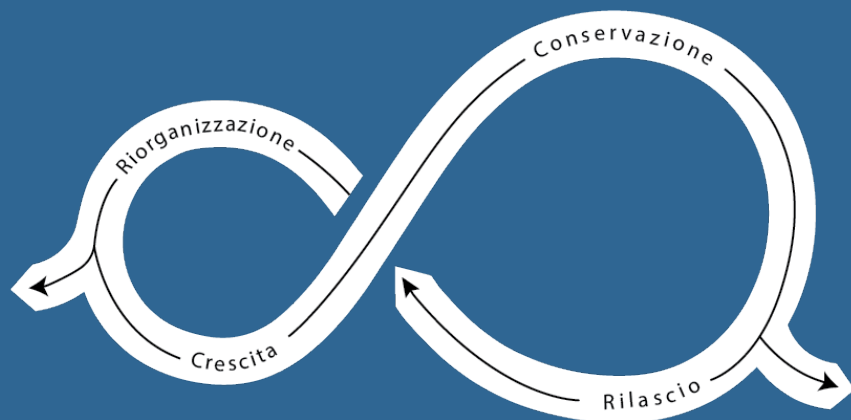


GIULIO HASANAJ

Progetto tecnologico e ambientale per ecosistemi urbani adattivi

FIRENZE
UNIVERSITY
PRESS



Ricerche. Architettura, Pianificazione, Paesaggio, Design

La Firenze University Press, in collaborazione con il Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze, promuove e sostiene la collana *Ricerche. Architettura, Pianificazione, Paesaggio, Design*. Questa iniziativa si propone di offrire un contributo alla ricerca nazionale e internazionale sul progetto in tutte le sue dimensioni, teoriche e pratiche. I volumi della collana sono valutati secondo le migliori policy editoriali internazionali e raccolgono i risultati delle ricerche di studiosi dell'Università di Firenze e di altre istituzioni nazionali e internazionali. *Ricerche. Architettura, Pianificazione, Paesaggio, Design* supporta pienamente la pubblicazione ad accesso aperto come strumento ideale per condividere idee e conoscenze in ogni campo di ricerca con un approccio aperto, collaborativo e senza scopo di lucro. Le monografie e i volumi miscelanei ad accesso aperto consentono alla comunità scientifica di ottenere un elevato impatto nella ricerca, nonché una rapida diffusione.

ricerche | architettura, pianificazione, paesaggio, design

Editor-in-Chief

Francesco Valerio Collotti | University of Florence, Italy

Scientific Board

Gianpiero Alfarano | University of Florence, Italy; **Barbara Aterini** | University of Florence, Italy; **Carla Balocco** | University of Florence, Italy; **Susanna Caccia Gherardini** | University of Florence, Italy; **Maria De Santis** | University of Florence, Italy; **Letizia Dipasquale** | University of Florence, Italy; **Giulio Giovannoni** | University of Florence, Italy; **Lamia Hadda** | University of Florence, Italy; **Anna Lambertini** | University of Florence, Italy; **Francesca Mugnai** | University of Florence, Italy; **Luisa Rovero** | University of Florence, Italy; **Marco Tanganelli** | University of Florence, Italy

International Scientific Board

Daniela Bosia | Politecnico di Torino, Italy; **Nicola Braghieri** | EPFL - Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne, Switzerland; **Lucina Caravaggi** | Sapienza University of Rome, Italy; **Federico Cinquepalmi** | ISPRA, The Italian Institute for Environmental Protection and Research, Italy; **Margaret Crawford**, University of California Berkeley, United States; **Maria Grazia D'Amelio** | University of Rome Tor Vergata, Italy; **Francesco Saverio Fera** | University of Bologna, Italy; **Carlo Francini** | Comune di Firenze, Italy; **Sebastian Garcia Garrido** | University of Malaga, Spain; **Medina Lasansky** | Cornell University, United States; **Jesus Leache** | University of Zaragoza, Spain; **Heather Hyde Minor** | University of Notre Dame, United States; **Tomaso Monestirolli** | Politecnico di Milano, Italy; **Danilo Palazzo** | University of Cincinnati, United States; **Pablo Rodríguez Navarro** | Universitat Politècnica de València, Spain; **Ombretta Romice** | University of Strathclyde, United Kingdom; **Silvia Ross** | University College Cork, Ireland; **Monica Rossi-Schwarzenbeck** | Leipzig University of Applied Sciences, Germany; **Jolanta Sroczynska** | Cracow University of Technology, Poland; **Hua Xiaoning** | Nanjing University, China

Emeritus Board

Paolo Felli | University of Florence, Italy

Saverio Mecca | University of Florence, Italy

Raffaele Paloscia | University of Florence, Italy

Maria Concetta Zoppi | University of Florence, Italy

GIULIO HASANAJ

**Progetto tecnologico e ambientale
per ecosistemi urbani adattivi**

Firenze University Press
2025



Progetto tecnologico e ambientale per ecosistemi urbani adattivi / Giulio Hasanaj. - Firenze : Firenze University Press, 2025.

(Ricerche. Architettura, Pianificazione, Paesaggio, Design ; 43)

<https://books.fupress.com/isbn/9791221509144>

ISSN 2975-0342 (print)

ISSN 2975-0350 (online)

ISBN 979-12-215-0913-7 (Print)

ISBN 979-12-215-0914-4 (PDF)

ISBN 979-12-215-0915-1 (XML)

DOI 10.36253/979-12-215-0914-4

Peer Review Policy

Peer-review is the cornerstone of the scientific evaluation of a book. All FUP's publications undergo a peer-review process by external experts under the responsibility of the Editorial Board and the Scientific Boards of each series (DOI: 10.36253/fup_best_practice.3).

Firenze University Press Editorial Board

G. Bandini (Editor-in-Chief), C. Andreini, R. Bartoli, R. Bianchi, F. Boncinelli, M. Bontempi, F.V. Collotti, A. Cuccoli, D. D'Andrea, A. Dolfi, M. Fagone, M. Garzaniti, C. Giometti, D. Lippi, F. Lucchesi, G. Mari, P.M. Mariano, G. Minutoli, R. Morani, A. Orlandi, B.E. Palladino, L. Re, D. Romano, L. Rovero, S. Scaramuzzi, T. Spignoli, A. Vinciguerra, S. Vuelta García.

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI: 10.36253/fup_best_practice)



The online digital edition is published in Open Access on www.fupress.com.

Content license: the present work is released under Creative Commons

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International

(CC BY-NC-SA 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>).

Metadata license: all the metadata are released under the Public Domain Dedication license

(CC0 1.0 Universal: <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode>).

Le attività di ricerca dell'autore sono state rese possibili grazie al Progetto finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU – Piano Nazionale Resistenza e Resilienza (PNRR) - Missione 4 Componente 2 Investimento 1.4 – Avviso N. 3138 del 16 dicembre 2021 rettificato con D.D. n.3175 del 18 dicembre 2021 del Ministero dell'Università e della Ricerca; Codice progetto CN_00000033, Decreto Direttoriale MUR n.1034 del 17 giugno 2022 di concessione del finanziamento, CUP H43C22000530001, titolo progetto "National Biodiversity Future Center - NBFC".

in copertina

Il ciclo adattativo proposto da Gunderson & Holling (2002) nel quadro della teoria della resilienza, usato per descrivere come sistemi complessi socio-ecologici cambiano nel tempo. Rielaborazione grafica dell'Autore.

published by

Firenze University Press

Università degli Studi di Firenze

via Cittadella, 7, 50144 Firenze, Italy

www.fupress.com

© 2025 Author(s)

graphic design

didacommunicationlab

DIDA Dipartimento di Architettura

Università degli Studi di Firenze

via della Mattonaia, 14, 50121,

Firenze, Italy

Stampato su carta di pura cellulosa
Fedrigoni Arcoset 120g, 300g



This book is printed on acid-free paper
Printed in Italy

INDICE

Prefazione	
Elena Mussinelli	
Introduzione	9
PARTE PRIMA	
Crisi ecologica, resilienza urbana e strategie di adattamento	
Biodiversità, cambiamento climatico e città: verso una transizione sistemica e resiliente	19
Le politiche urbane per l'adattamento al cambiamento climatico	25
Dai rischi climatici alla resilienza urbana: impatti, vulnerabilità e adattamento nel contesto europeo	37
Esperienze e strumenti per una progettazione clima-resiliente	49
PARTE SECONDA	
Progetti multiscalari per l'adattamento climatico urbano	
Criteri metodologici per la selezione dei progetti multiscalari di adattamento climatico	59
Parchi urbani come infrastrutture verdi e blu di adattamento climatico	63
Rigenerazione urbana e resilienza alla scala di quartiere	79
Strategie e soluzioni progettuali per spazi pubblici adattivi	97
Edifici Climate Proof: soluzioni progettuali architettoniche e ambientali	115
PARTE TERZA	
Soluzioni progettuali tecnologiche e ambientali per l'adattamento urbano ecosistemico	
Nature-based solutions per la resilienza climatica e la biodiversità urbana	135
Soluzioni tecnologiche ibride per l'adattamento dell'ambiente costruito	155
Conclusioni e prospettive future	165
Bibliografia	170
Crediti fotografici	188

Elena Mussinelli

Professore Ordinario di Progettazione tecnologica e ambientale dell'Architettura

In quale prospettiva ha senso introdurre il concetto di “ecosistema adattivo” riferendosi alla città, il luogo per eccellenza dell’artificio, della trasformazione antropica dello spazio? E davvero adattamento climatico e tutela/ripristino della biodiversità costituiscono, o dovrebbero costituire, una priorità nelle agende politiche e programmatiche delle nostre amministrazioni locali? Con quali obiettivi e interventi?

Indubbiamente le iniziative di greening urbano si vanno facendo sempre più numerose nel contesto internazionale e anche in quello italiano, dove tendono però a configurarsi come azioni puntuali e circoscritte, sovente focalizzate più sugli aspetti scenografici e di alta visibilità dell’intervento che non sui valori e sulle specifiche criticità, e necessità, del contesto in cui si inseriscono. La natura episodica e non coordinata di molti progetti green e/o di “rinverdimento” finisce così per mancare l’obiettivo, ovvero rendere le città strutturalmente più capaci di adattarsi agli impatti derivanti dal cambiamento climatico, anche contrastando la principale minaccia alla biodiversità in città: la frammentazione degli habitat.

Il contributo di Giulio Hasanaj si colloca in questa prospettiva critica, maturata anche nell’ambito di due significative ricerche interdisciplinari promosse dall’area della Progettazione tecnologica Ambientale (METROPOLIS “Metodologie e Tecnologie integrate e sostenibili per l’adattamento e la sicurezza dei sistemi urbani” e PRIN 2015 “Adaptive Design and Technological Innovations for the Resilient Regeneration of Urban Districts under Climate Change Regime”), sistematizzando i contenuti in un percorso metodologico all’interno del quale il processo progettuale sia in grado di mettere a sistema e valorizzare in modo integrato la multiscalarità e la multifunzionalità delle soluzioni tecniche - in primis le cosiddette nature-based solution, ma anche soluzioni “ibride” - finalizzate all’adattamento climatico ed ecosistemico delle città.

La trattazione è sostenuta dall’ampio panel di soluzioni tecnologiche e ambientali individuate e dalla scelta di casi studio significativi, prevalentemente internazionali, letti

relazionando la scala/dimensione dell'intervento alle criticità climatiche affrontate, agli obiettivi e strategie conseguenti, nonché alle soluzioni di adattamento attuate, sino ai risultati ottenuti. Rendendo così evidente il notevole potenziale - ancora largamente inespresso nella realtà italiana - di azioni e interventi sistematicamente orientati a integrare le diverse dimensioni del progetto (tecnologica, ambientale, fruitiva, culturale, paesaggistica, ecc.) e a governare il processo decisionale in una chiave necessariamente multiscalare (generazione di servizi ecosistemici).





Avenida 12
de Octubre,
Città di
Quito,
Ecuador

Premessa

Gli esiti del seguente volume sono frutto di un lungo e articolato percorso di ricerca avviato con la ricerca di rilevante interesse nazionale PRIN “Adaptive Design and Technological Innovations for the Resilient Regeneration of Urban Districts under Climate Change”, approfondito successivamente con la tesi di dottorato “Spazio urbano e adattamento al cambiamento climatico. Metodi e strumenti per il progetto ambientale e tecnologico” e perfezionato nel corso della ricerca nello Spoke 5 “Urban biodiversity” presso il National Biodiversity Future Center (NBFC).

Quadro scientifico di riferimento

Il cambiamento climatico rappresenta oggi una delle principali sfide globali per la pianificazione, la progettazione e la gestione degli insediamenti umani. Le città, in particolare, costituiscono gli ecosistemi più esposti agli impatti ambientali estremi – ondate di calore, eventi meteorici intensi, innalzamento del livello del mare e degrado delle risorse ambientali – e al contempo i luoghi in cui si concentrano maggiormente le possibilità di sperimentazione di strategie di adattamento e mitigazione. In questo quadro, il progetto urbano e architettonico non può più essere concepito come un semplice atto di configurazione spaziale, ma come un processo dinamico e adattivo capace di interpretare e governare la complessità dei fenomeni climatici, ecologici e sociali contemporanei. Il concetto di ecosistema urbano adattivo si inserisce in questa prospettiva come esito di una progressiva evoluzione del pensiero ambientale e tecnologico dell’architettura. Esso nasce dal riconoscimento che gli ambienti costruiti non sono entità statiche, bensì sistemi aperti in costante interazione con le componenti naturali e antropiche del territorio. In quest’ottica, l’architettura si afferma come dispositivo di relazione ecologica, in cui la dimensione ambientale diventa parte integrante del processo progettuale e non un semplice parametro tecnico. Il progetto assume così una funzione regolativa e adattiva, orientata alla costruzione di spazi resilienti, energeticamente efficienti e climaticamente adattivi.

L’approccio proposto dal volume fonda le sue radici nella disciplina del progetto tecnologico e ambientale dell’architettura, quale strumento culturale, cognitivo e operativo per la

trasformazione sostenibile degli ecosistemi urbani. La dimensione tecnologica e ambientale viene concepita come un processo di integrazione dei saperi scientifici, ambientali e progettuali in un quadro unitario. In questo contesto scientifico, le esperienze di ricerca – come il progetto Metropolis e il programma PRIN 2015 Adaptive Design – hanno contribuito a definire un campo di indagine innovativo, orientato alla progettazione adattiva e alla definizione di strategie multiscalarari per la resilienza climatica.

Gli ecosistemi urbani adattivi sono configurazioni territoriali e architettoniche in cui le componenti ecologiche, tecnologiche e sociali agiscono in modo sinergico per garantire la capacità di risposta e rigenerazione del sistema urbano. Tale paradigma implica un cambio di prospettiva: il progetto non si limita più a correggere gli effetti dei problemi climatici e ambientali, ma diventa agente attivo di trasformazione ecologica, capace di produrre nuove relazioni fra ambiente costruito, clima e comunità. In questa logica, le nature-based solutions, le infrastrutture verdi e blu e le soluzioni tecnologiche artificiali e ibride si configurano come dispositivi di adattamento diffuso, in grado di agire a diverse scale – dal singolo edificio al progetto urbano – secondo un principio di integrazione sistemica.

La crescente attenzione verso la dimensione adattiva del progetto implica inoltre un'evoluzione delle metodologie di analisi e simulazione. Strumenti digitali di modellazione ambientale e valutazione prestazionale permettono oggi di prefigurare scenari climatici complessi, verificare le performance dei materiali e ottimizzare la risposta energetica e ambientale degli spazi urbani. Il progetto si trasforma così in un processo di apprendimento continuo, basato su cicli di osservazione, sperimentazione e adattamento.

In questa prospettiva, la resilienza non è intesa come semplice capacità di resistere o assorbire gli impatti climatici, ma come potenziale trasformativo del sistema urbano, ovvero la capacità di riorganizzarsi e rigenerarsi mantenendo la propria identità funzionale ed ecologica. Le città diventano organismi complessi, strutturati da interdipendenze fra elementi fisici, biologici e sociali, in cui il progetto deve operare come regolatore di equilibri dinamici.

La sfida del progetto tecnologico e ambientale contemporaneo risiede dunque nella costruzione di un nuovo paradigma operativo, in cui la dimensione architettonica si intreccia con quella ecologica, sociale e tecnologica, generando spazi adattivi, resilienti e climaticamente consapevoli. In tale quadro, l'obiettivo non è soltanto mitigare gli effetti del cambiamento climatico, ma riqualificare la qualità ambientale e percettiva degli spazi urbani, promuovendo un nuovo patto fra i viventi.

L'idea di ecosistema urbano adattivo proposta si configura come un modello aperto e scalabile, in cui la sperimentazione progettuale diventa il luogo di convergenza tra innovazione scientifica e cultura del progetto. Essa invita a considerare la città non come entità conclusa, ma come processo evolutivo capace di apprendere dal proprio contesto, dalle proprie vulnerabilità e dalle risorse disponibili, delineando così una nuova etica e pratica del progetto ambientale contemporaneo.

Obiettivi generali e specifici

Il volume propone un quadro teorico e operativo per affrontare le trasformazioni che il cambiamento climatico impone ai sistemi urbani. Esso si fonda sulla consapevolezza che le città rappresentano oggi i contesti più vulnerabili agli impatti climatici e, allo stesso tempo, i luoghi in cui si concentrano le maggiori opportunità di innovazione per la transizione ecologica. L'obiettivo generale è definire un approccio progettuale e decisionale capace di costruire ecosistemi urbani adattivi, intesi come sistemi dinamici in cui componenti tecnologiche, ecologiche e sociali agiscono in modo integrato per garantire resilienza, qualità ambientale e benessere collettivo.

L'intento è quello di sostenere e incentivare lo sviluppo delle capacità di adattamento degli edifici e degli spazi aperti urbani, pubblici e privati, promuovendo soluzioni e strategie progettuali in grado di anticipare, prevenire e ridurre i potenziali rischi associati al mutamento del clima.

In seconda battuta il volume si pone i seguenti obiettivi specifici:

- Leggere la crisi climatica ed ecologica nei sistemi urbani, fornendo un inquadramento aggiornato dei rischi, della vulnerabilità e delle capacità di adattamento, in coerenza con le più recenti evidenze scientifiche.
- Supportare la costruzione dei Piani di Adattamento Urbano, offrendo strategie, soluzioni, criteri e strumenti utili alla definizione di misure climaticamente efficaci e coerenti con il quadro europeo delineato dalla Strategia UE di Adattamento 2021. Le indicazioni operative e i casi studio presentati costituiscono un repertorio utilizzabile dalle amministrazioni locali per integrare l'adattamento nelle politiche territoriali.
- Contribuire allo sviluppo dei Piani della Natura Urbana, promuovendo la ricostruzione di habitat urbani, il rafforzamento delle reti verdi e blu e l'aumento della biodiversità, in linea con le agende europee per la tutela e il ripristino della natura. Le soluzioni proposte – nature-based, tecnologiche o ibride – offrono un insieme di riferimenti applicabili nella progettazione, pianificazione e nei programmi di rigenerazione urbana.
- Fornire soluzioni progettuali multiscalarari, dalle strategie urbane alle tecniche edilizie,

capaci di tradurre la resilienza in scelte concrete. I progetti illustrati nella seconda parte del volume costituiscono una base metodologica e operativa per progettisti, amministrazioni e tecnici coinvolti nella gestione dell'ambiente costruito.

- Favorire una cultura condivisa della resilienza climatica urbana, mettendo in relazione saperi scientifici, progettuali e istituzionali. Il volume intende facilitare il dialogo tra i diversi attori coinvolti nei processi progettuali e pianificatori (ricercatori, professionisti e pubbliche amministrazioni), offrendo un linguaggio comune e una struttura metodologica allineata alle principali piattaforme europee, come Climate-ADAPT e OPPLA.

Nel suo insieme, il testo propone un percorso metodologico per orientare la pianificazione, il progetto e la gestione delle città verso modelli più resilienti e climaticamente consapevoli, delineando principi, strategie e strumenti per governare la transizione ecologica degli ecosistemi urbani.

Domande di ricerca

Il volume si inserisce nel più ampio dibattito nazionale e internazionale sull'adattamento climatico urbano, in cui un numero crescente di autorità pubbliche riconosce la necessità di adottare misure di mitigazione e adattamento, avviando processi di pianificazione, progettazione e attuazione di interventi dedicati. Nonostante ciò, il progresso dell'adattamento procede con una velocità significativamente inferiore rispetto sia agli sforzi di mitigazione, sia al ritmo accelerato con cui gli impatti climatici si manifestano nei contesti urbani.

Con l'obiettivo di contribuire alla definizione di soluzioni progettuali unificate, capaci di integrare in modo sistematico gli effetti del cambiamento climatico nei processi di progettazione architettonica e pianificazione urbana e territoriale, il percorso di ricerca del volume è stato guidato dalle seguenti domande:

1. Quali sono le caratteristiche e le implicazioni della crisi ecologica e climatica nei contesti urbani?
2. In che modo la progettazione urbana e architettonica può concorrere alla resilienza e alla transizione ecologica delle città?
3. Quali soluzioni tecnologiche — nature-based e artificiali — possono costituire strumenti efficaci per l'adattamento climatico e il ripristino degli ecosistemi urbani?
4. In che modo il progetto tecnologico e ambientale può supportare i processi decisionali e orientare la trasformazione urbana sistemica?

Attraverso un approccio che integra analisi della letteratura scientifica esistente, casi di studio e definizione di un quadro sistematizzato di soluzioni progettuali, il

volume propone il progetto come strumento cognitivo e operativo, capace di interpretare e governare la complessità dei fenomeni climatici e ambientali, contribuendo alla costruzione di ecosistemi urbani più resilienti e adattivi.

Struttura e destinatari del volume

Il volume è strutturato in tre parti che muovono progressivamente dalle nozioni di carattere generale verso quelle particolari.

La Prima Parte analizza la vulnerabilità degli insediamenti rispetto agli impatti climatici, ricostruisce l'evoluzione delle politiche urbane per l'adattamento e offre un quadro delle principali strategie in atto a livello europeo e internazionale.

La Seconda Parte presenta un repertorio di approcci progettuali alle diverse scale — dal parco urbano al quartiere, dallo spazio pubblico all'edificio — evidenziando la necessità di una visione multiscale e di soluzioni integrate capaci di generare benefici sistemici.

La Parte terza definisce le soluzioni progettuali tecnologiche e ambientali capaci di sostenere processi di adattamento e rigenerazione ecologica. In questa sezione vengono approfondite le potenzialità delle NbS e delle soluzioni ibride per la gestione del clima, dell'acqua e della biodiversità, mettendo in evidenza il loro ruolo nella costruzione di ecosistemi urbani adattivi.

Il volume si rivolge a un target di utenti ampio e interdisciplinare, accomunato dall'interesse per il progetto e la gestione degli ecosistemi urbani per l'adattamento climatico:

- Ricercatori e studiosi dei settori dell'architettura, dell'urbanistica, dell'ingegneria ambientale, della pianificazione e delle scienze del territorio, interessati ai temi della resilienza, della sostenibilità e dell'innovazione tecnologica.
- Studenti dei corsi di laurea in architettura, pianificazione e design dell'ambiente costruito, per i quali il volume può costituire una guida metodologica alla comprensione delle sfide climatiche e delle risposte progettuali.
- Tecnici della Pubblica Amministrazione coinvolti nella pianificazione urbana, nella gestione delle risorse ambientali, nella redazione di Piani di adattamento e nella definizione di strategie per la transizione ecologica delle città.
- Professionisti — architetti, ingegneri, urbanisti, paesaggisti — che desiderano integrare soluzioni adattive e nature-based nei processi di progettazione e rigenerazione dell'ambiente costruito.

L'articolazione del volume guida il tecnico, lo studioso o il professionista ad interpretare la trasformazione climatica non come un vincolo, ma come occasione per rinnovare il progetto degli spazi urbani e per promuovere nuove sinergie tra costruito, natura e comunità.

PARTE PRIMA

**Crisi ecologica, resilienza urbana
e strategie di adattamento**





Biodiversità e cambiamento climatico nei sistemi urbani

Negli ultimi decenni, lo stato di salute dell'ambiente e della biodiversità è stato oggetto di analisi sempre più approfondite da parte della comunità scientifica internazionale, con l'obiettivo di valutare l'efficacia delle politiche di conservazione e di delineare scenari evolutivi in relazione ai cambiamenti climatici, alla perdita di habitat e all'impatto delle attività antropiche sugli ecosistemi (UNEP, 2022).

L'azione umana ha modificato in modo sostanziale, su scala sia locale che globale, la struttura e le funzioni del sistema terrestre nelle sue componenti fisiche, chimiche e biologiche. Le evidenze scientifiche dimostrano che tali alterazioni hanno progressivamente compromesso la capacità del pianeta di mantenere i propri equilibri biogeofisici, interessando circa il 75% degli ecosistemi terrestri (IPBES, 2019) e determinando un incremento medio della temperatura globale superiore a 1 °C rispetto alla fine del XIX secolo (IPCC, 2023).

La perdita di biodiversità rappresenta oggi una delle principali minacce alla stabilità ecologica del pianeta, con un rischio concreto di estinzione per milioni di specie animali e vegetali (IPBES, 2019). Negli ultimi cinquant'anni le popolazioni di fauna selvatica si sono ridotte del 69% (WWF, 2018), mentre circa un quinto della superficie terrestre – oltre due miliardi di ettari – risulta in avanzato stato di degrado (Goal 15; UN, 2015). Parallelamente, il riscaldamento globale si manifesta in tutte le regioni abitate attraverso eventi estremi di crescente intensità e frequenza. Le proiezioni indicano un aumento della simultaneità e della ricorrenza di fenomeni quali ondate di calore, siccità, incendi, alterazioni dei regimi pluviometrici, scioglimento dei ghiacci e innalzamento del livello dei mari, con effetti cumulativi e sinergici sugli ecosistemi e sulle società umane (IPCC, 2023).

Isistemi urbani costituiscono i contesti in cui tali impatti si concentrano con maggiore intensità, configurandosi come luoghi emblematici della frattura tra ambiente naturale e ambiente antropizzato. Tale condizione deriva da una concezione della natura prevalentemente strumentale, intesa come risorsa da sfruttare piuttosto che come ecosistema vivente di cui l'essere umano è parte integrante (Capra & Luisi, 2020). Questa visione utilitaristica ha amplificato gli effetti del cambiamento climatico (Ghosh, 2022), contribuendo all'aumento delle emissioni di gas serra, alla distruzione degli ecosistemi naturali e ai processi di deforestazione (IPCC, 2023; WWF, 2022).

La necessità di ristabilire un equilibrio tra società umane e biosfera è stata riaffermata durante la quindicesima Conferenza delle Parti della Convenzione sulla Diversità Biologica (COP15), che ha definito obiettivi ambiziosi per la conservazione e il ripristino della biodiversità, riconoscendo l'interdipendenza tra crisi climatica e perdita di biodiversità. In questo quadro, sono state promosse azioni di mitigazione e adattamento basate su Nature-based Solutions (NBS), in grado di generare benefici congiunti per la resilienza climatica, la funzionalità ecologica e la qualità della vita nelle aree urbane (UNEP, 2022).

Il quadro teorico dei planetary boundaries, elaborato da Rockström et al. (2009), fornisce un riferimento essenziale per la definizione dei limiti entro i quali il sistema terrestre può mantenere condizioni di stabilità e resilienza. Tali confini rappresentano soglie critiche oltre le quali le pressioni antropiche compromettono l'equilibrio planetario e la sopravvivenza delle società umane. Le analisi più recenti evidenziano come i limiti relativi alla biosfera e ai cicli biogeochimici di azoto e fosforo siano stati ampiamente superati, confermando la stretta interconnessione tra la crisi della biodiversità, quella climatica e le dinamiche dei sistemi produttivi (Richardson et al., 2023). Queste evidenze dimostrano che i confini planetari non costituiscono sistemi isolati, ma componenti interdipendenti di un sistema complesso, in cui il superamento di una soglia può innescare retroazioni e processi a cascata che aumentano la probabilità di oltrepassarne altre.

La perdita di biodiversità e il degrado ambientale stanno dunque progredendo a un ritmo incompatibile con la resilienza ecologica del pianeta. Le strategie di conservazione tradizionali, basate principalmente sull'istituzione di aree protette, pur risultando necessarie, si dimostrano insufficienti. È indispensabile adottare un approccio sistemico capace di integrare la trasformazione dei modelli economici e dei sistemi alimentari globali, la riduzione delle pressioni sui suoli e sugli ecosistemi,

la rigenerazione dei paesaggi degradati e la valorizzazione delle conoscenze locali nella gestione sostenibile delle risorse naturali (IPBES, 2019; UNEP-WCMC & IUCN, 2024).

