluppando ulteriormente il Wapper come progetto pilota lo Studio olandese dimostra la replicabilità dell'approccio, così come la possibilità di ampliarlo in luoghi diversi. Inoltre sia il Wapper che il Waterplan di Anversa si relazionano all'interno della complessa programmazione dei Piani e Programmi del Comune di Anversa rispetto al tema delle future transizioni. Negli ultimi anni infatti, in risposta al European Water Framework Directive (European Union, 2000), è stato formulato l'Integrated Water Policy Decree (CIW, n.d.) per le Fiandre, e successivamente, il Green Plan (Stad Antwerpen, 2023) sul futuro delle infrastrutture verdi della città.

A una scala diversa invece il Rainwater Plan (Water-link, n.d.) esplora la sicurezza idrica in caso di inondazioni, supportando la ricerca del Waterplan.

In aggiunta, il Lively Landscape (Levendig Landschap; Stad Antwerpen, n.d.) mira a creare una robusta struttura verde urbana attraverso cinque Superparchi, mentre il report Giving Space to the City of Tomorrow (Ruimte geven aan de stad van morgen; Apostel et alii, 2018) ha fornito la base per lo Strategic Spatial Structure Plan, sviluppato a partire dal 2019. Infine è utile ricordare lo Urban Development in Antwerp, il Piano della città sviluppato dalla Municipalità insieme agli architetti italiani Bernardo Secchi e Paola Viganò (2009; Lorquet, 2012), in cui l'idea della Città Aperta ha supportato lo sviluppo di una città sostenibile, vivibile e resiliente in cui spazi pubblici, aree verdi e sistemi idrici possono essere collegati all'interno di un tessuto urbano coeso (Fini and Pezzoni, 2011).

In termini di multi-temporalità lo sviluppo del Wapper, come progetto streetscape-pilota del Waterplan, supporta la creazione di immaginari significativi per la città e per l'impatto che una tale trasformazione possa avere sulla sua vita quotidiana. Questo mostra l'importanza di procedere attraverso un processo composto da diverse fasi, nelle quali diversi stakeholder possono apportare nuovi e diversi stimoli allo sviluppo del progetto. Pensato per far parte della vita quotidiana della popolazione di Anversa, il Wapper sarà accessibile ogni gior-

	Parameter	Description
Inter-disciplinarity	Background	The project is based on pieces of knowledge which belongs to other disciplines
	Knowledge	The project benefits from knowledge related to different fields
	Co-working	The project is developed with the collaboration of experts from different knowledge fields
	Trans-specist	The project takes into account the needs of other-than-human subjects
Inter-scalarity	Coexistence	The project results in a complex combination of (design) scales
	Pilot project	The project is designed as a pilot case of a bigger (development) project or programme
	Up-scaling	The project is designed in a way that allows for its upscaling process
	Interoperability	The spatial devices of the smaller scales are deeply interrelated with the larger scales
	Replicability	The project is designed or built in a way that can be replicated in analogous circumstances or environments
	Modularity	The project is designed or built in a modular way
	Digital network	The project benefits from a digital layer of relations and knowledge (digital twin, generative approach, real-time sensors, monitoring, adaptive devices, etc.)
Multi-temporality	Phases	The project is developed through phases, related to its design, implementation or realisation
	Scenario-based design	The project is developed by taking into account scenarios of transformations
	Time flexibility	The project embeds many and different temporalities, allowing for a continuous fruition (24/7)
	Adaptability	The project relates to the rhythm of the city and its inhabitants, adapting its fruitions to the changing of the time and of times
Multi-subject	Stakeholders	The project involves, at the different stages, multiple types of stakeholders
	Community understanding	Possibility of engaging the community in the process of understanding their needs
	Participation	Participation of the community in the design phase, together with the design firms in charge
	Community engagement	Public presentations of the work with the community, and (co-)stewardship of the public spaces
	Public subjects	The project benefits from the presence of public institutions
	Private subjects	The project benefits from the presence of the private sector

Tab. 2 | Design characters of Nature-based Climate-adaptive streetscapes within the Research Framework (credit: B. Andaloro, 2024).

no per tutto il giorno (time flexibility), permettendo un uso libero degli spazi (Fig. 14). Infine il progetto è profondamente elaborato a partire dalla definizione di scenari di trasformazioni, che considerano il cambiamento di determinate caratteristiche del luogo nel tempo, come l'aumento della temperatura (e il conseguente cambiamento del tasso di evaporazione), il tasso di precipitazioni o il tempo di deflusso delle acque.

Il carattere multi-soggetto è implicito nella presenza dei molteplici stakeholder coinvolti: commissionato dal Comune di Anversa, insieme al maggiore fornitore di acqua delle Fiandre Waterlink e alla società di trattamento delle acque reflue Waterfin, il progetto Wapper è sviluppato da De Urbanisten in collaborazione con OMGEVING e D+A Consult (Private and Public sector). L'eterogeneità degli stakeholder coinvolti contribuisce alla complessità del progetto, rivelando il suo potenziale come catalizzatore della rigenerazione urbana, e già durante lo sviluppo del Waterplan sono state promosse numerose attività di coinvolgimento e partecipazione delle comunità.

Riconoscendo che gli interventi top-down non possono essere sufficienti per affrontare le sfide complesse della gestione delle acque urbane (Boer et alii, 2019b), il Piano sostiene un approccio parteci-

pativo in particolar modo riferito alla comprensione delle esigenze locali e la condivisione di alcune scelte progettuali (Community understanding, Participation, Community engagement; Fig. 15). Organizzando incontri, esposizioni e workshop collaborativi, De Urbanisten ha contribuito a sensibilizzare sul tema dell'acqua in città, incoraggiando i cittadini verso il tema dell'adattamento climatico e dell'inclusività della natura.

L'intreccio di questi caratteri contribuisce a mostrare le diverse sfaccettature del processo di rigenerazione urbana, evidenziando il ruolo complesso del progetto di architettura nell'accogliere i molteplici aspetti della composizione dello spazio. Sviluppando un approccio adattivo al clima e basato sulla natura, lo streetscape di Wapper suggerisce un forte interesse delle comunità locali e della Municipalità verso una rigenerazione urbana vivibile, sostenibile e verde della città, con attenzione alle sfide e alle esigenze globali (Fig. 16).

Conclusioni | La natura intricata della realtà, caratterizzata dall'interdipendenza tra sistemi e fenomeni, richiede l'adozione di nuove metodologie ed epistemologie; fare leva sulla dimensione transdisciplinare dell'architettura significa riconsiderare la disciplina all'interno di un contesto globale comples-

so, affrontando nel contempo anche le sfide locali. Nella NBCASR, l'approccio transdisciplinare risulta dunque fondamentale, beneficiando della multi-scalarietà dei processi progettuali coinvolti.

