

## ARTICLE INFO

|           |                   |
|-----------|-------------------|
| Received  | 10 September 2023 |
| Revised   | 10 October 2023   |
| Accepted  | 19 October 2023   |
| Published | 31 December 2023  |

## MODULARE LE DINAMICHE URBANE IN CHIAVE CLIMATICA

Spazi intermedi e neutralità climatica

## MODULATING URBAN DYNAMICS FROM A CLIMATE PERSPECTIVE

In-between spaces and climate neutrality

Fabrizio Tucci, Paola Altamura, Maria Michaela Pani

### ABSTRACT

Il contributo presenta gli esiti di una ricerca che interpreta gli spazi intermedi come sistema modulare strutturante lo spazio, le relazioni e le dinamiche urbane in chiave climatica, con l'obiettivo di dimostrare l'apporto positivo che la progettazione tecnologico-ambientale, nell'ambito di interventi di riqualificazione e nuova costruzione del tessuto urbano, può offrire rispetto alle prestazioni ecologiche dell'intero sistema urbano, in particolare in ottica di decarbonizzazione e mitigazione climatica. La ricerca ha sviluppato una metodologia di classificazione e analisi degli spazi intermedi, oltre che un metodo di valutazione della riduzione delle emissioni climalteranti. Il paper confronta sei casi studio rappresentativi delle tre categorie di spazi intermedi individuate, valutandoli attraverso i criteri di Naturalità, Prossimità e Circolarità e in rapporto ai sei assi strategici delle Green City.

This contribution presents the results of a study that interprets in-between spaces as a modular system which structures space, relationships, and urban dynamics from a climate perspective. The aim is to demonstrate the positive contribution that technological-environmental design can offer in the context of redevelopment and new construction of the urban fabric, concerning the ecological performance of the entire urban system, particularly from the perspective of decarbonisation and climate mitigation. Within this research, a methodology for classifying and analysing in-between spaces was developed, as well as a method for evaluating the reduction of climate-altering emissions. The paper compares six case studies that represent the three identified categories of in-between spaces, evaluating them through the criteria of Naturalness, Proximity and Circularity and in relation to the six strategic axes of Green Cities.

### KEYWORDS

spazi intermedi, spazio pubblico, cambiamento climatico, ecodistretto, decarbonizzazione

in-between spaces, public space, climate change, eco-district, decarbonisation

**Fabrizio Tucci**, Full Professor of Architecture Technology at 'Sapienza' University of Rome (Italy), is the Director of the Department of Planning, Design, Technology of Architecture (PDTA), the Director of the II-level Master's in Environmental Technological Design and Coordinator of the Environmental Technological Design Curriculum of the PDTA PhD Program. With 25 years of experience as a Scientific Director for national and international projects and research, he is the Coordinator of the States General of the Green Economy in Architecture and the International Experts Group of the Green City Network. E-mail: fabrizio.tucci@uniroma1.it

**Paola Altamura**, Architect and PhD, is a Researcher at the PDTA Department of 'Sapienza' University of Rome (Italy). A former Research Fellow at ENEA in the Laboratory Resources Valorization, she carries out research and experimentation on the ecological effectiveness of interventions on the built environment with a focus on circularity, resource efficiency and decarbonisation. E-mail: paola.altamura@uniroma1.it

**Maria Michaela Pani**, Architect and PhD Candidate at the PDTA Department of 'Sapienza' University of Rome (Italy), holds a Master's Degree in Valorisation and Enhancement of Small Historical Centres. Her research focuses on the role of in-between spaces from the perspective of city sustainability and strategies aimed at climate neutrality in urban districts. E-mail: mariamichaela.pani@uniroma1.it



Le sfide con cui la città contemporanea si confronta sono molteplici, tra le quali le più urgenti sono la crisi climatica e la scarsità delle risorse. Nonostante gli impegni sottoscritti a livello mondiale, siamo ancora lontani dal raggiungere gli obiettivi di contenimento del riscaldamento globale entro 1,5 °C, stabiliti nell'Accordo di Parigi del 2015 (UNFCCC, 2021), e di riduzione del 55% delle emissioni di gas serra entro il 2030, proposti nel Green Deal europeo e nell'Agenda 2030 (European Commission, 2019; UN, 2015). Intervenire sulle città in ottica di sostenibilità e neutralità climatica è fondamentale: esse ospitano circa la metà della popolazione globale e, pur occupando soltanto il 3% della superficie terrestre, sono responsabili del 70% del consumo energetico e del 75% delle emissioni di CO<sub>2</sub>, necessitando di infrastrutture socioeconomiche e produttive che arrivino a richiedere in termini di risorse aree di supporto fino a 300 volte superiori alla dimensione fisica (UN, 2015). L'isola di calore urbana, l'alta densità abitativa, il fabbisogno energetico crescente e le emissioni dovute al trasporto, quindi, si amplificano (Tucci, 2018; Losasso, 2022).

L'obiettivo della ricerca è indagare le potenzialità e il ruolo strategico degli spazi intermedi nella transizione delle città verso la neutralità climatica. Gli spazi liminali, intermedi, spesso sinonimo di assenze, vuoti e scarti tra le forme degli oggetti (Piccinno and Lega, 2013) possono essere visti come oggetti effimeri, ma anche come uno straordinario campo di lavoro e di sperimentazione per un possibile futuro 'green' delle città (Rahmann and Jonas, 2011; Tucci, 2018): seppur spesso trascurati, sono teatro di cambiamenti nella gestione vivace della vita quotidiana, hanno un ruolo mesoclimatico e migliorano la connessione tra parti di città e tra gli stessi abitanti.

Attraverso il progetto tecnologico-ambientale di tali spazi è possibile infatti contribuire a modulare le dinamiche urbane e a migliorare la qualità ambientale, rendendo i luoghi più sicuri, fruibili e qualificati, riuscendo anche a supportare un uso efficiente e circolare delle risorse (Tucci et alii, 2021; Marrone and Montella, 2022). Ad esempio l'Eco-boulevard a Madrid<sup>1</sup> introduce strutture bioclimatiche disposte lungo il viale che connette al Parque Nautilus, offrendo oltre alle aree di sosta e socialità, un dispositivo che impatta attivamente (anche attraverso la produzione energetica da rinnovabili) e positivamente sul microclima circostante (Fig. 1). Un ulteriore caso internazionale di rilievo è a Seoul: Seoullo 7017<sup>2</sup> ha come perno la riqualificazione di una strada sopraelevata carrabile degli anni '70 in una infrastruttura verde pedonale di collegamento cittadino (Fig. 2) e connessione tra le aree verdi urbane.

La ricerca mira a spostare il valore semantico del termine 'intermedio' da spazi di scarto di altri sistemi (trasporti, edificato, ecc.) a sistema modulare strutturante lo spazio e le relazioni, per una gestione ottimizzata e sostenibile dei flussi di risorse che li attraversano. Lo spazio intermedio si configura infatti come elemento connettivo e unico nella rigenerazione delle città in ottica di sostenibilità e neutralità climatica, «[...] diventa luogo d'interfaccia tecnologico ambientale per mediare e regolare le interazioni fra utenti, fattori, agenti, funzioni, spazialità, tempi, modi d'uso, mezzi, strumenti, quantità, elementi e oggetti tecnici» (Angelucci, 2023, p. 33). L'apporto derivante dal-

l'attuazione di strategie di decarbonizzazione, praticabili attraverso la progettazione tecnologico-ambientale integrata e multiscale di tali spazi, influisce significativamente sulle prestazioni ecologiche dell'intero sistema urbano.

Di rilievo in questa ottica sono le esperienze degli ecoquartieri nel mondo, in particolare quelli di area europea che hanno, tra i loro pilastri, la decentralizzazione e la mixité dei sistemi energetici, fisici e relazionali (Bögel et alii, 2021), secondo un modello di prossimità, rafforzato dopo la recente esperienza globale dei lockdown, evidenziando l'importanza dei rapporti tra edificato e spazi aperti di comunità. Concetti come la città dei 15 minuti e modelli basati sulla prossimità e la mixité (Moreno et alii, 2021) diventano la base per un nuovo livello di organizzazione modulare dei distretti urbani.

Secondo la filosofia del 'crono-urbanismo' (Moreno, 2019) possiamo identificare un modulo spaziale nella distanza percorribile a piedi, in bicicletta o attraverso il trasporto pubblico, riportando le misurazioni a parametri umani legati a tempo e spazio che, tra i primi, era stato indagato da Thomas Herzog e applicato in via sperimentale nel progetto della Solar City Linz-Pichling realizzato nella seconda metà degli anni '90 (Herzog and Steckeweh, 2000). La pedonabilità, oltre ad essere la modalità di trasporto più naturale (Gehl, 2017), è la forma più ampiamente accessibile e universale di attività fisica, contribuendo alla salute generale e benessere degli abitanti delle città (Lee and Buchner, 2008).

Questi spazi, vocati alla trasformazione nel tempo, possono migliorare il livello di resilienza delle città, grazie alla combinazione di architettura adattiva e integrazione con le tecnologie 'responsive', entrando in dialogo attivo con l'ambiente circostante (Andaloro, de Waal and Suurenbroek, 2022). L'interpretazione dello spazio intermedio è uno step imprescindibile nella valutazione della vivibilità e sostenibilità della città contemporanea, garantendo un'infrastruttura di continuità e connessioni per luoghi, persone, beni e servizi (De Capua and Errante, 2019).

La ricerca intende offrire una diversa chiave di lettura sulla dimensione degli spazi intermedi urbani, spesso oggetto di indagine in letteratura per la riattivazione dello spazio pubblico, delle comunità, o per le possibilità di mitigazione degli effetti dell'isola di calore urbana. Poche sono infatti le letture trasversali sul potenziale ruolo che tali spazi possono svolgere nella decarbonizzazione delle città, che la ricerca si pone invece l'obiettivo di indagare.