In questa prospettiva, i sistemi urbani assumono un ruolo strategico in quanto nodi critici di consumo, innovazione e governance territoriale. Sebbene le aree urbane rappresentino una delle principali fonti di pressione sugli ecosistemi, esse costituiscono al contempo laboratori privilegiati per la sperimentazione di strategie di mitigazione e adattamento basate su soluzioni integrate e nature-based. La pianificazione ecologica delle città, la promozione di infrastrutture verdi e blu e l'integrazione della natura negli spazi urbani possono contribuire alla riduzione dell'impronta ecologica, al miglioramento della resilienza climatica e al rafforzamento delle connessioni tra sistemi urbani e rurali (UNEP, 2022; EC, 2020a; EC, 2021).

Due paradigmi emergono come strumenti concettuali fondamentali per orientare questa transizione verso un rinnovato equilibrio tra società e ambiente. Il primo è quello della trasformazione sistemica (transformative change), definita come un processo profondo e coordinato di riorientamento dei sistemi tecnologici, economici, sociali e urbani che regolano la relazione tra l'uomo e la natura. Tale trasformazione implica la ridefinizione dei modelli di produzione e consumo, la riduzione delle disuguaglianze e l'internalizzazione dei costi ambientali nelle catene globali del valore (CBD, 2020). Il secondo è il paradigma di One Health, che riconosce l'interdipendenza tra salute umana, animale e ambientale, promuovendo un approccio integrato, interdisciplinare e intersettoriale alla prevenzione e gestione delle minacce sanitarie globali. Fondato sull'evidenza scientifica, esso mira a rafforzare la resilienza dei sistemi socio-ecologici, prevenendo l'emergere di malattie infettive e garantendo la sostenibilità della salute pubblica entro i limiti planetari (FAO, UNEP, WHO, & WOA, 2022).

Le aree urbane: vulnerabilità, adattamento e transizione verso uno sviluppo resiliente al clima

Le aree urbane rappresentano oggi i principali centri di concentrazione demografica, economica e infrastrutturale del pianeta. Secondo l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), oltre il 55% della popolazione mondiale vive in città e tale percentuale è destinata a raggiungere il 68% entro il 2050 (IPCC, 2022a). Questa tendenza all'urbanizzazione intensiva pone le città al centro delle sfide climatiche globali: esse sono al contempo i motori dello sviluppo economico e i luoghi dove gli impatti del cambiamento climatico si manifestano in modo più acuto. Il Sesto Rapporto di

Valutazione dell'IPCC (AR6) dedica ampio spazio a tali dinamiche, in particolare nel capitolo 6 del Gruppo di Lavoro II, che analizza il ruolo delle città, degli insediamenti umani e delle infrastrutture chiave nel contesto del cambiamento climatico (IPCC, 2022a).

Le città vengono descritte come spazi di vulnerabilità e opportunità: da un lato, esse concentrano popolazioni e beni materiali esposti ai rischi climatici; dall'altro, offrono potenzialità per l'innovazione, la mitigazione e l'adattamento. Le caratteristiche fisiche e socioeconomiche degli ambienti urbani amplificano diversi impatti climatici, tra cui ondate di calore, alluvioni, siccità e stress sulle infrastrutture critiche (IPCC, 2022a). L'effetto isola di calore urbana, dovuto all'accumulo di calore derivante dai materiali edilizi, dalla densità delle costruzioni e dalla scarsa presenza di spazi verdi, accentua l'esposizione al rischio termico e contribuisce all'aumento della mortalità legata alle alte temperature (IPCC, 2021). Parallelamente, l'impermeabilizzazione dei suoli e la ridotta capacità di drenaggio delle superfici artificiali intensificano il rischio di alluvioni pluviali e fluviali, con effetti particolarmente gravi nelle città che si espandono verso pianure alluvionali o zone costiere (IPCC, 2022b).

Le aree urbane situate lungo le coste sono inoltre esposte all'innalzamento del livello del mare e all'intensificarsi di mareggiate ed eventi meteorologici estremi. Secondo le proiezioni dell'IPCC, entro il 2050 oltre un miliardo di persone che vivono in insediamenti costieri a bassa quota sarà potenzialmente a rischio (IPCC, 2023). Tali processi, se combinati con la crescita demografica e l'espansione non pianificata delle città, rischiano di compromettere la sicurezza di infrastrutture critiche come reti idriche, energetiche e di trasporto, la cui interdipendenza può amplificare gli effetti di eventi estremi (IPCC, 2022a).

L'analisi del rapporto sottolinea inoltre che la vulnerabilità climatica urbana non è distribuita in modo uniforme. Le popolazioni a basso reddito, gli anziani, le donne e le comunità marginalizzate vivono spesso in aree ad alto rischio, come zone alluvionali o pendii instabili, e dispongono di risorse economiche e istituzionali limitate per adottare misure di adattamento (IPCC, 2022a). Queste disuguaglianze generano una marcata asimmetria nella capacità di risposta ai rischi, evidenziando la necessità di approcci basati sulla giustizia climatica. Le città del Sud globale risultano particolarmente vulnerabili, poiché la rapida urbanizzazione si accompagna spesso a governance frammentate e a una carenza di infrastrutture di base (Dodman et al., 2022).

Per affrontare tali criticità, l'IPCC individua una gamma articolata di strategie di adattamento urbano che comprendono interventi fisici, tecnologici e istituzionali. Tra le misure più efficaci figurano la promozione del verde urbano e delle infrastrutture blu, l'adozione di soluzioni basate sulla natura, la riqualificazione energetica degli edifici e la pianificazione urbana integrata che tenga conto della gestione del rischio climatico (IPCC, 2022a). Queste strategie, tuttavia, si confrontano con limiti di tipo finanziario, tecnico e politico. Il rapporto distingue tra limiti "morbidi" (soft limits), legati a barriere sociali o istituzionali, e limiti "duri" (hard limits), dovuti a soglie fisiche oltre le quali l'adattamento diventa impraticabile, come nel caso delle città costiere soggette a un innalzamento irreversibile del livello del mare (IPCC, 2022a).

Oltre all'adattamento, il rapporto mette in evidenza il ruolo cruciale delle città nella mitigazione delle emissioni. Gli insediamenti urbani sono responsabili di circa il 70% delle emissioni globali di anidride carbonica, dovute principalmente ai settori energetico, edilizio e dei trasporti (IPCC, 2022c). Tuttavia, essi rappresentano anche un campo privilegiato per azioni di mitigazione efficaci: la transizione verso energie rinnovabili, la promozione della mobilità sostenibile e la densificazione urbana pianificata possono ridurre significativamente le emissioni complessive. L'IPCC sottolinea inoltre la presenza di co-benefici tra mitigazione e adattamento: interventi come la creazione di spazi verdi, la riduzione del traffico o la riqualificazione degli edifici non solo diminuiscono le emissioni, ma migliorano anche la qualità della vita e la resilienza delle comunità urbane (Schipper et al., 2022).

Un elemento trasversale in tutto il capitolo riguarda la governance urbana e la necessità di un approccio multilivello e partecipativo. Un'efficace risposta climatica richiede coordinamento tra governi locali, autorità nazionali e istituzioni internazionali, nonché un coinvolgimento attivo delle comunità e dei soggetti privati (IPCC, 2022a). La governance inclusiva, unita a una pianificazione integrata e orientata alla sostenibilità, costituisce la base per la costruzione di percorsi di sviluppo resiliente al clima (Climate-Resilient Development Pathways, CRDPs), che integrano mitigazione, adattamento, equità e benessere sociale (IPCC, 2023).





Dalle politiche climatiche alla governance urbana del clima

L'accelerazione dei processi di urbanizzazione e la crescente frequenza di eventi climatici estremi rendono le città luoghi strategici per affrontare la crisi ecologica e climatica. Oltre il 55% della popolazione mondiale vive oggi in aree urbane, e tale percentuale è destinata a raggiungere il 70% entro il 2050 (UN, 2024). Le città, tuttavia, non sono solo fonti di emissioni di gas serra, ma anche luoghi di vulnerabilità e sperimentazione politica.

Negli ultimi quarant'anni, l'adattamento urbano al cambiamento climatico ha compiuto una profonda evoluzione, passando da un approccio marginale e prevalentemente tecnico a una componente strutturale delle politiche ambientali e di sviluppo sostenibile. Le città sono oggi riconosciute come attori centrali nei processi di mitigazione e adattamento, nonché come nodi strategici nella governance climatica e ambientale globale (UN-Habitat, 2011, 2022).

Questa trasformazione riflette un cambiamento epistemologico: il clima non è più concepito come una variabile esterna rispetto ai sistemi insediativi, ma come una dimensione intrinseca dei processi urbani, sociali ed ecologici. L'adattamento non è dunque più interpretato come un intervento tecnico finalizzato alla riduzione del rischio, bensì come un elemento integrato nella pianificazione urbana, nella progettazione architettonica, nella gestione delle infrastrutture e nelle pratiche di resilienza territoriale (Tucci et al. 2023; Talamo et al. 2025, p. 14).

Il Sixth Assessment Report dell'IPCC (2022) conferma questa evoluzione concettuale, evidenziando che i sistemi urbani e le infrastrutture interagiscono in modo dinamico con il sistema climatico, influenzandone gli impatti e contribuendo a modellarne le traiettorie future (IPCC, 2022a). In tale prospettiva, l'adattamento urbano diventa parte

costitutiva della sostenibilità e della resilienza dei territori. La resilienza urbana contemporanea si configura come un processo sociale e spaziale che integra la gestione del rischio climatico nella struttura e nelle funzioni dei sistemi urbani, riconoscendo le città come “laboratori di resilienza” e non più come semplici destinatari di impatti ambientali (Meerow et al., 2016).

Durante gli anni Ottanta e Novanta, le politiche climatiche internazionali si concentrarono quasi esclusivamente sulla mitigazione, ossia sulla riduzione delle emissioni di gas serra. La Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (1992) e il Protocollo di Kyoto (1997) furono strumenti fondamentali in questa direzione, ma l’adattamento rimase un tema marginale, spesso inteso come fallimento della mitigazione (IPCC, 2001).

In ambito urbano, le prime iniziative di risposta al cambiamento climatico si svilupparono in modo frammentario e settoriale, spesso limitandosi a interventi specifici su drenaggio urbano, gestione delle acque o protezione costiera, raramente inseriti in strategie di pianificazione integrate. L’elaborazione delle politiche locali sul clima non seguì un processo lineare o coordinato, ma risultò «chaotic, fragmented and opportunistic», influenzata da contingenze istituzionali e da singoli attori piuttosto che da una governance strutturata (Bulkeley & Betsill, 2003, p. 192).

Le città che per prime si confrontarono con la questione – tra cui Toronto, Portland e Rotterdam – avviarono programmi municipali orientati alla riduzione delle emissioni e alla gestione degli impatti climatici (Bulkeley & Betsill, 2003, pp. 104, 167, 200). Queste esperienze pionieristiche anticiparono la successiva integrazione delle tematiche climatiche nelle politiche di pianificazione urbana e territoriale, aprendo la strada a un’evoluzione verso approcci più sistemici e intersettoriali (Bulkeley & Betsill, 2003). In questa fase, le città non avevano ancora assunto un ruolo strategico nei processi di governance climatica globale, limitandosi a implementare direttive e programmi stabiliti dai governi nazionali.

L’istituzionalizzazione dell’adattamento climatico urbano

A partire dai primi anni Duemila, l’adattamento ai cambiamenti climatici è diventato progressivamente parte integrante dell’agenda climatica internazionale. Il Terzo Rapporto di Valutazione dell’IPCC riconosce per la prima volta la necessità di affiancare alle politiche di mitigazione strategie di adattamento, sottolineando come la sola riduzione delle emissioni non fosse sufficiente a contenere gli impatti

già in atto (IPCC, 2001). In questa fase, l'adattamento viene concepito non più come intervento reattivo o tecnico, ma come componente strutturale delle politiche di sviluppo sostenibile e della pianificazione territoriale.

Parallelamente, le città assumono un ruolo sempre più attivo all'interno delle politiche climatiche, evolvendo da semplici attuatori delle strategie nazionali ad attori centrali di sperimentazione e innovazione istituzionale. Tale processo è accompagnato dalla nascita di reti transnazionali di città, che favoriscono la diffusione delle pratiche di mitigazione e adattamento urbano e la costruzione di nuovi modelli di governance multilivello. Tra queste, ICLEI – Local Governments for Sustainability e C40 Cities Climate Leadership Group (fondato nel 2005) si affermano come piattaforme di coordinamento e scambio di conoscenze, promuovendo il peer learning e la replicabilità di esperienze locali (Castán Broto & Bulkeley, 2013).

L'Unione Europea contribuisce in modo determinante a questa fase di consolidamento dell'adattamento, definendo un quadro strategico per l'azione locale. Con il Libro Verde (COM 2007/354) sull'adattamento ai cambiamenti climatici e, successivamente, con il Libro Bianco (COM 2009/147), viene delineata una visione integrata delle politiche di adattamento, intese come parte delle strategie di pianificazione territoriale e di sviluppo sostenibile. Tali raccomandazioni individuano indirizzi e linee d'azione volte a ridurre i rischi derivanti dai cambiamenti climatici, proteggere la salute e il benessere delle popolazioni, tutelare il patrimonio naturale e culturale, e accrescere la resilienza e la capacità di adattamento dei sistemi naturali, sociali ed economici, valorizzando al contempo le opportunità potenzialmente offerte dalle nuove condizioni climatiche (EC, 2007; EC, 2009).

Questo percorso culmina nella Strategia europea per l'adattamento ai cambiamenti climatici (EC, 2013a), che promuove la pianificazione locale attraverso i Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima (PAESC) elaborati nell'ambito del Patto dei Sindaci (Covenant of Mayors). In tal modo, l'adattamento assume una dimensione territoriale e partecipativa, fondata sull'integrazione tra politiche locali e obiettivi comunitari.

La risposta urbana al cambiamento climatico si manifesta attraverso una pluralità di esperimenti, ossia pratiche locali che testano soluzioni tecniche, sociali e istituzionali in condizioni di incertezza, favorendo processi di apprendimento collettivo e innovazione territoriale. Tali esperienze, diffuse in centinaia di città nel mondo, contribuiscono a ridefinire le modalità di governo del cambiamento climatico, promuovendo una governance urbana del clima fondata su relazioni orizzontali, scambio di competenze e standard condivisi (Castán Broto & Bulkeley, 2013).



Parco Martin
Luther King a
Parigi

In questa prospettiva, le città si configurano come laboratori politici e istituzionali capaci di integrare mitigazione e adattamento all'interno dei propri strumenti di pianificazione. L'adattamento non è dunque più interpretato come risposta tecnica alla vulnerabilità, ma come dimensione integrata e trasformativa della progettazione urbana e territoriale, in grado di orientare i processi di innovazione, gestione delle infrastrutture e resilienza del costruito nel lungo periodo.

Il paradigma della resilienza urbana: azioni strategiche e missioni per l'innovazione

Nel decennio 2010-2020, l'adattamento urbano al cambiamento climatico è evoluto verso una visione più complessa, centrata sul concetto di resilienza urbana. Il termine «resilienza urbana» è stato definito come «la capacità di un sistema urbano di mantenere o recuperare le proprie funzioni di fronte a perturbazioni esterne, adattandosi e trasformandosi in modo sostenibile» (Meerow et al., 2016; UN-Habitat, 2021; UNDRR, 2023). A questo concetto vengono associate tre differenti categorie principali di azioni strategiche finalizzate a potenziare la capacità di resilienza urbana rispetto agli impatti del cambiamento climatico. Le azioni di tipo “grigio”, che comprendono interventi strutturali e fisici – quali la riqualificazione profonda (deep renovation) di edifici e infrastrutture – volti a incrementare la resistenza e la capacità autopoietica dei sistemi costruiti rispetto a eventi meteorologici estremi. Le misure “verdi”, che si riferiscono a interventi biofisici che impiegano funzioni e servizi ecosistemici per realizzare soluzioni nature-based efficaci e sostenibili, orientate al progressivo rafforzamento della capacità adattiva urbana. Le azioni “soft” o non strutturali, che comprendono politiche, strumenti di governance e procedure gestionali finalizzate a ridurre la vulnerabilità complessiva dei sistemi urbani sia dinanzi ai cambiamenti ambientali sia a fenomeni cronici, come la scarsità delle risorse (UN-Habitat, 2011; Tucci 2023).

L'adozione dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile e dell'Accordo di Parigi nel 2015 ha consolidato un nuovo approccio integrato alla governance climatica, che riconosce esplicitamente il ruolo strategico delle città nella lotta al cambiamento climatico e nella promozione della resilienza urbana. In questo quadro, l'Obiettivo di sviluppo sostenibile 11 “Città e comunità sostenibili” mira a favorire politiche urbane inclusive e resilienti, mentre l'Obiettivo 13 “Agire per il clima” prevede il rafforzamento delle capacità di adattamento e di risposta ai



rischi climatici e ai disastri naturali, oltre all'integrazione delle azioni di mitigazione e adattamento nelle politiche, strategie e pianificazioni nazionali (UN, 2015; UNFCCC, 2015).

Nel medesimo periodo, la Rockefeller Foundation ha lanciato l'iniziativa 100 Resilient Cities, che ha contribuito a spostare l'attenzione dalle sole infrastrutture fisiche verso approcci integrati che includono istituzioni, comunità e sistemi socioeconomici. In questo contesto si inserisce la figura del Chief Resilience Officer, responsabile di coordinare strategie trasversali e di orientare l'azione pubblica. Tale rete ha contribuito a diffondere il paradigma della resilienza come approccio integrato, intersettoriale e partecipativo (The Rockefeller Foundation, 2013). Inoltre, l'architettura istituzionale 100 Resilient Cities ha promosso un'infrastruttura

metodologica a due livelli sviluppata in collaborazione con Arup: il City Resilience Framework (CRF) e il City Resilience Index (CRI). Il CRF (Arup & Rockefeller Foundation, 2015) definisce quattro dimensioni e dodici driver - dal governo efficace alle infrastrutture, dalla salute e benessere all'economia e alla società - fornendo una lente sistemica per analizzare rischi e capacità urbane; il CRI, invece, rende misurabile tale quadro, supportando diagnosi e monitoraggio (Arup, 2016). Questa standardizzazione ha consentito la comparabilità tra città e la costruzione di un linguaggio tecnico condiviso per definire priorità, investimenti e co-benefici in ambito climatico, sociale e di sviluppo.

In Europa, attraverso i programmi Horizon 2020 e le Missioni “Adattamento ai Cambiamenti Climatici” e “100 Città Climaticamente Neutrali e Intelligenti” sono stati avviati piani di adattamento urbano che combinano mitigazione, resilienza e innovazione tecnologica. L'obiettivo generale è promuovere un approccio sistemico alla transizione ecologica, sostenendo l'azione coordinata di città e regioni europee attraverso modelli di governance multilivello, processi partecipativi e innovazione tecnologica e sociale. Le missioni europee rappresentano un nuovo paradigma di governance dell'innovazione: un meccanismo orientato ai risultati, che combina ricerca scientifica, pianificazione territoriale, progettazione urbana e partecipazione civica per accelerare il raggiungimento degli obiettivi climatici dell'UE entro il 2030. La Missione “Adattamento” mira a rendere almeno 150 regioni e comunità resilienti ai rischi climatici entro il 2030, mentre la Missione “Città” intende raggiungere la neutralità climatica in 100 centri urbani nello stesso orizzonte temporale, fungendo da modello replicabile per il resto del continente (EC, 2024).

In questo contesto, l'adozione di soluzioni basate sulla natura – come tetti verdi, corridoi ecologici e infrastrutture blu-verdi per la gestione sostenibile delle acque – è diventata centrale (Kabisch et al., 2017). Queste strategie generano benefici multipli quali la riduzione dell'isola di calore urbana, la mitigazione degli allagamenti, l'incremento della biodiversità e il miglioramento della qualità della vita (UNEP, 2022).

Verso politiche trasformative per la transizione urbana ecologica e climatica

Negli anni più recenti, l'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi climatici estremi ha reso evidente la necessità di politiche trasformative,

sottolineando che l'adattamento incrementale - ovvero con azioni di adattamento il cui obiettivo principale è mantenere l'essenza e l'integrità di un sistema o di un processo a una determinata scala (IPCC, 2014, Glossario, p. AII-16) - non è più sufficiente ma serve una riconfigurazione strutturale dei sistemi urbani (IPCC, 2022a; CBD, 2020).

La Nuova Strategia Europea per l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici (EC, 2021), adottata nel quadro del Green Deal europeo, identifica le aree urbane come ambiti prioritari per la costruzione di una società europea "pienamente adattata entro il 2050". Essa promuove un approccio integrato e multilivello alla resilienza urbana, incoraggiando le amministrazioni locali a integrare l'adattamento nelle politiche territoriali, nei piani urbanistici e nei regolamenti edilizi. Le città vengono considerate attori centrali non solo nell'attuazione, ma anche nella coprogettazione delle politiche climatiche, in sinergia con governi nazionali, regioni e istituzioni europee (EC, 2021). La strategia si fonda su tre assi principali: un adattamento più intelligente, basato su una conoscenza approfondita e su dati climatici accurati; un adattamento più rapido, volto ad accelerare la pianificazione e l'attuazione di misure di resilienza; e un adattamento più sistemico, che integri l'adattamento climatico in tutte le politiche settoriali e nei diversi livelli di governance (EC, 2021).

All'interno di questa cornice, la piattaforma Climate-ADAPT, gestita congiuntamente dalla Commissione Europea e dall'Agenzia Europea dell'Ambiente, assume un ruolo strategico come hub di riferimento per la conoscenza e lo scambio di buone pratiche. Essa raccoglie e diffonde strategie nazionali e regionali, casi studio, strumenti di valutazione del rischio e indicatori di vulnerabilità, facilitando l'apprendimento reciproco tra attori istituzionali, urbani e territoriali. In questo senso, Climate-ADAPT rappresenta un'infrastruttura di conoscenza essenziale per promuovere un adattamento "più intelligente" e informato, sostenendo la costruzione di politiche climatiche basate sull'evidenza.

Parallelamente, la piattaforma OPPLA - sviluppata nell'ambito dei programmi di ricerca europei Horizon 2020 e BiodivERSA - costituisce un punto di riferimento per la rigenerazione con la natura e l'implementazione delle NbS. Essa offre un archivio interattivo di casi studio, strumenti decisionali e linee guida che supportano la progettazione di interventi di adattamento fondati sui servizi ecosistemici e sulla multifunzionalità degli spazi verdi e blu urbani. L'integrazione tra Climate-ADAPT e OPPLA consente di connettere la dimensione conoscitiva con quella applicativa della resilienza urbana, favorendo la diffusione di pratiche rigenerative capaci di



**Gruppo di alberi
in Piazza Marina
a Palermo, Italia**



produrre benefici ambientali, sociali ed economici simultaneamente, in linea con l'approccio sistemico promosso dalla Strategia Europea (EC, 2021). Questa seconda piattaforma richiama in causa la necessità di conciliare l'adattamento climatico con il ripristino della natura nelle aree urbane.

In maniera analoga, emerge il concetto di giustizia climatica urbana, secondo cui le politiche di adattamento devono tenere conto delle disuguaglianze socio-spaziali e degli impatti differenziati del cambiamento climatico sui gruppi vulnerabili (Anguelovski et al., 2016). Le strategie inclusive e partecipative, come la community-based adaptation (CBA), assumono crescente rilevanza, riconoscendo il valore delle conoscenze locali (Reid et al., 2009). In questa fase, l'adattamento urbano si integra con altri obiettivi politici - come salute pubblica, equità e decarbonizzazione - configurandosi come parte di una governance climatica policentrica (Frantzeskaki, 2019).

Linee di tendenza, criticità e prospettive future

Le tendenze contemporanee delle politiche urbane per l'adattamento ai cambiamenti climatici possono essere ricondotte a quattro principali assi strategici:

1) **Mainstreaming dell'adattamento.** Le azioni di risposta climatica vengono progressivamente integrate nei piani urbanistici, nei regolamenti edilizi e nelle politiche infrastrutturali, con l'obiettivo di incorporare la gestione del rischio climatico nei processi ordinari di pianificazione e sviluppo urbano (Reckien et al., 2014).

2) **Soluzioni basate sulla natura.** L'impiego di infrastrutture verdi e blu — quali parchi multifunzionali, corridoi ecologici, sistemi di drenaggio sostenibile e progetti di rinaturalizzazione fluviale — costituisce oggi uno strumento chiave per la gestione dei rischi e la rigenerazione ecosistemica degli ambienti urbani (Frantzeskaki, 2019).

3) **Innovazione tecnologica e digitalizzazione.** L'uso di sensori, modelli predittivi e dati satellitari consente decisioni adattive in tempo reale e una gestione più efficiente delle risorse urbane. Le sensor cities e i digital twin favoriscono una pianificazione basata su evidenze empiriche e rafforzano la resilienza urbana, promuovendo forme di governance più dinamiche e intelligenti (D'Amico et al., 2020; Biljecki et al., 2021).

4) **Governance policentrica e partecipazione.** L'adattamento urbano si configura come un processo di coordinamento interistituzionale e di coinvolgimento della società civile, che mobilita competenze e risorse distribuite all'interno del sistema urbano (Castán Broto & Bulkeley, 2013).

Nonostante questi avanzamenti, permangono criticità significative. In numerosi contesti — soprattutto nei Paesi a basso e medio reddito — la scarsità di risorse finanziarie e la limitata capacità amministrativa ostacolano l'attuazione effettiva dei piani (UN-Habitat, 2022). La frammentazione delle competenze può generare incoerenze tra politiche ambientali, sociali e urbanistiche, riducendo l'efficacia complessiva delle strategie. Inoltre, la prevalenza di interventi infrastrutturali rispetto a misure sociali o istituzionali rischia di produrre resilienze diseguali, concentrando benefici nelle aree centrali e aggravando la vulnerabilità delle periferie (Anguelovski et al., 2016).

Il decennio 2020–2030 sarà decisivo per definire la traiettoria delle politiche urbane di risposta climatica. L'adozione diffusa di Nature-based Solutions e di approcci trasformativi potrà ridurre sensibilmente la vulnerabilità urbana entro la metà del secolo, a condizione che si rafforzino le capacità locali e una visione strategica di lungo periodo (IPCC, 2022a; CBD, 2020).

Le città dovranno evolvere verso sistemi dinamici e adattivi, capaci di apprendere dalle esperienze e di promuovere una progettazione ecologica e a basso impatto

che valorizzi le risorse locali, un uso sostenibile del suolo e un equilibrio tra insediamenti umani e sistemi naturali. La resilienza urbana, più che un traguardo, deve essere intesa come processo continuo di innovazione e apprendimento collettivo. La sfida resta quella di conciliare l'adattamento con la giustizia sociale e ambientale, affinché le transizioni climatiche diventino occasioni di rigenerazione equa e inclusiva.

L'adattamento climatico urbano in Italia

A livello nazionale, l'Italia ha aderito all'Accordo di Parigi e persegue tali obiettivi climatici attraverso la Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNAC), approvata nel 2015 dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE, 2015). In continuità con tale strategia, è stato adottato il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC, 2023), che ha come finalità «contenere la vulnerabilità dei sistemi naturali, sociali ed economici agli impatti dei cambiamenti climatici e aumentarne la capacità di adattamento» (MASE, 2023, p. 5).

Nel contesto urbano, il piano prevede specifiche misure che comprendono: (i) la valutazione territoriale della vulnerabilità al rischio climatico nelle aree metropolitane e nei comuni capoluogo; (ii) l'inclusione obbligatoria delle misure di adattamento nei Piani di governo del territorio e nei regolamenti edilizi; (iii) la promozione di soluzioni basate sulla natura (NbS) e infrastrutture resilienti per far fronte a ondate di calore, allagamenti e siccità; (iv) il potenziamento delle capacità degli enti locali e l'accesso a strumenti finanziari dedicati, in coerenza con il programma nazionale "Missione 2 – Rivoluzione verde e transizione ecologica" del PNRR (MASE, 2023).