Nel quadro delle ricerche sulla rigenerazione urbana degli streetscape, rispetto alla quale sono stati individuati gap in letteratura relativi alla insufficiente integrazione di approcci progettuali basati sulla trasformazione fisica dello spazio urbano e sociale, si ritiene che il caso di Anversa possa costituire un modello da cui astrarre elementi invariati del progetto adattivo al clima e basato sulla natura. In particolare, sebbene il Waterplan esprima le potenzialità e le necessità di uno specifico territorio, è possibile considerare la metodologia di ricerca (e di progetto) proposta e attuata esemplare e replicabile. Il processo sviluppato da De Urbanisten è infatti iterativo, multi-scalare e multi-disciplinare, capace di supportare lo sviluppo di una visione futura e resiliente per la città; è inoltre un modello che propone la scomposizione di tutti gli elementi della città, dalle infrastrutture (grigie, verdi e blu) alle materie (naturali e artificiali), fino al suo Patrimonio (culturale, materiale e immateriale). Nella scomposizione, e successiva ricomposizione ragionata, il Waterplan individua il potenziale di trasformazione del territorio, fino alla piccola scala dello streetscape.

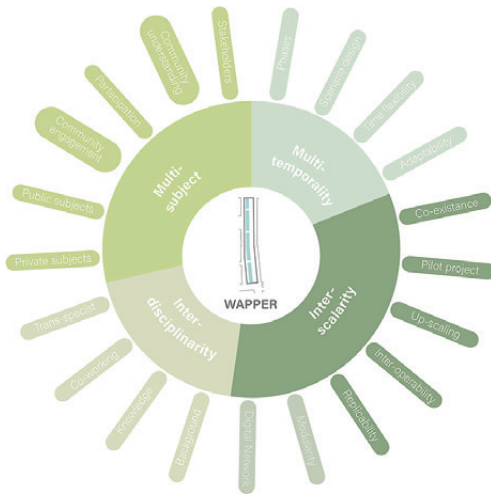


Fig. 13 | The Wapper: synthetic elaboration of the design characters of the project Wapper (credit: B. Andaloro and A. Raffa, 2024).

Il Waterplan ribadisce inoltre la necessità dell'integrazione delle questioni climatiche nel progetto di architettura alle diverse scale, rendendo le criticità delle opportunità per la trasformazione fisica dello spazio urbano, attraverso gli streetscape. Infine l'attenzione per la scala del quartiere, attraverso la quale gli streetscape sono sviluppati nelle loro specificità locali, contribuisce a rendere il Waterplan anche uno strumento guida per l'attuazione di NBCASR a supporto delle municipalità.

Questi tratti invariati del progetto, che trovano riscontro nel progetto pilota dello streetscape di Wapper, permettono di delineare le necessarie indicazioni meta-progettuali per casi studio relativi a quelle città che devono rispondere alle sfide climatiche, contribuendo a un futuro urbano più sostenibile e resiliente.

Nell'abito della ricerca sugli streetscape adattivi al clima e basati sulla natura, che vede come caso applicativo la Città di Matera, si evidenzia la necessità di ripensare gli strumenti della progettazione architettonica e urbana, proprio a partire dalla complessità del tema. L'emergenza climatica, che l'area mediterranea sta affrontando, costituisce infatti una forte opportunità per sviluppare scenari di trasformazione adattivi al clima e basati sulla natura. In questo modo si ritiene possibile sviluppare soluzioni progettuali per una rigenerazione urbana degli streetscape, proprio a partire dalle indicazioni processuali e progettuali dei modelli di riferimento. L'approccio del Waterplan, insieme ai metodi e alle procedure adottati, così come alla presenza di progetti pilota a scala di quartiere, costituiscono un modello potenziale di NBCASR che ha fornito un contributo significativo alla definizione della metodologia operativa.

In conclusione, l'approccio Design-as-Search di De Urbanisten sottolinea l'importanza di un processo iterativo che bilanci la dimensione multilivello degli spazi pubblici, nella città storica, moderna e contemporanea. La strategia, sensibile al contesto e adattabile alle incertezze future, valorizza gli ecosistemi e promuove l'equità sociale, favorendo il coinvolgimento della comunità. In questo modo si ritiene cruciale evidenziare la necessità di colmare il divario tra conoscenze scientifiche e non, teorie e pratiche per sviluppare una metodologia operativa flessibile e adattiva e proporre una riflessione sulla ri-

cerca architettonica che si confronta con la complessità, attraverso metodologie transdisciplinari e design-based più performanti.

The complexity of reality (Heath-Carpentier, 2023; Prigogine, 1987), defined by the interdependence of systems and phenomena (Yacov, 2018), demands new methods and knowledge forms. Architecture bridges scientific, non-scientific knowledge, and theoretical-practical insights, acting as a critical lens to understand and generate complexity. Among contemporary uncertainties (Antonini, 2019), i.e., climate change, complex, systemic, and transdisciplinary design approaches are crucial. These approaches have reshaped the concept of complexity through multi-scalar, multi-temporal, scenario-based, and multi-stakeholder collaborative frameworks. Such perspectives explore new modes of knowledge and design, profoundly impacting architectural practice. Moreover, the increasing awareness of climate risks has shifted the perception of climate change from a looming disaster to an imaginative resource that shapes identities and future possibilities (Hulme, 2009; Losasso, 2016).

In this context, this article illustrates the results of an ongoing research focused on the spatial aspects of nature-based and climate-adaptive regeneration of streetscapes, specifically concerning the City of Matera (IT). By developing an operational methodology and guidelines for researchers, designers, and planners, the research addresses the intrinsic complexity involved in the regeneration of urban streetscapes. While defining an experimental operational methodology, a significant contribution arises from the Dutch firm De Urbanisten's research activities, particularly through the recent Plan for the City of Antwerp. By delving into the pilot project of the Wapper, the study highlights how the design can engage with and transform the spatial dimension of contemporary complexity.

Therefore, this paper aims to frame the complexity issue in urban regeneration projects within the current theoretical debate and global urban practices, drawing on the literature concerning the intricate interplay between climate adaptation, NbS, and design in urban streetscapes. Regarding the spatial dimension of Nature-based and climate-adaptive urban streetscape regeneration, the literature analysis reveals certain theoretical and operational gaps. In response, this article introduces a research methodology and its transdisciplinary approach, which, through the intersections between research and design, seeks to address the complexity of the topic.

Consequently, the design research approach of De Urbanisten is introduced and discussed, with particular reference to the Antwerp Plan and its Wapper pilot streetscape. Finally, a critical interpretation of the project, throughout the ongoing research objectives, aims to highlight the design principles and procedures adopted by the Dutch firm, through which the complexity of contemporary urban challenges and urgencies can be addressed in the transformation project for the City of Matera.

Transdisciplinarity and Design Research to address the complexity of nature-based and climate-adaptive regeneration in streetscapes: gaps and research methodology | Streetscapes are complex systems (Mansouri and Matsumoto,

2009) that encompass roadways, sidewalks, green spaces, water management systems, buildings, and public services. They play a crucial role in shaping cities' environmental, social, and aesthetic qualities.

In recent years, green urban regeneration has increased in complexity (Green City Network, 2020), driven by the need to address climate change (Macaione, Raffa and Andaloro, 2024) through the development of mitigation and adaptation strategies (Raffa, 2023), including nature-based approaches. In this regard, integrating NbS (World Bank, 2021; European Commission, 2021) into streetscape regeneration projects offers numerous opportunities to enhance climate resilience, biodiversity, ecological connectivity, human well-being, and spatial quality (Andaloro, de Waal and Suurenbroek, 2022), while also posing significant challenges.