Muovendo dal concetto, consolidato sin dagli anni '80 nell'ambito della Progettazione Ambientale, di spazio intermedio come componente depositaria del controllo e della regolazione di buona parte delle interazioni vitali dell'ecosistema urbano (Tucci, 2023) e alla luce delle molteplici accezioni di significato riconducibili agli spazi intermedi, che oggi ne evidenziano l'elevata complessità<sup>3</sup>, la ricerca mira, in particolare: a strutturare una classificazione ampia e articolata degli stessi, a individuare e mappare un ampio insieme di esperienze esemplari in cui tali spazi sono stati strutturati – in modo da potenziarne il ruolo in ottica di mitigazione climatica, analizzarne i caratteri secondo un set di criteri specifici – e infine a definire una metodologia per la valutazione del contributo alla decarbonizzazione nei termini (peraltro molto am-

pi, anche se finora troppo poco indagati) che essi possono offrire.

Il contributo presenta i risultati di attività di ricerca svolte nell'ambito della più ampia tematica del PRIN, Bando 2017, dal titolo Tech Start – Key Enabling Technologies and Smart Environment in the Age of Green Economy – Convergent Innovations in the Open Space / Building Systems for Climate Mitigation, da parte dell'Unità di Ricerca del Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura della 'Sapienza' Università di Roma.<sup>4</sup>

**Metodologia e fasi operative della ricerca** | L'attività di ricerca sistematica si è svolta in cinque fasi, temporalmente distinte. Nella prima fase, attraverso un'approfondita revisione della letteratura<sup>5</sup>, si è definito un metodo di classificazione dell'ampia casistica di spazi intermedi riscontrabili in ambito urbano, dalla scala dell'edificio a quella distrettuale. Spesso trascurati e trattati come non luoghi, vuoti, assenze, spazi di risulta, sono elementi intermedi tra due estremi, e per questo difficilmente inquadrabili e troppo a lungo 'imprigionati' nella logica della 'dualità' o del 'sistema binario' (Carmona, 2010), che pone l'attenzione sugli estremi e non sulle condizioni di transizione – quelle che sono comprese tra quegli estremi – condizioni che rappresentano in realtà la più concreta sede del possibile cambiamento. Non potendo riferirsi unicamente agli aspetti morfologici, in quanto pressoché infinita la casistica che si presenta sulla scena internazionale, ai fini dello studio degli spazi intermedi la ricerca propone un modello di lettura basato sulle quattro dimensioni che li contraddistinguono: la dimensione progettuale, quella socioculturale, quella economico-politica e quella climatica.

Nella dimensione 'progettuale' si evidenzia la funzione e il grado di adattabilità nel tempo e nello spazio (Franck and Stevens, 2006). La dimensione 'socioculturale' è collegata direttamente all'utenza, alla percezione dello spazio e ai tipi di interazioni possibili tra di essi, che li dispongono su una scala che va dal 'vuoto negativo' al 'quotidiano e familiare' (Dines and Cattell, 2006). La dimensione 'economico-politica' riguarda la relazione tra spazio pubblico e privato e le dinamiche di inclusione (Malone, 2002) ed esclusione (Flusty, 1997). Infine, nella dimensione 'climatica' ritroviamo il ruolo di mesoambiente regolativo di Marston Fitch (1980) e gli aspetti di funzionalità bioclimatica (Herzog and Steckeweh, 2000). Tuttavia mentre quest'ultima dimensione è spesso considerata come isolata, la ricerca la interpreta come strettamente correlata alle altre tre dimensioni, indagando in particolare i nessi e le potenziali interazioni tra di esse (Fig. 3).

Nella seconda fase, a partire dalla rispondenza alle caratteristiche emerse nell'analisi delle quattro dimensioni degli spazi intermedi (progettuale, socioculturale, economico-politica e climatica), è stata effettuata la selezione di un centinaio di casi studio nazionali e internazionali, su scala globale, di spazi intermedi urbani, classificati per macrocategorie: gli spazi pertinenti agli edifici, comuni e polifunzionali, sia indoor (come spazi-buffer, atri bioclimatici, spazi condivisi, ecc.) sia outdoor (come corti, patii, ecc.); gli spazi tra gli edifici, inclusi gli spazi interstiziali e quelli pubblici come piazze o strade; le reti di spazi costituite dalla con-

nessione di più spazi pubblici o semipubblici. I casi studio presi in esame derivano da interventi di nuova costruzione e di rigenerazione urbana. I nuovi interventi si riferiscono principalmente alla realizzazione di eco-quartieri ed eco-distretti, mentre gli interventi di rigenerazione e riqualificazione urbana comprendono azioni puntuali, di riempimento dei vuoti residuali sia del tessuto urbano sia dell'edificato.

Successivamente nella terza fase è stata condotta l'analisi di rispondenza dei casi rispetto a sei assi tematici definiti a monte della raccolta e selezione dei casi; quindi si è proceduto alla valutazione degli stessi tramite tre criteri appositamente elaborati, come descritto più avanti. Questa fase ha così avuto la finalità di enucleare le unità di base modulari degli interventi realizzati e comprendere come la progettazione di questi spazi, in ottica tecnologica-ambientale, possa ca-

ratterizzarli in chiave di infrastruttura a supporto di dinamiche urbane in ottica di decarbonizzazione, uso efficiente e circolare delle risorse e tutela degli ecosistemi naturali.

Il primo step della fase di analisi è consistito nella verifica dell'aderenza dei casi studio agli assi delle Green City<sup>6</sup> (Tucci and Altamura, 2023): 'energy transition', 'bioclimatic responsiveness', 'functional mixity and proximity', 'resource circularity and self-sufficiency', 'sustainable mobility', 'urban greening, green and grey CO<sub>2</sub> subtraction'. In particolare si è adottata una modalità di valutazione qualitativa con una scala da 0 a 5 (con 5 livello massimo) che restituisce la numerosità e il livello di innovazione delle soluzioni adottate in ciascun intervento, in linea con ciascun asse, rispetto alla finalità della riduzione delle emissioni climateranti.

Il secondo step, poi, è stato orientato alla valutazione dell'impatto della progettazione tecno-

logica-ambientale degli spazi intermedi sul sistema urbano rispetto, in particolare, all'obiettivo della neutralità climatica. Nello specifico si è inteso valutare il potenziale ruolo degli spazi intermedi come modulo strutturante nell'ambito della riqualificazione / rigenerazione del tessuto urbano, attraverso l'elaborazione di tre criteri di analisi, collegati sinergicamente tra loro: Naturalità, Prossimità e Circolarità (Fig. 4).

Per Naturalità, nell'ambito della ricerca, si intendono le strategie collegate all'acqua, al verde e al suolo. La presenza di aree verdi nei distretti urbani è infatti decisiva per il controllo degli effetti dell'isola di calore, l'assorbimento di CO<sub>2</sub>, la gestione del deflusso delle acque meteoriche e la resilienza agli eventi climatici estremi, oltre che per garantire benefici psico-fisiologici. Nelle azioni di rigenerazione urbana, le soluzioni integrate basate sulla natura potenziano il ruolo mesoclimatico dello spazio intermedio, aumentano la permeabilità dei suoli, consentono la gestione circolare delle acque piovane e favoriscono la biodiversità e l'attrattiva dello spazio (Scalisi and Ness, 2022).

La Prossimità, intesa come funzione di mixità, trasporto e vivacità della vita, è uno dei punti cardine della modulazione urbana; i tre aspetti sono interdipendenti alimentandosi, o smorzandosi, a vicenda. La mixità funzionale e sociale è spesso definita come entropia, con un valore tanto più alto quanto più è possibile trovare servizi e funzioni diversificate al suo interno (Ewing and Cervero, 2001): dotare gli spazi pubblici di servizi rafforza l'uso della mobilità dolce e consente la costituzione del senso di appartenenza ed identità che porta le persone ad attraversare e sostare in quegli spazi, contribuendo alla crescita e al rafforzamento della loro vitalità (Gehl, 2011). Inoltre la Prossimità si presta come modulo spaziale nella gestione circolare dei flussi di risorse materiali e immateriali, rispondendo alle problematiche del transito da globalizzazione a reti 'glocali' (Bauman, 2005; Andaloro, 2021): l'implementazione di strategie circolari (riuso, riparazione, riciclo) nel ciclo di vita di prodotti e materiali è favorita dalla presenza di luoghi comunitari di promozione di buone pratiche di condivisione e autosufficienza, come i servizi di sharing di biciclette e auto elettriche, aumentandone l'accessibilità e incoraggiandone l'uso.

La quarta fase della ricerca ha visto la messa a punto di una modalità di analisi e restituzione grafica dell'organizzazione spaziale e funzionale degli spazi intermedi, attraverso una mappatura georeferenziata sul software QGis (Figg. 5, 6). L'elaborazione grafica evidenzia le strategie adottate secondo i tre criteri di Naturalità, Prossimità e Circolarità nei singoli casi studio in maniera puntuale, segnalando inoltre la presenza di elementi chiave derivanti dall'implementazione delle singole strategie e individuati durante la fase di analisi.

Nella mappatura gli spazi intermedi vengono relazionati ad aree definite in base a un modulo costruito sulla distanza spazio-temporale degli spostamenti pedonali e ciclabili, rispettivamente di 250 e 500 metri (Nalaskowska, 2021). Il fine della mappatura è di visualizzare il sistema degli spazi intermedi, intesi come infrastruttura, e delle



Fig. 1 | Eco-boulevard in Madrid (2007), designed by Eco-sistema Urbano (source: archdaily.com).

reti che li mettono in relazione, per evidenziare come essi collaborino e si integrino in maniera sinergica, nel supporto che offrono alle diverse dimensioni socioculturale, economico-politica, progettuale, climatica.