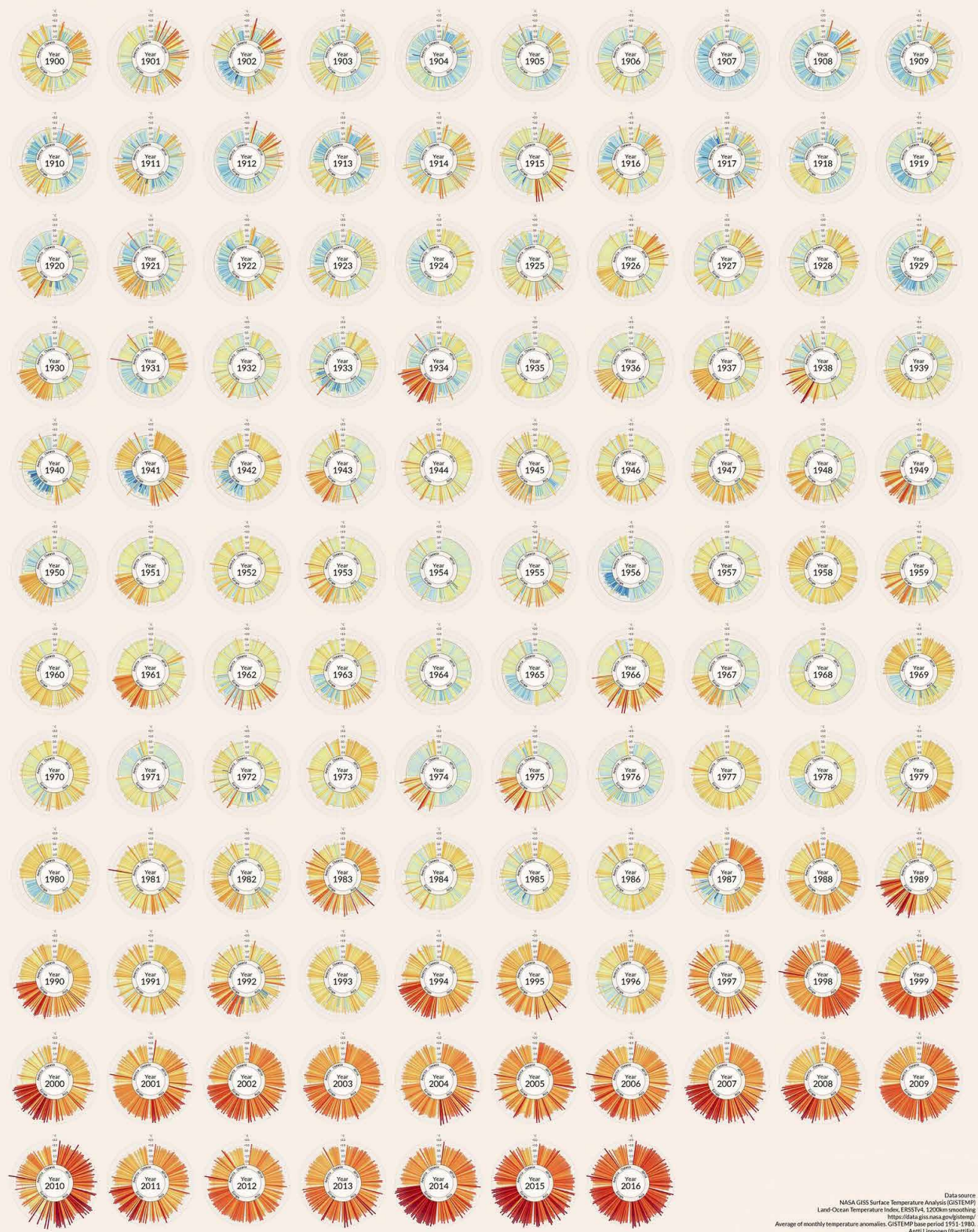
I dati più recenti documentano l'ampiezza del fenomeno: fino al 2022 sono stati registrati 1.503 eventi meteorologici estremi, con 780 comuni coinvolti e 279 vittime, evidenziando l'urgenza di politiche di adattamento efficaci (Legambiente, 2022).

A scala regionale, quattro regioni italiane dispongono di una strategia di adattamento formalmente approvata: Lombardia, Emilia-Romagna, Sardegna e Valle d'Aosta. Inoltre, dieci regioni (tra cui Piemonte, Liguria, Puglia, Veneto e Abruzzo) hanno avviato processi di definizione o aggiornamento dei propri strumenti di adattamento o piani integrati (ISPRA, 2023a). Queste strategie regionali si concentrano soprattutto sulla riduzione della vulnerabilità

idrogeologica, sulla gestione sostenibile delle risorse idriche e sulla promozione di soluzioni basate sulla natura (NbS) in ambito urbano e agricolo.

A livello comunale, l'implementazione risulta particolarmente diffusa grazie all'adesione al Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia: oltre 1.300 comuni italiani hanno sottoscritto impegni di adattamento e oltre 300 amministrazioni locali hanno già redatto Piani di Adattamento o Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima (PAESC) con sezioni specifiche dedicate alla resilienza urbana (ISPRA, 2023b). Questi strumenti locali rappresentano l'applicazione concreta delle politiche nazionali e regionali, favorendo l'integrazione dell'adattamento nelle pratiche di pianificazione territoriale e ambientale.

Complessivamente, il quadro nazionale mostra un progresso significativo nella pianificazione, ma evidenzia ancora limiti di tipo attuativo e finanziario, in particolare nelle regioni meridionali e nei piccoli comuni. La sfida principale per il prossimo decennio sarà consolidare le capacità istituzionali e operative, garantendo coerenza tra piani locali, strategie regionali e obiettivi del PNACC, al fine di rendere l'adattamento climatico una componente strutturale delle politiche urbane e territoriali italiane. Nonostante ciò, il PNACC riconosce che «la reale attuazione delle misure dipenderà fortemente dal rafforzamento della governance multilivello, dalla dotazione di risorse adeguate e dal collegamento funzionale con gli strumenti di pianificazione urbana e territoriale» (MASE, 2023, p. 12). Inoltre, la carenza di risorse finanziarie, la limitata capacità tecnica degli enti locali e la frammentazione istituzionale rappresentano ancora fattori limitanti per l'effettiva implementazione delle strategie (Ugolini, 2024).



DAI RISCHI CLIMATICI ALLA RESILIENZA URBANA: IMPATTI, VULNERABILITÀ E ADATTAMENTO NEL CONTESTO EUROPEO



Anomalie delle
temperature
medie dei diversi
paesi dal 1900 al
2016

Impatti ambientali e climatici sulla salute e sulle città europee

In Europa, i fattori ambientali quali inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici incidono negativamente sulla salute e sulla qualità della vita dei cittadini, rappresentando una causa rilevante di mortalità. Nel 2012, un totale di circa 630.000 decessi nei 27 Paesi dell'Unione Europea più il Regno Unito è stato attribuito a fattori ambientali. Tale cifra corrisponde a circa il 13% di tutti i decessi in Europa (EEA, 2020a).

A livello globale, la Commissione Lancet su Inquinamento e Salute ha stimato che l'inquinamento sia responsabile di circa 9 milioni di morti premature all'anno, pari a un decesso su sei (Fuller et al., 2022). Si tratta di un carico sanitario tre volte superiore rispetto alle morti complessive causate da HIV/AIDS, tubercolosi e malaria, e quindici volte maggiore rispetto a tutte le guerre e ad altre forme di violenza. Nei paesi a basso e medio reddito, le malattie legate all'inquinamento possono rappresentare oltre un quarto di tutti i decessi, evidenziando una forte correlazione con le disuguaglianze socioeconomiche (Landrigan et al., 2018).

Le città europee risultano particolarmente vulnerabili a una molteplicità di rischi climatici e meteorologici, che variano in funzione della localizzazione geografica, della morfologia urbana e delle caratteristiche del territorio. Tra gli eventi più significativi si annoverano ondate di calore, fenomeni di allagamento pluviale e fluviale, inondazioni costiere associate all'innalzamento del livello del mare, tempeste di vento, siccità prolungate e incendi boschivi.

Il 90% dei disastri naturali registrati nell'ultimo ventennio (2000-2019) è associato a eventi meteorologici e climatici estremi, crescendo da 3.656 nel periodo 1980-1999 a 6.681 tra il 2000 e il 2019, con un aumento significativo in termini di frequenza e intensità (CRED & UNDRR, 2020). Nel solo 2018, oltre 60 milioni di persone nel mondo sono state colpite da eventi meteo-climatici estremi, e dei 17,2 milioni di

nuovi sfollati interni associati a catastrofi naturali, più di 16 milioni erano dovuti a fenomeni meteorologici (IDMC, 2019).

In Europa, nel periodo 1980-2019, gli eventi climatici estremi hanno rappresentato circa l'81 % delle perdite economiche totali legate a disastri naturali, per un ammontare stimato di 446 miliardi di euro, causando complessivamente oltre 90.000 vittime (EEA, 2019a).

Negli insediamenti urbani, l'inquinamento atmosferico e le condizioni meteorologiche estreme costituiscono due dei principali fattori di rischio ambientale, con effetti diretti sia sull'ambiente costruito sia sulla salute pubblica. Essi contribuiscono in modo significativo all'aumento della mortalità e e determinano ingenti danni economici, sociali e infrastrutturali (OECD, 2010). Le popolazioni a basso reddito e le comunità vulnerabili sono inoltre più esposte e meno resilienti agli impatti climatici e ambientali, accentuando le disuguaglianze sanitarie e sociali (WHO Europe, 2019).

L'analisi complessiva degli impatti ambientali e climatici sugli insediamenti urbani mostra un incremento significativo, sia nel numero che nella gravità degli eventi registrati a livello globale. Parallelamente, cresce il numero di persone colpite e la pressione sui sistemi sanitari e infrastrutturali. Comprendere i fattori che amplificano o mitigano gli effetti negativi degli eventi meteorologici estremi indotti dal cambiamento climatico risulta quindi essenziale per migliorare le politiche di adattamento urbano e rafforzare la resilienza delle comunità europee.

Pericoli climatici, vulnerabilità, esposizione e capacità di adattamento

Il termine impatti climatici si riferisce agli effetti sui sistemi naturali e umani derivanti da eventi meteorologici e climatici estremi, nonché dai cambiamenti delle condizioni climatiche medie, attribuibili al cambiamento climatico. Gli impatti rappresentano l'esito dell'interazione tra pericoli climatici, vulnerabilità ed esposizione delle popolazioni e dei sistemi socioeconomici in un determinato periodo di tempo. Tali impatti possono essere attenuati o amplificati in funzione della capacità di risposta (response capacity), ovvero delle misure di mitigazione, adattamento e gestione del rischio adottate a livello locale e globale (IPCC, 2022a; EEA, 2024a).

Se analizziamo in dettaglio i termini che definiscono il rischio climatico, ovvero della possibilità che un impatto si verifichi in determinate condizioni, osserviamo che:

- il pericolo (hazard) è definito come un «evento fisico o tendenza naturale o indotta

dall'uomo che ha il potenziale di causare perdita di vite umane, lesioni o altri impatti sulla salute, nonché danni e perdite di proprietà, infrastrutture, mezzi di sussistenza, erogazione di servizi, ecosistemi e risorse ambientali (IPCC, 2014)»;

- l'esposizione (exposure) indica «la presenza di persone; mezzi di sussistenza; specie o ecosistemi; funzioni ambientali, servizi e risorse; infrastrutture; o beni economici, sociali o culturali in luoghi e condizioni che potrebbero subire effetti negativi (IPCC, 2014)»;

- la vulnerabilità (vulnerability) si riferisce a «a propensione o predisposizione ad essere aversamente colpiti. La vulnerabilità comprende una varietà di concetti ed elementi, inclusa la sensibilità o suscettibilità al danno e la mancanza di capacità di far fronte e adattarsi (IPCC, 2014)».

All'interno di quest'analisi, la componente della vulnerabilità assume particolare rilevanza poiché racchiude il concetto di capacità di adattamento, che rappresenta da un lato un parametro chiave per la riduzione del rischio climatico e, dall'altro, il tema centrale della seguente ricerca.

L'adattamento climatico, o “capacità di adattamento” nei sistemi umani, ha l'obiettivo di ridurre la vulnerabilità dei sistemi colpiti, limitare i danni derivanti dagli impatti presenti e futuri e cogliere le eventuali opportunità di sviluppo sostenibile (IPCC, 2022a; MASE, 2023).

Adattamento e mitigazione non rappresentano strategie alternative o contrapposte, bensì complementari, e la loro integrazione è considerata oggi essenziale per affrontare in modo efficace e sinergico le trasformazioni climatiche in atto (IPCC, 2023; MASE, 2023).

L'adattamento climatico in architettura e urbanistica mira a ridurre la vulnerabilità agli eventi climatici estremi attraverso la riqualificazione e la trasformazione resiliente dell'ambiente urbano. In questo senso, l'adattamento si avvicina al concetto di resilienza urbana (Gasperini et al., 2014; Carter et al., 2014; Tucci et al., 2023; IPCC, 2022a).

La progettazione “adattiva” o “resiliente” si configura dunque come una pratica orientata all'incremento della capacità di adattamento dei sistemi urbani, in grado di promuovere strategie integrate di pianificazione e progettazione che considerano pericolosità, esposizione e vulnerabilità in modo sistemico (D'Ambrosio, 2016; Losasso, 2021).

In questo quadro, le NbS rappresentano strumenti progettuali fondamentali: interventi basati sui processi naturali — quali il potenziamento della vegetazione urbana, la gestione sostenibile delle acque meteoriche, la rigenerazione di spazi verdi e blu — che contribuiscono a ridurre le temperature estreme, mitigare le alluvioni, assorbire CO₂

e migliorare la qualità della vita urbana (Castellar et al., 2021; EEA, 2021; World Bank, 2021).

Queste soluzioni si inseriscono nella logica della pianificazione urbana climate-proof, orientata alla costruzione di città resilienti, capaci di adattarsi alle sfide climatiche presenti e future (UN-Habitat, 2022).

In definitiva, se da una parte risulta fondamentale comprendere le vulnerabilità climatiche all'interno delle città, dall'altra è cruciale conoscere e applicare le strategie di adattamento e resilienza più efficaci per costruire sistemi urbani in grado di resistere, assorbire e trasformarsi positivamente di fronte agli impatti climatici (Valente, 2020; IPCC, 2022; MASE, 2023). Questo rappresenta uno degli obiettivi principali che il presente libro intende perseguire.

Le regioni biogeografiche europee e i principali impatti del cambiamento climatico urbano

I principali impatti, presenti e futuri, del cambiamento climatico nelle città europee variano in relazione alle sette regioni biogeografiche (EEA, 2017). Tali regioni – artica, atlantica, boreale, continentale, alpina (montuosa) e mediterranea – derivano da rilevazioni climatiche e ambientali di lungo periodo e permettono di analizzare sia le tendenze osservate sia le proiezioni dei possibili effetti futuri. Nella regione boreale, le proiezioni indicano un aumento delle temperature medie e delle precipitazioni estreme, accompagnato da una riduzione della durata e dell'estensione del manto nevoso. Le aree costiere e atlantiche, a causa dell'innalzamento del livello del mare, saranno più esposte a inondazioni e mareggiate potenzialmente più intense rispetto al passato, soprattutto nei Paesi del Mare del Nord; inoltre, si prevede un incremento delle precipitazioni intense, con rischi di allagamenti urbani e fluviali e di tempeste di vento. La regione mediterranea è caratterizzata da una diminuzione delle precipitazioni e delle risorse idriche, da un incremento delle temperature e da una crescente frequenza di incendi boschivi e ondate di calore. Queste condizioni comportano effetti diretti sulla salute, quali un aumento della mortalità associata al caldo e un potenziale incremento delle malattie infettive trasmesse da vettori. Nella regione continentale, i pericoli climatici variano stagionalmente: si prevede un aumento delle temperature e della siccità estiva, con riduzione delle precipitazioni, mentre in inverno aumenteranno gli eventi di precipitazioni intense e i rischi di inondazione. Nelle regioni montuose e alpine, si registra un progressivo aumento delle temperature medie,

una diminuzione del manto nevoso e una maggiore probabilità di smottamenti, frane e inondazioni con ripercussioni sugli insediamenti urbani (EEA, 2017; EEA, 2024a). L'Europa si trova ad affrontare 36 rischi climatici maggiori, organizzati in cinque grandi gruppi: ecosistemi, alimentazione, salute, infrastrutture, e economia-finanza. Molti di questi rischi hanno già raggiunto livelli critici e potrebbero diventare catastrofici senza interventi urgenti. Tra i principali rischi climatici ricorrenti figurano ondate di calore, gelate, precipitazioni intense, inondazioni fluviali e costiere, innalzamento del livello del mare, siccità, incendi boschivi, frane e tempeste di vento (EEA, 2024a). Nell'ambito delle regioni biogeografiche europee, il cambiamento climatico influisce dunque in maniera differenziata sui sistemi urbani, determinando rischi crescenti per la salute umana, le infrastrutture e la sicurezza economica. Gli impatti più significativi per gli insediamenti urbani riguardano:

- temperature estreme e formazione di isole di calore urbane,
- allagamenti urbani dovuti a precipitazioni intense e impermeabilizzazione dei suoli,
- siccità prolungate e diminuzione delle risorse idriche,
- tempeste di vento con danni a persone, edifici e reti infrastrutturali.

La comprensione di tali fenomeni e delle loro interazioni con la vulnerabilità urbana costituisce una base essenziale per sviluppare politiche di adattamento e resilienza climatica in Europa.

Ondate di calore e isole di calore urbane

Le ondate di calore rappresentano periodi di caldo o caldo umido che si protraggono per più giorni consecutivi e che possono avere effetti significativi sulla salute pubblica, causando un aumento della mortalità e della morbilità nella popolazione esposta. Tale fenomeno costituisce uno dei principali rischi meteorologici per la salute umana, in particolare per le fasce di popolazione vulnerabili come anziani, bambini e persone con patologie croniche (WMO & WHO, 2015).

Analogamente, l'ufficio delle Nazioni per la Riduzione del Rischio Disastri definisce un'ondata di calore come «un periodo di caldo intenso e insolito in una regione che persiste per almeno due o tre giorni e notti consecutivi durante il periodo caldo dell'anno, in base alle condizioni climatiche locali, con condizioni termiche registrate al di sopra delle soglie indicate (UNDRR, 2023)». Questa definizione introduce esplicitamente l'elemento della variabilità locale, riconoscendo che le soglie termiche e la durata minima di un episodio di caldo estremo dipendono dalle condizioni climatiche e geografiche del territorio considerato.

Entrambe le definizioni sottolineano la natura relativa del fenomeno: le soglie termiche e i criteri di durata devono essere determinati in base alle condizioni climatiche locali, alla morfologia del territorio e al livello di acclimatazione della popolazione (WHO, 2024).

Le proiezioni climatiche per l'Europa indicano un aumento di numero, frequenza e intensità delle ondate di calore. In scenari peggiori, nella seconda metà del XXI secolo, questi fenomeni potrebbero diventare ricorrenti ogni uno-due anni (Russo et al., 2014; IPCC, 2018). In regioni urbane ad alta densità abitativa, l'incremento termico sarà superiore alla media globale, amplificando il rischio sanitario. L'Europa meridionale si prospetta particolarmente vulnerabile, con giornate estremamente calde e notti tropicali, mentre parallelamente il riscaldamento globale determinerà inverni mediamente più miti e una riduzione di eventi di freddo estremo (EEA, 2012; IPCC, 2018; EEA, 2024a).

Il fenomeno delle isole di calore urbane accentua ulteriormente gli effetti nelle città: le temperature urbane risultano più elevate rispetto alle aree rurali circostanti, a causa della morfologia urbana densa, della natura delle superfici costruite, dell'accumulo di massa edilizia e delle emissioni termiche prodotte dalle attività antropiche (Oke, 1982; EEA, 2012; IPCC, 2018). In alcune aree urbane, la temperatura superficiale può superare di 10-15 °C quella delle zone periurbane (CCCS, 2024). L'adattamento urbano – attraverso l'aumento della vegetazione, l'impiego di materiali riflettenti e il miglioramento della ventilazione – costituisce una misura prioritaria per mitigare tali impatti (EC, 2021).

Dal punto di vista numerico, studi recenti stimano che in Europa si siano registrate circa 47.690 morti attribuibili al caldo estremo nel 2023, secondo solo al 2022, quando si contarono oltre 60.000 decessi (Gallo et al., 2024). Nella Regione Europea oltre 175.000 persone muoiono ogni anno a causa dell'esposizione diretta o indiretta al caldo estremo (WHO, 2024).

Le proiezioni indicano che, in assenza di adeguate misure di adattamento, la mortalità legata alle alte temperature potrebbe triplicare entro la fine del secolo (Carrington, 2024). Parallelamente, le analisi climatiche mostrano che le terre europee potrebbero sperimentare un aumento medio di temperatura compreso tra 4,1 °C e 8,5 °C nel periodo 2071-2100 rispetto al trentennio 1981-2010, nello scenario ad alte emissioni (EEA, 2024b).

Precipitazioni estreme e allagamenti urbani

Gli allagamenti — fluviali, costieri e pluviali — hanno rappresentato circa il 44% di tutti gli eventi disastrosi registrati a livello globale tra il 2000 e il 2019, colpendo 1,6 miliardi di persone e costituendo la tipologia di catastrofe naturale più frequente, con una media di 163 eventi all'anno (CRED & UNDRR, 2020).

In Europa, i decessi associati alle inondazioni risultano relativamente limitati rispetto, ad esempio, a quelli dovuti alle ondate di calore. Pur in assenza di dati specifici per le aree urbane, si stima che circa 4.600 vittime siano riconducibili a eventi idrologici — inondazioni e frane — tra il 1980 e il 2017 (EEA, 2019a). Tuttavia, le inondazioni urbane causate da precipitazioni estreme di breve durata (flash floods o urban flooding) generano ingenti danni economici quando il volume d'acqua supera la capacità dei sistemi fognari.

Ad esempio, a Monaco di Baviera nel 2014, 290 mm di pioggia in sette ore causarono danni per circa 72 milioni di euro; a Copenaghen, nel 2011, 135 mm in due ore provocarono perdite superiori a 800 milioni di euro (EEA, 2020b).

Tra i principali fattori che amplificano il rischio di allagamenti pluviali si annoverano l'impermeabilizzazione delle superfici, la scarsa efficienza dei sistemi di drenaggio urbano e la presenza di edificazioni in aree alluvionali. L'impermeabilizzazione, in particolare, è strettamente legata all'espansione di superfici artificiali che ostacolano l'infiltrazione delle acque meteoriche, generando fenomeni di deflusso superficiale (runoff). Sebbene in Europa tali superfici coprano meno del 5% del territorio e la loro crescita sembri rallentare — passando da 1.086 km²/anno nel periodo 2000-2006 a 711 km²/anno tra il 2012 e il 2018 (EEA, 2019b; EEA, 2020b) — il rischio connesso al pluvial flooding rimane significativo.

Oltre ad aumentare il rischio di allagamenti, l'eccessiva impermeabilizzazione contribuisce all'intensificazione del fenomeno delle isole di calore urbane. Le precipitazioni estreme richiedono quindi sistemi di drenaggio efficienti, capaci di smaltire rapidamente grandi volumi d'acqua. In molti casi, ciò implica la progettazione di sistemi di drenaggio alternativi o separati, in cui le acque meteoriche non siano convogliate insieme alle acque reflue.

Infine, il consumo di suolo e l'espansione edilizia in aree alluvionali rappresentano ulteriori fattori di incremento del rischio. In tali casi, interessi economici di breve periodo — come la disponibilità di nuovi alloggi o aree industriali — prevalgono spesso sugli obiettivi di sicurezza a lungo termine. Un esempio emblematico è rappresentato dalla Pianura Padana, dove l'espansione insediativa, in particolare dagli anni

pagina a fronte
**Alluvione nel
quartiere di
Vesterbro a
Copenhagen**

Cinquanta, ha accompagnato la crescita industriale, contribuendo ad accrescere l'esposizione al rischio idraulico (Domeneghetti et al., 2015; EEA, 2020b).

Fenomeni siccitosi e scarsità idrica

Il cambiamento climatico aumenterà il rischio di fenomeni siccitosi in molte regioni del mondo. In particolare, tali eventi cresceranno in modo proporzionale all'incremento demografico delle popolazioni più vulnerabili e all'aggravarsi dei problemi di sicurezza alimentare (IPCC, 2018).

Sebbene solo il 2% dei decessi globali sia direttamente attribuito alla siccità, questa stima risulta sottovalutata, poiché non include le morti indirette dovute a malattie, malnutrizione e migrazioni, che rappresentano le principali conseguenze secondarie degli eventi siccitosi. Tali decessi avvengono spesso nella fase post-emergenziale e risultano pertanto scarsamente documentati o del tutto esclusi dalle statistiche (CRED & UNDRR, 2020).

A differenza degli episodi di scarsità idrica, che dipendono dal rapporto tra domanda e disponibilità di risorse idriche, la siccità è causata prevalentemente da una riduzione prolungata delle precipitazioni e dall'aumento delle temperature e dell'evapotraspirazione. Si distinguono, in particolare, diverse tipologie di siccità:

- meteorologica, dovuta a livelli di precipitazioni inferiori alla media;
- idrologica, connessa al ridotto flusso fluviale o al basso livello delle falde;
- agricola, associata alla carenza di umidità del suolo (Tucci, 2023).

Le proiezioni climatiche per il XXI secolo indicano un aumento generalizzato dei fenomeni siccitosi nella maggior parte delle città europee. Parallelamente, la popolazione residente in aree soggette a scarsità d'acqua per almeno un mese all'anno potrebbe crescere dagli attuali 52 milioni a circa 65 milioni di persone. In uno scenario di riscaldamento di +3 °C, siccità e scarsità idrica potrebbero interessare fino al 15% della popolazione dell'attuale Unione Europea e del Regno Unito (Feyen et al., 2020; EEA, 2020b).

Prolungati periodi di scarsità idrica comportano ingenti perdite economiche per le città, derivanti non solo dalla riduzione della produzione di beni e servizi, ma anche dalla diminuzione delle risorse essenziali, come l'acqua potabile e gli alimenti. Questi fenomeni climatici richiedono l'adozione di misure emergenziali per garantire l'approvvigionamento idrico e il mantenimento dei servizi di base. Inoltre, la siccità può compromettere le funzioni ecosistemiche delle infrastrutture verdi, riducendo la capacità di ombreggiamento e di raffrescamento per eva-



potraspirazione, fino a causare la morte delle piante (EEA, 2018; EEA, 2020b). Eventi complessi come la siccità e la scarsità idrica, in un contesto socioeconomico interconnesso, possono generare effetti a cascata, in cui un pericolo innesca o amplifica altri rischi sistemici. Di conseguenza, la gestione del rischio climatico deve adottare un approccio multi-pericolo e multirischio, capace di integrare le interdipendenze tra sistemi naturali, infrastrutturali e sociali (EC, 2010; Pescaroli et al., 2015).

Tempeste di vento

Secondo le Nazioni Unite, la categoria generale di tempesta comprende uragani, cicloni e mareggiate che, tra il 2000 e il 2019, hanno causato quasi 200.000 vittime a livello mondiale. Le tempeste rappresentano il secondo tipo di disastro più letale al mondo dopo i terremoti e il primo tra gli eventi meteorologici. Con 2.043 episodi registrati nello stesso periodo, costituiscono inoltre la seconda tipologia di disastro più frequente dopo le inondazioni (CRED & UNDRR, 2020).

In Europa, tuttavia, la classificazione “tempesta” è meno appropriata: è più corretto parlare di venti estremi o tempeste di vento, che tra il 1981 e il 2016 hanno mostrato un incremento significativo (Spinoni et al., 2020; EEA, 2020b). Le aree più colpite sono le regioni costiere nordatlantiche e le zone settentrionali, nord-occidentali e centrali del continente, caratterizzate da alta densità urbana e demografica, e quindi da maggiore esposizione (Koks et al., 2020; EEA, 2017, 2020b).

Nonostante persista una certa incertezza nella stima dei rischi associati ai venti estremi, le proiezioni per uno scenario di riscaldamento globale di +3 °C indicano variazioni limitate nella frequenza e intensità delle tempeste di vento per circa tre quarti del territorio europeo entro il 2100 (Spinoni et al., 2020; EEA, 2020b). Tuttavia, l'aumento dell'urbanizzazione e della concentrazione della popolazione nelle città potrebbe amplificare gli impatti economici e sanitari. La complessità morfologica degli insediamenti urbani, e in particolare degli edifici, può infatti modificare i flussi ventosi e generare turbolenze che, se incontrano elementi vulnerabili, causano gravi danni a persone e infrastrutture (Elshaer et al., 2017; EEA, 2020b).