Pioneering cities in climate adaptation have recognised the potential of Nature-Based Climate-Adaptive Streetscapes Regeneration (NBCASR), and many are experimenting with pilot solutions to transform these spaces into multifunctional public areas, as seen in Los Angeles (Yu and O'Leary, 2024) and Groningen (van Driessche et alii, 2021). However, existing sectoral approaches, combined with the persistent gap between policy and implementation (Rossi, 2019), fail to capture the interdependent complexities of this global urban phenomenon fully. Furthermore, Design Research has yet to fully exploit its potential to address and redefine the complexities of NBCASR from a spatial perspective. Current research efforts struggle to innovate entrenched design practices, particularly in medium and small urban contexts, which often lag behind in adopting climate adaptation strategies.

The ongoing research, supported by two European Union-funded projects, seeks to address these challenges through the Design-as-Search approach (Nijhuis and Bobbink, 2012), aiming to innovate both Design Research and established design practices. By defining principles, procedures, and design-oriented tools, the research aims to develop an integrated approach for transforming monofunctional infrastructural spaces into green, multifunctional urban environments capable of adapting to climate change challenges and improving urban resilience and quality. The research also reflects on the role of Design-as-Search within NBCASR, exploring how its transdisciplinary nature can be leveraged to address complexity (Salingaros, 2014; Herr, 2002), both theoretically and practically.

Reflecting on transdisciplinarity in architecture, for the purposes of this research, involves venturing into uncertain territory: it requires reconsidering the role of the discipline today, engaging with its intrinsic complexity, and questioning how to address the intricate interactions characterising NBCASR. Architecture employs hybrid methods to understand reality, bridging scientific and non-scientific, theoretical and practical knowledge. Its design process is a critical act aimed at comprehending the phenomenon's complexity while generating new complexity through its transformative dimension.

In the context of contemporary uncertainties, complex, systemic, and transdisciplinary design approaches are essential to tackle new and pressing challenges (Vermeulen and Wijes, 2020). Acknowledging the complementarity (Nicolescu, 2010) between disciplinary knowledge – architecture and its 'designerly ways of knowing' (Cross, 2001; Findeh, 2005) – and transdisciplinarity (Raffa, 2024;

Doucet and Janssens, 2011), this research incorporates and adapts the characteristics of transdisciplinary research (Lawrence and Després, 2004) to embrace the complexity of NBCASR (Tab. 1). The Design-as-Search approach also aims to bridge the gap between current theories and practices (Haugberg, 2011; Schreurs and Martens, 2005; Fraying, 1993), advancing both fields. The research methodology is structured into three integrated phases: 1) Research about Design; 2) Research-by-Design; 3) Research-driven Design.

Research about Design has two main objectives: a) to understand NBCASR as a complex urban phenomenon thoroughly, analysing its characteristics and multilevel interconnections by collecting a large body of completed and in-progress projects on a global scale; b) to define an operational methodology consisting of principles, procedures, and design tools through: a literature review of existing design frameworks (Furchtlehner, Lehner and Licka, 2022; Chanse et alii, 2021; Cabanek, Zingoni de Baro and Newman, 2020), reports and documents from cities and organisations; the analysis and comparison of selected case studies, chosen from the previously collected projects, particularly those from the United States and Central-Northern Europe. Among these, the Antwerp Plan and the Wapper project by De Urbanisten are examined in the second part of this contribution.

The research then moves into its contextual phase, applying the operational methodology developed from the deductive processes of the Research about the Design phase.

The Research-by-Design phase leverages the exploratory dimension of Design-as-Search, intertwining research and design to generate new knowledge. Through an iterative and multilevel feedback approach, this phase aims to produce innovative and desirable urban solutions rather than predictable but less favourable developments (de Jong, 1992). Research-by-Design is founded on an iterative process based on trial and error as an opportunity to address complex problems more effectively (Toeters et alii, 2012). This phase seeks to test and refine the operational methodology, applying it to the streetscapes of the City of Matera, selected as an experimental prototype of a Euro-Mediterranean city at both the neighbourhood and urban scales.

The neighbourhood scale is crucial for spatially addressing the complex interrelations between climate change, ecological connectivity and biodiversity, mobility, well-being and health, social equity and inclusivity, and energy considerations. Streetscapes are analysed to assess existing vulnerabilities and future opportunities, as well as to imagine potential spatial transformations that engage with locally identified complexities and generate new ones. This phase is critical for defining the operational methodology and contributes to building new knowledge that can benefit other design disciplines. Finally, the Research-driven Design phase aims to support designers and local administrators in developing NBCASR projects capable of addressing the complexity of local contexts and generating innovative spatial solutions. The knowledge accumulated in the previous phases will be translated into design outcomes (Roggema, 2017) and subsequently tested through pilot projects. This phase will lead to the definition of operational guidelines for transforming Matera's streetscapes into a nature-based network system, with the aim of enhancing urban-scale

climate resilience. These guidelines may also inspire similar processes in other cities with analogous characteristics in the future.

Matera as an experimental prototype and the De Urbanisten Plan for Antwerp as a model

The City of Matera has been selected as a hologram of the complexity inherent in medium-sized Euro-Mediterranean cities within a changing climate, and as a prototype for testing the operational methodology and urban strategies in its streetscapes during the Research-by-Design and Research-driven-Design phases, respectively. This choice stems from the lack of documented NBCASR experiments involving urban streetscapes in Euro-Mediterranean contexts. In addition to addressing the dimensional and geographical gaps identified, the city exhibits intrinsic characteristics that allow it to confront, alongside its exceptional status as a UNESCO World Heritage site and its role as a Modern Laboratory-City, a range of recurring themes in other urban contexts within the Euro-Mediterranean region, particularly in the context of infrastructural spaces.

Matera represents a significant case for exploring NbS within a Euro-Mediterranean context, owing to its ancient, sustainable water management systems that integrate both artificial and natural elements (such as cisterns, channels, collection basins, garden orchards, etc.), which shaped the ecosystem of the Sassi, including its open spaces, roads, and the built environment. The case study's relevance is further tied to its modern refoundation under the Piccinato Plan (1953-1956), which envisioned a green infrastructure as the public framework for new urban expansion – featuring parks, green belts, gardens, and tree-lined avenues. However, these elements have been progressively eroded by the artificialisation and waterproofing of new urban expansions, both outside and inside the Modern City.

Recent urban expansions are characterised by an over-dimensioning of impermeable infrastructural spaces and an under-dimensioning of high-quality public green spaces. These transformations over the last century have made the city increasingly vulnerable to the effects of climate change, including intense, concentrated rainfall, prolonged droughts,

and heat waves. The progressive waterproofing of soils and artificialisation of the topography not only cause flooding in the modern and contemporary parts of the city but also transform the streets of the historic core into 'streams', with negative impacts on the economy, environment, public safety, and health.