Infine, la quinta fase della ricerca, che si sta avviando a conclusione, consiste nella definizione di una metodologia per la misurazione dei benefici ambientali – in termini di riduzione delle emissioni climateranti – conseguibili attraverso l'implementazione negli spazi intermedi delle strategie riconducibili a Naturalità, Prossimità e Circolarità, mediante azioni tecniche e tecnologiche. La metodologia integra diverse metodiche per la stima delle emissioni di CO<sub>2</sub> evitate e/o sottratte attraverso le singole componenti del progetto (trasporti / spostamenti evitati, vegetazione, produzione energetica in loco, gestione circolare e locale degli scarti, gestione circolare della risorsa idrica, ecc.), strutturando un quadro complessivo che consente di comparare lo stato ante e post intervento e di valutare quantitativamente i benefici ottenuti.

**Risultati della ricerca** | Nella presente sezione sono presentati i risultati della ricerca mediante l'illustrazione di sei casi studio esplicativi delle dinamiche osservate, analizzati attraverso il set di criteri precedentemente descritti (Tab. 1). I casi studio qui riportati sono rappresentativi delle categorie di riferimento già citate.

Nell'ambito degli spazi intermedi pertinenti agli edifici, la mixité funzionale e sociale interna consente l'ottimizzazione dei flussi e la circolarità su breve distanza. Nel caso del Markthal di Rotterdam, l'asse della 'functional mixité and proximity' è espresso fin dalla concezione progettuale: l'edificio per abitazioni si sviluppa attorno a un grande spazio pubblico, circondandolo fisicamente fino a coprirlo e generando uno spazio intermedio sia aperto che chiuso, con diverse funzioni in base agli orari, di giorno mercato e supermercato, di sera principalmente dedicato ad attività di ristorazione. Rispondendo ai criteri di Prossimità e Circolarità, l'edificio favorisce la vitalità del luogo grazie al mix e alle diverse soluzioni di trasporto nelle vicinanze, innescando dinamiche di circolarità di servizi, scarti e prodotti anche con il vicino, e storico, mercato all'aperto (Fig. 7).

Nel grattacielo Capitaspring, Singapore, che si sviluppa su 51 piani caratterizzati dalla presenza di oasi verdi fruibili sia dagli abitanti che dagli utenti esterni, il verde diventa elemento strutturante la distribuzione interna, in risposta al criterio della Naturalità e in rispondenza con l'asse del 'green CO<sub>2</sub> subtraction and urban greening'. Al piano terra la piazza funge da connessione e apertura verso il quartiere: successivamente al blocco delle abitazioni e spazi collettivi è presente una grande oasi verde su più piani, che si ripropone poi in copertura. Il verde, in questo caso, oltre a contribuire al raffrescamento e alla purificazione dell'aria e a offrire una sosta all'interno di una città altamente cementificata, è anche produttivo: gli orti presenti al suo interno riforniscono i numerosi ristoranti presenti nel grattacielo, secondo l'asse della 'resource circularity and self-sufficiency' e innescando un dialogo tra i criteri di Naturalità e Circolarità (Fig. 8).

Con riferimento agli spazi tra gli edifici, interventi puntuali di riempimento dei vuoti urbani residui o rigenerazione urbana, che mirano a rendere i vuoti urbani luoghi positivi e attivi, possono innescare nuove dinamiche nell'intorno favorendo la connessione tra diversi elementi a livello urbano. A Taiwan un centro commerciale in disuso è divenuto una piazza urbana con acqua e verde: Tainan Spring sorge all'interno dei resti della struttura pre-esistente, trasformando l'edificio abbandonato in un'oasi verde con vasche d'acqua, funzionali sia da un punto di vista sociale che bioclimatico, contribuendo a migliorare il microclima circostante secondo l'asse del 'bioclimatic responsiveness'. L'inserimento di un luogo aperto in un contesto densamente costruito ha consentito di migliorare la circolazione e il sistema di trasporti, favorendo le connessioni tra spazi prima non comunicanti,

utilizzando diverse strategie appartenenti ai criteri di Naturalità e Prossimità (Fig. 9).

Nel caso della riqualificazione di Karen Blixens Plads, Copenhagen, la piazza modula gradualmente la transizione fra la zona universitaria e un'area naturalistica, ospitando diversi sistemi ipogei per parcheggiare le biciclette e modellando il terreno in continuità con l'andamento naturale, incidendo direttamente sull'asse della 'sustainable mobility' e integrando soluzioni di Naturalità e Prossimità (Fig. 10).

Riguardo alla categoria delle reti di spazi, la connessione tra diverse tipologie (strade, piazze, corti, tetti, ecc.) genera sistemi continui di fruizione dello spazio, favorendo la connessione con il sistema naturale e la salvaguardia della biodiversità, ottimizzando i percorsi spazio-temporali a favore di una mobilità sostenibile e di uno stile di vita sa-



Fig. 2 | Seoulo 7017 Skygarden (2017) in Seoul, designed by MVRDV (credit: Ossip).

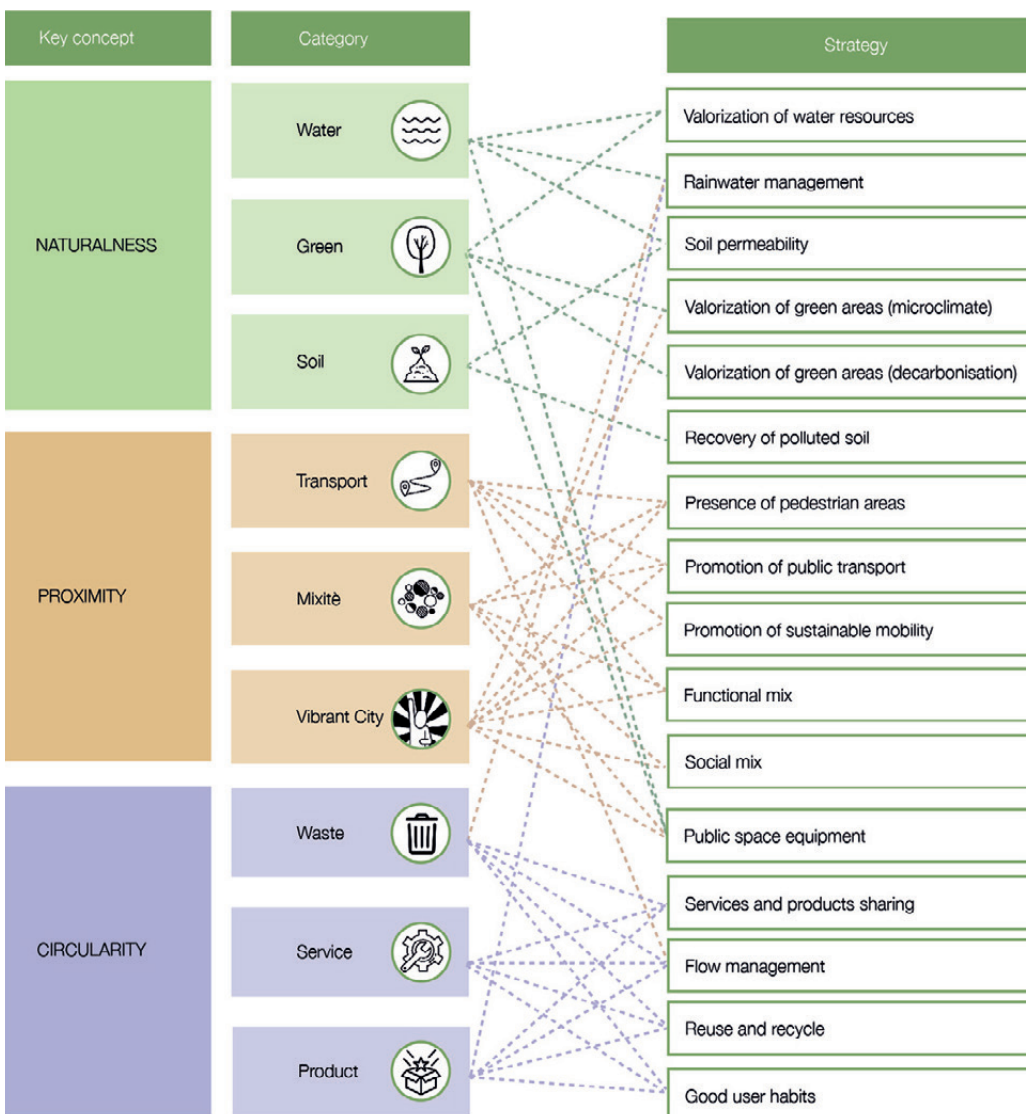
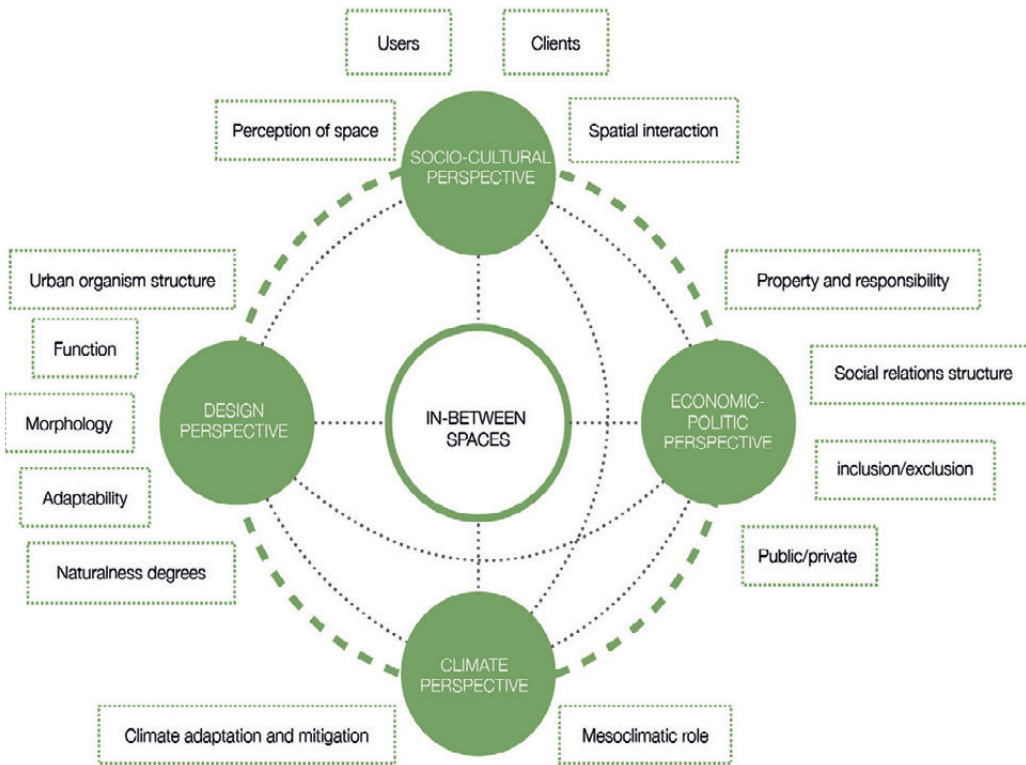


Fig. 3 | The four dimensions of in-between spaces (credit: M. M. Pani).