Le perdite economiche annuali dovute ai venti estremi sono stimate in circa 7 miliardi di euro entro il 2050, con un possibile aumento fino a 11 miliardi entro il 2100 (EEA, 2020b). Poiché le variazioni di rischio climatico non derivano principalmente da un incremento dell'intensità dei venti, ma dall'aumento dei valori

esposti (beni, infrastrutture, attività economiche), le perdite future saranno probabilmente legate all'espansione urbana e all'accresciuto valore patrimoniale.

In Europa, si stima che ogni anno circa 16 milioni di abitanti siano esposti ai rischi legati alle tempeste di vento, con una media di 80 vittime annuali (Spinoni et al., 2020; EEA, 2020b). Anche la vegetazione urbana e periurbana risulta particolarmente vulnerabile, soprattutto le piante già sottoposte a stress climatici o ambientali, come l'inquinamento, la scarsità d'acqua o lo spazio limitato per l'apparato radicale (Lopes et al., 2009; EEA, 2020b). Tra gli eventi più distruttivi si ricordano la tempesta Ela (2014), che sradicò oltre 20.000 alberi a Düsseldorf (EEA, 2020b), e la tempesta Vaia (2018), che con venti superiori ai 200 km/h e piogge persistenti abbatté circa 14 milioni di alberi nelle valli alpine di Lombardia, Trentino, Veneto e Friuli (Angelillo, 2020).





Piani climatici cittadini

Sul piano delle esperienze, importanti esempi di attuazione delle pratiche di adattamento derivano dai piani climatici cittadini messi in atto sia in Europa che nel mondo. La città di Copenhagen ha adottato il suo Climate Adaptation Plan nel 2011, dichiarando che «il cambiamento climatico è un fenomeno irreversibile... la città sarà interessata da precipitazioni più intense, innalzamento del livello del mare e temperature più elevate» e che «iniziare ora gli interventi consente di evitare investimenti sbagliati e costosi in futuro» (City of Copenhagen, 2011).

La strategia di Copenhagen è significativa per due motivi: da un lato, promuove soluzioni che integrano drenaggio urbano, spazi verdi-blu e progettazione urbana (green-blue infrastructure) come parte integrante dell'adattamento; dall'altro, pone al centro la qualità della vita urbana, auspicando che l'adattamento stesso diventi un'opportunità per migliorare l'attrattività e la vivibilità della città (City of Copenhagen, 2021; C40 Cities, 2020).

Parallelamente, la metropoli di New York City ha sviluppato il programma AdaptNYC, che individua quartieri ad alto rischio climatico, analizza vulnerabilità territoriali e promuove interventi di resilienza ed equità ambientale (City of New York, 2024).

Tali casi evidenziano che la pianificazione territoriale urbana può essere fondamentale non solo per mitigare gli impatti climatici, ma anche per sviluppare opportunità socio-economiche e ambientali (EEA, 2020; UN-Habitat, 2022).

Un ulteriore esempio rilevante è rappresentato dalla città di Barcellona, che con il Pla Clima 2018-2030 ha sviluppato una strategia integrata di mitigazione e adattamento, fondata su quattro assi principali: mitigare, adattare, promuovere la giustizia climatica e potenziare l'azione collettiva (Ajuntament de Barcelona, 2018). Il piano mira a ridurre le emissioni del 45% entro il 2030 rispetto al 2005 e ad aumentare la resilienza della

città attraverso infrastrutture verdi, gestione sostenibile delle acque e partecipazione comunitaria. Barcellona rappresenta quindi un esempio di governance urbana avanzata, in cui la pianificazione climatica è integrata con le politiche sociali e ambientali, in linea con i principi di giustizia e inclusione territoriale.

In questo scenario, il contributo delle esperienze cittadine è duplice: da un lato rappresentano casi empirici concreti di attuazione delle politiche di adattamento; dall'altro, illustrano che il successo dipende da una combinazione di fattori – governance collaborativa, innovazioni infrastrutturali, integrazione della pianificazione urbana e forte connessione con la comunità locale.

Le città europee e globali citate (fra cui Torino, Milano, Bologna, Rotterdam, Copenhagen, Barcellona, Londra, New York, Chicago, Philadelphia, Quito) offrono un panorama variegato di strategie di adattamento urbano: esse dimostrano che, attraverso la pianificazione territoriale, è possibile contrapporre non soltanto gli impatti del cambiamento climatico, ma anche generare benefici ambientali, sociali ed economici derivanti dalla stessa azione di adattamento (C40 Cities, 2020; EEA, 2020).

Questi piani, oltre a racchiudere le più avanzate esperienze di analisi, pianificazione e progettazione per l'adattamento climatico, in quanto coniugano all'analisi e alla pianificazione territoriale, concrete e specifiche proposte progettuali suddivise in ambiti urbani di applicazione (distinguendo in relazione alla tipologia del tessuto urbano), tipologie di elementi urbani di applicazione (strade, piazze, edifici, corti, giardini, etc.) e azioni di adattamento implementabili. Una visione innovativa, comune a tutti i piani, è rappresentata dal modello di intervento olistico atto ad intervenire non solamente sulla riduzione della vulnerabilità ma che raccoglie la sfida climatica come una straordinaria occasione per incrementare il valore ecologico, ambientale, economico, e sociale della città. Infatti, le strategie e i progetti di adattamento climatico hanno dimostrato come sia concretamente possibile coniugare la riduzione della vulnerabilità climatica — incrementando di fatto il grado di resilienza — con una reale rigenerazione urbana.

Le aree urbane periferiche e marginali, che si sviluppano diffusamente in gran parte degli agglomerati contemporanei e presentano evidenti criticità sociali, economiche e climatico-ambientali, rappresentano un campo di attuazione prioritario per l'adattamento climatico. Inoltre, diversamente dai centri storici, queste aree offrono un grado maggiore di trasformabilità territoriale (Henrique, 2024; Morato et al., 2024).

Esperienze di ricerca per l'adattamento climatico

nel campo della progettazione tecnologica e ambientale dell'architettura

L'adattamento climatico ha assunto un ruolo centrale anche nel contesto della ricerca nazionale. Le ricerche METROPOLIS “Metodologie e Tecnologie integrate e sostenibili per l'adattamento e la sicurezza dei sistemi urbani” e PRIN 2015 “Adaptive Design and Technological Innovations for the Resilient Regeneration of Urban Districts under Climate Change Regime” rappresentano due contributi fondativi per l'evoluzione della disciplina della progettazione ambientale e tecnologica dell'architettura nel contesto del cambiamento climatico. Entrambe le indagini scientifiche si collocano all'interno del quadro teorico e operativo che, a partire dal secondo decennio del XXI secolo, riconosce la necessità di superare le strategie meramente mitigative, per orientare il progetto verso approcci adattivi e resilienti in grado di rispondere agli impatti crescenti del cambiamento climatico sulle città e sugli ecosistemi antropizzati.

La ricerca Metropolis, condotta presso l'Università degli Studi di Napoli “Federico II”, ha sviluppato un modello metodologico sperimentale per la valutazione della vulnerabilità urbana e della capacità adattiva dei sistemi edilizi e territoriali, attraverso strumenti conoscitivi e decisionali fondati su dati ambientali, morfologici e sociali. Questo approccio ha contribuito a delineare un nuovo paradigma di progettazione ambientale adattiva, in grado di integrare analisi climatiche, valutazione dei rischi e processi decisionali multilivello nelle pratiche architettoniche e urbane.

L'urgenza di un nuovo paradigma conoscitivo capace di integrare saperi ambientali, tecnologici e sociali costituisce la base teorica di Metropolis, che propone modelli di produzione della conoscenza per il progetto fondati sulla valutazione integrata dei sistemi urbani. In questa prospettiva, il progetto ambientale assume una funzione cognitiva e strategica, oltre che formale e prestazionale (D'Ambrosio & Leone, 2016).

Il secondo volume della ricerca approfondisce gli strumenti operativi e le linee guida per la riduzione dei rischi climatici, evidenziando come “la progettazione ambientale per l'adattamento richieda dispositivi tecnico-conoscitivi in grado di gestire l'incertezza e la complessità delle trasformazioni urbane” (D'Ambrosio & Leone, 2017).

Insieme, questi contributi definiscono la cornice teorica e metodologica entro cui si colloca la ricerca, centrata sulla sperimentazione di processi decisionali multiscalari per il progetto urbano adattivo.

Parallelamente, il progetto PRIN 2015 Adaptive Design, promosso dal MIUR e sviluppato da diverse unità di ricerca italiane, ha approfondito la dimensione tecnologica e

operativa dell'adattamento climatico, elaborando strategie di rigenerazione resiliente per distretti urbani vulnerabili e soluzioni progettuali basate su sostenibilità, innovazione e nature-based solutions.

L'approccio, fondato sull'impiego di strumenti GIS e di tecnologie digitali per l'adattamento, traduce i principi teorici dell'adaptive design in azioni progettuali strategiche orientate alla trasformazione sostenibile dell'ambiente costruito. La sfida del cambiamento climatico impone di innovare la conoscenza progettuale attraverso l'integrazione di dati ambientali, modelli di simulazione e soluzioni nature-based (Losasso et al. 2020a).

In questa prospettiva, il progetto definisce l'architettura come dispositivo di adattamento, in cui il progetto tecnologico diviene strumento di mediazione tra ambiente e costruito, capace di tradurre la variabilità climatica in parametri progettuali (Losasso et al., 2020a). Tale visione è sviluppata all'interno di un quadro operativo orientato alla trasformazione dei distretti urbani in eco-distretti, concepiti come sistemi complessi in grado di adattarsi dinamicamente ai mutamenti climatici attraverso strategie integrate di conoscenza, pianificazione e progetto (Bologna et al., 2021).

In questo contesto, il progetto PRIN 2015 Adaptive Design trova piena applicazione nei programmi strategici e nei progetti pilota che concretizzano i principi dell'adaptive design in scenari di rigenerazione urbana sostenibile e resiliente.

Nel loro insieme, le ricerche Metropolis e PRIN 2015 Adaptive Design hanno contribuito in modo determinante a ridefinire il ruolo della progettazione ambientale e tecnologica dell'architettura come campo interdisciplinare di innovazione, capace di affrontare le sfide del cambiamento climatico attraverso un equilibrio tra conoscenza scientifica, progettazione adattiva e responsabilità ambientale.

Questi programmi di ricerca hanno fornito basi teoriche, strumenti operativi e dispositivi conoscitivi per l'adattamento climatico, promuovendo una visione integrata del progetto come processo di apprendimento sistemico fondato sull'interazione tra componenti fisiche, ecologiche e sociali. In tale prospettiva, la progettazione ambientale e tecnologica si configura come strumento cognitivo e strategico per l'adattamento urbano, orientando l'evoluzione disciplinare verso modelli di progetto climaticamente consapevoli.

I progetti Metropolis e PRIN 2015 delineano così un asse di ricerca strategico per la costruzione di un nuovo paradigma di architettura ambientale resiliente, che riconosce la variabilità climatica non più come vincolo esterno, ma come parametro generativo per la trasformazione sostenibile dell'ambiente costruito.

In definitiva, il tema della resilienza e dell'adattamento sia nel campo della ricerca scientifica quanto nel campo del progetto architettonico rappresentano ambiti di indagine sempre più «fertili e ricchi di opportunità per lo sviluppo di studi, metodologie, strumentazioni operative, simulazioni e proposte» ((Lucarelli et al., 2018). Questa stretta correlazione sarà indagata più nello specifico nei prossimi capitoli in cui, attraverso un'analisi dettagliata di progetti urbani di adattamento, saranno individuate le principali soluzioni progettuali adattive da applicare negli edifici e nello spazio aperto delle città.

Strumenti digitali di simulazione e modellazione per una progettazione predittiva

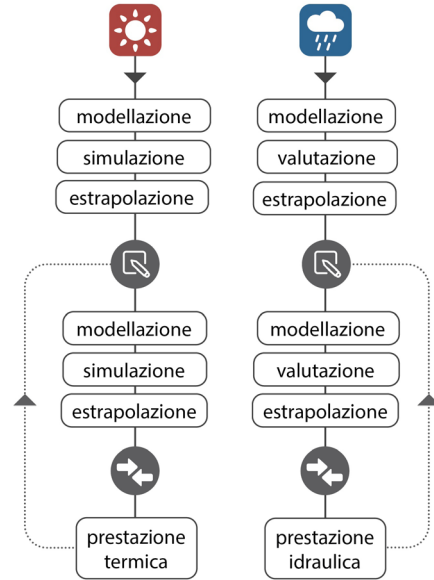
Le caratteristiche morfologiche, tecnologiche e materiche che compongono edifici e spazi aperti interagiscono costantemente con le componenti ambientali — come vegetazione, corsi e specchi d'acqua — e con quelle climatiche — quali radiazione solare, precipitazioni e ventosità — influenzando il microclima urbano e il benessere degli abitanti (Ambrosino & Bassolino, 2016).

L'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi estremi legati al cambiamento climatico, insieme alla complessità dei parametri che concorrono alla valutazione delle condizioni ambientali e climatiche, richiede l'impiego di strumenti digitali di simulazione ambientale. Questi sistemi, basati su modelli di analisi integrati, consentono di valutare l'efficacia delle strategie di mitigazione e adattamento e di comprendere i fenomeni che si manifestano a livello microclimatico nei contesti urbani (Losasso et al., 2020b).

In tale prospettiva, emerge la necessità di evitare interventi di adattamento mal concepiti, poiché essi possono generare effetti collaterali indesiderati, quali l'aumento delle emissioni di gas serra, un maggiore consumo idrico, il peggioramento delle disuguaglianze sociali o la compromissione degli ecosistemi naturali (IPCC, 2018). L'utilizzo di piattaforme di simulazione e strumenti informatici di modellazione climatica si configura dunque come una risorsa imprescindibile per analizzare e confrontare scenari progettuali alternativi, verificandone le prestazioni climatiche e ambientali in termini di comfort e resilienza.

L'approccio performance-based, fondato sulla modellazione digitale e sulla simulazione dinamica, consente di valutare la risposta climatica delle configurazioni urbane e di ottimizzare gli interventi di adattamento. La qualità dei risultati dipende tuttavia dalla precisione con cui l'ambiente urbano è rappresentato: è essenziale una fase istruttoria accurata, che includa dati morfologici, materici e climatici, seguita da

➔
**Metodologia
 di valutazione
 delle capacità
 di adattamento
 climatico
 nel processo
 progettuale**



processi iterativi di testing e verifica prestazionale. Tali procedure permettono di individuare le soluzioni progettuali più efficaci nel migliorare il benessere termico e il comfort microclimatico degli spazi aperti (Leone & Zuccaro, 2020).

La crescente digitalizzazione dei processi di progettazione favorisce inoltre la nascita di nuove professionalità specializzate nell'impiego di strumenti di digital design, computational modeling, realtà aumentata e oggi intelligenza artificiale, che ampliano il ruolo dell'architetto e del progettista urbano. Queste competenze, integrate nelle pratiche di progettazione ambientale, consentono un'evoluzione metodologica orientata alla sostenibilità e alla resilienza climatica, in cui gli strumenti di simulazione non sono più meri supporti tecnici, ma veri e propri sistemi di gestione decisionale applicabili a tutte le fasi del processo progettuale (Losasso et al., 2020b).

Attraverso la modellazione tridimensionale dello stato di fatto e di progetto, e mediante la simulazione comparativa dei parametri climatici, è possibile ricavare indicatori di benessere ambientale — quali la temperatura potenziale dell'aria, la temperatura media radiante, il Predicted Mean Vote (PMV) e la Physiological Equivalent Temperature (PET) — per verificare in modo quantitativo il miglio-

ramento microclimatico prodotto dalle soluzioni di adattamento. Questo approccio consente di prefigurare diverse configurazioni progettuali dell'ambiente urbano e di valutarne in anticipo la risposta termica e idraulica in condizioni climatiche estreme, anche in riferimento agli scenari di riscaldamento globale futuri.

PARTE SECONDA

**Progetti multiscalarari per
l'adattamento climatico urbano**

Metodologia adottata

L'approccio metodologico adottato si fonda su una selezione strutturata di casi studio, definita attraverso criteri analitici e multiscalari che consentono di comparare interventi eterogenei in differenti contesti urbani. L'analisi è supportata da un impiego incrociato delle fonti — scientifiche, tecniche e progettuali — al fine di garantire solidità interpretativa e coerenza tra quadro teorico e descrizioni operative. L'uso degli indicatori ambientali e microclimatici è calibrato in relazione alla disponibilità dei dati, combinando letture qualitative dei processi ecologici con analisi quantitative delle prestazioni idrologiche, termiche e ambientali, così da restituire un quadro valutativo integrato delle strategie di adattamento climatico.

Criteri di selezione dei casi studio

La selezione dei casi studio è stata condotta attraverso un processo di selezione mirata, finalizzato a individuare interventi rappresentativi delle principali strategie europee di adattamento climatico in ambito urbano. La scelta si è basata su quattro gruppi di criteri analitici: geografici, tematici, tipologici e di scala.

Criteri geografici. Sono stati considerati interventi localizzati in differenti regioni climatiche europee - area mediterranea, atlantica e nord-europea - al fine di osservare la variabilità delle risposte progettuali in relazione a condizioni atmosferiche, regimi pluviometrici e modelli di pianificazione diversificati. I casi selezionati rappresentano contesti urbani caratterizzati da esposizioni a rischi climatici eterogenei, tra cui isole di calore, precipitazioni estreme e rischio idraulico e siccità prolungata.

Criteri tematici. Sono stati inclusi progetti che adottano approcci integrati basati su infrastrutture verdi e blu, sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SUDS), Nature-based Solutions (NbS) e strategie di mitigazione microclimatica. Tutti i casi studio affrontano

criticità climatiche espressamente documentate nel testo, quali allagamenti urbani ricorrenti, incremento delle temperature estive e impermeabilizzazione del suolo.

Criteri tipologici. Il campione comprende differenti tipologie di trasformazione urbana: grandi parchi multifunzionali, spazi pubblici riconfigurati in chiave idrologica ed ecologica, eco-quartieri e distretti clima-resilienti, soluzioni progettuali architettoniche e ambientali per edifici climate-proof. Questa diversificazione consente di analizzare la declinazione delle strategie di adattamento all'interno di morfologie urbane e assetti funzionali differenti.

Criteri di scala. I casi studio coprono una gamma estesa di scale di intervento, includendo sia dispositivi puntuali (piazze, corti, sistemi drenanti) sia interventi sistemici a scala di quartiere o di vasta area verde. Tale impostazione multiscalare permette di valutare l'efficacia delle soluzioni adottate in relazione alla struttura urbana e alle reti ecologiche esistenti.

Fonti documentarie e basi conoscitive

L'analisi dei casi studio si basa su un corpus eterogeneo di fonti documentarie e basi conoscitive, selezionate per garantire la verificabilità dei contenuti e la robustezza metodologica dell'indagine. La letteratura scientifica, comprendente contributi peer-reviewed e capitoli monografici dedicati alla rigenerazione ecologica dei quartieri, ai modelli di eco-distretto, alle Nature-based Solutions e ai sistemi di gestione locale delle acque, fornisce il quadro teorico-concettuale di riferimento. A questa si affiancano report tecnici e linee guida istituzionali prodotti da enti pubblici, municipalità e agenzie ambientali (ad esempio il Copenhagen Cloudburst Management Plan, i report NIRAS e la documentazione divulgativa di Paris Batignolles Aménagement), che apportano dati quantitativi, indicatori prestazionali e inquadramenti normativi fondamentali per la comprensione dei processi di governance e delle scelte progettuali. I documenti di progetto elaborati da studi professionali quali PAN Associati, SLA, Tredje Natur e Atelier Jacqueline Osty integrano ulteriormente l'analisi, fornendo informazioni sulle strategie morfologiche, sulle configurazioni idrologiche, sui criteri vegetazionali e sui principi tecnici che orientano le soluzioni adottate. Fonti complementari sono inoltre costituite da piattaforme e banche dati specializzate, come Landezine, ArchDaily e Climate-ADAPT, utili per la verifica dei dati, la ricostruzione delle cronologie progettuali e l'arricchimento dell'indagine

attraverso materiali iconografici e resoconti di monitoraggio. L'impiego congiunto di tali fonti consente una ricostruzione rigorosa, multilivello e coerente dei processi di adattamento analizzati.

Uso degli indicatori ambientali e microclimatici

Gli indicatori ambientali e microclimatici sono stati utilizzati secondo un doppio approccio metodologico, calibrato in funzione della disponibilità e del livello di dettaglio dei dati reperiti. L'approccio qualitativo-descrittivo è stato impiegato nei casi in cui le fonti forniscono informazioni di natura narrativa o funzionale, riguardanti le capacità ecologiche dei sistemi verdi (biodiversità, habitat, processi di autoregolazione), il ruolo microclimatico della vegetazione e delle infrastrutture blu, la percezione ambientale e il comfort negli spazi pubblici, nonché il funzionamento idraulico in condizioni sia ordinarie sia straordinarie. Tale modalità interpretativa consente di leggere le soluzioni progettuali come dispositivi climatici complessi anche in assenza di misurazioni puntuali. L'approccio quantitativo-comparativo è stato invece adottato quando le fonti riportano dati numerici confrontabili, relativi ai volumi idrici trattenuti o infiltrati, alle superfici drenanti e impermeabili, all'estensione delle aree verdi create o riqualificate, al numero di alberi piantati e alla copertura vegetale complessiva, alla riduzione del deflusso superficiale e agli indicatori termometrici e di prestazione climatica. L'impiego di tali misurazioni consente di condurre analisi comparative tra casi eterogenei e di valutare in modo più oggettivo l'efficacia delle strategie di adattamento rispetto alle criticità identificate.



PARCHI URBANI COME INFRASTRUTTURE VERDI E BLU DI ADATTAMENTO CLIMATICO



Vista aerea dei
Giardini del
Lussemburgo a
Parigi

Nel contesto urbano contemporaneo, i parchi e le infrastrutture verdi e blu rappresentano strumenti fondamentali per l'adattamento al cambiamento climatico. Le città europee, caratterizzate da elevata densità insediativa e impermeabilizzazione del suolo, necessitano di spazi naturali capaci di mitigare gli effetti delle isole di calore, favorire la gestione sostenibile delle acque meteoriche e migliorare la qualità ecologica complessiva (AA. VV., 2023; EC, 2013b). I parchi urbani, in quanto infrastrutture verdi, operano in questo senso come “oasi climatiche” all'interno della trama urbana, offrendo soluzioni efficaci per contrastare eventi estremi quali ondate di calore, alluvioni e periodi siccitosi (EC, 2013b; Dell'Acqua, 2023).

Esperienze europee come il Parco della Pace a Vicenza, il Grønningen-Bispeparken di Copenaghen e il Parco Martin Luther King di Parigi dimostrano come la progettazione di aree verdi possa assumere un ruolo strategico nella resilienza urbana. In un contesto di rigenerazione urbana, tali casi di studio evidenziano come la progettazione dei parchi urbani contemporanei superi il tradizionale ruolo estetico o ricreativo, assumendo una funzione strategica di infrastruttura climatica per l'adattamento. Attraverso approcci integrati che coniugano ecologia, idrologia e partecipazione sociale, i parchi diventano dispositivi complessi di autoregolazione ambientale e rigenerazione territoriale (Cecafosso, 2020). In questa prospettiva, non rappresentano soltanto spazi pubblici, ma laboratori di adattamento climatico e strumenti di transizione ecologica, capaci di restituire alla natura il suo ruolo originario di regolatore del sistema urbano.



**Parco della Pace,
Vicenza**



Parco della Pace, Vicenza, Italia (2017-2024)

Ambito urbano di applicazione

Il Parco della Pace si colloca nella zona settentrionale di Vicenza, nell'area precedentemente occupata dall'ex Aeroporto Dal Molin, per una superficie complessiva di circa 65 ettari (PAN Associati, 2017). Tale area rappresenta una soglia urbana strategica tra la città consolidata e il paesaggio fluviale del Bacchiglione, nonché una cesura storica dovuta alla presenza militare statunitense e alle contestazioni civiche del movimento "No Dal Molin" (Rabbi, 2025; Puliafito, 2025a). La sua riconversione a parco urbano ha consentito di sanare una frattura territoriale e simbolica, restituendo continuità ecologica e sociale al tessuto urbano. Il nuovo parco svolge la funzione di cerniera verde tra centro storico e periferia,

inserendosi nella rete di spazi pubblici e infrastrutture dolci della città. Il contesto territoriale, segnato da un'elevata densità edificatoria e da scarsa dotazione di aree naturali, rende il Parco della Pace una rilevante operazione di riequilibrio ambientale e di rigenerazione paesaggistica, in linea con le strategie di pianificazione sostenibile promosse dall'Unione Europea.

Criticità climatica affrontata

Il progetto risponde a criticità ambientali e climatiche tipiche della pianura veneta: rischio idraulico, eccessiva impermeabilizzazione, carenza di verde urbano e incremento delle temperature estive. Le superfici asfaltate dell'ex aeroporto generavano un microclima sfavorevole e un'elevata concentrazione di polveri sottili. La progettazione del parco ha introdotto una rete di bacini di laminazione, canali e zone umide per favorire l'infiltrazione e la fitodepurazione naturale delle acque (Rabbi, 2025). La presenza di oltre 5.000 alberi autoctoni e di vaste aree boscate contribuisce alla mitigazione termica e al sequestro di CO₂. Inoltre, l'integrazione di superfici permeabili e prati stabili riduce il deflusso meteorico e il rischio di allagamenti. L'intervento si inserisce così nel quadro delle NbS e delle politiche europee di adattamento climatico, rappresentando un modello di gestione sostenibile delle acque e del suolo. Il parco opera come infrastruttura ecologica multifunzionale, migliorando la resilienza complessiva dell'ecosistema urbano vicentino (Landezine, 2025a).

Obiettivi dell'intervento

Gli obiettivi principali del Parco della Pace si articolano su tre dimensioni interconnesse. Sul piano ecologico, il progetto mira a restituire equilibrio ambientale a un'area degradata, incrementando la biodiversità e migliorando i processi di regolazione climatica e idrica. Sul piano sociale, intende creare un grande spazio pubblico accessibile, destinato ad attività sportive, culturali e ricreative, capace di promuovere coesione e benessere collettivo (Comune di Vicenza, 2024a). Sul piano simbolico e culturale, la trasformazione dell'ex base militare in paesaggio della pace assume valore di riconciliazione e memoria collettiva (Puliafito, 2025a). L'adesione al programma europeo Green Cities Europe Award 2024 testimonia la rilevanza del progetto come buona pratica di transizione ecologica (Green Cities Europe, 2024). L'intervento non persegue solo un risultato progettuale, ma propone una visione etico-civica della città contemporanea, in cui il progetto di rigenerazione urbana per l'adattamento diventa strumento di riconciliazione e laboratorio di convivenza ambientale.

Estensione superficiale ed elementi dello spazio urbano coinvolti nel progetto

Il Parco della Pace copre un'area di circa 650.000 m², configurandosi come la più grande infrastruttura verde di Vicenza (Comune di Vicenza, 2024a). Al suo interno si trovano un anello ciclopedonale di circa 5 km, bacini idrici, canali di drenaggio, aree boschive, prati stabili, zone umide e spazi attrezzati per lo sport e la socialità. L'articolazione morfologica alterna piani drenanti e rilievi vegetali, determinando una topografia dinamica e funzionale (PAN Associati, 2017). Il parco è concepito come una grande “infrastruttura ecologica a cielo aperto”, in cui la forma del terreno guida i flussi dell'acqua e dell'esperienza percettiva (Landezine, 2025a). L'intervento si innesta sul tessuto urbano esistente mediante connessioni ciclopedonali che uniscono i quartieri di Laghetto e San Bortolo con il centro città, contribuendo a una nuova continuità ecologica e sociale che integra mobilità sostenibile, paesaggio e benessere collettivo.