These reflections have informed the research's applied phase, in which the city's urban network of infrastructural spaces is envisioned as part of its ecological infrastructure¹. In this context, new urban natures offer an opportunity to expand public space (De Capua and Errante, 2019), contribute to sustainable water resource management (both for collection and runoff), and improve urban quality. In the initial phase, efforts were focused on the streetscapes of the modern and contemporary parts of the city at the neighbourhood scale, prioritising the most vulnerable areas, with the goal of extending the experiment to the entire urban fabric in the future.

During the Research-about-Design phase, the study drew on NBCASR experiences and projects that could inform the subsequent phases of research on the City of Matera from a methodological and strategic standpoint. Among these, the De Urbanisten Plan for Antwerp was of particular interest. The two cities share some notable similarities despite their geographical, economic, historical, and social differences. Both, prior to the advent of Modernity, were shaped by the sustainable use of water resources. The Sassi system, listed as a UNESCO World Heritage site, was recognised in part for its sustainable water management, which shaped the ancient settlement, blending open spaces and built areas into a continuum between nature and artifice, also through the implementation of solutions that today are identifiable as NbS.

Notably, the streets and public spaces of the ancient city, as well as the morphology of the buildings, were part of a sophisticated water collection system in a context where water was scarce. Furthermore, both cities have seen the gradual marginalisation of their natural and artificial hydrographic networks, and the erosion of green spaces due to uncontrolled waterproofing, compromising urban resilience to climate change and, in some cases, diminishing the quality of urban spaces. Today, both cities face the effects



Fig. 14 | The Wapper: the watersystem seen from the Hopland side (credit: OMGEVING and De Urbanisten, 2024).



Fig. 15, 16 | Intensive workshop progress in Antwerp Waterplan; The Wapper: the watersystem seen from the Meir side (credit: De Urbanisten, 2019, 2024).

– though to varying degrees – of changing precipitation patterns, which are increasingly concentrated and intense, as well as prolonged heat waves.

The De Urbanisten Plan for Antwerp, developed in the context of the Dutch Studio’s research-through-design approach, is a bold and innovative proposal to proactively address the challenges of climate change, particularly through the sustainable management of water resources. This is an opportunity to regenerate public spaces and urban streetscapes, exploring the complex intersections between history, nature, culture, and contemporary dynamics. The logic, methods, and procedures employed in the Plan, along with the neighbourhood-scale pilot projects, represent a viable model of NBCASR. This model informed the structuring of the operational methodology during the Research-about-Design phase and the procedures implemented in the Research-by-Design phase.

The complexity in the De Urbanisten’s design vision for the City of Antwerp | The concept of complexity, where various realms, scales, and design issues converge toward a shared goal, is central to the work of Dutch architecture Studio De Urbanisten. Founded in 2009 by Florian Boer and Dirk van Peijpe, the firm integrates expertise in ecology and climate adaptation with the study of urban, social, climatic, and cultural phenomena, exploring the opportunities that arise from the intersection of climate issues in architectural design across multiple scales.

From its early projects, the Benthemplein Square (2009) to the Zomerhofkwartier (2014-2017), and the Hofbogenpark project (2023), the architectural, urban, and landscape designs are shaped by a research-by-design approach that merges research with urban production. Notably, the integration of green and blue infrastructures plays a crucial role in the firm’s design methodology. Furthermore, the design approach emphasises ongoing collaboration with local communities and municipalities, encouraging short- and long-term urban development visions, as for the Antwerp Waterplan (Fig. 1), adopted by the Municipality in 2019.

The City of Antwerp, located along the Scheldt estuary, has a complex history deeply tied to water. Its strategic position on the river fostered the growth of a mediaeval port into a bustling urban centre,

making it a key European economic hub. Historically, Antwerp was crisscrossed by waterways like the Ruien, which served for transport and drainage. However, as the city modernised, these waterways were covered and integrated into the sewer system by the 19th and 20th centuries (Fig. 2). Antwerp’s shift from a water-centric city to a mineral city has marginalised its natural hydrological systems. Dense urban construction replaced water bodies and green spaces, reducing the city’s ecosystem resilience and ability to adapt to climate change (Boer et alii, 2019a).

In recent years, the effects of climate change, including frequent and intense rainfall, have overwhelmed Antwerp’s ageing sewer infrastructure, causing urban flooding and circulation issues (Fig. 3, 4). Additionally, rapid drainage during storms leads to water shortages during droughts, highlighting the need for a climate-adaptive water management strategy (Boer et alii, 2019a).

Initiated in 2018 by the Municipality of Antwerp, the development of the Waterplan by De Urbanisten aims to address both the immediate and long-term water management needs of the city while also reconnecting Antwerp with its historical relationship to water. The Waterplan aims to develop the overarching goal to transform the city into a ‘water-sensitive stad’ (water-sensitive city; Boer et alii, 2019a), by bringing back the physical and visual relationship with the natural element of water. Instead of only dealing with the infrastructural issues related to the water management, the Dutch Studio suggests to integrate water into the fabric of urban life, as a living element. This involves a fundamental shift in how the city approaches water, moving away from purely technical solutions towards a more complex, holistic and integrated approach that considers the social, ecological, and spatial dimensions of water management.

The Antwerp Waterplan is structured around a methodology that balances the city’s current needs, historical context, and future challenges. Central to the Plan are three ‘water cities’ (Fig. 5): 1) the Artificial Water City, which includes the modern sewer system and technical infrastructure, currently under strain due to climate challenges; 2) the Hidden Water City, representing historical water structures like the Ruien, now covered but with untapped potential for water management; and 3) the Natural Wa-

ter City, encompassing the area’s natural hydrology, topography, and groundwater. The Plan aims to harmonise these elements for sustainable water management, ensuring that the artificial systems are supported by both historical and natural elements. (Boer et alii, 2019a).

By reading the intertwining of these three systems, it is then possible to define a climate-adaptive strategy which can be applied in the different areas of the territory: for this reason, and with the support of the initial analysis, the Plan presents eleven water city typologies, based on the spatial characteristics of the urban fabric² (Fig. 6). These typologies reflect the diversity of Antwerp’s built environment, ranging from densely built-up areas to greener, more open spaces. For each typology, specific water management strategies are proposed, tailored to the particular challenges and opportunities of that area (Fig. 7). Moreover, the Plan also includes a city-wide green-blue framework, which integrates green spaces and water bodies into a cohesive network that supports biodiversity, provides recreational opportunities, and enhances the city’s resilience to climate change (Fig. 8).

Finally, the Waterplan develops three pilot projects to test and refine the proposed methodologies on a smaller scale. As laboratories of innovation, the pilot cases make evident the new concept of water sensitivity, creating imaginaries and possible solutions to manage water in a controlled and measurable way. Among them, the Waterplan also includes the Wapper pilot project³, which the Municipality has identified as an upcoming development.

Located in the heart of Antwerp, the Wapper is a historic streetscape that lies above a section of the Ruien, hosting commercial and recreational activities, and housing (Fig. 9, 10). The scope of the pilot was to suggest the possibility of using the water of the Ruien as a visible and interactive element of the public space. Currently, the Municipality has approved the final design (in the summer 2024), which involves a three-section system dealing with different types of natural elements.