Fig. 4 | Criteria and categories for analysing the modulation of urban dynamics by in-between spaces (credit: M. M. Pani).

no, offrendo occasioni di recupero riciclo e produzione in loco. Tali approcci si riscontrano in maniera sistemica negli eco-quartieri ed eco-distretti nati nell'ambito di azioni di rigenerazione urbana, laddove è anche più evidente la strutturazione degli spazi intermedi come moduli di organizzazione dello spazio urbano.

A Stoccolma l'ecodistretto Stockholm Royal Seaport, sorto su un'area ex industriale, presenta una forte connessione con la vicina area naturalistica, evidenziata grazie a un'attenta progettazione in base al modulo spazio-temporale che rende fruibile e connesso il distretto nel raggio di 15 minuti. Grande attenzione è data al tema del verde e alla garanzia di spazi verdi accessibili e fruibili da ogni abitazione nel raggio di 300 metri (Fig. 11).

In ultimo il caso dell'ecodistretto Nordhavn a Copenhagen: l'intervento si snoda su 11 isolotti, ognuno dei quali strutturato secondo il principio dei 5 minuti e a sua volta con caratteristiche e attività peculiari che consentono una collaborazione con gli altri anche grazie a un anello di trasporto pubblico e ciclabile. Il modulo spaziale è qui particolarmente evidente, collaborando con quello temporale che invita all'uso degli spazi pubblici diversificato in base agli orari, come la piazza antistante alla scuola internazionale, o invita a un mix di usi come nel caso del parcheggio multipiano Park'n'Play che presenta in copertura un'area attrezzata per attività sportive all'aperto (Fig. 12).

**Discussione dei risultati e conclusioni** | Dalla lettura comparativa dei casi qui presentati, selezionati a seguito di un'ampia raccolta e analisi di casi studio nazionali che si distinguono per l'innovazione delle soluzioni e dei modelli proposti, la ricerca ha operato una sintesi critica con particolare attenzione alle soluzioni con promettenti ricadute sulla mitigazione climatica e sulla decarbonizzazione. In particolare il quadro di valutazione dell'aderenza dei casi agli Assi delle Green City (Tab. 2) rileva una maggior efficacia nel caso di reti di spazi, integrando più facilmente tutti gli aspetti; la 'energy transition', infatti, non è presente nelle altre categorie, mentre la 'resource circularity and self sufficiency' è variabile; gli altri assi sono ampiamente sviluppati in tutti i casi.

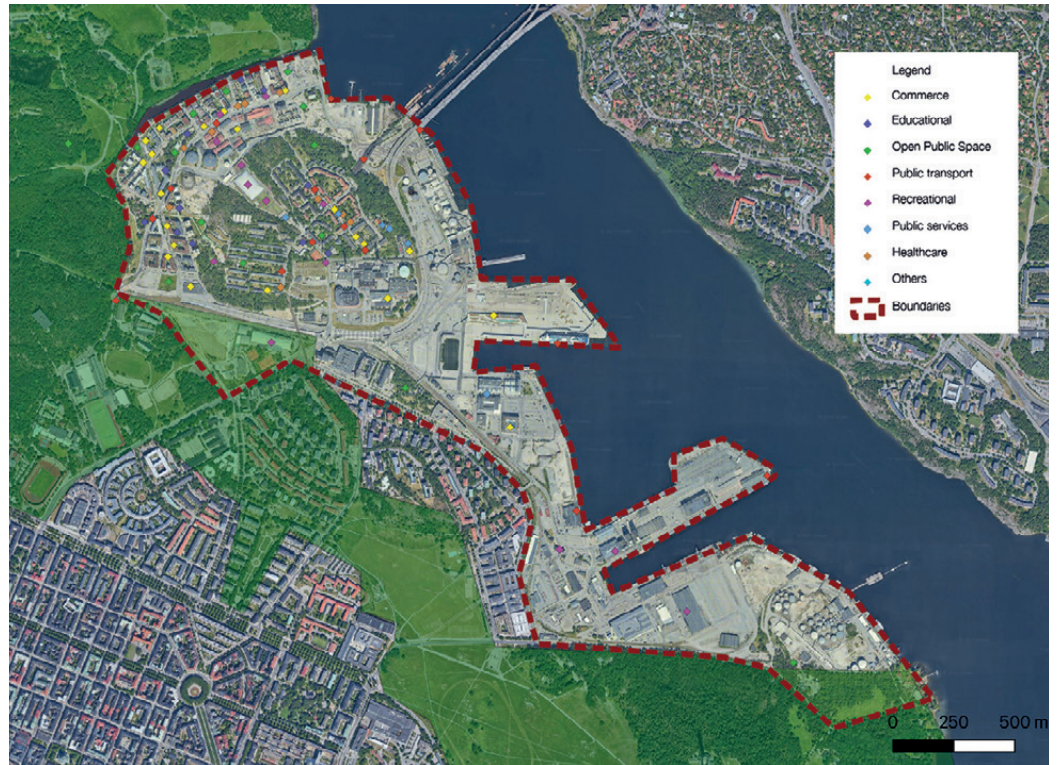
Con riferimento al quadro di valutazione attraverso i criteri di Naturalità, Prossimità e Circolarità (Tab. 3), appare una notevole concentrazione di azioni inerenti alla Prossimità in tutte le categorie, la Naturalità presenta una minore ricorrenza negli spazi di pertinenza agli edifici, mentre la Circolarità è maggiormente implementata a livello di reti e edifici.

In conclusione l'attività di ricerca mostra profili di innovazione nell'individuazione delle molteplici ricadute che il progetto dello spazio urbano, consapevole dell'ottica propria della progettazione tecnologica-ambientale, può offrire rispetto all'obiettivo della neutralità climatica, nel modulare le dinamiche di evoluzione, trasformazione e rigenerazione urbana. Inoltre nella fase più recente di sviluppo della ricerca è stato introdotto un ulteriore aspetto innovativo attraverso la definizione di una metodologia di valutazione quantitativa dell'impatto delle azioni strategiche intraprese negli spazi intermedi rispetto all'obiettivo della neutralità climatica.

In tal senso, rispetto a quest'ultima attività, si individua un limite di ricerca nella difficoltà di mi-

surazione diretta del contributo di alcune delle strategie di decarbonizzazione applicabili negli spazi intermedi (come nel caso delle soluzioni relative all'incremento del mix funzionale); ciò comporta la necessità di articolare la valutazione in diversi passaggi, andando a scomporre l'azione in diverse componenti direttamente valutabili.

Tra le prospettive di ricerca si individua l'opportunità della definizione sistematica di indirizzi, strategie, azioni e soluzioni tecnologiche a supporto della progettazione tecnologica-ambientale degli spazi intermedi in ambito urbano, volti a organizzarli in moduli spaziali che integrino e offrano servizi (ecosistemici e non) e attrezzature coerenti con i concetti chiave di Naturalità, Prossimità e Circolarità. Tale prodotto potrebbe supportare le attività delle Amministrazioni locali nell'indirizzare le azioni sugli spazi intermedi urbani in chiave di neutralità climatica, di adattamento e di riduzione del prelievo di risorse. Rispetto a questa prospettiva si riscontra un limite nella infinita variabilità delle morfologie degli spazi intermedi urbani che può essere affrontata avvalendosi proprio del 'modulo', in rapporto al concetto chiave di Prossimità.



Among the many challenges facing the contemporary city, the most urgent are the climate crisis and the scarcity of resources. Despite global commitments, we are still a long way from meeting the 1.5 °C global warming containment targets set out in the 2015 Paris Agreement (UNFCCC, 2021), and a 55% reduction in greenhouse gas emissions by 2030, as proposed in the European Green Deal and the 2030 Agenda (European Commission, 2019; UN, 2015). It is crucial to intervene in cities with a sustainable and climate-neutral perspective: cities are home to about half of the global population and, although they occupy only 3% of the earth's surface, they are responsible for 70% of energy consumption and 75% of CO<sub>2</sub> emissions, requiring socio-economic and productive infrastructure up to 300 times the physical size in terms of resource support areas (UN, 2015). As a result, the urban heat island, high population density, growing energy needs, and transportation emissions are amplified (Tucci, 2018; Losasso, 2022).

This research aims to investigate the potential and strategic role of in-between spaces in the transition of cities towards climate neutrality. Liminal and in-between spaces, often synonymous with absences, voids, and gaps between object forms (Piccinno and Lega, 2013), can be seen as ephemeral objects but also as an extraordinary field of work and experimentation for a possible 'green' future of cities (Rahmann and Jonas, 2011; Tucci, 2018): although often overlooked, they are the scene of changes in the lively management of daily life, playing a meso-climatic role and improving the connection between parts of cities and between the inhabitants themselves.