Livello di governance

La gestione del progetto è fondata su una governance multilivello. Il Comune di Vicenza svolge il ruolo di coordinamento e indirizzo, in sinergia con la Regione Veneto e il Ministero della Difesa, proprietario originario dell'area. La progettazione è stata affidata a PAN Associati ed EMF Estudi Martí Franch, che hanno sviluppato un approccio interdisciplinare integrando paesaggio, ecologia e ingegneria. Dal 2024 è attiva una “regia unica” incaricata di coordinare la manutenzione, la gestione economico-finanziaria e la promozione culturale del parco (Comune di Vicenza, 2024a). La governance prevede inoltre la collaborazione di associazioni, scuole e cittadini per attività di cura condivisa e monitoraggio ambientale. Questo modello di amministrazione partecipata rispecchia le linee guida europee, basate su co-creazione, responsabilità diffusa e apprendimento collettivo, configurando il Parco della Pace come laboratorio di democrazia ambientale.

Strategia di intervento

La strategia progettuale si fonda sulla costruzione di un sistema verde-blu continuo capace di gestire i flussi naturali e generare valore sociale. Il progetto interpreta l'area come “un organismo ecologico attivo”, in cui acqua, suolo e vegetazione interagiscono in equilibrio. Le scelte di modellamento topografico creano una rete di bacini e rilievi vegetali che favoriscono la laminazione delle acque e la creazione di habitat diversificati (Landezine, 2025a). L'uso di materiali locali e permeabili

e la piantumazione di specie autoctone rafforzano la sostenibilità a lungo termine. La strategia combina ingegneria naturalistica e disegno paesaggistico, superando la distinzione tra infrastruttura tecnica e spazio estetico. L'obiettivo è costruire una matrice ecologica integrata, in cui ogni elemento – acqua, vegetazione, percorsi, spazi pubblici – contribuisce al funzionamento resiliente e alla bellezza complessiva dell'ambiente urbano (PAN Associati, 2017).

Soluzioni di adattamento

Le soluzioni di adattamento climatico adottate derivano dai principi delle Nature-based Solutions e dell'ingegneria ecologica. Il sistema idraulico del parco si basa su bacini di laminazione con una capacità complessiva di circa 100.000 m³, collegati da una rete di canali lunga oltre 9 km che consente la fitodepurazione e la regolazione naturale delle acque meteoriche (Rabbi, 2025). Le superfici permeabili e i pavimenti drenanti favoriscono la ricarica della falda e riducono il deflusso superficiale, mentre i percorsi secondari, in stabilizzato naturale, limitano l'impermeabilizzazione del suolo.

La riforestazione urbana, con oltre 5.000 alberi autoctoni e più di 125.000 m² di boschi igrofilo e mesofilo, contribuisce alla riduzione della temperatura media e al miglioramento della qualità dell'aria (Comune di Vicenza, 2024b). Gli impianti vegetali provengono da vivai locali specializzati, e circa 62.000 esemplari acquatici sono stati messi a dimora nelle zone umide, divenute habitat per specie rare e regolatori microclimatici. Le praterie estese per oltre 360.000 m² alternano prati falciati, prati fioriti e aree di evoluzione spontanea, aumentando la biodiversità e la resilienza ecologica del sistema.

Il progetto di modellazione del terreno ha interessato 240.000 m³ di movimenti di terra, trasformando la piatta morfologia originaria in un paesaggio complesso di canali, laghi e rilievi panoramici, capace di mitigare gli effetti delle ondate di calore e delle piogge intense. La combinazione di efficienza tecnica e valore percettivo restituisce un ecosistema urbano auto-rigenerante, in cui la forma segue la funzione ecologica (Landezine, 2025a), generando servizi ecosistemici multipli e una nuova qualità ambientale per la città.

Funzionamento delle soluzioni di adattamento

Il funzionamento del sistema ecologico-idraulico è basato sulla circolarità naturale dell'acqua e sull'autoregolazione vegetale. Le acque piovane vengono convogliate dalle superfici drenanti verso i bacini di fitodepurazione, dove vengono filtrate da

piante igrofile e restituite lentamente al terreno, riducendo i picchi di deflusso. La vegetazione arborea e arbustiva garantisce ombreggiamento, evapotraspirazione e sequestro di CO₂, mentre i prati stabili contribuiscono al contenimento delle polveri sottili (Comune di Vicenza, 2024b). Il parco opera come un sistema ecologico autosufficiente, in cui l'energia naturale del ciclo idrico sostituisce la tecnologia meccanica (Landezine, 2025a). La configurazione morfologica opera come un sistema ecologico integrato che trasforma i processi biologici in forma architettonica. La sinergia tra performance ecologica ed estetica rende il parco un modello di infrastruttura resiliente e formativa.

Risultati conseguiti

I risultati conseguiti dal Parco della Pace si manifestano su più livelli. Dal punto di vista ambientale, il progetto ha aumentato la copertura verde, ridotto le temperature estive, migliorato la qualità dell'aria e la gestione idrica, generando habitat per flora e fauna (Comune di Vicenza, 2024b). Dal punto di vista sociale, ha restituito ai cittadini un'area prima inaccessibile, promuovendo inclusione, sport e aggregazione (Puliafito, 2025b). Dal punto di vista culturale, ha trasformato una memoria di conflitto in simbolo di riconciliazione collettiva. A livello economico, ha incrementato l'attrattività territoriale e ottenuto riconoscimenti internazionali, come la candidatura al Green Cities Europe Award 2024 (Green Cities Europe, 2024). La combinazione di benefici ambientali, sociali e simbolici conferma il valore paradigmatico del progetto quale buona pratica europea di rigenerazione sostenibile e applicazione concreta, capace di unire bellezza, funzionalità e partecipazione civica. Il progetto dimostra la capacità delle soluzioni basate sulla natura di unire mitigazione climatica e rigenerazione urbana sostenibile.

Grønningen-Bispeparken, Copenhagen, Danimarca (2020-2024)

Ambito urbano di applicazione

Il progetto Grønningen-Bispeparken si colloca nel quartiere Nordvest di Copenhagen, in un complesso di edilizia sociale risalente agli anni Cinquanta, tipico del modello scandinavo del welfare urbano. L'area, caratterizzata da edifici a blocco e ampi spazi verdi residuali, si estende per circa 20.000 m² (SLA, 2024). Prima dell'intervento, questi spazi risultavano privi di qualità ecologica e spesso inutilizzati dagli abitanti. L'intervento si inserisce nella rete di strategie di adattamento climatico promosse dal Copenhagen Cloudburst Management Plan (Climate-ADAPT, 2016c), che mira a trasformare le superfici urbane vulnerabili in infrastrutture verdi multifunzionali. Grønningen-Bispeparken agisce come nodo connettivo tra la scala locale del quartiere e la scala metropolitana della resilienza idraulica, contribuendo a ridurre l'impatto delle precipitazioni estreme e a migliorare la qualità sociale dello spazio pubblico. Il progetto, oltre alla gestione delle acque meteoriche, punta a valorizzare la biodiversità e la vita comunitaria, rendendo la natura un elemento strutturante della rigenerazione urbana (Al Koshta, 2024; DAC, 2024).

Criticità climatica affrontata

Negli ultimi decenni, Copenhagen ha registrato un incremento medio del 30% delle precipitazioni intense rispetto ai valori storici (Climate-ADAPT, 2016c). Gli eventi di cloudburst, con intensità superiori a 100 mm/h, hanno provocato allagamenti diffusi, causando danni economici e ambientali significativi (Fryd et al., 2013). L'area di Bispeparken, costruita su terreni argillosi poco permeabili, era particolarmente vulnerabile, con un sistema di drenaggio obsoleto e una scarsa capacità di assorbimento del suolo (NIRAS, 2024). Inoltre, la copertura arborea inferiore al 10% e la presenza di superfici impermeabili accentuavano l'effetto isola di calore, con temperature superficiali fino a +6 °C rispetto alle aree verdi circostanti (IEA, 2023). Le criticità climatiche si intrecciavano con problemi sociali, quali la bassa fruizione degli spazi aperti e la mancanza di identità comunitaria. In tale contesto, Grønningen-Bispeparken è stato concepito come infrastruttura paesaggistica resiliente, capace di affrontare simultaneamente sfide idrologiche, ecologiche e sociali attraverso un approccio integrato e adattivo (SLA, 2024; Landezine, 2025b).

Obiettivi dell'intervento

L'intervento ha perseguito una duplice finalità: migliorare la capacità di adattamento climatico del quartiere e rigenerare il paesaggio urbano esistente. Tra gli obiettivi misurabili figurano l'aumento della capacità di ritenzione idrica fino a 3.000 m³, la riduzione del 70% del deflusso superficiale e la creazione di un sistema ecologico capace di ospitare nuove specie vegetali e faunistiche (NIRAS, 2024; SLA, 2024). Il progetto ha inoltre introdotto 149 nuovi alberi appartenenti a 23 specie autoctone, rafforzando la biodiversità e migliorando il microclima locale (Al Koshta, 2024). Gli obiettivi sociali comprendono la creazione di spazi di incontro, aree ludiche e percorsi pedonali che favoriscano la coesione della comunità. Grønningen-Bispeparken interpreta le NbS non solo come risposta tecnica, ma come strumento culturale per ridefinire il rapporto tra abitanti e ambiente urbano, in linea con la visione di una città adattiva promossa dal Climate Adaptation Plan di Copenaghen (Climate-ADAPT, 2016c; Revolve, 2024).

Estensione superficiale ed elementi dello spazio urbano coinvolti nel progetto

L'area interessata dal progetto comprende corti, piazze pedonali e connessioni interne tra gli edifici residenziali. Il nuovo assetto topografico ridisegna il paesaggio attraverso 18 bacini di ritenzione interconnessi da canali drenanti e percorsi permeabili (Landezine, 2025). Le zone depresse sono concepite per trattenerne e filtrare l'acqua piovana, mentre le superfici sopraelevate ospitano spazi per attività collettive, eventi e relax. Le pavimentazioni in ghiaia stabilizzata e calcestruzzo poroso riducono il ruscellamento e migliorano la permeabilità. L'intervento include inoltre corridoi ecologici e fasce arboree, con un incremento del 45% della copertura vegetale complessiva (SLA, 2024). Gli elementi di arredo urbano, realizzati in legno e acciaio zincato, e l'illuminazione a LED a basso consumo integrano aspetti estetici e sostenibili. L'intero spazio pubblico si configura come un sistema ecologico continuo, capace di mutare funzione in base alle stagioni e alle condizioni climatiche (Al Koshta, 2024; NIRAS, 2024).

Livello di governance

Il progetto è stato promosso dal Comune di Copenaghen, in collaborazione con l'ente di edilizia sociale FSB, la società di ingegneria NIRAS e lo studio di architettura del paesaggio SLA (NIRAS, 2024; Landezine, 2024). La governance multilivello ha garantito il coordinamento tra politiche municipali e esigenze locali,

adottando un modello di co-progettazione tipico dei processi partecipativi scandinavi. Il coinvolgimento della comunità è stato facilitato attraverso workshop, incontri pubblici e interventi artistici, con l'obiettivo di rafforzare il senso di appartenenza al luogo (Al Koshta, 2024). Tale approccio ha permesso di integrare le strategie del Copenhagen Climate Adaptation Plan (Climate-ADAPT, 2016c) con le pratiche di gestione quotidiana, trasformando la resilienza urbana in un processo collettivo e condiviso. Il modello di governance adottato costituisce un riferimento per la pianificazione partecipata in contesti di edilizia sociale.

Strategia di intervento

La strategia progettuale si fonda sulla ridefinizione della topografia e sulla gestione naturale delle acque meteoriche. Le superfici vengono modellate per convogliare l'acqua verso depressioni e bacini di infiltrazione, dove viene depurata per fitofiltrazione (NIRAS, 2024). Il sistema opera in modo gerarchico: piccoli bacini raccolgono l'acqua di cortile, che confluisce in vasche di accumulo principali capaci di trattenere fino a 3.000 m³ (SLA, 2024). Le superfici erbose e i canali vegetati favoriscono l'infiltrazione e la biodiversità, in linea con i principi del Water Sensitive Urban Design (Fryd et al., 2013). Le pendenze leggere e le scelte vegetazionali composte da specie arboree e igrofile autoctone garantiscono resilienza idrica e valore paesaggistico. L'intervento utilizza materiali locali e terreni di risulta, riducendo l'impronta ecologica complessiva e promuovendo un approccio circolare e adattivo (SLA, 2024; NIRAS, 2024; Landezine, 2024).

Soluzioni di adattamento

Le soluzioni tecniche adottate derivano dai principi dei Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS), con l'obiettivo di ridurre il deflusso superficiale e migliorare la qualità dell'acqua (NIRAS, 2024). I canali vegetati, i substrati filtranti multilayer e le pavimentazioni drenanti consentono un efficace smaltimento naturale delle acque meteoriche. La vegetazione diversificata, strutturata su tre livelli (arboreo, arbustivo ed erbaceo), contribuisce all'evapotraspirazione e alla mitigazione termica. Le aree gioco e sociali sono realizzate con materiali durevoli e sostenibili, in continuità con l'approccio low-impact del progetto (SLA, 2024; Landezine, 2024). Le tecniche di monitoraggio e gestione idrica riflettono gli standard municipali per i parchi climatici di Copenhagen (NIRAS, 2024; Climate-ADAPT, 2016c). Grønningen-Bispeparken diventa così un modello di infrastruttura verde adattiva, in cui le componenti ecologiche e tecniche operano in sinergia.



Parco Martin
Luther King a
Parigi

Funzionamento delle soluzioni di adattamento

Il sistema idrologico funziona in modo passivo, basandosi su gravità e infiltrazione naturale. In condizioni normali, l'acqua piovana è convogliata nei bacini primari e infiltrata nel suolo. In caso di precipitazioni estreme, le depressioni centrali fungono da bacini temporanei, capaci di contenere fino a 3.000 m³ d'acqua, riducendo il rischio di allagamento (NIRAS, 2024; SLA, 2024). Questo duplice funzionamento — tecnico e sociale — rappresenta uno degli aspetti più innovativi del progetto, poiché integra la gestione delle acque con l'uso quotidiano del parco. Il sistema è pienamente coerente con gli obiettivi del Copenhagen Climate Adaptation Plan (Climate-ADAPT, 2016c) e con la strategia municipale di promozione di parchi climatici multifunzionali (DAC, 2024). La gestione è affidata a cooperative locali, che garantiscono manutenzione partecipata e raccolta dati per la valutazione a lungo termine delle prestazioni idrologiche ed ecologiche (Al Koshta, 2024).

Risultati conseguiti

A un anno dall'inaugurazione (agosto 2024), il progetto ha raggiunto risultati rilevanti in termini ambientali e sociali. Le analisi idrologiche mostrano la completa funzionalità del sistema di drenaggio anche durante eventi estremi, senza episodi di allagamento (NIRAS, 2024). Il progetto Grønningen-Bispeparken ha migliorato la capacità di drenaggio dell'area, riducendo l'impatto dei temporali intensi e aumentando la qualità d'uso degli spazi pubblici (NIRAS, 2024; SLA, 2024). Il progetto ha inoltre potenziato la biodiversità locale e la fruizione quotidiana del quartiere, favorendo l'inclusione sociale e la consapevolezza ambientale (DAC, 2024). Grønningen-Bispeparken rappresenta un caso esemplare di applicazione delle strategie municipali di adattamento climatico, dimostrando come la progettazione architettonica e urbana basata sull'uso di NbS possa diventare strumento operativo per la resilienza urbana (Climate-ADAPT, 2016c).



Parco Martin Luther King a Parigi, Francia (2007-2020)

Ambito urbano di applicazione

Nel 2003 la città di Parigi ha indetto un concorso per la riqualificazione degli oltre 54 ettari di suolo pubblico all'interno dell'area Clichy Batignolles: un ex scalo ferroviario progressivamente caduto in disuso collocato nell'area nord-ovest della città. Il concorso prevedeva la realizzazione di uno dei maggiori parchi urbani presenti all'interno della città di Parigi che doveva esprimere una nuova concezione di natura urbana, selvaggia e avvolgente, che si appropriasse dello spazio urbano tra gli interventi architettonici e le numerose strutture per la collettività che dovevano sorgere nel distretto (Atelier Jacqueline Osty, 2015).

L'area in cui si colloca il progetto presenta una densità abitativa molto alta (287 ab./

ha) rispetto alla media della capitale francese (210 ab./ha) e in maniera analoga racchiude una percentuale di aree verdi per abitante estremamente bassa (1 mq/ab.) rispetto alla media cittadina (2,3 mq/ab.). Queste caratteristiche permettono da un lato di dimostrare l'importanza strategica del parco come elemento di riequilibrio dei parametri quali-quantitativi urbanistici, dall'altro lo giustificano rispetto alla funzione di ambiente connettivo tra i quartieri circostanti, per colmare il vuoto lasciato dal deposito ferroviario (Cecafosso, 2020; PBA, 2015).

Criticità climatica affrontata

Il distretto ecologico Clichy Batignolles è stato progettato per prevenire i sempre più frequenti eventi climatici estremi: le temperature elevate provocate dalle isole di calore urbane e gli allagamenti urbani dovuti a precipitazioni intense. Il parco è stato pensato come una grande infrastruttura verde e blu, un sistema integrato a sostegno della biodiversità e della resilienza della città che contrasta i fenomeni climatici (Cecafosso, 2020; Atelier Jacqueline Osty, 2015).

Obiettivi dell'intervento

Il programma di trasformazione di Clichy Batignolles prevede la conversione da polo logistico in un'area destinata a una nuova qualità urbana in cui la qualità ambientale, le emissioni zero, la realizzazione di interventi destinati ad abitazione sociale e l'adattamento climatico diventano gli obiettivi principali per il rinnovamento del quartiere e di tutto il distretto (PBA, 2015).

L'obiettivo del progetto è quello di costruire un eco-distretto innovativo e all'avanguardia, in cui il Parco Martin Luther King rappresenta l'anima dell'intervento, capace di migliorare il microclima e proteggerlo dai fenomeni estremi (Cecafosso, 2020; Palumbo, 2017).

Estensione superficiale ed elementi dello spazio urbano coinvolti nel progetto

Il parco si sviluppa su una superficie di 10 ettari di terreno e, con la sua funzione di infrastruttura naturale di connessione tra i diversi quartieri del distretto, rappresenta di fatto un elemento di ricucitura urbana (Atelier Jacqueline Osty, 2015). È possibile leggere la rilevanza urbanistica dell'intervento nei percorsi interni del parco, che si sviluppano sotto forma di boulevard alberati e si estendono oltre i margini del lotto, prolungandosi dentro la città e riallacciandosi con le strade e gli spazi verdi esistenti nelle immediate vicinanze (Cecafosso, 2020). L'area dell'intervento, nonostante la

sua estensione, risulta prevalentemente piana, ad eccezione del lato ovest dove sono presenti terrazzamenti e rampe che consentono di attraversare la rete ferroviaria di St. Lazare. Al centro del parco, inoltre, si estende un grande specchio d'acqua suddiviso in due parti da un camminamento curvilineo che riproduce il vecchio percorso ferroviario (Atelier Jacqueline Osty, 2015).

Livello di governance

Il progetto è guidato dalla società pubblica francese Paris Batignolles Aménagement, che ne controlla lo sviluppo attraverso lo strumento giuridico e urbanistico della Zone d'Aménagement Concerté (ZAC), che facilita il dialogo tra enti pubblici e privati e garantisce il controllo amministrativo locale (PBA, 2015). Il progetto è stato concepito in fasi temporalmente consequenziali: i lavori della prima fase, avviati nel 2007, si sono conclusi nel 2014 con la realizzazione di 4,3 ha di parco, mentre il completamento previsto per il 2020 risulta tuttora in corso (Cecafosso, 2020).

Strategia di intervento

Il concorso per la riqualificazione dell'area di Clichy-Batignolles è stato vinto dal gruppo multidisciplinare composto dall'urbanista François Grether, dalla paesaggista Jacqueline Osty e dalla società di ingegneria OGI. Il team ha elaborato una strategia progettuale fondata su tre temi principali: le stagioni, l'acqua e il corpo (Atelier Jacqueline Osty, 2015).

Questi temi si riflettono chiaramente nella configurazione del Parco Martin Luther King. Il tema delle stagioni è utilizzato per suddividere concettualmente il parco in quattro aree: la zona meridionale rappresenta l'estate, mentre procedendo verso nord si incontrano la primavera, l'autunno e l'inverno. L'elemento dell'acqua è costantemente presente attraverso fontane, stagni depuranti, canali e specchi d'acqua che, oltre a favorire il raffrescamento microclimatico, simboleggiano il legame tra la natura del parco e la sua idrologia. Infine, il tema del corpo si traduce nella varietà degli usi e delle funzioni: aree sportive e ricreative, spazi gioco per bambini, piste da skateboard, campi da basket, pallamano e calcio, oltre a percorsi per il jogging e zone di quiete con panchine per la sosta e la contemplazione della natura (Atelier Jacqueline Osty, 2015; Cecafosso, 2020).

Soluzioni di adattamento

Le soluzioni di adattamento adottate nel parco e negli edifici circostanti integrano

sistemi verdi e blu per mitigare gli effetti del cambiamento climatico (Cecafosso, 2020; Palumbo, 2017). Tra gli interventi idrici figurano specchi d'acqua, fontane, stagni e fossati umidi che favoriscono l'evaporazione e riducono le temperature, mentre un canale vegetato centrale di 300 m funge da vasca di raffrescamento (Atelier Jacqueline Osty, 2015).

Le superfici permeabili facilitano l'infiltrazione dell'acqua piovana, raccolta e depurata in vasche sotterranee per il riuso irriguo; una pompa eolica ne consente il ricircolo verso stagni e canali, garantendo la continuità idrica anche in periodi di siccità (PBA, 2015). Le specie vegetali sono state selezionate sulla base del basso fabbisogno idrico (Atelier Jacqueline Osty, 2015).

Gli edifici, dotati di coperture e pareti verdi, adottano soluzioni bioclimatiche come volumi compatti, doppia esposizione e isolamento performante, con un consumo medio di circa 75 kWh/m² anno, pari alla metà dei nuovi edifici della Défense (Palumbo, 2017). Il nuovo Tribunale di Parigi di Renzo Piano, con oltre 10.000 m² di superfici vegetate per la raccolta dell'acqua piovana, rappresenta un modello emblematico di architettura adattiva (Cecafosso, 2020).

Funzionamento delle soluzioni di adattamento

Il parco funge da vero e proprio “regolatore microclimatico urbano”, in cui l'adattamento climatico si raggiunge grazie agli importanti contributi delle infrastrutture verdi e blu realizzate al posto dell'area dismessa dell'ex scalo ferroviario (Cecafosso, 2020; Atelier Jacqueline Osty, 2015).

Il fenomeno di raffrescamento durante le ondate di calore, così come quello di protezione dagli eventi alluvionali urbani, potranno essere garantiti dall'efficace gestione delle risorse idriche in loco, dalla cospicua presenza della vegetazione e dal largo impiego di soluzioni naturali impiegate negli edifici (coperture, pareti e corti interne). Alla natura viene pertanto riconosciuto e riattribuito il suo originario ruolo di regolatore climatico e ambientale a protezione della salute umana (PBA, 2015; Palumbo, 2017).

Risultati conseguiti

I principali risultati conseguiti dal progetto sono riscontrabili: nelle superfici impermeabili, le quali costituiscono solamente il 12% della superficie totale del distretto; nella riduzione della percentuale di acqua piovana che defluisce nella rete fognaria, la quale viene ridotta del 50% nelle aree pubbliche e del 70% negli

spazi privati; nel largo impiego di soluzioni di adattamento utilizzate nel parco e negli edifici (tetti verdi, pareti verdi e corti vegetate), di cui il 30% dei tetti (16.000 mq) è realizzato con coperture vegetate, che contribuiscono alla gestione naturale dell'acqua piovana e al raffrescamento del microclima dell'ambiente; nella raccolta dell'acqua di deflusso, impiegata per irrigare spazi verdi, lavare pavimenti e rifornire i servizi igienici (solamente le quantità in esubero vengono scaricate nella rete fognaria); nella raccolta dell'acqua piovana nelle zone umide del parco che da sola copre il 40% del fabbisogno irriguo del parco (PBA, 2015).

Il parco con le sue aree naturali svolge un ruolo fondamentale nel mantenimento della biodiversità della regione. Gli spazi verdi sono stati progettati per riunire un'ampia diversità ecologica, fornendo le condizioni climatiche ed ambientali adeguate a quasi 500 diverse specie di piante (arbusti, erbe, siepi, fossati inondabili, zone rocciose, ecc.). Il parco complessivamente è gestito utilizzando un approccio sostenibile, altamente differenziato, adattato a ogni specifica vegetazione; per questo motivo, nel 2015 è stato insignito del marchio d'oro di EcoJardin, per la gestione ecosostenibile degli spazi verdi (Atelier Jacqueline Osty, 2015; Cecafo, 2020).



RIGENERAZIONE URBANA E RESILIENTE ALLA SCALA DI QUARTIERE



Quartiere
Vauban di
Friburgo,
Germania

I progetti di adattamento realizzati alla scala di quartiere si configurano come strategie diffuse capaci di integrarsi nel tessuto urbano attraverso interventi mirati, interconnessi e replicabili. La sistematicità di tali azioni si manifesta in una rete capillare di trasformazioni che interessano i principali elementi dello spazio urbano — dalle aree pubbliche a quelle private, dagli spazi aperti all’edificato — contribuendo a ridefinire la relazione tra infrastruttura, ambiente e società (Bassolino, 2019).

Negli ultimi anni, le città europee stanno sperimentando un numero crescente di progetti che connettono l’adattamento climatico ai processi di rigenerazione urbana, ponendo il quartiere come scala strategica di intervento. A questo livello, infatti, è possibile coniugare obiettivi ambientali, sociali e spaziali, attuando un approccio integrato che promuove la resilienza urbana attraverso soluzioni diffuse e contestuali. I quartieri diventano così laboratori di sperimentazione progettuale per rispondere in modo flessibile ai fenomeni climatici estremi e di migliorare la qualità della vita quotidiana degli abitanti.

La possibilità di intervenire in maniera capillare consente a queste strategie di adattamento di essere applicate non solo nelle aree periferiche o marginali, ma anche nei contesti urbani centrali, dove le criticità climatiche e ambientali richiedono azioni specifiche nonostante la presenza di vincoli morfologici, funzionali o di tutela del patrimonio (Bologna, Losasso, Mussinelli & Tucci, 2021).

Gli esempi analizzati — Sankt Kjeld a Copenaghen, ZoHo a Rotterdam e Augustenborg a Malmö — dimostrano come la progettazione clima-adattiva possa trasformare la vulnerabilità in opportunità, generando una rigenerazione ecologica e inclusiva del tessuto urbano. Attraverso l’integrazione di infrastrutture verdi e blu, dispositivi di drenaggio sostenibile e pratiche di partecipazione locale, tali progetti delineano un modello di quartiere resiliente, fondato sull’interazione tra natura, spazio pubblico e comunità (Mussinelli, Riva, Gambaro, & Tartaglia, 2020).



Tasinge Square
nel quartiere
di Østerbro,
Copenhagen



Il quartiere clima-resiliente di Sankt Kjeld a Copenhagen, Danimarca (2011-2016)

Ambito urbano di applicazione

Il progetto di adattamento climatico di Sankt Kjeld's Kvarter si colloca all'interno del distretto urbano di Østerbro, nella zona settentrionale di Copenhagen, in un quartiere storico di origine operaia situato in prossimità dell'area portuale e distante circa cinque chilometri dal centro cittadino. L'area si caratterizzava per un'elevata densità edilizia e abitativa, accompagnata da una forte impermeabilizzazione del suolo e dalla carenza di spazi verdi pubblici (Bologna & Hasanaj, 2020a).

L'intervento costituisce un esempio emblematico di rigenerazione urbana

clima-adattiva, sviluppato in risposta ai frequenti fenomeni di allagamento urbano causati da eventi meteorici estremi. Il progetto mira a trasformare un tessuto urbano vulnerabile in un modello di resilienza climatica e sociale, attraverso la riconfigurazione ecologica dello spazio pubblico (Tredje Natur, 2011; Etherington, 2012).

Criticità climatica affrontata

Le principali criticità climatiche che interessano la capitale danese riguardano l'aumento dell'intensità e della frequenza delle precipitazioni, il progressivo innalzamento del livello del mare e l'incremento delle temperature atmosferiche medie (Klimakvarter, 2013). Tra gli eventi estremi che hanno inciso maggiormente sul territorio urbano si segnala il nubifragio dell'estate del 2011, che ha provocato danni stimati in circa 800 milioni di euro, mandando in crisi il sistema fognario cittadino e mettendo in evidenza la vulnerabilità delle infrastrutture urbane alle inondazioni pluviali (Klimakvarter, 2013; Bologna & Hasanaj, 2020a). Tale episodio ha costituito un punto di svolta nella pianificazione urbana di Copenaghen, determinando l'avvio di una strategia sistemica di adattamento climatico a scala metropolitana.