The visible above-ground water feature of the Wapper’s design is divided into three distinct zones, each offering a different experience for visitors (Fig. 11): 1) the first zone, located on the Meir side of the square, is characterised by playful fountains that

spray water following various patterns, forming a visible contour of the underlying Ruien (this area is designed to be accessible to the public, particularly children, who can interact with the water and enjoy its cooling effects during the summer months); 2) the second zone lies at the centre of the square, features a flowing watercourse that guides the purified water from the biofilter towards the Meir. This zone is designed to be both functional and aesthetic, with aquatic plants and crossings that allow visitors to experience the water in different ways; 3) the third zone, located on the Hopland side of the square, focuses on the purification of rainwater. Here, the water is pumped up from the Ruien and filtered through vegetation, creating a lush, green space that enhances the square's ecological value.

Through the three stages, the project creates a closed-loop system in which rainwater from surrounding buildings and paved areas is collected, filtered, and reused within the square. Moreover, the wide underground section of the Ruien is used as a buffer for storing rainwater, which is then pumped to the surface and filtered through a biofilter. The purified water is monitored for quality and used in the square's water feature and fountain. This system not only reduces the demand on the city's drinking water supply but also ensures that water is available even during dry periods. The design also includes provisions for handling excess water during heavy rainfall, with any surplus being discharged into the Ruien through an overflow system (Fig. 12).

By making water visible and tangible in the city's heart, the project aims to foster a deeper connection between the residents of Antwerp and their environment. It also serves as a reminder of the city's historical relationship with water and the importance of managing this vital resource in a way that is both sustainable and resilient. As Antwerp continues to grow and evolve, streetscape projects like De Wapper will play a crucial role in shaping the city's future, ensuring that it remains a vibrant, liveable, and sustainable place for future generations.

Interpreting the design complexity through the Research Framework | The Wapper is a critical component of the Antwerp Water Plan's ambition to create a balanced integration of the city's artificial, hidden, and natural water systems. The project allows a reflection on the necessity of rethinking the way to design the climate and environmental transition by taking into account the social and ecological aspects of urban regeneration.

Moreover, the project benefits, in all its stages, from data related to the local changes in the climate, and in particular to heat stress, flooding, and drought. As a pilot project of Antwerp's Waterplan, the Wapper contributes to the delineation of two additional transformation objectives: on the one hand, demonstrating the feasibility of nature-based, climate-adaptive streetscape projects as spatial transformations that integrate technical issues into the definition of space; on the other hand, illustrating the scalability of the Waterplan approach to various locations. By applying the previously introduced research framework, specific and recurring design characteristics in NBCARS can be identified in the Wapper project. These include interdisciplinarity, inter-scalarity, multi-temporality, and multi-subject, which collectively define the distinctive nature of urban adaptive resilience. They also highlight the complexity of materials and stakeholders involved at various stages of

the design process (Macaione, Raffa and Andaloro, 2024). The coexistence of these traits makes the complexity embedded in the project evident, revealing a change of paradigm in the way to conceive, develop and build the project for contemporary public space regeneration (Tab. 2). In particular, as shown in Figure 13, the following reflections can be drawn.

In terms of inter-disciplinarity, the Wapper project benefits from the Antwerp Waterplan which is supported by different and several experts for the definition of the whole complex system of the urban tissue (Background, Knowledge). Moreover, the project resonates with climate forecast about the change of certain parameters in the following one hundred years (Background), and this information affects the shaping of the space itself. Finally, not only the Wapper resonate with the needs of the people living in Antwerp, but it also contributes to the well-being of different natural and animal ecosystems (Trans-specist).

The inter-scalarity can be seen in the relationship between the Antwerp Waterplan and the project for the Wapper, specifically in the shared goals and visions of Antwerp as a water-sensitive city (coexistence): by further developing the Wapper as a 'pilot project', the research of the Dutch Studio shows the 'replicability' of the approach, as well as the possibility to 'up-scaling' it in different locations. Moreover, both the Wapper and the Waterplan can be framed into the current strategic policies and plans developed by the Municipality to face the upcoming transitions. For example, in response to the European Water Framework Directive (European Union, 2000), the Municipality developed the Integrated Water Policy Decree (CIW, n.d.) for the Flanders. Subsequently, the Green Plan was developed (Stad Antwerpen, 2023) to elaborate on the future of the green infrastructures of the city.

At a different scale, the Rainwater Plan (Waterlink, n.d.) explores the water safety against flooding, supporting the research of the Waterplan. Furthermore, the Lively landscape (Levendig Landschap; Stad Antwerpen, n.d.) aims to create a robust green structure in the city through five so-called Superparks, while the note Giving Space to the City of Tomorrow (Ruimte geven aan de stad van morgen; Apostel et alii, 2018) forms the basis for the new Strategic Spatial Structure Plan, further developed in 2019 onwards. Finally, it is worth recalling Urban Development in Antwerp, the Municipality Plan developed with the Italian architects Bernardo Secchi and Paola Viganò (2009; Lorquet, 2012), in which the idea of the Open City supported the creation of a sustainable, liveable, and resilient city where public spaces, green areas, and water systems could be seamlessly connected in a cohesive urban fabric (Finì and Pezzoni, 2011).

In terms of multi-temporality, the development of the Wapper as a pilot streetscape project of the Waterplan allowed for some consideration, concerning not only the technical feasibility of the design, but also the importance of the imaginary that it would create and its impact on the daily life of the city. This shows the importance of proceeding through a process of different 'phases' involving various stakeholders, which can bring other values to the project. Thought to be part of the everyday life of the people in Antwerp, the Wapper is also designed to be accessible 24/7 (time flexibility), thus allowing different uses of the spaces (Fig. 14). Finally, the project is pro-

foundly based and strongly supported by a 'scenario-based' approach, which envisions the change of certain characteristics, from the rise of temperature (and the consequent change in the evaporation ratio) to the rainfall forecasts, and the runoff time.

The multi-subject characteristic is implicit in the presence of multiple stakeholders involved. Commissioned by the Municipality, together with the Flanders' largest water supplier Waterlink, and the wastewater treatment company Waterfin, the Wapper project is developed by De Urbanisten in collaboration with OMGEVING and D+A Consult (Private and Public sector). The heterogeneity of the stakeholders involved contributes to showing the project's complexity, revealing its potential as a catalyst for urban regeneration (Stakeholders). Moreover, several activities and phases of community engagement have already been realised during the development of the Waterplan.

Recognising that top-down interventions alone are not sufficient to address the complex challenges of urban water management (Boer et alii, 2019b), the Plan advocates for a more participatory approach which can support a whole understanding of the needs and a complete development of the final result (Community understanding, Participation, Community engagement; Fig. 15). By organising demonstrations, exhibitions, and collaborative workshops, De Urbanisten has contributed to raising awareness on the theme of water in the city, encouraging citizens towards climate adaptation and nature-inclusivity.

The intertwining of these characters contributes to show the different facets of the urban regeneration process, highlighting the complex role of the spatial design hosting the many aspects in the composition of the space. By developing a Nature-based and Climate-adaptive approach, the streetscape of the Wapper suggests a strong interest of the communities and the local Municipality towards liveable, sustainable and green urban regeneration of the city, with an acute attention to the global challenges and needs (Fig. 16).