Through the technological-environmental design of these spaces, it is possible to contribute to the modulation of urban dynamics and the improvement of environmental quality, making places safer, usable and qualified, while also supporting efficient and circular use of resources (Tucci et alii, 2021; Marrone and Montella, 2022). For example, the Eco-boulevard in Madrid<sup>1</sup> introduces biocli-



**Figgs. 5, 6** | Stockholm Royal Seaport: Highlighting in QGis of the main elements that belong to the different analysis categories and which structure the urban redevelopment; Detail on 250 m pedestrian and 500 m bicycle module (credits: M. M. Pani).

matic structures arranged along the avenue that connects to Parque Nautilus, offering not only areas for rest and socialising, but also a device that actively and positively impacts the surrounding microclimate through energy production from renewables (Fig. 1). A further notable international case is in Seoul: Seoulo 7017<sup>2</sup> centres on the redevelopment of a 1970s elevated driveway into a green pedestrian city link infrastructure (Fig. 2) and the connection between urban green areas.

The research aims to shift the semantic value of the term 'in-between' from waste spaces of

other systems (transportation, built environment, etc.) to a modular system that structures space and relationships for optimised and sustainable management of the resources that flow through them. In-between space is configured as a connective and unifying element in the regeneration of cities with a view towards sustainability and climate neutrality, «[...] in-between space is presented as an interface with a variable arrangement. It becomes a space with which to define and regulate various technological and environmental configurations of relationships, connections, activities,

| N° | Location   | Architects                 | Category                     | Typology of intervention | Year          |
|----|--|----------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------|
| 1  | Markthal<br>(Rotterdam<br>(The Netherlands))       | MVRDV                      | Spaces adjacent to buildings | New construction         | 2014          |
| 2  | Capitaspring<br>(Singapore<br>(Singapore))         | BIG, Carlo Ratti Associati | Spaces adjacent to buildings | New construction         | 2022          |
| 3  | Tainan Spring<br>(Tainan<br>(Taiwan))              | MVRDV                      | Spaces between buildings     | Redevelopment            | 2020          |
| 4  | Karen Blixens Plads<br>(Copenhagen<br>(Denmark))   | Cobe                       | Spaces between buildings     | Redevelopment            | 2019          |
| 5  | Stockholm Royal Seaport<br>(Stockholm<br>(Sweden)) | Vv.Aa.                     | Network of in-between spaces | Redevelopment            | 2010-on-going |
| 6  | Nordhavn<br>(Copenhagen<br>(Denmark))              | Vv.Aa.                     | Network of in-between spaces | New construction         | 2008-on-going |

Tab. 1 | Table of examined case studies (credit: the Authors).

practices, behaviours, and solutions» (Angelucci, 2023, p. 32). The value resulting from implementing decarbonisation strategies, feasible through the integrated and multiscale technological-environmental design of such spaces, significantly affects the ecological performance of the entire urban system.

In this perspective, the experiences of eco-neighbourhoods around the world are significant, particularly those in the European area, whose pillars include decentralisation and the mixité of energy, physical and relational systems (Bögel et alii, 2021), according to a model of proximity, strengthened after the recent global lockdown experience and highlighting the importance of the relationships between built and open community spaces. Concepts such as the 15-minute city and models based on proximity and mixité (Moreno et alii, 2021) become the basis for a new level of modular organisation of urban districts.

According to the philosophy of 'chrono-urbanism' (Moreno, 2019) it is possible to identify a spatial module in the distance which can be covered on foot, by bicycle or via public transport, reverting measurements to human parameters related to time and space, which, among the first, had been investigated by Thomas Herzog and applied experimentally in the Solar City Linz-Pichling project implemented in the second half of the 1990s (Herzog and Steckeweh, 2000). Besides being the most natural mode of transportation (Gehl, 2017), walkability is the most widely accessible and universal form of physical activity, contributing to urban dwellers' overall health and well-being (Lee and Buchner, 2008). These spaces, prone to transformation over time, can improve the level of resilience of cities through a combination of adaptive architecture and integration with 'responsive' technologies, engaging in active dialogue with their surroundings (Andaloro, de Waal and Suurenbroek, 2022). Interpreting the in-between space is an indispensable step in assessing the liveability and sustainability of the contemporary city, thus ensuring an infrastructure of continuity and connections for places, people, goods and services (De Capua and Errante, 2019).

This research aims to offer a different take on the dimension of urban in-between spaces, often investigated in the literature for the reactivation of public space, communities or the possibilities of

mitigation of urban heat island effects. Indeed, there is little cross-disciplinary literature on the potential role such spaces can play in the decarbonisation of cities, which by contrast this research aims to investigate.

Building on the concept of in-between space as a component that controls and regulates a large part of the vital interactions of the urban ecosystem (Tucci, 2023), a concept firmly established since the 1980s in the field of Environmental Design, and in light of the multiple meanings attributable to in-between spaces, which now point to their high complexity<sup>3</sup>, the research aims, in particular: to structure a broad and articulate classification of such spaces; to identify and map a wide set of exemplary experiences in which these spaces have been structured, to enhance their role with a view to climate mitigation; to analyse their characters according to a set of specific criteria; and finally, to define a methodology for assessing their contribution to decarbonisation in the terms they can offer (which are, moreover, very broad, though so far too little investigated).

The contribution presents the results of research activities carried out in the context of the broader theme of the PRIN, 2017 Call, entitled Tech Start – Key Enabling Technologies and Smart Environment in the Age of Green Economy – Convergent Innovations in the Open Space / Building Systems for Climate Mitigation, on behalf of the Research Unit of the Department of Planning, Design, Technology of Architecture of the 'Sapienza' University of Rome.<sup>4</sup>

#### Methodology and operational phases of research

The systematic research activity was carried out in five temporally distinct phases. Based on a thorough review of the literature<sup>5</sup>, the first phase saw the definition of a classification method for the wide case history of in-between spaces found in urban settings, from building to district scale. These spaces are often overlooked and treated as non-places, voids, absences or result spaces, and intermediate elements between two extremes, therefore, difficult to frame and for too long 'imprisoned' in the logic of 'duality' or 'binary system' (Carmona, 2010), which focuses on the extremes and not on the conditions of transition – those that are included among those extremes – conditions that represent the most concrete locus

of possible change. Since it is not possible to refer solely to morphological aspects, as the caseload occurring at the international level is almost infinite, for the purpose of studying in-between spaces, the research proposes a comprehension model based on the four distinguishing dimensions: the design dimension, the sociocultural dimension, the economic-political dimension and the climatic dimension. The 'design' dimension highlights the function and degree of adaptability in time and space (Franck and Stevens, 2006). The 'sociocultural' dimension is directly related to the users' spatial perception and their possible interactions, which place them on a scale ranging from 'negative void' to 'everyday and familiar' (Dines and Cattell, 2006). The 'economic-political' dimension concerns the relationship between public and private space and the dynamics of inclusion (Malone, 2002) and exclusion (Flusty, 1997). Finally, in the 'climate' dimension, we find Marston Fitch's (1980) role of regulatory meso-environment and the aspects of bioclimatic functionality (Herzog and Steckeweh, 2000). However, while the latter dimension is often regarded as isolated, research interprets it as closely related to the other three dimensions, explicitly investigating their links and potential interactions (Fig. 3).

In the second stage, building on the correspondence to the characteristics that emerged in the analysis of the four dimensions of in-between spaces (design, sociocultural, economic-political and climatic), a hundred national and international case studies of urban in-between spaces were selected on a global scale, classified by macro-categories: spaces pertinent to buildings, communal and multifunctional, both indoor (such as spaces-buffers, bioclimatic atria, shared spaces, etc.) and outdoor (such as courtyards, patios, etc.); spaces between buildings, including interstitial spaces and public spaces such as squares or streets; and networks of spaces consisting of the connection of multiple public or semi-public spaces.

The examined case studies derive from interventions of new construction and urban regeneration. New interventions mainly refer to creating eco-neighbourhoods and eco-districts; in contrast, urban regeneration and redevelopment interventions consist of specifically focused actions, filling residual voids in the urban fabric and the built environment.

Subsequently, a case-response analysis was conducted in the third stage, with respect to six thematic axes defined before the collection and selection of cases; the cases were then evaluated using three specially developed criteria, as described below. This phase thus aimed to enucleate the modular basic units of the implemented interventions and understand how the design of these spaces, from a technological-environmental perspective, can characterise them as infrastructure supporting urban dynamics with a view to decarbonisation, efficient and circular use of resources and protection of natural ecosystems.