Obiettivi dell'intervento

L'obiettivo primario dell'amministrazione comunale di Copenaghen è stato quello di incrementare la capacità di adattamento della città agli eventi meteorici estremi, attraverso la realizzazione di soluzioni spaziali e tecnologiche integrate — di tipo verde, blu e grigio — collocate principalmente negli spazi pubblici a livello stradale (Bologna & Hasanaj, 2020a). All'interno di tale quadro strategico, il masterplan per Sankt Kjeld's Kvarter, elaborato dallo studio danese Tredje Natur, ha perseguito la finalità di coniugare le funzioni sociali, ricreative e ambientali dello spazio urbano con la gestione sostenibile delle acque meteoriche. Il progetto ha introdotto un sistema di drenaggio urbano alternativo a quello fognario tradizionale, capace di convogliare e trattenere le acque piovane in modo naturale, riducendo il rischio di allagamenti e valorizzando al contempo la qualità ambientale e percettiva dello spazio pubblico (Tredje Natur, 2011; Etherington, 2012).

Estensione superficiale ed elementi dello spazio urbano coinvolti nel progetto

Gli interventi previsti nell'ambito di Sankt Kjeld's Kvarter risultano tra loro interconnessi e diffusi. La strategia adottata prevede l'applicazione di soluzioni di adattamento in

diversi elementi urbani — strade, piazze e corti interne — consentendo di operare su scala di quartiere (Bologna & Hasanaj, 2020a).

Il progetto interessa complessivamente un'area di circa 105 ettari, lungo l'asse principale degli spazi pubblici, includendo anche porzioni di suolo privato, come i cortili condominiali interni, riconfigurati per migliorare la gestione delle acque e la fruibilità sociale (Klimakvarter, 2013).

Livello di governance

L'intervento è stato promosso e finanziato dalla Municipalità di Copenaghen, in collaborazione con enti tecnici locali e lo studio Tredje Natur. La realizzazione è avvenuta attraverso una serie di progetti mirati su scala micro-urbana, che hanno interessato le strade (come Bryggervangen), le piazze principali (St. Kjelds Plads e Tåsinge Plads) e i cortili interni degli edifici residenziali (Bologna & Hasanaj, 2020a). Un aspetto rilevante del processo di implementazione è stato il coinvolgimento attivo della cittadinanza. Gli abitanti del quartiere hanno partecipato sia alla fase di consultazione e co-progettazione sia alla realizzazione di alcuni elementi simbolici e di arredo urbano, come The Wave a Tåsinge Square, rafforzando il senso di appartenenza e la consapevolezza ambientale della comunità locale (Mezzi, 2015; Tredje Natur, 2011).

Strategia di intervento

La città di Copenaghen affronta le sfide del cambiamento climatico attraverso un sistema integrato di strategie di adattamento, tra cui il Cloudburst Management Plan del 2012, che costituisce il quadro di riferimento per tutti i progetti di gestione sostenibile delle acque meteoriche (Klimakvarter, 2013).

Il progetto di Sankt Kjeld's Kvarter rappresenta uno dei principali casi pilota di tale strategia, volto a ridurre la vulnerabilità urbana agli eventi di pluvial flooding e a potenziare la resilienza del tessuto urbano mediante interventi multifunzionali (Bologna & Hasanaj, 2020a).

La scelta del quartiere come area di sperimentazione è stata motivata dall'elevata percentuale di superfici asfaltate, che generavano un eccessivo deflusso superficiale, e dalla presenza di ampie sezioni stradali che consentivano l'inserimento di dispositivi di drenaggio e spazi verdi senza compromettere la funzionalità viaria (Klimakvarter, 2013).

L'espansione della rete fognaria tradizionale, sebbene tecnicamente realizzabile, è

stata considerata economicamente insostenibile e non risolutiva nel breve periodo. Per questo motivo, la municipalità ha optato per interventi diffusi di rinaturalizzazione e gestione locale delle acque meteoriche (Bologna & Hasanaj, 2020a).

Soluzioni di adattamento

Il progetto è stato avviato nel 2012, con particolare attenzione alle aree pubbliche di St. Kjelds Plads, Tåsinge Plads e Bryggervangen, identificate come nodi strategici per la gestione sostenibile delle acque meteoriche (Tredje Natur, 2011; Mezzi, 2015). Le soluzioni di adattamento hanno previsto la realizzazione di infrastrutture verdi e blu, integrate con nuove piste ciclabili lungo le principali direttrici del quartiere, che in caso di eventi meteorici estremi fungono da canali di raccolta e deflusso delle acque (Bologna & Hasanaj, 2020a). Tali sistemi sono stati affiancati da interventi puntuali di micro-drenaggio — come rain gardens, vasche di raccolta e cortili verdi — con la funzione di trattenere temporaneamente l'acqua piovana e rallentare lo scorrimento superficiale (Klimakvarter, 2013).

L'incrocio tra Bryggervangen e Landskronagade rappresenta un nodo emblematico della trasformazione urbana. In questo punto, un'ampia area asfaltata inutilizzata è stata riqualificata mediante la creazione di uno spazio verde lineare nella fascia più soleggiata e lo spostamento dei parcheggi sul lato in ombra adiacente agli edifici per uffici. Il nuovo sistema paesaggistico, continuo e permeabile, consente di convogliare l'acqua piovana verso la zona portuale durante gli eventi di pioggia intensa, fungendo al contempo da spazio ricreativo alberato a disposizione dei residenti (Etherington, 2012).

La piazza St. Kjelds Plads costituisce il fulcro simbolico e funzionale dell'intervento. Prima del progetto essa si configurava come una grande rotatoria di 13 metri di larghezza, dominata dal traffico veicolare. Il nuovo assetto ha ridotto l'area asfaltata e introdotto oltre 8.000 m² di superfici vegetate, modellate con leggere variazioni altimetriche per creare avvallamenti di raccolta idrica e spazi di sosta integrati nel verde. Tali elementi, oltre a contribuire al drenaggio sostenibile, migliorano la qualità microclimatica e acustica della piazza, rendendola un luogo di aggregazione urbana (Mezzi, 2015; Bologna & Hasanaj, 2020a).

Analogamente, Tåsinge Plads è stata trasformata da area asfaltata e adibita a parcheggio in una "oasi urbana resiliente" di circa 1.000 m² (Bologna & Hasanaj, 2020a). L'intervento ha previsto la riorganizzazione del traffico veicolare senza ridurre il numero di stalli, la creazione di giardini, rain gardens e giochi d'acqua, e l'introduzione di sistemi di raccolta delle acque meteoriche convogliate in canali vegetati e cisterne interrato.



Rigenerazione
della
Watersquare
Benthemplain
all'interno del
quartiere ZoHo a
Rotterdam

Queste ultime alimentano, mediante pompe meccaniche, i dispositivi ludici e i bacini verdi durante i periodi asciutti (Tredje Natur, 2011; Etherington, 2012).

Un ulteriore elemento qualificante della strategia clima-adattiva è rappresentato dai cortili interni dei blocchi residenziali, che nel contesto danese costituiscono spazi di forte valenza sociale. Tali aree sono state progettate per raccogliere e trattenere le acque piovane provenienti dalle coperture, attraverso stagni o cisterne — interrate o fuori terra — destinate al riuso in ambito domestico. Durante gli eventi estremi, i cortili assumono una funzione di invaso temporaneo di laminazione, prevenendo l'allagamento degli scantinati e riducendo la pressione sul sistema fognario (Klimakvarter, 2013).

Funzionamento delle soluzioni di adattamento

L'impostazione progettuale è stata definita a partire da un'analisi approfondita delle condizioni urbane esistenti e delle loro potenzialità di miglioramento (Bologna & Hasanaj, 2020a).

Sono stati considerati diversi fattori, quali il soleggiamento e l'ombreggiamento, la distribuzione degli accessi, i flussi di traffico, la presenza di impianti tecnici e la permeabilità dei suoli, al fine di individuare i siti più idonei per la collocazione delle infrastrutture verdi e blu (Klimakvarter, 2013).

L'analisi morfologica e idrologica ha permesso di ottimizzare il posizionamento di bioswales e rain gardens, garantendo un efficace equilibrio tra funzionalità idraulica, valore ecologico e qualità estetico-percettiva dello spazio urbano (Tredje Natur, 2011).

Risultati conseguiti

Sankt Kjeld's Kvarter rappresenta il primo quartiere clima-resiliente al mondo, nonché un caso di studio riconosciuto a livello internazionale (Mezzi, 2015; Etherington, 2012). Il progetto prevede la conversione del 20% delle superfici asfaltate in aree verdi e la gestione locale del 30% delle acque piovane, riducendo significativamente la pressione sul sistema fognario tradizionale (Klimakvarter, 2013).

La redistribuzione funzionale della superficie stradale, pari complessivamente a 270.000 m², ha consentito di liberare circa 50.000 m² di nuove aree vegetate, mantenendo invariata l'accessibilità carrabile e incrementando la mobilità pedonale e ciclabile. In tal modo, il progetto ha migliorato non solo la resilienza climatica del quartiere, ma anche la sua qualità urbana, ambientale e sociale (Bologna & Hasanaj, 2020a).



Il quartiere Climate Proof ZoHo a Rotterdam, Olanda (2014 - in corso)

Ambito urbano di applicazione

Il distretto urbano denominato ZoHo (Zomerhofkwartier–Agniesebuurt) costituisce un'area strategica nel tessuto centrale di Rotterdam, individuata dal Comune come laboratorio sperimentale per l'attuazione del Rotterdam Climate Change Adaptation Plan (De Urbanisten, 2025).

Situato a breve distanza dalla stazione centrale, il distretto si distingue per la presenza di funzioni produttive, residenziali e culturali e per la complessità del suo sistema idrologico. L'iniziativa ZoHo Climate Proof District è finalizzata a incrementare la resilienza urbana attraverso strategie integrate di gestione delle acque meteoriche, rinverdimento diffuso e mitigazione microclimatica (EUCANET, 2017). L'approccio

progettuale adottato da De Urbanisten si fonda sul concetto di climate-adaptive design, secondo cui la progettazione urbana integra infrastrutture verdi e blu, qualità ambientale e partecipazione sociale (Peinhardt, 2021). Tale modello, già sperimentato con il progetto della Water Square Benthemplein, rappresenta una delle prime applicazioni europee di spazio pubblico multifunzionale a gestione idrica integrata (Bologna & Hasanaj, 2020b).

Criticità climatica affrontata

Le principali minacce climatiche che interessano il distretto ZoHo derivano dall'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi meteorici estremi, dai prolungati periodi di siccità e dall'incremento dello stress termico urbano dovuto al fenomeno delle isole di calore (De Urbanisten, 2025; Peinhardt, 2021). In particolare, le piogge intense generano sovraccarichi del sistema fognario e fenomeni di allagamento localizzato (flash flood), accentuati dalla scarsa capacità di infiltrazione del suolo e dall'elevata percentuale di superfici impermeabili. Il sistema di drenaggio urbano esistente, concepito per regimi pluviometrici meno estremi, risulta inadeguato alle nuove condizioni climatiche e alle crescenti pressioni meteoriche (Bassolino, 2019; EUCANET, 2017). Parallelamente, i periodi prolungati di siccità determinano un abbassamento dei livelli idrici sotterranei, con conseguenze significative sulle fondazioni lignee degli edifici storici e sulla vegetazione urbana, già sottoposta a stress idrico (De Urbanisten, 2016; Bassolino, 2019). Le alte temperature estive, accentuate dalla densità edilizia e dalla ridotta copertura vegetale, contribuiscono inoltre all'aumento delle temperature superficiali e atmosferiche, aggravando il rischio per la salute pubblica, soprattutto per le fasce di popolazione più vulnerabili (Peinhardt, 2021).

Obiettivi dell'intervento

L'obiettivo principale del progetto ZoHo Climate Proof consiste nel ridurre i rischi climatici e potenziare la capacità di adattamento del quartiere attraverso una riconfigurazione ecologica e funzionale dello spazio urbano (EUCANET, 2017). Gli obiettivi specifici comprendono: i) la realizzazione di un sistema di drenaggio urbano separato e sostenibile; ii) la riduzione delle superfici impermeabili e l'aumento della permeabilità dei suoli; iii) il miglioramento della resilienza termica mediante la creazione di aree verdi e zone d'ombra; iv) l'attivazione di processi partecipativi per la gestione condivisa dell'ambiente urbano (Peinhardt, 2021). La strategia di

Rotterdam rappresenta un modello avanzato di adattamento climatico locale, fondato sulla sinergia tra innovazione infrastrutturale e governance partecipata (Bassolino, 2019).

Estensione superficiale ed elementi dello spazio urbano coinvolti nel progetto

L'intervento interessa un'area complessiva di circa dieci ettari, comprendente spazi pubblici, vie, piazze, parcheggi e coperture edilizie. Il progetto adotta un approccio diffuso e interconnesso, basato su una rete di interventi puntuali — giardini di pioggia, tetti verdi, sistemi di drenaggio e superfici permeabili — che concorrono al medesimo obiettivo di riduzione del rischio idraulico e miglioramento microclimatico (De Urbanisten, 2016). Questa logica di “infrastrutture disperse” permette di trasformare ogni componente dello spazio urbano in un dispositivo di adattamento, superando la tradizionale separazione tra infrastruttura tecnica e spazio pubblico (Peinhardt, 2021).

Livello di governance

Il modello di governance adottato a ZoHo si basa su un approccio multi-attore e partecipativo, promosso dal Comune di Rotterdam e coordinato dallo studio De Urbanisten (De Urbanisten, 2016).

Il processo di progettazione si è articolato in laboratori partecipativi, brainstorming e attività di co-design che hanno coinvolto residenti, istituzioni e professionisti locali (EU-CANET, 2017).

Questa forma di governance collaborativa, basata sul resilience through placemaking, dimostra come la progettazione partecipata possa divenire uno strumento di costruzione della resilienza urbana e di coesione sociale (Peinhardt, 2021).

Strategia di intervento

La strategia di adattamento climatico adottata nel distretto ZoHo si fonda su un approccio sistemico che integra infrastrutture verdi e blu, progettazione spaziale e partecipazione sociale. Il piano d'azione prevede la creazione di un sistema di drenaggio urbano separato, capace di trattenerne e riutilizzare localmente le acque meteoriche, e la progressiva depavimentazione delle superfici impermeabili per aumentare la capacità di infiltrazione e mitigare l'effetto isola di calore (De Urbanisten, 2025).

Il progetto si basa su un principio di adattamento diffuso, dove gli interventi puntuali — come tetti verdi, giardini di pioggia, bacini temporanei e superfici permeabili — formano una rete idrologica urbana resiliente e interconnessa (De Urbanisten, 2016). La città di



↑
**Rigenerazione
della
Watersquare
Benthemplein
all'interno del
quartiere ZoHo a
Rotterdam**

Rotterdam rappresenta un esempio pionieristico di pianificazione locale dell'adattamento, in cui la gestione dell'acqua è concepita come leva per la rigenerazione urbana, non solo come risposta emergenziale (Bassolino, 2019).

In questa prospettiva, la strategia di ZoHo non si limita alla riduzione del rischio idraulico, ma punta a costruire un nuovo metabolismo urbano, dove l'acqua diventa un elemento strutturante della qualità ecologica, sociale e spaziale del quartiere (Peinhardt, 2021).

Soluzioni di adattamento

All'interno del distretto sono stati implementati numerosi interventi che combinano gestione idrica, rinverdimento e qualità urbana.

La Watersquare Benthemplein, progettata da De Urbanisten, costituisce un riferimento fondamentale per la progettazione climatica a Rotterdam. La piazza è concepita come un'infrastruttura ibrida capace di raccogliere fino a 1 800 m³ di acqua piovana durante eventi meteorici intensi, funzionando come spazio ricreativo e sportivo nel resto del tempo (Bologna & Hasanaj, 2020b). Questo intervento rappresenta un modello di spazio urbano multifunzionale che integra sicurezza idraulica, qualità ambientale e vivibilità sociale.

Il Polder Roof del parcheggio Katshoek è un sistema innovativo di tetto verde che immagazzina e rilascia gradualmente l'acqua piovana raccolta dagli edifici circostanti. Oltre a ridurre il deflusso verso la rete fognaria, funge da spazio collettivo per attività di socializzazione e agricoltura urbana (EUCANET, 2017). La sua capacità di trattenimento idrico raggiunge circa 365 m³, contribuendo alla regolazione idrologica e al raffrescamento microclimatico del quartiere.

Katshoek Rain(a)way Garden e ZoHo Raingardens sono interventi di drenaggio urbano sostenibile che si concentrano sulla depavimentazione delle aree impermeabili e sulla creazione di giardini di infiltrazione. Le superfici dure vengono sostituite da aiuole vegetate e pavimentazioni drenanti, che favoriscono la ritenzione e la depurazione naturale dell'acqua (De Urbanisten, 2016).

Greening Hofbogen è il progetto di rinverdimento dell'ex infrastruttura ferroviaria Hofpleinlijn trasforma una linea sopraelevata dismessa in un corridoio ecologico urbano, con superfici verdi e sistemi di irrigazione a circuito chiuso. Questo intervento migliora la connettività ecologica e contribuisce alla riduzione dell'isola di calore (De Urbanisten, 2025).

Nel loro insieme, le soluzioni adottate configurano un sistema integrato di gestione adattiva dell'acqua, in cui la progettazione urbana diventa un dispositivo ecologico e sociale. Il caso ZoHo dimostra come gli spazi pubblici possano assumere un ruolo infrastrutturale attivo, migliorando la resilienza urbana attraverso il placemaking (Peinhardt, 2021).

Funzionamento delle soluzioni di adattamento

Durante gli eventi meteorici intensi, l'acqua viene temporaneamente trattenuta all'interno dei bacini di accumulo, dei tetti verdi e dei giardini di infiltrazione, riducendo il sovraccarico della rete fognaria. Successivamente, l'acqua raccolta viene riutilizzata per irrigazione o rilasciata gradualmente nel terreno (Bologna & Hasanaj, 2020b). Nei periodi di siccità, le superfici permeabili e le infrastrutture verdi garantiscono un migliore equilibrio idrico e un raffrescamento naturale dell'ambiente urbano.

Il funzionamento del sistema si fonda sul principio della gestione locale dell'acqua (local water management), che favorisce una distribuzione più efficiente delle risorse idriche e una riduzione del rischio idraulico complessivo (Bassolino, 2019; EUCANET, 2017).



Complesso
residenziale ad
Augustenborg,
Malmö

Risultati conseguiti

Le misurazioni effettuate durante la fase di monitoraggio mostrano risultati concreti in termini di capacità di adattamento climatico. Il Polder Roof trattiene fino a 365 m³ di acqua, mentre la Watersquare Bentemplein può gestirne fino a 1 800 m³, confermando la validità del modello integrato di drenaggio sostenibile (Bologna & Hasanaj, 2020b; EUCANET, 2017). Oltre ai benefici idrologici, gli interventi hanno contribuito a ridurre la temperatura media superficiale del distretto, aumentare la biodiversità e migliorare la percezione dello spazio pubblico (Peinhardt, 2021).

Il caso di Rotterdam evidenzia come la gestione locale e partecipata dell'acqua possa trasformarsi in una vera e propria infrastruttura civica, capace di generare coesione, educazione ambientale e valore urbano (Bassolino, 2019).



Il distretto ecologico di Augustenborg a Malmö, Svezia (1998-2005)

Ambito urbano di applicazione

Il progetto di Ekostaden Augustenborg (“la città ecologica di Augustenborg”) rappresenta uno dei casi pionieristici di rigenerazione ambientale integrata in Europa, volto a coniugare adattamento climatico, inclusione sociale e innovazione urbana. Il quartiere di Augustenborg si trova nella zona sud-orientale di Malmö, città portuale della Scania, in Svezia meridionale. Costruito tra il 1948 e il 1952 come complesso di edilizia pubblica destinata alla classe operaia, il quartiere riflette i principi del modernismo funzionalista nordico: edifici a blocco medio-basso, ampie corti verdi e separazione tra traffico pedonale e veicolare (Mussinelli, Riva, Gambaro, & Tartaglia, 2020).

Negli anni Ottanta e Novanta, tuttavia, Augustenborg ha progressivamente subito un

processo di declino urbano. La combinazione di obsolescenza edilizia, riduzione dei servizi pubblici, crescita della disoccupazione e marginalizzazione sociale ha trasformato l'area in un quartiere problematico. A livello ambientale, la presenza di un sistema fognario combinato e l'impermeabilizzazione crescente del suolo hanno reso il quartiere altamente vulnerabile alle piogge intense e improvvise, con frequenti episodi di allagamento di cantine e parcheggi (Climate-ADAPT, 2020; Smart City Sweden, 2025).

L'Ekostaden Augustenborg Project, avviato nel 1998, ha rappresentato una risposta sistemica a questa duplice crisi — ambientale e sociale — attraverso una strategia di riconversione sostenibile fondata sull'integrazione tra infrastrutture idrauliche, vegetali e processi partecipativi.

Criticità climatica affrontata

La criticità principale affrontata riguarda la gestione delle acque meteoriche in un contesto urbano denso e già costruito. Le precipitazioni intense, aumentate in frequenza e volume a seguito dei cambiamenti climatici, mettevano in crisi la rete fognaria combinata di Malmö, causando esondazioni locali (Climate-ADAPT, 2020). Nel caso specifico di Augustenborg, il sistema di drenaggio esistente non era in grado di assorbire le acque piovane derivanti dai tetti e dalle superfici stradali, generando danni ricorrenti alle strutture edilizie e costi di manutenzione elevati.

Accanto a questa criticità idraulica, si aggiungevano altre dimensioni del rischio climatico: i) scarsa permeabilità dei suoli urbani e conseguente deficit di infiltrazione; ii) ridotta copertura vegetale e perdita di biodiversità; iii) effetti microclimatici locali, tra cui l'aumento delle temperature estive e la riduzione della qualità dell'aria; iv) vulnerabilità sociale derivante dal degrado ambientale, che limitava l'uso e la percezione positiva dello spazio pubblico (Stålhammar & Brink, 2021).

Obiettivi dell'intervento

Il progetto di Ekostaden Augustenborg si è posto obiettivi multidimensionali, coerenti con un paradigma di transizione ecologica urbana. Tra i principali obiettivi operativi e strategici si individuano: riduzione del rischio idraulico attraverso un sistema di drenaggio sostenibile, in grado di gestire localmente le acque meteoriche; adattamento ai cambiamenti climatici, riducendo gli impatti delle precipitazioni estreme e migliorando la resilienza urbana; incremento della biodiversità e qualità ecologica

degli spazi aperti; rigenerazione socio-economica, con il coinvolgimento attivo dei residenti nella progettazione, gestione e manutenzione; miglioramento della vivibilità urbana, attraverso la creazione di spazi pubblici multifunzionali e fruibili; replicabilità e trasferibilità del modello, come riferimento per future strategie di adattamento urbano in altri contesti europei (Smart City Sweden, 2025; Mussinelli et al., 2020).

Estensione superficiale ed elementi dello spazio urbano coinvolti nel progetto

L'intervento si estende su circa 32 ettari, includendo la totalità del tessuto residenziale e dei relativi spazi pubblici e semi-pubblici (AdapteCCA, 2025). La trasformazione ha coinvolto: il sistema viario e pedonale, riorganizzato con superfici permeabili e tracciati di raccolta delle acque; aree verdi e cortili condominiali, integrati nel nuovo sistema idrico superficiale; coperture edilizie convertite in tetti verdi estensivi e intensivi; una rete di circa 6 chilometri di canali e fossati a cielo aperto e 10 bacini di ritenzione dislocati nel quartiere, capaci di regolare le portate meteoriche e restituire valore estetico al paesaggio urbano (Climate-ADAPT, 2020); il complesso dello Scandinavian Green Roof Institute, con oltre 9.000 m² di coperture verdi dimostrative, utilizzato anche a fini sperimentali e divulgativi (Smart City Sweden, 2025). La scelta di rendere visibile il sistema idrico — anziché interrarlo — ha rappresentato un elemento innovativo: l'acqua diventa parte integrante del linguaggio paesaggistico e identitario del quartiere.

Livello di governance

Il progetto è stato promosso dal Comune di Malmö, attraverso il Department of Environment, in collaborazione con la società di edilizia pubblica MKB Fastighets AB, proprietaria della maggior parte del patrimonio immobiliare (Climate-ADAPT, 2020). La governance è di tipo multi-attore e partecipativo, articolata su tre livelli principali: istituzionale, con il coordinamento del Comune e l'integrazione con le strategie di sostenibilità urbana; tecnico-scientifico, con il coinvolgimento di università, centri di ricerca e professionisti ambientali (tra cui la Lund University e lo Scandinavian Green Roof Institute); comunitario, con la partecipazione attiva di residenti, scuole e associazioni, attraverso laboratori di co-progettazione, orti comunitari e iniziative educative (Mussinelli et al., 2020).

Questa governance policentrica ha garantito non solo l'efficacia tecnica del progetto, ma anche la sua accettabilità sociale e la sostenibilità a lungo termine.

Strategia di intervento

La strategia adottata è fondata su un approccio integrato e sistemico, che combina la pianificazione ecologica con la progettazione urbana. Augustenborg rappresenta uno dei primi casi europei in cui le infrastrutture blue-green vengono impiegate non come elementi isolati, ma come rete funzionale e paesaggistica che collega l'intero tessuto urbano (Stålhammar & Brink, 2021).

Le principali direttrici strategiche sono: riconversione del sistema di drenaggio in un'infrastruttura idrica aperta e multifunzionale; incremento della copertura vegetale attraverso tetti verdi, giardini pluviali e superfici permeabili; integrazione ecologica e sociale: il verde urbano non solo assorbe e filtra l'acqua, ma crea nuovi spazi di incontro e apprendimento; partecipazione e educazione ambientale, come strumenti di consolidamento della comunità e di manutenzione condivisa delle infrastrutture.

Soluzioni di adattamento

Il sistema di adattamento si articola in un insieme coordinato di NbS, orientate alla gestione sostenibile del ciclo dell'acqua: canali e fossati a cielo aperto collegano tetti, strade e spazi verdi, garantendo il deflusso controllato delle acque; bacini e stagni di ritenzione temporanea (detention ponds) accumulano e filtrano l'acqua, contribuendo anche alla biodiversità; coperture verdi trattengono fino all'80% dell'acqua piovana, migliorano l'isolamento termico e offrono habitat per specie vegetali e insetti impollinatori; giardini di infiltrazione e pavimentazioni permeabili riducono l'impermeabilizzazione e favoriscono l'infiltrazione nel suolo; separazione tra rete meteorica e fognaria riduce i rischi di rigurgito e sovraccarico del sistema (Climate-ADAPT, 2020; AdapteCCA, 2025). Queste soluzioni generano co-benefici in termini di comfort termico, benessere psicologico e qualità del paesaggio urbano.

Funzionamento delle soluzioni di adattamento

Il sistema è progettato per trattenere localmente fino al 70% delle acque meteoriche, restituendole gradualmente al ciclo naturale tramite evaporazione, infiltrazione e drenaggio controllato.

Le acque piovane vengono raccolte dalle superfici impermeabili, convogliate nei canali e poi nei bacini di ritenzione, dove avviene la decantazione e la purificazione naturale.

Il sistema ha dimostrato un'elevata resilienza operativa: durante l'alluvione del 2007 — uno degli eventi meteorici più intensi registrati a Malmö — il quartiere non ha subito danni significativi, a differenza di altre zone urbane (Climate-ADAPT, 2020).

L'integrazione tra funzioni idrauliche, ecologiche e sociali fa sì che gli spazi di drenaggio siano anche luoghi di incontro e didattica ambientale, promuovendo un senso di appartenenza e cura del territorio (Stålhammar & Brink, 2021).

Risultati conseguiti

Il progetto ha ridotto drasticamente gli episodi di allagamento, con una diminuzione stimata del 20–50% del deflusso annuale. Si registra inoltre un miglioramento della qualità dell'aria, della biodiversità e del microclima locale (Climate-ADAPT, 2020). I tetti verdi e gli spazi vegetali hanno contribuito a mitigare l'isola di calore urbana, incrementando la resilienza complessiva dell'ecosistema urbano (Smart City Sweden, 2025).