Conclusions | The intricate nature of reality, with its interdependence of systems and phenomena, claims for the adoption of new methodologies and epistemologies. Leveraging the transdisciplinary dimension of architecture requires rethinking the discipline within a complex global context, while simultaneously addressing local challenges. In the NBCARS framework, a transdisciplinary approach is essential, benefiting from the multi-scalar nature of the design processes involved.

In the context of research on the urban regeneration of streetscapes, gaps in literature have been identified about the insufficient integration of design approaches based on the physical and social transformation of urban space. The Antwerp case can thus be considered a model from which the invariant elements of climate-adaptive and nature-based design can be abstracted. Although the Waterplan reflects the specific potentials and needs of a particular territory, the research (and design) methodology it proposes and implements can be seen as exemplary and replicable.

De Urbanisten's process is iterative, multi-scalar, and multidisciplinary, capable of supporting the development of a resilient future vision for the city. It also provides a model for deconstructing all elements of the city – from infrastructure (grey, green, and blue) to materials (natural and artificial), as well as its her-

itage (cultural, tangible, and intangible). Through this deconstruction, followed by a reasoned recomposition, the Waterplan identifies the potential for territorial transformation, down to the small scale of the streetscape. The Waterplan further emphasises the need to integrate climate issues into architectural design at various scales, transforming challenges into opportunities for the physical transformation of urban space through streetscapes. Its attention to the neighbourhood scale, through which streetscapes are developed in their local specificities, also makes the Waterplan a guiding tool for implementing NBCASR to support municipalities. These invariant characters of the project, exemplified by the Wapper streetscape pilot, provide the necessary meta-design guidelines for case studies in cities facing climate challenges, contributing to a more sustainable and resilient urban future.

In the research on climate-adaptive and nature-based streetscapes, with the City of Matera as the case study, emerges a need to rethink architectural

and urban design tools, starting from the complexity of the subject. The climate emergency of the Mediterranean areas offers a significant opportunity to develop climate-adaptive and nature-based transformation scenarios. In this way, it becomes possible to design solutions for the urban regeneration of streetscapes, building on the procedural and design guidelines of reference models. The Waterplan approach, along with its adopted methods and procedures, as well as the presence of pilot projects at the neighbourhood scale, serves as a potential NBCASR model that has significantly contributed to defining the operational methodology.

In conclusion, De Urbanisten's Design-as-Search approach underscores the importance of an iterative process that balances the multilevel dimension of public spaces in historic, modern, and contemporary cities. This context-sensitive and adaptable strategy to future uncertainties values ecosystems and promotes social equity by encouraging community engagement. In this light, bridging the gap be-

tween scientific and non-scientific knowledge, theory and practice becomes crucial to develop a flexible and adaptive operational methodology. This also stimulates a reflection on architectural research confronting complexity through more performative transdisciplinary and design-based methods.

Acknowledgements

The contribution is the result of a common reflection of the Authors. However, the paragraph 'Addressing complexity into design research for streetscape regeneration: an Introduction' is attributed to I. Macaione, A. Raffa, and B. Andaloro; 'Transdisciplinarity and Design Research to address the complexity of nature-based and climate-adaptive regeneration in streetscapes: gaps and research methodology' and 'Matera as an experimental prototype and the De Urbanisten Plan for Antwerp as a model' are attributed to A. Raffa; 'The complexity in the De Urbanisten's design vision for the City of Antwerp' is attributed to B. Andaloro, M. Corradi, and T. Stevens; 'Interpreting the design complexity through the Research Framework' is attributed to B. Andaloro; 'Conclusions' is attributed to all the Authors.

NatureCityLAB would like to express their sincere gratitude to De Urbanisten Studio for their valuable contribution to the writing of this article and for their willingness to share the theoretical content of their work and the graphic material published here.

Two ongoing funded research projects supported the paper: i) Urban Green Shape (2022-2025), funded by PON R&I and FSE-REACT-EU – PON 'Research & Innovation' 2014-2020, Axis IV 'Education and research for recovery' – Action IV.4 – 'PhD programmes and research contracts on innovation topics' and Action IV.6 – 'Research contracts on green topics' and FSE-REACT-EU; Research Contract number 38-G-14879-1, CUP C49J2104334000, carried out by A. Raffa, Scientific Referent I. Macaione; the investigation has also been nurtured by the research carried out by A. Raffa as Fulbright Visiting Scholar at the University of Florida, College of Design, Construction and Planning and FIBER-Florida Institute for Built Environment Resilience (08/2023-02/2024);

ii) Next Generation UE – PNRR Tech4You Project funds assigned to Basilicata University (PP4.3.1 – Green Shapes for the Urban-Regeneration Processes, Environmental, Social, Cultural and Tourism Sustainability) – 'Technologies for climate change adaptation and quality of life improvement', field of intervention '1 – New approaches and design paradigms to insertion and development of green shapes in the cities, to raise the architectural and urban quality, the environmental, social and cultural benefits', Code ECS0000009 – CUP C43C22000400006, carried out by B. Andaloro, Scientific Referent I. Macaione (NatureCityLAB_DIUSS, Unibas).

Notes

1) The city's green infrastructure has been deconstructed into a series of existing and potential ecological systems, grouped as follows: a) Molecular system: Comprising the capillary green systems of the Sassi, architectural greenery, urban parks, gardens, public green spaces, green islands of the modern city, and hybrid marginal spaces; b) Linear system: Consisting of the blue-green systems of the Gravine and the green mitigation areas of infrastructural developments; c) Areal system: Including the peri-urban garden systems, agricultural production areas, and protected zones; d) Network system: Encompassing soil demineralisation systems, which integrate the city's urban infrastructural network. The rationale for this decomposition of systems is based on insights from the 'Prato Fabbrica Natura – Il nuovo Piano Operativo' (Barberis and Cattaneo, 2019) and 'Green infrastructure in arid urban contexts – Transitioning ecologies beyond Green Riyadh' (Moscatelli and Raffa, 2023).

2) The eleven typologies are compact medieval urban fabric, monumental 19th century urban fabric, coarse 19th century urban fabric, fine-meshed 19th century urban fabric, urban belt extra muros, suburban belt extra muros, post-war modern urban planning, urban campus, port city 21st century transformation area, large-scale explanation area, and polder ribbons (Boer et alii, 2019a).

3) The Waterplan presents three design variants of the Wapper, each with a different spatial approach: 1) the Stadsplein Wapper suggests the use of the Ruien as a water buffer, while making the flow of water visible on the surface; 2) the Stadsvijver proposes to modify the Ruien through a watershed at the Wapper, thus isolating a portion of the Ruien from the combined sewer system; 3) the Stadsgracht suggests to physical reopen the Ruien, thus embedding it into the public space (Boer et alii, 2019b).

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 21 September 2024].
- Apostel, K., Rapp, C., Smits, F. and Van der Veken, K.

(eds) (2018), *Ruimte geven aan de stad van morgen – Samenleving van de inspiratienota voor het nieuw – Strategisch Ruimteplan Antwerpen*. [Online] Available at: pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/121039359/Inspiratienota_Ruimtegevenaandestadvanmorgen_Volledigeversie.pdf [Accessed 21 September 2024].