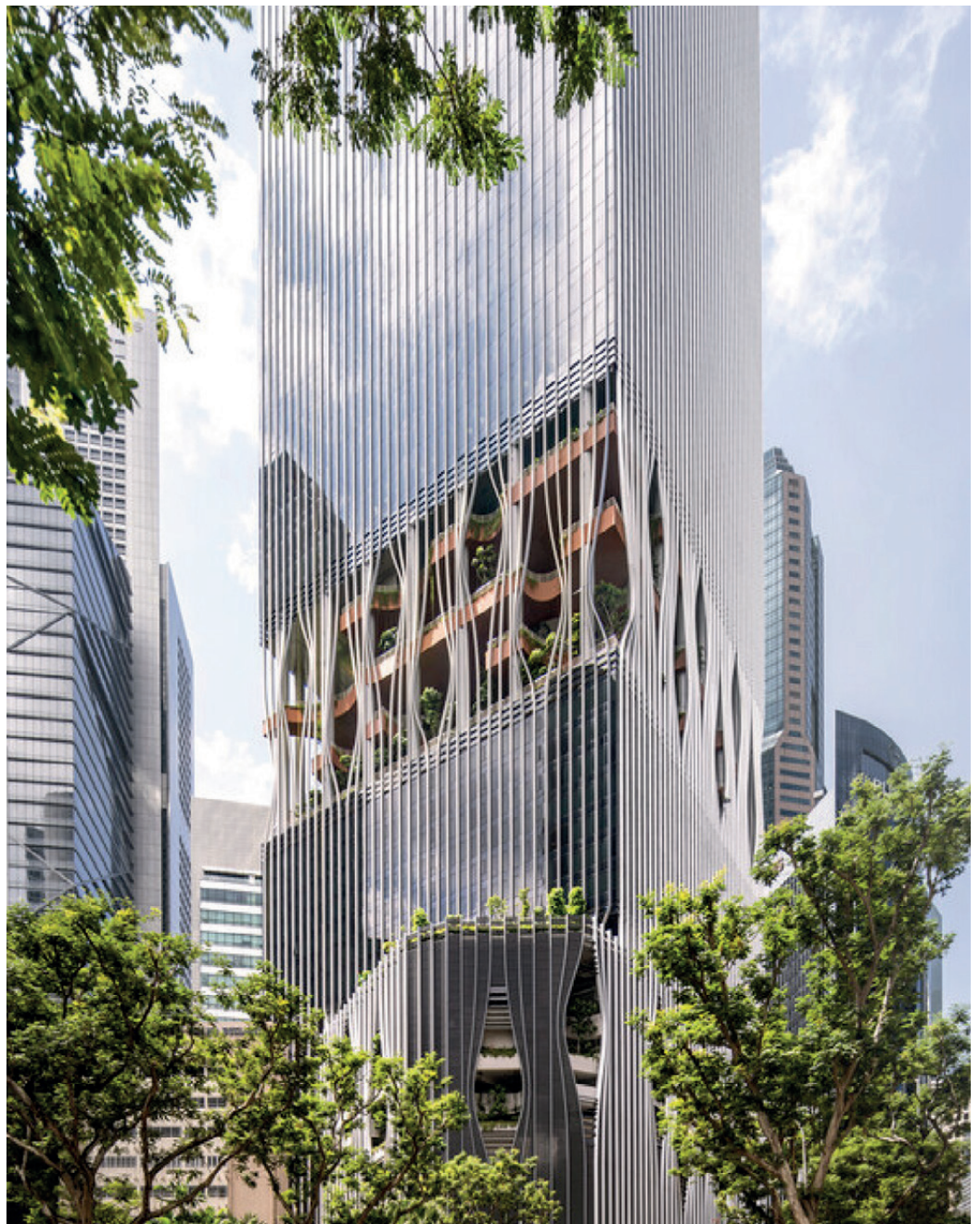
The first step of the analysis phase consisted of the verification of the case studies' adherence to the axes of the Green Cities<sup>6</sup> (Tucci and Altamura, 2023): 'energy transition', 'bioclimatic responsiveness', 'functional mixité and proximity', 'resource circularity and self-sufficiency', 'sustainable mobility', and 'urban greening, green and grey CO<sub>2</sub> subtraction'. In particular, a qualitative evaluation method featuring a scale from 0 to 5 (with 5 as the maximum level) was adopted, returning the number and level of innovation of the solutions adopted in each intervention, in line with each axis, to reduce climate-altering emissions.

The second step was then geared toward assessing the impact of the technological-environmental design of in-between spaces on the urban system with respect, in particular, to the goal of climate neutrality. Specifically, the aim was to assess the potential role of in-between spaces as a structuring module in the redevelopment / regeneration of the urban fabric through the development of three analysis criteria, which are synergistically connected: Naturalness, Proximity and Circularity (Fig. 4).

In the research context, Naturalness refers to strategies related to water, greenery and soil. The presence of green areas in urban districts is crucial for controlling heat island effects, CO<sub>2</sub> absorption, stormwater runoff management and resilience to extreme weather events, as well as providing psycho-physiological benefits. In urban regeneration actions, integrated nature-based solutions enhance the mesoclimatic role of the in-between space, increase soil permeability, enable circular stormwater management, and promote biodiversity and spatial attractiveness (Scalisi and Ness, 2022).

Proximity, understood as a function of mixité, transport and liveliness of life, is one of the cornerstones of urban modulation. The three aspects are interdependent, as they fuel or dampen each other. Functional and social mixité is often defined as entropy, whereby the higher the value, the more it is possible to find diversified services and functions within it (Ewing and Cervero, 2001).

Providing public spaces with amenities reinforces soft mobility: it empowers the establishment of a sense of belonging and identity that leads people to transit and linger in those spaces, contributing to developing and reinforcing their vitality (Gehl, 2011). In addition, Proximity lends itself as a spatial module in the circular manage-



**Fig. 7** | Markthal (2014) in Rotterdam, designed by MVRDV (credit: D. Scagliola and Brakkee).

**Fig. 8** | CapitaSpring (2022) in Singapore, designed by BIG and Carlo Ratti Associati (source: big.dk).



ment of the flows of material and intangible resources, responding to the problems of transit from globalisation to 'glocal' networks (Bauman, 2005; Andaloro, 2021): the implementation of circular strategies (reuse, repair, recycling) in the life cycle of products and materials is favoured by the presence of community places to promote good sharing and self-sufficiency practices, such as bicycle and electric car sharing services, increasing their accessibility and encouraging their use.

The fourth phase of the research involved the development of a method to analyse and graphically render the spatial and functional organisation of in-between spaces through georeferenced mapping in QGIS software (Fig. 5, 6). The graphical elaboration highlights the specific strategies

adopted according to the three criteria of Naturalness, Proximity and Circularity in the individual case studies, also pointing out the presence of key elements resulting from the implementation of specific strategies and identified during the analysis phase.

In mapping, in-between spaces are related to areas defined according to a module built on the spatio-temporal distance of pedestrian and bicycle trips, respectively, of 250 and 500 meters (Nalaskowska, 2021). The purpose of mapping is to visualise the system of in-between spaces, understood as infrastructure, and the networks that connect them, to highlight how they collaborate and integrate synergistically, in the support they offer to the different sociocultural, political-economic, planning, and climate dimensions.

Finally, the fifth phase of the research, currently nearing completion, is to define a methodology to measure the environmental benefits – in terms of reducing climate-changing emissions – achievable through the implementation of strategies attributable to Naturalness, Proximity and Circularity in in-between spaces by technical and technological actions. The methodology integrates different methods for estimating CO<sub>2</sub> emissions avoided and/or subtracted through individual project components (transportation / avoided travel, vegetation, on-site energy production, circular and local waste management, circular water resource management, etc.), structuring an overall picture that allows for a comparison of the pre- and post-intervention state and a quantitative assessment of the obtained benefits.

**Research results** | This section presents the research findings by illustrating six case studies that exemplify the observed dynamics, analysed through the previously described set of criteria (Tab. 1). The hereby reported case studies are representative of the aforementioned reference categories.

In the context of in-between spaces pertaining to buildings, internal functional and social mixité enables flow optimisation and circularity over short distances. With regard to the Markthal in Rotterdam, the axis of 'functional mixité and proximity' is expressed from the very conception of the design: the housing building is developed around an ample public space, physically surrounding it to the point of covering it and generating an in-between space which is both open and closed, with different functions depending on the time of day, market and supermarket during the day, and restaurants in the evening. By meeting the criteria of Proximity and Circularity, the building fosters local vitality through the mix and diverse transportation solutions in the vicinity, triggering dynamics of circularity of services, waste and products even with the nearby and historic open-air market (Fig. 7).

In the CapitaSpring skyscraper, Singapore, which spans 51 floors characterised by the presence of green oases usable by both inhabitants and external users, greenery becomes a structuring element of interior distribution in response to the criterion of Naturalness and in accordance with the axis of 'green CO<sub>2</sub> subtraction and urban greening'. On the ground floor, the square serves as a connection and opening to the neighbourhood: following the block of housing and collective spaces is a large multi-story green oasis, which is then replicated on the roof. The greenery, in this case, in addition to contributing to cooling and purifying the air as well as providing a welcome respite within a highly cemented city, is also productive: the vegetable gardens supply the many restaurants in the skyscraper, following the axis of 'resource circularity and self-sufficiency' and triggering a dialogue between the criteria of Naturalness and Circularity (Fig. 8).

With reference to the spaces between buildings, precise interventions aimed at filling in residual urban voids or urban regeneration can trigger new



**Fig. 9** | Tainan Spring (2020), designed by MVRDV (credit: D. Scaglione).

**Fig. 10** | Karen Blixens Plads (2019) in Copenhagen, designed by Cobe (credit: R. Hjortshøj – COAST).

dynamics in the surroundings by fostering connections between different elements at the urban level, seeking to make urban voids positive and active places. In Taiwan, a disused shopping mall has become an urban square with water and greenery: Tainan Spring rises within the remnants of the pre-existing structure, transforming the abandoned building into a green oasis with water pools that are functional from both a social and bioclimatic point of view, contributing to the improvement of the surrounding microclimate in accordance with the axis of 'bioclimatic responsiveness'. Integrating an open place in a densely built environment has made it possible to improve circulation and the transportation system, fostering connections between previously non-communicating spaces, and using different strategies belonging to the criteria of Naturalness and Proximity (Fig. 9).

Regarding the redevelopment of Karen Blixens Plads, Copenhagen, the square gradually modulates the transition between the university area and a naturalistic area, accommodating several underground systems for parking bicycles and shaping the terrain in continuity with the natural development, directly affecting the axis of 'sustainable mobility' and integrating solutions of Naturalness and Proximity (Fig. 10).

With regard to the category of networks of spaces, the connection between different typologies (streets, squares, courtyards, rooftops, etc.) generates continuous systems of space utilisation, fostering the connection with the natural system and the preservation of biodiversity, optimising spatial-temporal paths in favour of sustainable mobility and healthy lifestyles, and offering opportunities for recovery, recycling and production on site. Such approaches are systemically found in eco-neighbourhoods and eco-districts born in the context of urban regeneration actions, where in-between spaces structuring as forms of organisation of urban space is also more evident.