L'approccio partecipativo ha rafforzato il tessuto comunitario, riducendo il turnover abitativo e migliorando la percezione del quartiere come luogo sicuro, inclusivo e attrattivo (Mussinelli et al., 2020). L'integrazione tra infrastruttura ecologica e spazio pubblico ha favorito la socialità e l'educazione ambientale.

La riduzione dei danni da allagamento ha generato risparmi per l'amministrazione pubblica, mentre le nuove attività di manutenzione e formazione ambientale hanno creato nuove opportunità di lavoro locale. Inoltre, il quartiere ha acquisito maggiore valore immobiliare e attrattività urbana (Smart City Sweden, 2025).



STRATEGIE E SOLUZIONI PROGETTUALI NEGLI SPAZI APERTI: PIAZZE E STRADE CLIMA-ADATTIVE



Intervento in
una piazza
dell'Eixample.
Progetto nella
Superilla del
quartiere di
Sant Antoni,
Barcellona

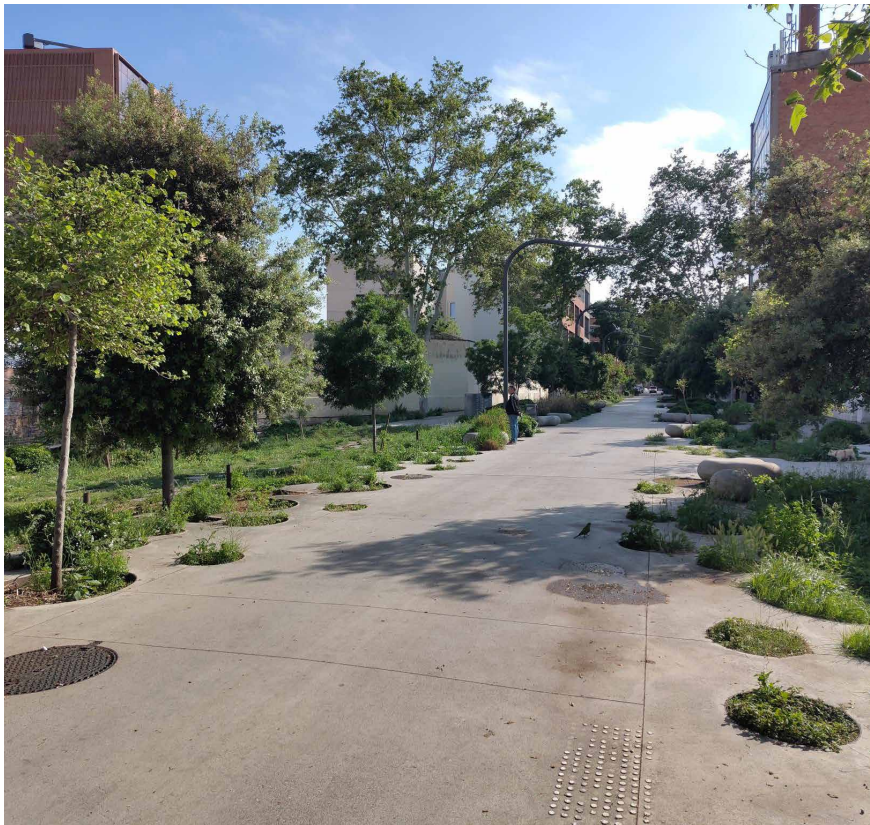
Le piazze e le strade costituiscono gli elementi primari dello spazio pubblico urbano e rappresentano, al tempo stesso, i luoghi più efficaci per l'attuazione di strategie di adattamento climatico. Questi ambiti, pur caratterizzati da un'estensione superficiale limitata, assumono un ruolo strutturale nella rigenerazione ambientale della città, poiché consentono di integrare soluzioni basate sulla natura, infrastrutture blu-verdi e dispositivi di mitigazione microclimatica direttamente nel tessuto quotidiano dell'abitare urbano (EEA, 2020b).

La trasformazione di tali spazi implica un cambio di paradigma progettuale: dalla concezione tradizionale di spazio pubblico come ambito statico e figurativo, a una visione dinamica e performativa, in cui i suoli, le pavimentazioni, la vegetazione e l'acqua operano come componenti interattive di un sistema ambientale complesso. Le piazze e le strade diventano così dispositivi adattivi, capaci di regolare i flussi idrici, modulare le temperature superficiali, migliorare la qualità dell'aria e favorire la biodiversità urbana (Nieuwenhuijsen et al., 2024; Rueda, 2017).

In questa prospettiva, la sezione propone una selezione di casi studio europei che esemplificano diverse strategie di adattamento applicate allo spazio pubblico. I progetti analizzati – le piazze e gli assi verdi dell'Eixample di Barcellona, la trasformazione di Carl Nielsens Allé a Copenaghen e la piazza spugna di Zollhallen a Friburgo – mostrano come l'integrazione tra infrastrutture ecologiche, dispositivi idrologici e processi di governance multilivello possa generare spazi resilienti e socialmente inclusivi. Attraverso approcci incrementali, partecipativi e fondati su principi di sostenibilità, tali esperienze evidenziano il potenziale dello spazio pubblico come luogo operativo per la transizione ecologica e l'adattamento climatico delle città contemporanee.



Strada
depavimentata
all'interno di
una Superilla di
Barcellona



Piazze e assi verdi nell'Eixample: il progetto delle Superillas di Barcellona, Spagna (2016-2024)

Ambito urbano di applicazione

Il progetto delle nuove piazze e degli assi verdi nell'Eixample rappresenta una delle applicazioni più emblematiche del programma Superilles Barcelona, promosso dall'Ajuntament de Barcelona a partire dal 2016 come strategia di rigenerazione urbana e adattamento climatico. L'ambito di intervento è il distretto dell'Eixample, cuore ottocentesco della città, caratterizzato dal celebre reticolo ortogonale progettato da Ildefons Cerdà nel XIX secolo. Originariamente concepito per garantire ventilazione, luce e accessibilità, l'Eixample ha progressivamente perso tali qualità a causa dell'aumento della densità edilizia e del traffico automobilistico, diventando

un'area critica sotto il profilo ambientale e sociale (Ajuntament de Barcelona, 2020). In questo contesto, il progetto dei nuovi assi verdi e delle piazze mira a restituire equilibrio ecologico e qualità ambientale al tessuto urbano. Secondo i documenti comunali e il riconoscimento del Joint Research Centre della Commissione Europea, l'intervento prevede la realizzazione di 21 assi verdi e 21 piazze d'intersezione, distribuiti sull'intero distretto per una superficie complessiva superiore ai 30 ettari di spazio pubblico rigenerato entro il 2030 (EC-JRC, 2025). Il primo lotto, inaugurato tra il 2023 e il 2024, ha trasformato quattro assi principali – Consell de Cent, Rocafort, Comte Borrell e Girona – e le relative intersezioni (Ajuntament de Barcelona, 2025; Frago & Morcuende, 2024).

Criticità climatica affrontata

L'Eixample è una delle aree più densamente popolate d'Europa e soffre di criticità climatiche e ambientali che il progetto intende affrontare. L'elevata impermeabilizzazione del suolo riduce la capacità di assorbimento e ritenzione delle acque meteoriche, generando fenomeni di deflusso superficiale e rischio di allagamenti (Cabezas & Montlleó, 2016). Inoltre, la scarsità di vegetazione e la predominanza di superfici asfaltate contribuiscono all'effetto isola di calore, con temperature estive più elevate rispetto alle aree periferiche o costiere (Magrinyà et al., 2023).

A queste problematiche si sommano gli alti livelli di inquinamento atmosferico e acustico dovuti alla concentrazione del traffico automobilistico. Il rapporto del Council of Europe Development Bank (CEB) sul programma Superilles sottolinea come l'Eixample presenti valori di NO₂ e PM10 superiori alle raccomandazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità e livelli sonori medi spesso prossimi ai limiti suggeriti (CEB, 2023). Il progetto risponde quindi a un insieme di criticità sistemiche, combinando obiettivi di mitigazione climatica, decongestionamento del traffico e miglioramento della salute pubblica.

Obiettivi dell'intervento

Gli obiettivi del progetto sono multidimensionali e si inseriscono in una visione di città sostenibile, equa e resiliente. In primo luogo, l'intervento mira a riequilibrare la distribuzione dello spazio pubblico, riducendo la superficie destinata ai veicoli privati e ampliando quella riservata a pedoni, ciclisti e vegetazione. Il principio ispiratore è quello di una "città di prossimità", dove le principali funzioni quotidiane risultano accessibili senza l'uso dell'automobile (Ajuntament de Barcelona, 2020). Parallelamente, l'iniziativa punta a incrementare la resilienza climatica del distretto

attraverso la realizzazione di infrastrutture verdi e blu, capaci di regolare le temperature, assorbire l'acqua piovana e migliorare la qualità dell'aria. Un ulteriore obiettivo riguarda la rinaturalizzazione della maglia urbana, che ristabilisce corridoi ecologici e connessioni per la biodiversità, creando habitat diffusi per flora e fauna urbana (Cabezas & Montlleó, 2016). La creazione di nuove piazze e spazi di incontro contribuisce inoltre a rafforzare la coesione sociale e il senso di comunità, promuovendo la socialità e l'inclusione nello spazio pubblico (Frago & Morcuende, 2024; EC-JRC, 2025).

Estensione superficiale ed elementi dello spazio urbano coinvolti nel progetto

Il progetto interessa complessivamente oltre 30 ettari di spazio pubblico, articolati in una rete di assi verdi e piazze che si sviluppano lungo la griglia cerdiana dell'Eixample. Il primo lotto operativo comprende quattro assi principali – Consell de Cent, Rocafort, Comte Borrell e Girona – e le relative piazze di intersezione (Frago & Morcuende, 2024).

Dal punto di vista morfologico, gli assi verdi sostituiscono la tradizionale sezione carribile con superfici pedonali continue, pavimentazioni permeabili e aiuole lineari. Le piazze, collocate agli incroci, sono concepite come spazi polifunzionali dotati di sedute, ombreggiamento e vegetazione autoctona. L'intervento integra inoltre infrastrutture per la mobilità attiva, corsie ciclabili e sistemi di raccolta dell'acqua piovana, configurandosi come una rete coerente di infrastrutture blu-verdi (Ajuntament de Barcelona, 2025). Questi elementi contribuiscono a migliorare la permeabilità urbana, la fruibilità pedonale e la qualità ecologica dello spazio pubblico.

Livello di governance

La gestione del progetto è il risultato di una governance multilivello e intersettoriale. L'Ajuntament de Barcelona, attraverso la Direcció de Model Urbà e il Superilles Programme, funge da ente promotore e coordinatore generale. Il supporto tecnico è assicurato da Barcelona Regional e dall'Agència d'Ecologia Urbana de Barcelona, mentre la collaborazione scientifica è garantita da università locali, in particolare la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) e la Universitat de Barcelona (UB), responsabili della ricerca applicata e del monitoraggio ambientale (Magrinyà et al., 2023; Frago & Morcuende, 2024).

A livello europeo, il progetto ha ricevuto riconoscimento dal Joint Research Centre della Commissione Europea nell'ambito dei New European Bauhaus Prizes 2025,

che ne valorizzano la capacità di integrare estetica, sostenibilità e inclusione sociale (EC-JRC, 2025). Il Council of Europe Development Bank ha inoltre sostenuto il programma Superillescome esempio di infrastruttura urbana resiliente, finanziando interventi pilota e strumenti di misurazione degli impatti (CEB, 2023).

Strategia di intervento

La strategia adottata si basa su un approccio incrementale, adattivo e partecipativo, fondato sul principio del learning by doing. Il processo di trasformazione procede per fasi successive, partendo da sperimentazioni pilota temporanee — con arredi mobili, segnaletica e modifiche alla circolazione — per testare l'accettabilità sociale e l'efficacia ambientale delle soluzioni. Le esperienze più efficaci vengono poi consolidate in interventi permanenti, con materiali durevoli, infrastrutture verdi e sistemi di drenaggio integrati (Ajuntament de Barcelona, 2020).

La partecipazione dei cittadini e dei comitati di quartiere ha avuto un ruolo centrale nel definire l'uso degli spazi e la disposizione delle funzioni, contribuendo a un modello di governance collaborativa. Questa modalità di pianificazione partecipata ha facilitato l'accettazione sociale del progetto e ne ha aumentato la replicabilità in altri distretti urbani. La strategia riflette un cambio di paradigma: da un piano rigido a un processo evolutivo capace di adattarsi ai feedback ambientali e sociali (Frago & Morcuende, 2024).

Soluzioni di adattamento

Le soluzioni di adattamento implementate nel progetto si ispirano al paradigma delle NbS, integrate con infrastrutture urbane sostenibili. L'obiettivo è coniugare mitigazione climatica, qualità ambientale e vivibilità dello spazio pubblico attraverso la combinazione di dispositivi naturali, tecnologici e sociali. La trasformazione dei quattro assi principali dell'Eixample rappresenta l'applicazione più significativa di tale approccio integrato (Ajuntament de Barcelona, 2020; 2025).

Le vie, originariamente a doppia corsia veicolare con parcheggi laterali, sono state riconfigurate in corridoi verdi pedonali dotati di una sola corsia centrale a senso unico e velocità limitata a 10 km/h, riservata a residenti, mezzi di emergenza e carico-scarico. Oltre i due terzi della sezione stradale sono oggi destinati alla fruizione pedonale, alla sosta e alle superfici permeabili. Ogni asse si presenta come un nastro continuo di spazio pubblico, privo di dislivelli tra marciapiede e carreggiata, in cui la pavimentazione uniforme favorisce l'accessibilità universale e invita alla socialità (Ajuntament de Barcelona, 2020).

Un elemento centrale dell'intervento è rappresentato dai SUDS, finalizzati a migliorare la permeabilità e la resilienza idrica del suolo urbano. Le superfici pedonali sono realizzate con pavimentazioni permeabili che consentono l'infiltrazione delle acque meteoriche, riducendo il deflusso e contribuendo alla ricarica della falda (Magrinyà et al., 2023; Frago & Morcuende, 2024).

La rinaturalizzazione vegetale costituisce un'altra componente fondamentale della strategia. Lungo i quattro assi è stato creato un sistema lineare di aiuole, alberature e fasce vegetali che uniscono funzioni ecologiche, climatiche ed estetiche. Le specie impiegate, prevalentemente mediterranee e a bassa richiesta idrica, favoriscono l'ombreggiamento, il raffrescamento e la continuità ecologica (Cabezas & Montlleó, 2016; Ajuntament de Barcelona, 2025).

Dal punto di vista materico, le pavimentazioni utilizzano materiali sostenibili che contribuiscono a ridurre l'assorbimento di calore e a migliorare il comfort urbano (Magrinyà et al., 2023). L'arredo urbano, composto da elementi modulari flessibili, consente una riconfigurazione dello spazio in base alle esigenze e favorisce l'uso sociale e inclusivo degli spazi pubblici.

La riconfigurazione delle sezioni stradali ha determinato una riduzione del traffico di attraversamento e un aumento dell'uso pedonale e ciclabile. Le corsie per biciclette, integrate nella piattaforma pedonale e distinte da variazioni cromatiche, favoriscono la convivenza tra i diversi modi di mobilità. Nelle aree Superilles già consolidate si è osservato un incremento della fruizione ciclabile e pedonale, accompagnato da una diminuzione della mobilità motorizzata (CEB, 2023).

Le intersezioni tra gli assi principali sono state trasformate in piazze alberate che funzionano come nodi climatici e sociali. L'ombreggiamento, la permeabilità dei suoli e la presenza di vegetazione migliorano la qualità ambientale e il comfort urbano (Ajuntament de Barcelona, 2025; Frago & Morcuende, 2024). Questi spazi, concepiti come "isole di socialità", ospitano aree di sosta, micro-giardini e attività culturali temporanee, rafforzando la funzione relazionale e identitaria del progetto. Nel complesso, la trasformazione dei quattro assi dell'Eixample esemplifica una strategia urbana di adattamento climatico basata sulla natura, in cui dispositivi idrologici, vegetali e sociali operano congiuntamente per rigenerare la città e migliorare la qualità ambientale e civica dello spazio pubblico (CEB, 2023; Magrinyà et al., 2023; Frago & Morcuende, 2024).

Funzionamento delle soluzioni di adattamento

Le soluzioni introdotte nel progetto agiscono come un sistema integrato di infrastrutture blu-verdi, trasformando le strade dell'Eixample in dispositivi di adattamento climatico urbano. I SUDS e le pavimentazioni permeabili riducono il deflusso pluviale e aumentano la capacità di infiltrazione del suolo, migliorando la gestione idrica e contribuendo alla ricarica della falda (Magrinyà et al., 2023). Questi sistemi operano in connessione con la rete di aiuole vegetate, che assorbono e filtrano le acque meteoriche, riducendo il rischio di allagamenti e migliorando la qualità delle acque urbane.

La vegetazione e le nuove alberature favoriscono la regolazione microclimatica e la riduzione dell'accumulo termico, incrementando l'umidità relativa e migliorando il comfort estivo (Cabezas & Montlleó, 2016; Magrinyà et al., 2023). Le pavimentazioni chiare e gli arredi modulari contribuiscono ulteriormente a contenere il calore e a potenziare la fruibilità pedonale. Questo approccio integrato consente di ottimizzare i benefici ecosistemici e di ridurre le vulnerabilità climatiche, rendendo la città più resiliente e vivibile (Frago & Morcuende, 2024; CEB, 2023).

Risultati conseguiti

I risultati documentati mostrano impatti significativi sul piano ambientale, urbano e sociale. Nel primo lotto di intervento sono stati trasformati diversi assi stradali e piazze per una superficie complessiva di più ettari di spazio pubblico rigenerato (Ajuntament de Barcelona, 2020; Frago & Morcuende, 2024).

A scala di programma, Superilles de l'Eixample prevede una rete estesa di assi verdi e piazze, con un aumento complessivo di superfici pedonali e aree verdi tale da migliorare l'accessibilità e la prossimità agli spazi pubblici per tutti i residenti (Resilient Cities Network, 2022).

Le osservazioni qualitative e i monitoraggi nelle aree operative indicano una diminuzione del traffico motorizzato, un miglioramento della qualità dell'aria e un aumento della mobilità pedonale e ciclabile, confermando la validità del modello Superilles come strumento di adattamento climatico e rigenerazione urbana. La combinazione di infrastrutture blu-verdi, governance multilivello e partecipazione cittadina si dimostra una strategia efficace per integrare sostenibilità ambientale, innovazione sociale e qualità dello spazio urbano (Magrinyà et al., 2023; Frago & Morcuende, 2024).

Carl Nielsens Allé, Copenhagen, Danimarca (2017-2023)

Ambito urbano di applicazione

L'intervento di riqualificazione di Carl Nielsens Allé si colloca nel quartiere di Østerbro, a Copenhagen, un contesto residenziale caratterizzato da edifici modernisti, attrezzature sportive e infrastrutture urbane. Prima della trasformazione, la strada si configurava come una superficie prevalentemente asfaltata, destinata in larga parte alla sosta e al transito veicolare. Con il progetto, tale spazio è stato ripensato come un'area pubblica multifunzionale, in cui la gestione delle acque meteoriche, la presenza di vegetazione e l'uso sociale dello spazio si integrano in un unico sistema paesaggistico. L'intervento fa parte del Copenhagen Cloudburst Management Plan, un piano municipale volto alla protezione dai fenomeni meteorologici estremi, coordinato dalla Technical and Environmental Administration del Comune di Copenhagen (Copenhagen Municipality, 2018).

Criticità climatica affrontata

L'area di Østerbro, come molte altre zone urbane di Copenhagen, è soggetta a episodi di piogge torrenziali sempre più frequenti e intense. Tali eventi provocano sovraccarichi del sistema fognario e frequenti allagamenti delle strade, con danni significativi alle infrastrutture e agli edifici. La criticità principale risiedeva nella totale impermeabilità delle superfici e nella mancanza di spazi di accumulo e drenaggio superficiale. L'intervento su Carl Nielsens Allé è stato dunque concepito per mitigare questi rischi attraverso un approccio integrato di gestione sostenibile delle acque, capace di combinare ingegneria idraulica e design urbano (Copenhagen Municipality, 2017a; WERK Arkitekter, 2018).

Obiettivi dell'intervento

Il progetto mira innanzitutto a ridurre il rischio di allagamenti mediante l'introduzione di sistemi di drenaggio urbano sostenibile (Sustainable Urban Drainage Systems – SuDS), capaci di trattenere, filtrare e rilasciare gradualmente l'acqua piovana (Copenhagen Municipality, 2017a).

Un secondo obiettivo è il miglioramento della qualità ambientale e paesaggistica dell'area, attraverso la de-impermeabilizzazione del suolo e la creazione di nuove aree verdi, alberate e umide, che favoriscono la biodiversità e migliorano il microclima urbano (WERK Arkitekter, 2018).

Parallelamente, il progetto persegue la trasformazione dello spazio tecnico in spazio sociale. L'infrastruttura di drenaggio è concepita come parte integrante degli elementi urbani: il bacino di raccolta e i canali diventano elementi visibili e fruibili, invitando i cittadini a interagire con l'acqua e a comprenderne il comportamento (WERK Arkitekter, 2025; Landezine, 2023). In questa visione, l'acqua non è più considerata un rischio da eliminare, ma una risorsa culturale ed ecologica da valorizzare, simbolo di un nuovo equilibrio tra natura e città (LILA, 2023).

Estensione superficiale ed elementi dello spazio urbano coinvolti nel progetto

Il progetto si estende su una superficie di circa 6.000 metri quadrati, corrispondente al tratto centrale di Carl Nielsens Allé (Landezine, 2023).

Gli interventi hanno interessato l'intera sezione stradale, comprese le aree di parcheggio e i percorsi pedonali, trasformandole in un sistema di spazi verdi, bacini e canali drenanti.

Elemento centrale del progetto è un bacino di raccolta superficiale che funge da area di detenzione temporanea durante eventi di pioggia intensa. Attorno ad esso si sviluppa un bordo multifunzionale – l'“edge element” – che agisce come canale di convogliamento, barriera di sicurezza e percorso pedonale. L'acqua proveniente dalle superfici circostanti e dal tetto della palestra Svanemøllehallen viene canalizzata visibilmente verso il bacino, rafforzando la percezione del ciclo naturale dell'acqua in ambito urbano (Copenhagen Municipality, 2017b; WERK Arkitekter, 2025).

Le superfici sono state riprogettate con pavimentazioni permeabili e integrate con vegetazione autoctona tipica degli ambienti umidi, che contribuisce alla filtrazione naturale e offre habitat per la fauna urbana (LILA, 2023).

Livello di governance

Il progetto è stato promosso e finanziato dal Comune di Copenhagen, attraverso la Technical and Environmental Administration, in collaborazione con lo studio WERK Arkitekter per la progettazione paesaggistica e con la società di ingegneria NIRAS A/S per la componente idraulica (WERK Arkitekter, 2018; Landezine, 2023). Si inserisce nella strategia comunale di adattamento climatico, che prevede la realizzazione di infrastrutture verdi e blu integrate nella città per gestire localmente le acque piovane e ridurre la vulnerabilità del territorio (Copenhagen Municipality, 2018). L'intervento rappresenta un esempio di governance multilivello, in cui la pianificazione urbana e la gestione ambientale convergono verso obiettivi comuni di resilienza e sostenibilità.

Strategia di intervento

La strategia di progetto si basa sull'integrazione di funzioni idrauliche, ecologiche e sociali. L'acqua piovana viene trattata come una componente visibile e attiva del paesaggio urbano, attraverso un sistema di drenaggio superficiale che la convoglia dai tetti e dalle strade verso un bacino di raccolta temporanea. Questo approccio consente di ridurre la pressione sul sistema fognario e di gestire in loco le acque di precipitazione, trasformando il rischio in risorsa (Copenhagen Municipality, 2017a).

La strategia include inoltre la de-impermeabilizzazione delle superfici e la sostituzione dell'asfalto con materiali drenanti e vegetazione, migliorando la capacità di infiltrazione del suolo e riducendo l'effetto "isola di calore". L'infrastruttura blu-verde così ottenuta diventa parte integrante dello spazio pubblico, in grado di offrire ombra, raffrescamento e occasioni di incontro sociale (WERK Arkitekter, 2025). L'intervento si fonda infine su un approccio partecipativo e comunicativo, volto a coinvolgere la comunità locale e a rafforzare il senso di appartenenza attraverso l'esperienza diretta del cambiamento urbano (LILA, 2023).

Soluzioni di adattamento

Le soluzioni tecniche e paesaggistiche adottate rispondono a una logica di adattamento climatico "multistrato". Al centro del sistema si trova il bacino di detenzione superficiale, progettato per raccogliere e trattenere temporaneamente l'acqua piovana durante eventi estremi. Questo bacino è connesso a una rete di canali drenanti e bordi multifunzionali, che convogliano l'acqua in modo controllato e ne consentono la raccolta (Copenhagen Municipality, 2017b).

Le superfici pavimentate sono state sostituite con materiali permeabili che permettono l'infiltrazione, mentre le nuove aree verdi ospitano specie vegetali idrofile in grado di resistere a variazioni di umidità e di favorire la depurazione naturale delle acque (WERK Arkitekter, 2018). Il sistema integra inoltre funzioni ecologiche e sociali: il bacino, quando asciutto, si trasforma in un'area di sosta e gioco, mentre in caso di pioggia assume la funzione di vaso temporaneo dell'acqua (LILA, 2023).

Funzionamento delle soluzioni di adattamento

In condizioni meteorologiche normali, l'area funziona come spazio pubblico verde, fruibile per attività ricreative, passeggio e relax. L'acqua piovana viene raccolta e infiltrata localmente, contribuendo all'alimentazione della falda e al mantenimento della vegetazione. Durante eventi di pioggia intensa, l'acqua proveniente dai tetti

della Svanemøllehallen e dalle superfici circostanti viene convogliata attraverso i canali nel bacino centrale, che si riempie progressivamente, trattenendo l'acqua in superficie per il tempo necessario alla sua infiltrazione o al rilascio controllato nel sistema fognario (Copenhagen Municipality, 2018; WERK Arkitekter, 2018).

Il bacino, progettato con pendenze dolci e superfici erbose, consente l'uso sicuro dell'area anche durante la raccolta dell'acqua, mentre la vegetazione ripariale ne migliora l'aspetto paesaggistico e la capacità di fitodepurazione (Landezine, 2023). Una volta cessata la pioggia, l'acqua viene gradualmente assorbita, restituendo lo spazio alla fruizione pubblica quotidiana.

Risultati conseguiti

L'intervento ha portato a una significativa riduzione del rischio di allagamento nell'area di Østerbro, grazie alla gestione locale delle acque meteoriche e alla capacità del bacino di trattenere grandi volumi di pioggia. Contestualmente, la trasformazione ha prodotto un miglioramento sostanziale della qualità urbana, restituendo ai cittadini uno spazio pubblico accessibile, verde e identitario (WERK Arkitekter, 2025).

La riduzione delle superfici impermeabili e l'introduzione di vegetazione autoctona hanno favorito la biodiversità urbana e contribuito alla mitigazione del microclima locale. Il progetto rappresenta un modello replicabile per l'adattamento climatico in contesti urbani densi, dimostrando come la gestione delle acque possa essere integrata in modo estetico e funzionale nello spazio pubblico. L'intervento ha ricevuto il Landezine International Landscape Award 2023, riconoscimento che ne attesta la qualità progettuale e il valore innovativo nel campo della resilienza urbana (LILA, 2023).



Vista delle
sedute nella
piazza Zollhallen
a Friburgo,
Germania



La piazza spugna di Zollhallen a Friburgo, Germania (2009-2011)

Ambito urbano di applicazione

L'intervento di rigenerazione urbana della Zollhallen Plaza si colloca nella zona nord della città di Friburgo, in Germania, all'interno di un'area precedentemente occupata dallo scalo ferroviario merci della dogana. Il progetto, sviluppato dallo studio Atelier Dreiseitl, ha ridefinito la piazza antistante l'ex edificio doganale, già restaurato nel 2009, trasformandola da spazio dismesso in una nuova infrastruttura urbana multifunzionale orientata alla resilienza climatica (urbanNext, 2025). L'area, in precedenza caratterizzata da degrado funzionale e superfici impermeabili, è stata completamente ripensata per restituire alla città uno spazio pubblico rigenerato, integrato nel quartiere e progettato come infrastruttura adattiva ai cambiamenti climatici (Iwaszuk et al., 2019).