Barberis, V. and Cattaneo, E. (eds), *Prato Fabbrica Natura – Il nuovo Piano Operativo*, Skira, Milano.

Boer, F., Stevens, T., Debucquoy, W., van Dyck, K., Rogiers, H. and van de Vijver, S. (eds) (2019a), *Waterplan Antwerpen – Samenleving*. [Online] Available at: static1.squarespace.com/static/5f082078d610926644d22e00/t/5fd212b33c6977cf5b176bf/1608196428480/Waterplan_Samenleving.pdf [Accessed 21 September 2024].

Boer, F., Stevens, T., Karampournoti, A., Debucquoy, W., van Eerdenbrugh, K., Coomans, O. L. and van Dyck, K. (eds) (2019b), *Waterplan Antwerpen – Deelstudie Ruien en Wapper*. [Online] Available at: antwerpenmorgen.be/nl/projecten/waterplan/tijdlijn [Accessed 21 September 2024].

Cabanek, A., Zingoni de Baro, M. E. and Newman, P. (2020), "Biophilic Streets – A Design Framework for Creating Multiple Urban Benefits", in *Sustainable Earth*, vol. 3, article 7, pp. 1-17. [Online] Available at: doi.org/10.1186/s42055-020-00027-0 [Accessed 21 September 2024].

Chanse, V., Asfari Bajestani, S., Campbell, A. and McCormik, J. (2021), "Toward a Climate Adaptive Street Framework – Investigating Landscape Performance", in Ranjbar, E. and Pourjafar, M. (eds), *Proceedings of the Second International Conference on Future of Urban Public Space (FUPS 2021), Teheran, Iran, December 8-10, 2021*, Tarbiat Modares University, Tehran, pp. 64-74. [Online] Available at: researchgate.net/publication/368226493_Proceeding_of_the_Second_International_Conference_on_Future_of_Urban_Public_Spaces_FUPS_2021 [Accessed 21 September 2024].

CIW – Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid (n.d.), "Integrated water Policy in Flanders", in *integraalwaterbeleid.be*. [Online] Available at: integraalwaterbeleid.be/en [Accessed 21 September 2024].

Cross, N. (2001), "Designerly Ways of Knowing – Design Discipline Versus Design Science", in *Design Issues*, vol. 17, issue 3, pp. 49-55. [Online] Available at: doi.org/10.1162/074793601750357196 [Accessed 21 September 2024].

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/10.1922/9/2464-9309/6142019 [Accessed 23 September 2024].

de Jong, T. (1992), *Kleine Methodologie Voor Ontwerpend Onderzoek*, Boom Meppel, Amsterdam. [Online] Available at: taekemdejong.nl/Publications/1992/Jong(1992)Kleine%20methodologie%20voor%20ontwerpend%20onderzoek(Meppel)Boom.pdf [Accessed 21 September 2024].

Doucet, I. and Janssens, N. (eds) (2011), *Transdisciplinary Knowledge Production in Architecture and Urbanism – Towards Hybrid Modes of Inquiry*, Springer, Dordrecht. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-94-007-0104-5 [Accessed 21 September 2024].

European Commission | Directorate-General for Research and Innovation (2021), *Evaluating the impact of nature-based solutions – A handbook for practitioners*, Publications Office of the European Union. [Online] Available at: doi.org/10.2777/244577 [Accessed 21 September 2024].

European Union (2000), *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy*, document 32000L006. [Online] Available at: data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj [Accessed 21 September 2024].

Findeli, A. (2005), “La Recherche-Projet – Une Méthode Pour La Recherche En Design”, in Michel, R. (ed.), *Erstes Design Forschungssymposium – Symposium, Hochschule für Gestaltung und Kunst Basel, 13-14 Mai 2004*, SwissDesignNetwork, Zurich, pp. 40-51. [Online] Available at: shs.cairn.info/revue-sciences-du-design-2015-1-page-45?lang=fr&tab=texte-integral [Accessed 21 September 2024].

Fini, G. and Pezzoni, N. (2011), “Il Piano strutturale di Anversa – Un nuovo linguaggio urbanistico per la città del XXI secolo | The Antwerp Structure Plan – A new planning language for the twenty-first century city”, in *Urbanistica*, vol. 148, pp. 90-98. [Online] Available at: academia.edu/14760544_G_Fini_N_Pezzoni_2011_Il_Piano_Strutturale_di_Anversa_Un_nuovo_linguaggio_urbanistico_per_la_città_del_XXI_secolo_Urbanistica_n_148_pp_90_98 [Accessed 21 September 2024].

Frayling, C. (1993), “Research in Art and Design”, in *Royal College of Art | Research Papers*, vol. 1, issue 1, pp. 1-5. [Online] Available at: static1.squarespace.com/static/5cc851dfb91449434d7fe52a/t/5d0251c754e8ee0001429ba1/1560433137577/Frayling_Research-in-Art-and-Design.pdf [Accessed 21 September 2024].

Furchtlehner, J., Lehner, D. and Lička, L. (2022), “Sustainable Streetscapes – Design Approaches and Examples of Viennese Practice”, in *Sustainability*, vol. 14, issue 2, article 961, pp. 1-21. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su14020961 [Accessed 21 September 2024].

Green City Network (2020), *Charter of the Green City Urban Regeneration – To get out of the crisis, after the pandemic, with more care for our future*. [Online] Available at: greencitynetwork.it/wp-content/uploads/CHARTER-FOR-THE-GREEN-CITY-URBAN-REGENERATION.pdf [Accessed 21 September 2024].

Haugberg, J. (2011), “Research by Design – A Research Strategy”, in *AE | Revista Lusófona Arquitectura e Educação | Architecture & Education Journal*, vol. 5, pp. 46-56. [Online] Available at: recil.ulusofona.pt/server/api/core/bitstreams/b1970fe5-54fc-43fa-8159-455e8bd964aa/content [Accessed 21 September 2024].

Heath-Carpentier, A. (ed.) (2023), *The Challenge of Complexity – Essays by Edgar Morin*, Liverpool University Press, Liverpool. [Online] Available at: doi.org/10.2307/j.ctv3029jw9 [Accessed 21 September 2024].

Herr, C. (2002), “Generative Architectural Design and Complexity Theory”, in Soddu, C. (ed.), *Proceedings of the 5th International Conference on Generative Art, Milan, Italy, 11-13 December 2002*, Generative Design Lab, Milan, pp. 1-13. [Online] Available at: generativeart.com/on/cic/papersga2002/16.pdf [Accessed 21 September 2024].

Hulme, M. (2009), *Why we disagree about climate change – Understanding Controversy, Inaction and Opportunity*, Cambridge University Press, Cambridge. [Online] Available at: doi.org/10.1017/CBO9780511841200 [Accessed 21 September 2024].

Lawrence, R. J. and Després, C. (2004), “Futures of transdisciplinarity”, in *Futures*, vol. 36, issue 4, pp. 397-405. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.futures.2003.10.005 [Accessed 21 September 2024].

Lorquet, A. (ed.) (2012), *Urban Development in Antwerp – Designing Antwerp*, Stadsbestuur, Antwerpen.