In Stockholm, the Stockholm Royal Seaport eco-district, built on a former industrial area, has a strong connection with the nearby natural area, which is emphasised through careful design based on the space-time module that makes the district usable and connected within a 15-minute radius. Considerable attention is placed on the issue of greenery and ensuring accessible and usable green spaces from every home within a 300-meter radius (Fig. 11).

Lastly, the Nordhavn eco-district in Copenhagen: the intervention is spread over 11 islets, each of which is structured according to the 5-minute principle and, in turn, has its peculiar characteristics and activities that enable collaboration with the others, including through public transportation and cycling circuit. The spatial module is particularly evident here, collaborating with the temporal module, which invites the use of public spaces diversified by time of day, such as the square in front of an international school, or calls for a mix of uses, as in the case of the Park'n'Play multi-story parking lot, which features an area equipped for outdoor sports activities on its roof (Fig. 12).

**Discussion of results and conclusions** | Based on the comparative reading of the presented cases, selected following an extensive collection and analysis of national case studies that stand out for their innovative solutions and proposed models, the research produced a critical summary with a focus on solutions with promising impacts on climate mitigation and decarbonisation. In particular, the framework for assessing case adherence to the Green City Axes (Tab. 2) detects greater effectiveness in the case of networks of spaces, integrating all aspects more easily. In fact, 'energy transition' is absent in the other categories, while 'resource circularity and self-sufficiency' is variable. The other axes are largely developed in all cases.

Regarding the assessment framework through the criteria of Naturalness, Proximity and Circularity (Tab. 3), there appears to be a considerable concentration of actions related to Proximity in all categories, while Naturalness presents a lower recurrence in spaces pertaining to buildings, and Circularity is more implemented at the level of networks and buildings.

In conclusion, the research activity shows profiles of innovation in identifying the multiple impacts that urban space design, conscious of the perspective inherent in technological-environmental design, can offer with respect to the goal of climate neutrality in modulating the dynamics of urban evolution, transformation and regeneration. Moreover, in the most recent stage of research development, an additional innovative aspect was introduced by establishing a methodology for quantitative assessment of the impact of strategic actions undertaken in in-between spaces with a focus on climate neutrality. In this sense, with respect to this last activity, the difficulty of directly measuring the contribution of some of the decarbonisation strategies applicable in in-between spaces represents a research limitation (as in the case of solutions related to increasing functional mix). This implies the need to articulate the evaluation in several steps, breaking down the action into several directly assessable components.

Among the research perspectives, it is possible to identify the opportunity for a systematic def-



**Fig. 11** | Stockholm Royal Seaport Ecodistrict (source: envacgroup.com).

**Fig. 12** | Nordhavn Ecodistrict in Copenhagen (source: cobe.dk).

| N°                        | Energy transition   | Bioclimatic responsiveness   | Functional mixité and proximity                        | Resource circularity and self-sufficiency                            | Sustainable mobility  | Urban greening, green and grey CO <sub>2</sub> subtraction                                    |
|---------------------------|---|--|--|--|---|---|
| 1 Markthal                | ○○○○○   | ○●●●●<br>Natural ventilation<br>Natural lighting<br>Bioclimatic envelope | ●●●●●<br>Functional mix<br>Social mix                  | ○○●●● Market   | ○●●●● Parking<br>Public transport                                 | ○○○○○   |
| 2 Capitaspring            | ○○○○○   | ●●●●●<br>Natural ventilation<br>Natural lighting<br>Bioclimatic envelope | ●●●●●<br>Functional mix<br>Social mix                  | ●●●●● Vegetable gardens for local food production and consumption    | ○●●●● Bike parking<br>Walk & cycle                                | ●●●●● Green oasis   |
| 3 Tainan Spring           | ○○○○○   | ○●●●●<br>Tree-line<br>Water areas<br>Shaded porch                        | ●●●●●<br>Functional mix<br>Social mix                  | ○●●●● Recycling of materials from previous structures                | ○●●●● Public transport  | ○●●●● Water ares<br>Urban jungle  |
| 4 Karen Blixens Plads     | ○○○○○   | ○●●●●<br>Underground spaces<br>Shading                                   | ●●●●●<br>Functional mix<br>5 minute city               | ○○○○○  | ○●●●● Walk & cycle<br>Bike parking                                | ●●●●● Biodiversity green connection   |
| 5 Stockholm Royal Seaport | ○●●●●<br>Flexible smart grid<br>Renewable energy<br>Plus-Energy Buildings | ○●●●●<br>Natural ventilation<br>Natural lighting<br>Bioclimatic envelope | ●●●●●<br>Functional mix<br>Social mix<br>5 minute city | ●●●●●<br>Water and waste management<br>Materials and circularity hub | ○●●●●<br>Sustainable bus<br>Walk & Cycle<br>Electric car charging | ●●●●●<br>Biochar CO <sub>2</sub> storage<br>Urban park & tree-line<br>Raingarden & green roof |
| 6 Nordhavn                | ○●●●●<br>Flexible smart grid<br>Renewable energy                          | ○●●●●<br>Natural ventilation<br>Natural lighting<br>Bioclimatic envelope | ●●●●●<br>Functional mix<br>Social mix<br>5 minute city | ○●●●●<br>Water and waste management<br>Materials hub                 | ●●●●●<br>Green loop<br>Walk & cycle<br>Public transport           | ○●●●●<br>Seaweed CO <sub>2</sub> storage<br>Pocket park                                       |

| N°                        | Naturalness |       |       | Proximity |        | Circularity  |       |         |         |
|---------------------------|-------------|-------|-------|-----------|--------|--------------|-------|---------|---------|
|                           | Water       | Green | Soil  | Transport | Mixité | Vibrant city | Waste | Service | Product |
| 1 Markthal                | ○○○○○       | ○○○○○ | ○○●●● | ○○●●●     | ●●●●●  | ○●●●●        | ○○●●● | ○●●●●   | ○○●●●   |
| 2 Capitaspring            | ○○○○●       | ●●●●● | ○○●●● | ●●●●●     | ○●●●●  | ●●●●●        | ○○●●● | ○●●●●   | ○●●●●   |
| 3 Tainan Spring           | ○●●●●       | ●●●●● | ○○●●● | ○○●●●     | ○○●●●  | ○●●●●        | ○●●●● | ○●●●●   | ○○●●●   |
| 4 Karen Blixens Plads     | ○○○○○       | ○●●●● | ○○●●● | ○○●●●     | ○○●●●  | ○○●●●        | ○○○○○ | ○●●●●   | ○○○○○   |
| 5 Stockholm Royal Seaport | ○●●●●       | ●●●●● | ●●●●● | ○○●●●     | ○●●●●  | ○●●●●        | ●●●●● | ○●●●●   | ●●●●●   |
| 6 Nordhavn                | ○●●●●       | ●●●●● | ●●●●● | ●●●●●     | ●●●●●  | ●●●●●        | ●●●●● | ○●●●●   | ●●●●●   |

Tab. 2 | Evaluation of the case studies examined based on the six thematic axes of Green Cities (credit: M. M. Pani).

Tab. 3 | Evaluation of case studies based on the criteria of Naturalness, Proximity and Circularity (credit: M. M. Pani).

inition of guidelines, strategies, actions and technological solutions to support the technological-environmental design of in-between spaces in urban areas, aimed at organising these spaces into spatial modules that integrate and offer services (both ecosystemic and non-ecosystemic) and

equipment consistent with the key concepts of Naturalness, Proximity and Circularity. This product could support the activities of local governments in directing actions on urban in-between spaces in the direction of climate neutrality, adaptation and reduced resource withdrawal. With

regard to this perspective, there is a limitation in the infinite variability of the morphologies of urban in-between spaces, which can, however, be addressed precisely using the 'module' element in relation to the key concept of Proximity.

## Notes

1) For more information, see the webpage: [ecosistemaurbano.com/eco-boulevard/](https://ecosistemaurbano.com/eco-boulevard/) [Accessed 11 October 2023].

2) For more information, see the webpage: [mrvd.com/projects/208/seoullo-7017-skygarden](https://mrvd.com/projects/208/seoullo-7017-skygarden) [Accessed 11 October 2023].

3) «In-between spaces may from time to time, in the various senses of a unitary meaning, be understood as: 1. open spaces, empty spaces, spaces that are neither ‘enveloped’ nor bound; 2. spaces that structure the systemic diversification of the degree of naturalness; 3. ‘mesoclimatic’ spaces, which is to say spaces that are fundamental for the operations of climatic mediation by levels, between external macroclimatic factors and local microclimatic conditions; 4. spaces that structure the factors of the experiential component of the urban space, which is to say to express the topological component of the settlement system’s social, perceptive, and proxemic relationality; 5. positive spaces, antithetical to the negative vision of ‘non-places’, structuring the network of material and immaterial interactions taking place in the urban organism» (Tucci, 2023, pp. 14-16).

4) This paper is the product of research and experimentation activities carried out in continuity at ‘Sapienza’ University of Rome, Department of Planning, Design, Technology of Architecture, within the framework of the PNRR Rome Technopole Spoke 3 CUP: B83C22002820006 project, funded by PNRR Mission 4 – Component 2 – Investment 1.5 – RM TECH – Flagship Project No. 2 for which Prof. F. Tucci is the P.I., and in particular under Theme Line 1 ‘New project models of green-smart NZEB for energy transition, resource circularity and decarbonisation in constructions, towards Climate Neutrality and Positive Energy behavior, also aimed at the construction design of the new campus and headquarters of the Rome Technopole | Nuovi modelli progettuali di Net Zero Energy Building, green e smart, per la transizione energetica, la circolarità delle risorse, la decarbonizzazione e la lotta ai cambiamenti climatici, verso una Neutralità Climatica e un comportamento Positive Energy, anche mirati alla progettazione del nuovo campus e sede del Rome Technopole’, for which Prof. F. Tucci is also Co-Principal Investigator.