Losasso, M. (2016), “Climate risk, environmental planning urban design”, in *UPLand | Journal of Urban Planning, Landscape & environmental Design*, vol. 1, issue 1, pp. 219-232. [Online] Available at: serena.unina.it/index.php/upland/article/view/5039/5626 [Accessed 21 September 2024].

Macaione, I., Raffa, A. and Andaloro, B. (2024), “Climate-Adaptive Nature-Based Regenerative Urban Green Streetscapes – Design Exploration from the City of Matera”, in *Sustainability*, vol. 16, issue 16, article 6811, pp. 1-29. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su16166811 [Accessed 21 September 2024].

Mansouri, A. and Matsumoto, N. (2009), “Comparative study of Complexity in Streetscape Composition”, in *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, vol. 3, issue 6, pp. 253-261. [Online] Available at: doi.org/10.5281/zenodo.1327724 [Accessed 21 September 2024].

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 23 September 2024].

Nicolescu, B. (2010), “Methodology of Transdisciplinarity-Levels of Reality, Logic of the Included Middle and Complexity”, in *Transdisciplinary | Journal of Engineering & Science*, vol. 1, pp. 17-32. [Online] Available at: doi.org/10.22545/2010/0009 [Accessed 21 September 2024].

Nijhuis, S. and Bobbink, I. (2012), “Design-Related Research in Landscape Architecture” in *Journal of Design Research*, vol. 10, issue 4, pp. 239-257. [Online] Available at: doi.org/10.1504/JDR.2012.051172 [Accessed 21 September 2024].

Prigogine, I. (1987), “Exploring complexity”, in *European Journal of Operational Research*, vol. 30, pp. 97-103. [Online] Available at: doi.org/10.1016/0377-2217(87)90085-3 [Accessed 21 September 2024].

Raffa, A. (2024), “Transdisciplinarietà come modo del progetto contemporaneo”, in Venudo, A., Bisiani, T., Mei, P., Guarrera, F. and De Marco, P. (eds), *Seminario Tre – Interdisciplinarietà – Caratteri della ricerca in progettazione architettonica – Incontro nazionale dei ricercatori in progettazione architettonica*, Stazione Rogers, Trieste, Maggio 10-11 2024, Edizioni Università Trieste, Trieste, pp. 78-79. [Online] Available at: openstarts.units.it/handle/10077/35859 [Accessed 21 September 2024].

Raffa, A. (2023), “Disseny De La Resiliència Climàtica Urbana Amb Solucions Basades En La Natura I Infraestructures Verdes – Reptes, Problemes I Bones Pràctiques Per A La Regeneració a Escala De Barri”, in *Anuari D'Arquitectura i Societat*, vol. 3, pp. 234-266. [Online] Available at: doi.org/10.4995/anuari.2023.20056 [Accessed 21 September 2024].

Roggema, R. (2017), “Research by Design – Proposition for a Methodological Approach”, in *Urban Science*, vol. 1, issue 1-2, pp. 1-19. [Online] Available at: doi.org/10.3390/urbansci1010002 [Accessed 21 September 2024].

Rossi, G. E. (2019), “Adattamento urbano, strategie e progetto – Il divario fra le politiche e la loro implementazione | Urban adaptation, strategies and projects – The gap between policies and their implementation”, in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 6, pp. 46-57. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/652019 [Accessed 23 September 2024].

Salingaros, N. (2014), “Complexity in Architecture and Design”, in *Oz | Journal of the College of Architecture, Planning, and Design Kansas State University*, vol. 36, article 4, pp. 18-25. [Online] Available at: doi.org/10.4148/2378-5853.1527 [Accessed 21 September 2024].

Schreurs, J. and Martens, M. (2005) “Research by Design as Quality Enhancement”, in Kanonier, A., Schimak, G., Dillinger, T., Hirschler, P., Linzer, H. and Voigt, A. (eds),

AESOP Annual Congress Proceedings – The dream of a GREATER Europe – Book of Abstract, Vienna University of Technology, Austria, July 13-17, 2005, vol. 19, Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, Vienna, pp. 223-224. [Online] Available at: proceedings.aesop-planning.eu/index.php/aesopro/issue/view/10 [Accessed 21 September 2024].

Secchi, B. and Viganò, P. (2009), *Antwerp – Territory of a New Modernity*, SUN, Amsterdam.

Stad Antwerpen (2023), *Groenplan Antwerpen – Visienota*. [Online] Available at: www2.businessinantwerp.eu/1/480611/2023-12-19/n6y78d/480611/1702977600NRRIJwKY/00_VISIENOTA_districtsgroenplan_antwerpen_1.pdf [Accessed 21 September 2024].

Stad Antwerpen (n.d.), *Levendig landschap – Groenplan stad Antwerpen*. [Online] Available at: antwerpen.be/nl/docs/stad/stadsvernieuwing/bestemmingsplannen/SPR_11002_221_10014_00001/SPR_11002_221_10014_00001_GROENPLAN.pdf [Accessed 21 September 2024].

Toeters, M., Ten Bhömer, M., Bottenberg, E., Tomico, O. and Brinks, G. (2012), “Research through Design – Way to Drive Innovative Solutions in the Field of Smart Textiles”, in *Advances in Science and Technology*, vol. 80, pp. 112-117. [Online] Available at: doi.org/10.4028/www.scientific.net/AST.80.112 [Accessed 21 September 2024].

van Driessche, M., de Groot, J., van der Meulen, E. R., Ga Leung, C. and Chen, S. (2021), *New Space for Living – Design Guidelines – Quality of Public Spaces*. [Online] Available at: gemeente.groningen.nl/sites/groningen/files/2022-03/New-Space-For-Living-Quality-Of-Public-Space.pdf [Accessed 21 September 2024].

Vermeulen, W. J. V. and Witjes, S. (2020), “History and mapping of transdisciplinary research on sustainable development issues – Dealing with complex problems in times of urgency”, in Keitsch M. M. and Vermeulen, W. J. V. (eds), *Transdisciplinarity for sustainability – Aligning diverse practices*, Routledge, London, pp. 6-26. [Online] Available at: taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780429199127-2/history-mapping-transdisciplinary-research-sustainable-development-issues-walter-vermeulen-sjors-witjes [Accessed 21 September 2024].

Water-link (n.d.), *Hemelwaterplan Antwerpen – Overkoepelende nota*. [Online] Available at: water-link.be/sites/default/files/2018-06/Overkoepelende%20nota.pdf [Accessed 21 September 2024].

World Bank (2021), *A Catalogue of Nature-Based Solutions for Urban Resilience*, World Bank, Washington. [Online] Available at: hdl.handle.net/10986/36507 [Accessed 21 September 2024].

Yacov, Y. (2018), *Modeling and Managing Interdependent Complex Systems of Systems*, Wiley-IEEE Press, Hoboken.

Yu, K. and O’Leary, R. (2024), *Los Angeles Urban Forest Equity – Design Guidebook*, UCLA Luskin Center for Innovation, Los Angeles. [Online] Available at: escholarship.org/uc/item/25h5d5z3 [Accessed 21 September 2024].