5) The following tools were used for the literature review: Researchgate.net, Google Scholar, and Discovery Sapienza. The search criteria included the following keywords: ‘in-between space’, ‘decarbonization’, ‘compact city’, ‘walkability’, ‘public space’, and ‘climate change’. In addition, monographs, conference proceedings, and articles in scientific journals published in the past twenty-five years globally were also considered.

6) The six axes of Green Cities guide systemic intervention in the urban built environment, supporting the achievement of climate neutrality targets while contributing to the decoupling between economic growth and resource consumption.

## 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](https://doi.org/10.19229/2464-9309/1262022) [Accessed 11 October 2023].

Andaloro, B. (2021), “Il corpo fisico dell’architettura interattiva – Approcci scenario-based e generativo | The body of interactive architecture – Scenario-based and generative approaches”, in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 10, pp. 76-83. [Online] Available at: [doi.org/10.19229/2464-9309/1072021](https://doi.org/10.19229/2464-9309/1072021) [Accessed 11 October 2023].

Angelucci, F. (2023), *Il sistema spazio-ambientale urbano – La metaprogettazione tecnologica ambientale degli spazi intermedi urbani | The urban space-environmental system – The environmental technological metadesign of*

*the urban in-between spaces*, Altralinea Edizioni, Firenze.

Bauman, Z. (2005), *Globalizzazione e Glocalizzazione*, Armando Edizioni, Roma.

Bögel, P. M., Upham, P., Shahrokni, H. and Kordas, O. (2021), “What is needed for citizen-centered urban energy transitions – Insights on attitudes towards decentralized energy storage”, in *Energy Policy*, vol. 149, article 112032, pp. 1-13. [Online] Available at: [doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112032](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112032) [Accessed 11 October 2023].

Carmona, M. (2010), “Contemporary public space – Critique and Classification, Part One – Critique”, in *Journal of Urban Design*, vol. 15, issue 1, pp. 123-148. [Online] Available at: [doi.org/10.1080/13574800903435651](https://doi.org/10.1080/13574800903435651) [Accessed 11 October 2023].

De Capua, A. and Errante, L. (2019), “Interpretare lo spazio pubblico come medium dell’abitare urbano | Interpreting public space as a medium for urban liveability”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 6, pp. 148-161. [Online] Available at: [doi.org/10.19229/2464-9309/6142019](https://doi.org/10.19229/2464-9309/6142019) [Accessed 11 October 2023].

Dines, N. and Cattell, V. (2006), *Public Spaces, Social Relations and Well-being in East London*, The Policy Press, Bristol. [Online] Available at: [jrf.org.uk/report/public-spaces-and-social-relations-east-london](https://jrf.org.uk/report/public-spaces-and-social-relations-east-london) [Accessed 11 October 2023].

European Commission (2019), *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – The European Green Deal*, document 52019DC0640, 640 final. [Online] Available at: [eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN) [Accessed 11 October 2023].

Ewing, R. and Cervero, R. (2001), “Travel and the Built Environment – A Synthesis”, in *Transportation Research Record | Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1780, issue 1, pp. 87-114. [Online] Available at: [doi.org/10.3141/1780-10](https://doi.org/10.3141/1780-10) [Accessed 11 October 2023].

Flusty, S. (1997), “Building paranoia”, in Ellin, N. (ed.), *Architecture of Fear*, Princeton Architectural Press, New York, pp. 47-59.

Franck, K. and Stevens, Q. (eds) (2006), *Loose Space – Diversity and Possibility in Urban Life*, Routledge, London.

Gehl, J. (2017), *Città per le persone*, Maggioli Editore, Roma.

Gehl, J. (2011), *Life between buildings – Using public space*, Island Press, Washington (DC).

Herzog, T. and Steckeweh, C. (2000), *StadtWende – Komplexität im Wandel | Trasformazione Urbana – Complessità e cambiamento*, Jovis Verlag, Berlin.

Lee, I.-M. and Buchner, D. M. (2008), “The Importance of Walking to Public Health”, in *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 40, issue 7, pp. S512-S518. [Online] Available at: [doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817c65d0](https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817c65d0) [Accessed 11 October 2023].

Losasso, M. (2022), “Crisi interconnesse e complessità del progetto | Interconnected crises and design complexity”, in *Techné | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 23, pp. 7-9. [Online] Available at: [doi.org/10.36253/techné-12913](https://doi.org/10.36253/techné-12913) [Accessed 11 October 2023].

Malone, K. (2002), “Street life – Youth, culture and competing uses of public space”, in *Environment and Urbanization*, vol. 14, issue 2, pp. 157-168. [Online] Available at: [doi.org/10.1177/095624780201400213](https://doi.org/10.1177/095624780201400213) [Accessed 11 October 2023].

Marrone, P. and Montella, I. (2022), “Edifici e spazi di prossimità per la transizione energetica – Una sperimentazione su limiti e potenzialità delle Comunità Energetiche Rinnovabili nella città costruita”, in Ferrante, T. and Tucci, F. (eds), *BASES Benessere Ambiente Sostenibilità Energia Salute – Programmare e progettare nella transizione*, FrancoAngeli, Milano, pp. 347-355.

Marston Fitch, J. (1980), *La Progettazione Ambientale*, Franco Muzzio Editore, Roma.

Moreno, C. (2019), “The 15 minutes-city – For a new chrono-urbanism!”, in *moreno-web.net*, 29/12/2019. [Online] Available at: [moreno-web.net/the-15-minutes-city-for](https://moreno-web.net/the-15-minutes-city-for)

a-new-chrono-urbanism-pr-carlos-moreno/ [Accessed 11 October 2023].

Moreno, C., Allam, Z., Chabaud, D., Gall, C. and Pralong, F. (2021), “Introducing the ‘15-Minute City’ – Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities”, in *Smart Cities*, vol. 4, issue 1, pp. 93-111. [Online] Available at: [doi.org/10.3390/smartcities4010006](https://doi.org/10.3390/smartcities4010006) [Accessed 11 October 2023].

Nalaskowska, S. (2021), “How to bring the city closer to people? Using spatial network analysis to create a 15-minute city”, in *Proceedings of European Transport Conference 2021*, pp. 1-16. [Online] Available at: [researchgate.net/publication/354651826\\_How\\_to\\_bring\\_the\\_city\\_closer\\_to\\_people\\_Using\\_spatial\\_network\\_analysis\\_to\\_create\\_a\\_15-minute\\_city](https://researchgate.net/publication/354651826_How_to_bring_the_city_closer_to_people_Using_spatial_network_analysis_to_create_a_15-minute_city) [Accessed 11 October 2023].

Piccinno, G. and Lega, E. (2013), “Spatial Design for New Typologies of Places – In-between Urban Spaces”, in Rogers, B. L. and Sugiyama, A. (eds), *Space and Place – Diversity in Reality, Imagination, and Representation*, Brill, Leida, pp. 41-49. [Online] Available at: [doi.org/10.1163/9781848881266\\_005](https://doi.org/10.1163/9781848881266_005) [Accessed 11 October 2023].

Rahmann, H. and Jonas, M. (2011), *Urban Voids – The hidden dimension of temporary vacant spaces in rapidly growing cities – Proceedings of the State of Australian Cities National Conference in Melbourne*, Melbourne University Press, Melbourne, pp. 1-11. [Online] Available at: [suelourbano.org/wp-content/uploads/2018/03/SOAC2011\\_02\\_29\\_final.pdf](https://suelourbano.org/wp-content/uploads/2018/03/SOAC2011_02_29_final.pdf) [Accessed 11 October 2023].

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

Tucci, F. (2023) “Lo spazio intermedio al centro della (meta)progettazione tecnologica ambientale”, in Angelucci, F. (ed.), *Il sistema spazio-ambientale urbano – La metaprogettazione tecnologica ambientale degli spazi intermedi urbani | The urban space-environmental system – The environmental technological metadesign of the urban in-between spaces*, Altralinea Edizioni, Firenze, pp. 14-23.

Tucci, F. (2018), *Costruire e Abitare Green – Approcci, strategie, azioni per una Progettazione Tecnologica Ambientale | Green Building and Dwelling – Approaches, Strategies, Experimentation for an Environmental Technological Design*, Altralinea Edizioni, Firenze.

Tucci, F. and Altamura, P. (2023), “Opportunità, indirizzi, strategie di mitigazione climatica attraverso la riduzione delle emissioni nelle città al 2030, verso la neutralità climatica al 2050”, in Tucci F., Cecafosso V., Altamura, P. and Turchetti, G. (eds), *Verso la neutralità climatica di architettura e città green – Approcci, indirizzi, strategie, azioni*, FrancoAngeli, Milano, pp. 76-113. [Online] Available at: [doi.org/10.3280/OA-987](https://doi.org/10.3280/OA-987) [Accessed 11 October 2023].

Tucci, F., Baiani, S., Altamura, P. and Cecafosso, V. (2021), “District Circular Transition e progetto tecnologico verso un modello di Circular City | District Circular Transition and technological design towards a Circular City model”, in *Techné | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 22, pp. 227-239. [Online] Available at: [doi.org/10.36253/techné-10612](https://doi.org/10.36253/techné-10612) [Accessed 11 October 2023].

UN (2015), *Transforming Our World – The 2030 Agenda for Sustainable Development*, Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015, A/RES/70/1. [Online] Available at: [doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2](https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2) [Accessed 11 October 2023].

UNFCCC (2021), *Glasgow Climate Pact*. [Online] Available at: [unfccc.int/documents/310475](https://unfccc.int/documents/310475) [Accessed 11 October 2023].