Criticità climatica affrontata

L'intervento risponde principalmente al rischio idraulico dovuto a eventi di pioggia intensa e alle elevate temperature estive che contribuiscono alla formazione dell'effetto isola di calore (Iwaszuk et al., 2019; Pearlmutter et al., 2020). Il contesto di Friburgo, come molte città dell'Europa centrale, è soggetto a precipitazioni estreme che mettono sotto pressione i sistemi di drenaggio urbano. La Zollhallen Plaza affronta questa criticità attraverso un sistema di gestione locale delle acque meteoriche, che consente la disconnessione completa della piazza dal sistema fognario tradizionale e la capacità di regolare autonomamente il ciclo dell'acqua all'interno dell'area (urbanNext, 2025). Questa strategia riduce significativamente il rischio di allagamento, favorisce la ricarica della falda freatica e contribuisce al miglioramento del microclima urbano mediante processi di evaporazione e ombreggiamento naturale (Iwaszuk et al., 2019).

Obiettivi dell'intervento

L'obiettivo generale del progetto è la riqualificazione ecologica e sociale dell'area dismessa, rendendola resiliente agli eventi meteorici estremi e ai fenomeni climatici locali. L'intervento si inserisce nella più ampia strategia di pianificazione sostenibile promossa dalla municipalità di Friburgo, mirata a integrare infrastrutture verdi e blu nella morfologia urbana (SOS4LIFE, 2020).

In particolare, il progetto intende ridurre la vulnerabilità climatica attraverso sistemi di drenaggio urbano sostenibile e la creazione di spazi pubblici multifunzionali, capaci di offrire benefici ambientali e sociali. Un ulteriore obiettivo è rappresentato dall'adozione di pratiche di economia circolare, mediante il riuso dei materiali provenienti dal sito stesso e la riduzione del consumo di risorse esterne (Pearlmutter et al., 2020). La piazza è concepita come una piattaforma dimostrativa di adattamento climatico, in grado di coniugare estetica, funzionalità e sostenibilità (urbanNext, 2025).

Estensione superficiale ed elementi dello spazio urbano coinvolti nel progetto

L'area interessata dal progetto copre una superficie di circa 5.600 m², situata nel contesto del più ampio processo di trasformazione dell'ex area ferroviaria (urbanNext, 2025). La configurazione spaziale della piazza si sviluppa attraverso una zona centrale pavimentata e permeabile destinata a ospitare eventi e mercati, un'area lineare che segue l'antico tracciato dei binari utilizzata come spazio di seduta e socialità, e infine fasce marginali verdi che accolgono alberature e sistemi di infiltrazione. L'andamento topografico è stato modellato in modo da favorire il deflusso naturale delle acque verso

le aree permeabili, garantendo un controllo passivo del drenaggio superficiale e ottimizzando il bilancio idrico locale (urbanNext, 2025).

Livello di governance

Il progetto della Zollhallen Plaza è stato promosso e finanziato dalla municipalità di Friburgo, che ha svolto un ruolo centrale nella definizione degli obiettivi, nella selezione del team progettuale e nel coordinamento delle fasi operative (SOS4LIFE, 2020; urbanNext, 2025).

L'intervento rientra nelle strategie di governance ambientale della città, riconosciuta a livello europeo per le proprie politiche di sostenibilità e adattamento climatico, delineate all'interno del Klimaschutzkonzept Freiburg. La gestione del progetto si configura come un processo istituzionale a guida pubblica, fondato su una collaborazione diretta tra amministrazione comunale e lo studio Atelier Dreiseitl, specializzato in progettazione ecologica e gestione delle acque.

Non risultano documentati processi formali di partecipazione civica o di co-design con i residenti, ma il progetto è comunque espressione di un modello di governance multi-livello, in cui la municipalità coordina diversi dipartimenti (pianificazione urbana, servizi idrici, manutenzione del verde) e si avvale del contributo di professionisti esterni per tradurre le linee strategiche in soluzioni spaziali concrete (Iwaszuk et al., 2019; Pearlmutter et al., 2020).

Questa modalità riflette la tradizione amministrativa di Friburgo, caratterizzata da un approccio “pubblico-centrico” ma fortemente orientato alla sostenibilità e all'innovazione, in cui la dimensione partecipativa è sostituita da una governance tecnico-istituzionale coordinata, capace di garantire l'attuazione efficace delle politiche ambientali locali (Richter, 2016; SOS4LIFE, 2020).

Strategia di intervento

La strategia progettuale della Zollhallen Plaza mira a preservare la memoria industriale del sito, mantenendo visibili le tracce del passato ferroviario. Le vecchie rotaie sono state integrate nella pavimentazione come elementi di disegno e seduta, trasformandosi in simboli identitari che legano il nuovo spazio pubblico alla sua storia (Richter, 2016). L'intero progetto adotta un approccio coerente con i principi di economia circolare: pietre, acciaio e materiali di risulta provenienti dallo smantellamento dell'ex scalo ferroviario sono stati riutilizzati nel nuovo assetto

spaziale, riducendo la necessità di materie prime e contenendo l'impatto ambientale della costruzione (Pearlmutter et al., 2020). Queste scelte progettuali rafforzano l'identità del luogo e assicurano una continuità visiva e materica con l'edificio doganale restaurato, migliorando al contempo le prestazioni ecologiche e idrologiche della piazza (urbanNext, 2025).

Soluzioni di adattamento

Il sistema idrologico della piazza rappresenta un modello avanzato di infrastruttura verde e blu integrata. L'acqua meteorica viene gestita attraverso una rete di superfici permeabili, trincee di ghiaia e fioriere vegetate che agiscono come bacini di ritenzione e filtrazione. Le zone ribassate di infiltrazione, concepite per allagamenti temporanei, favoriscono la ricarica della falda e riducono il deflusso superficiale.

Una cisterna interrata consente la raccolta e lo stoccaggio delle acque piovane durante gli eventi intensi, mentre i casseri drenanti collocati nel sottosuolo permettono, in caso di precipitazioni eccezionali, una dispersione controllata dell'acqua nel terreno (urbanNext, 2025).

Il sistema è calibrato per rispondere a tre diversi scenari pluviometrici: le piogge ordinarie vengono interamente infiltrate, gli eventi decennali sono gestiti tramite accumulo e rilascio graduale, mentre gli eventi centennali comportano un allagamento temporaneo di parte della piazza, lasciando tuttavia fruibile una zona sopraelevata di sicurezza (Iwaszuk et al., 2019). Questa configurazione garantisce la piena autosufficienza idrologica del sito e previene il sovraccarico del sistema fognario urbano (Pearlmutter et al., 2020).

Funzionamento delle soluzioni di adattamento

Il sistema idrologico della Zollhallen Plaza è concepito come una rete dinamica capace di regolare nel tempo la quantità e la velocità del deflusso superficiale, modulando la risposta della piazza agli eventi meteorici. Le acque meteoriche vengono raccolte e distribuite attraverso un sistema di pendenze calibrate, trincee drenanti e aree vegetate che ne favoriscono la filtrazione progressiva nel terreno (urbanNext, 2025).

La progettazione integra dispositivi tecnici e soluzioni naturali in modo che l'acqua, dopo essere stata temporaneamente trattenuta, possa infiltrarsi gradualmente e contribuire alla ricarica della falda. In condizioni di pioggia intensa, l'acqua in eccesso viene gestita attraverso un sistema di stoccaggio e rilascio controllato che evita fenomeni

➔
**Area verde nella
 piazza Zollhallen
 a Friburgo,
 Germania**



di ristagno e garantisce la continuità d'uso dello spazio pubblico (Iwaszuk et al., 2019).

L'intero assetto funziona come un'infrastruttura ecologica adattiva, in grado di assorbire e restituire le acque meteoriche in modo naturale, mantenendo l'equilibrio idrologico del sito e contribuendo alla stabilità climatica del quartiere (Pearlmutter et al., 2020).

Risultati conseguiti

Oltre alla gestione idrica, l'intervento produce benefici ambientali e sociali rilevanti. Le alberature di ciliegio e le superfici vegetate contribuiscono all'ombreggiamento, alla riduzione delle temperature superficiali e al miglioramento del comfort

microclimatico (Iwaszuk et al., 2019; SOS4LIFE, 2020). Le aree di seduta e i percorsi pedonali incentivano la socialità e l'inclusione, mentre l'aumento della permeabilità del suolo favorisce la biodiversità e la qualità ecologica complessiva dello spazio urbano (Pearlmutter et al., 2020). Il progetto dimostra come le NbS possano rispondere in modo integrato alle sfide del cambiamento climatico, migliorando al tempo stesso la qualità ambientale e sociale degli spazi pubblici (SOS4LIFE, 2020).

L'intervento ha permesso la creazione di circa 1.500 m² di superfici permeabili, pari a un quarto dell'intera area della piazza (urbanNext, 2025). Tale risultato contribuisce alla riduzione del deflusso idrico superficiale, al miglioramento della qualità delle acque e alla mitigazione dell'isola di calore. La piazza, grazie al suo sistema idrologico integrato, rappresenta un modello di infrastruttura resiliente capace di coniugare prestazioni ambientali e valore sociale. Zollhallen Plaza si configura così come un esempio replicabile di rigenerazione urbana adattiva, basata su soluzioni naturali a basso costo e manutenzione, in grado di garantire benefici duraturi per l'ambiente urbano e per la comunità (Iwaszuk et al., 2019; Pearlmutter et al., 2020).

MANIFATTURA
TABACCHI



MARION BARUCH
Un Passo Avanti
Tanti Dietro

A CURA DI SERGIO RISALTI
E STEFANIA RISPOLI
15.05 - 08.06.2025
MUSEO MONDRIANNO
MANIFATTURA TABACCHI



MARION BARUCH
Un Passo Avanti
Tanti Dietro

A CURA DI SERGIO RISALTI
E STEFANIA RISPOLI
15.05 - 08.06.2025
MUSEO MONDRIANNO
MANIFATTURA TABACCHI



EDIFICI CLIMATE PROOF: SOLUZIONI PROGETTUALI ARCHITETTONICHE E AMBIENTALI



Tetto verde
intensivo
alla
Manifattura
Tabacchi,
Firenze

Il tema dell’adattamento climatico dell’ambiente costruito rappresenta oggi una delle principali sfide per la progettazione architettonica e urbana. Gli edifici, che costituiscono la quota più rilevante dell’impronta a terra nelle città, assumono un ruolo strategico nella costruzione di insediamenti resilienti e sostenibili (Mancuso, 2023). Pareti, coperture e spazi aperti non sono più soltanto elementi funzionali o estetici, ma diventano veri e propri dispositivi ambientali in grado di mitigare gli effetti del cambiamento climatico, migliorare il comfort microclimatico e incrementare la biodiversità urbana (Perini, 2021).

Il concetto di “edificio climate-proof” si fonda sull’integrazione tra tecnologie costruttive, soluzioni basate sulla natura e strategie di gestione delle risorse, con l’obiettivo di rendere il patrimonio edilizio capace di rispondere e adattarsi ai mutamenti climatici e ambientali. Gli interventi analizzate in questo capitolo — dal complesso residenziale “In Gärten” di Winterthur, alla Green Roof Strategy di Amburgo, fino ai tetti verdi di Basilea — mostrano come l’architettura possa farsi strumento di resilienza climatica attraverso approcci diversi ma complementari.

Ciascun caso studio propone una specifica declinazione del rapporto tra architettura, tecnologia e natura: la densificazione verde come principio generatore dello spazio urbano; le infrastrutture verdi e blu come sistemi integrati di gestione idrica; la vegetazione come componente strutturale dell’edificio. Insieme, queste esperienze delineano un panorama progettuale innovativo in cui la sostenibilità non è più un elemento accessorio, ma una condizione intrinseca del progetto.

La restituzione di tali interventi permette di individuare modelli di riferimento replicabili in contesti differenti, capaci di orientare le future politiche di rigenerazione urbana e di adattamento climatico. Gli edifici “climate-proof” rappresentano visioni progettuali per una nuova alleanza tra architettura e ambiente, in cui le soluzioni tecnologiche si fondono con le dinamiche ecologiche per costruire città più resilienti, vivibili e consapevoli.

Il complesso residenziale “In Gärten” a Winterthur, Svizzera (2010-2018)

Ambito urbano di applicazione

L'intervento “In Gärten” si inserisce nel quartiere residenziale di Wart-Äckerwiesenstrasse, a Winterthur, in un contesto urbano nato secondo i principi della città-giardino (Moool, 2020; WLA, 2020). Quest'area, caratterizzata da edifici di bassa altezza immersi in ampie superfici vegetate, rappresentava un esempio significativo di equilibrio tra insediamento e natura.

Il progetto di Neuland ArchitekturLandschaft affronta il tema della densificazione controllata mantenendo intatta la qualità paesaggistica esistente. L'obiettivo era dimostrare che un incremento della capacità abitativa può essere compatibile con la salvaguardia del patrimonio vegetale e con la continuità ecologica del quartiere (Landezine, 2021).

Criticità climatica affrontata

Il sito presentava criticità tipiche dei processi di densificazione urbana: aumento delle temperature estive, rischio di formazione di isole di calore, riduzione della permeabilità dei suoli e progressiva perdita di biodiversità. A queste problematiche si aggiungeva la necessità di gestire in modo sostenibile le acque meteoriche, poiché il sistema fognario locale risultava insufficiente a garantire la sicurezza idraulica durante eventi di pioggia intensa (Moool, 2020). La sfida progettuale consisteva quindi nel mantenere il comfort microclimatico e la qualità ecologica originaria, assicurando al tempo stesso un uso efficiente e resiliente delle risorse naturali (Neuland, 2018).

Obiettivi dell'intervento

L'intervento si fonda sulla volontà di armonizzare la nuova edificazione con il paesaggio preesistente, facendo della vegetazione un elemento strutturale del progetto. La presenza di un boschetto di faggi lungo il margine meridionale del lotto ha guidato la distribuzione dei volumi e la definizione degli spazi aperti, configurando un filtro naturale tra la strada e le abitazioni (Moool, 2020). Allo stesso tempo, il progetto mira a preservare la qualità spaziale della città-giardino traducendola in forme contemporanee di abitare, in cui il verde non è solo cornice estetica ma dispositivo ambientale e sociale. Gli spazi comuni sono concepiti come luoghi di relazione e

comfort climatico, capaci di offrire ventilazione, ombra e continuità visiva (Neuland, 2018). Parallelamente, la progettazione idrologica ha perseguito un sistema di gestione naturale delle acque meteoriche, volto a ridurre la pressione sulla rete fognaria e ad aumentare la capacità di infiltrazione del suolo, contribuendo così alla mitigazione dei rischi legati al cambiamento climatico (WLA, 2020).

Estensione superficiale ed elementi dello spazio urbano coinvolti nel progetto

Il complesso si estende su una superficie di circa 4 590 m² e comprende quattro edifici organizzati attorno a tre corti verdi (Moool, 2020). Questi spazi, pur condividendo una medesima logica formale, sono caratterizzati da diverse configurazioni paesaggistiche, che riflettono l'idea di un quartiere unitario ma variegato. La fascia meridionale, occupata dal bosco di faggi preesistente, è stata mantenuta e integrata come zona filtro tra ambienti pubblici e residenziali, garantendo continuità ecologica e ombreggiamento naturale (Neuland, 2018). L'organizzazione planimetrica consente la connessione tra le aree verdi interne e gli spazi aperti del quartiere, formando un sistema coerente di percorsi permeabili, superfici vegetate e bacini di raccolta delle acque piovane (Landezine, 2021).

Livello di governance

L'operazione è stata promossa da soggetti privati in collaborazione con il Comune di Winterthur, in un quadro normativo orientato alla sostenibilità e alla qualità ambientale. La progettazione ha seguito le norme SIA e gli standard Minergie, che stabiliscono criteri rigorosi per l'efficienza energetica e l'uso razionale delle risorse (Neuland, 2018). Il processo decisionale si è basato su un approccio interdisciplinare, che ha coinvolto architetti, paesaggisti e amministrazione pubblica. Questa cooperazione ha permesso di conciliare obiettivi edilizi e ambientali, definendo un modello di governance locale efficace per la realizzazione di interventi complessi in ambito urbano.

Strategia di intervento

La strategia progettuale si articola attorno al principio della densificazione verde, un approccio che mira a incrementare la capacità abitativa senza compromettere la qualità ecologica del sito. Gli spazi aperti non sono pensati come margini residuali ma come struttura generatrice della forma urbana (WLA, 2020). La disposizione dei volumi e delle corti segue una logica a campi, in cui la vegetazione assume un ruolo compositivo e funzionale. Le differenti altezze e densità del verde favoriscono la ventilazione naturale e la permeabilità visiva, mentre l'alternanza di superfici erbacee e arboree contribuisce

a modulare la temperatura e a migliorare il comfort esterno (Moool, 2020). Il sistema idrologico è stato integrato nel paesaggio come parte attiva della composizione: le acque meteoriche vengono trattate e riutilizzate in situ, contribuendo alla regolazione del microclima e alla valorizzazione ecologica dell'intervento (Neuland, 2018).

Soluzioni di adattamento

Le soluzioni di adattamento climatico si basano sull'impiego coordinato di infrastrutture verdi e blu. La gestione delle acque piovane avviene attraverso rain gardens e bacini vegetati che raccolgono e filtrano naturalmente il deflusso proveniente dalle coperture e dai percorsi (Moool, 2020). I materiali utilizzati per le pavimentazioni sono permeabili, riducendo al minimo la sigillatura del suolo e favorendo la ricarica della falda (Neuland, 2018).

La vegetazione è organizzata secondo un sistema multistrato, in cui alberi ad alto fusto, arbusti e tappezzanti si alternano in modo da garantire ombreggiamento, mitigazione termica e incremento della biodiversità (WLA, 2020). Il mantenimento del bosco di faggi esistente, integrato nella composizione generale, rafforza la continuità ecologica e contribuisce alla stabilità climatica del complesso (Landezine, 2021).

Funzionamento delle soluzioni di adattamento

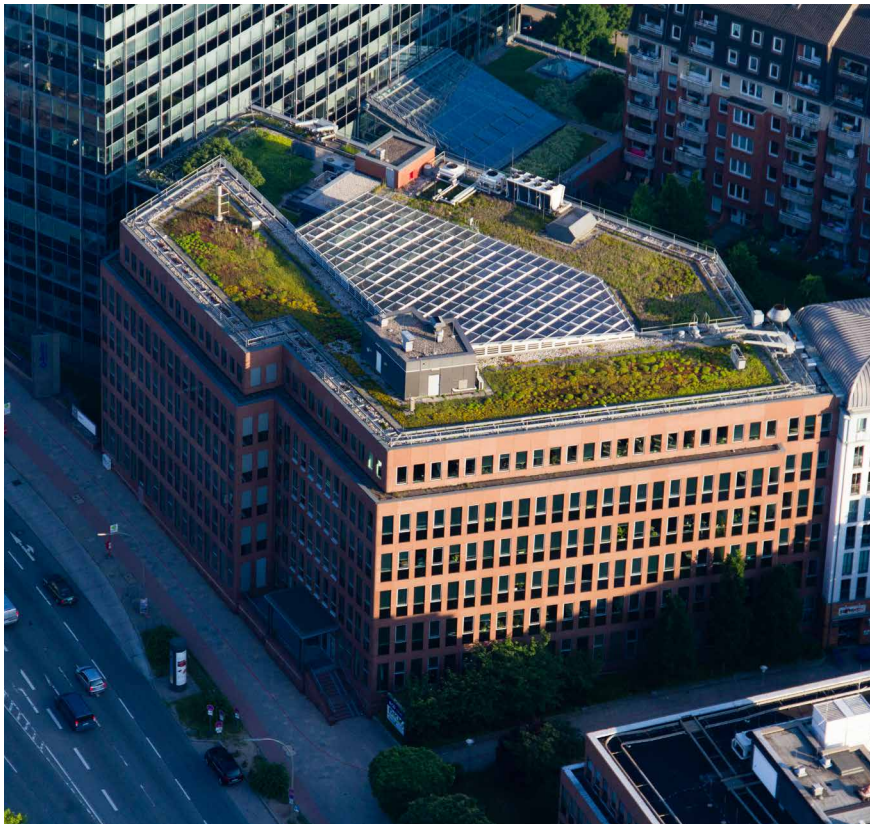
Il funzionamento del sistema idrologico è basato su un principio di trattamento progressivo. Le acque piovane vengono convogliate dai tetti verso bacini di ritenzione vegetati, dove vengono depurate tramite processi di fitodepurazione. Successivamente, fluiscono in aree di infiltrazione con arbusti igrofilo, come il salice, e infine si disperdono nel terreno per infiltrazione naturale (Moool, 2020). Questo meccanismo a cascata riduce il deflusso superficiale e contribuisce a mitigare i picchi di piena, incrementando la resilienza del suolo agli eventi estremi (Neuland, 2018).

Parallelamente, la vegetazione e le superfici permeabili concorrono alla regolazione microclimatica, favorendo la ventilazione e la riduzione delle temperature al suolo. L'ombreggiamento naturale fornito dalle alberature garantisce un miglior comfort termico negli spazi aperti e limita l'irraggiamento diretto sugli edifici (Landezine, 2021).

Risultati conseguiti

L'intervento ha generato risultati misurabili sul piano ambientale, sociale e percettivo. Dal punto di vista climatico, la combinazione di vegetazione estensiva, superfici drenanti e sistemi di raccolta ha permesso di ridurre il deflusso delle acque meteoriche e di migliorare la capacità di ritenzione del suolo (Neuland, 2018). Il complesso contribuisce inoltre alla mitigazione dell'isola di calore urbana, mantenendo temperature superficiali inferiori rispetto alle aree urbanizzate limitrofe e riducendo il fabbisogno di raffrescamento estivo (WLA, 2020). In termini ecologici, la diversificazione delle specie e la connessione con il bosco esistente hanno favorito un incremento della biodiversità e il ripristino di habitat per la fauna urbana (Moool, 2020). Sul piano sociale e percettivo, l'articolazione dei tre cortili interni ha prodotto spazi comunitari riconoscibili, capaci di stimolare relazioni di vicinato e di rafforzare l'identità collettiva. In questo senso, In Gärten rappresenta un modello di integrazione tra architettura, paesaggio e resilienza climatica, dimostrando come una corretta progettazione possa costituire un efficace strumento di adattamento urbano al cambiamento climatico (Landezine, 2021).

➔
Esempio di
applicazione
di tetto verde
estensivo in
un edificio ad
Amburgo



La Green Roof Strategy di Amburgo (2014 - 2024)

Ambito urbano di applicazione

La Green Roof Strategy di Amburgo rappresenta una delle più avanzate politiche europee di adattamento urbano ai cambiamenti climatici. L'iniziativa è stata elaborata e implementata dalla Free and Hanseatic City of Hamburg – Ministry for Environment and Energy, e si applica all'intero territorio comunale (City of Hamburg, 2019). Essa riguarda in particolare gli edifici con coperture piane o a bassa pendenza, sia di nuova costruzione sia sottoposti a interventi di ristrutturazione, promuovendo la diffusione di tetti verdi come infrastruttura ecologica urbana.

Il programma si inserisce in un contesto caratterizzato da elevata densità edilizia e progressiva impermeabilizzazione del suolo, elementi che amplificano i rischi legati

al riscaldamento urbano e agli eventi di pioggia intensa (GrowGreen Project, 2021). La strategia, integrata nei piani comunali di gestione delle acque meteoriche e di mitigazione climatica, costituisce un tassello fondamentale della visione sistemica di Amburgo verso una città più resiliente e sostenibile (Climate-ADAPT, 2016b).

Criticità climatica affrontate

Le principali sfide climatiche affrontate dalla strategia includono l'aumento delle temperature medie, la frequenza crescente delle ondate di calore e la maggiore intensità delle precipitazioni estreme. L'effetto "isola di calore urbana" rappresenta una criticità significativa per la salute pubblica e il comfort urbano, mentre le piogge torrenziali determinano il sovraccarico dei sistemi fognari e un aumento del rischio di allagamenti (Climate-ADAPT, 2016b).

Le coperture verdi vengono impiegate come soluzione multifunzionale per ridurre la temperatura superficiale, migliorare la gestione idrica e incrementare la capacità di ritenzione delle acque meteoriche. Inoltre, l'intervento mira a contrastare la progressiva perdita di spazi verdi e biodiversità dovuta all'espansione urbana, promuovendo una rete ecologica continua e diffusa (Interlace Hub, 2023).

Dal punto di vista energetico, le coperture vegetate migliorano l'efficienza termica degli edifici e proteggono le membrane impermeabili dai raggi ultravioletti, riducendo i costi di manutenzione e prolungando la vita utile delle strutture (City of Hamburg, 2018b).

Obiettivi dell'intervento

La strategia di Amburgo si fonda su obiettivi ambientali, economici e sociali strettamente interconnessi. Essa mira, in primo luogo, ad aumentare in modo sistematico la presenza di superfici verdi sui tetti cittadini, rendendo verdi almeno il 70% delle coperture piane ritenute idonee (REGREEN Project, 2021).

Sul piano quantitativo, l'amministrazione si è posta l'obiettivo di realizzare almeno 100 ettari di nuove coperture verdi entro il 2025, con l'intento di consolidare Amburgo come città modello per l'attuazione di soluzioni basate sulla natura in ambito urbano (Climate-ADAPT, 2016b).

Un ulteriore obiettivo strategico riguarda la gestione sostenibile delle acque meteoriche: i tetti verdi costituiscono un elemento essenziale del sistema di drenaggio urbano sostenibile, in quanto trattengono, evaporano o rilasciano gradualmente l'acqua piovana, riducendo il rischio di allagamenti (City of Hamburg, 2019).

La strategia ambisce inoltre a promuovere la biodiversità e a migliorare il comfort urbano,

trasformando i tetti in nuovi spazi ecologici e sociali accessibili ai cittadini (City of Hamburg, 2018a; Interlace Hub, 2023). In questo modo, l'intervento concilia finalità ecologiche, energetiche e di qualità della vita, contribuendo alla resilienza complessiva della città.

Estensione superficiale ed elementi dello spazio urbano coinvolti nel progetto

Gli interventi interessano l'intera area metropolitana di Amburgo e coinvolgono edifici residenziali, industriali, commerciali e pubblici. Le coperture piane e quelle a lieve inclinazione sono le più idonee alla trasformazione, con spessori di substrato variabili a seconda della tipologia vegetale e delle finalità d'uso (City of Hamburg, 2019).

Secondo i dati forniti dal Comune e dai progetti europei di monitoraggio, entro il 2020 Amburgo ha superato l'obiettivo iniziale dei 100 ettari, raggiungendo circa 168 ettari di tetti verdi complessivamente installati (Interlace Hub, 2023). Tale risultato comprende sia coperture estensive, a manutenzione ridotta, sia coperture intensive, progettate come spazi verdi accessibili.

Una parte delle nuove coperture è stata inoltre destinata a funzioni multifunzionali, come orti urbani, giardini pensili o spazi di aggregazione, e in alcuni casi integrata con impianti fotovoltaici, a dimostrazione della possibilità di combinare produzione energetica e servizi ecosistemici (Climate-ADAPT, 2016b).

Livello di governance

La governance della strategia è multilivello e si distingue per l'approccio collaborativo che coinvolge istituzioni, settore privato e comunità scientifica. Il coordinamento è affidato al Ministry for Environment, Climate, Energy and Agriculture della città di Amburgo, in collaborazione con la Investment and Development Bank Hamburg (IFB), che gestisce i fondi destinati ai sussidi (Interlace Hub, 2023).

Il modello prevede un forte coinvolgimento di attori locali e stakeholder attraverso processi di consultazione, formazione e partecipazione. Le università, in particolare la HafenCity University, svolgono un ruolo chiave nel monitoraggio e nella valutazione delle prestazioni ambientali dei tetti verdi (REGREEN Project, 2021).

La strategia è strettamente integrata nei piani comunali di adattamento climatico e gestione delle acque meteoriche, consolidando così un modello di governance inter-settoriale orientato alla sostenibilità urbana (GrowGreen Project, 2021).

Strategia di intervento

L'approccio di Amburgo si articola in quattro direttrici operative, definite come i “quattro pilastri” della strategia (Climate-ADAPT, 2016b).

Il primo è rappresentato dagli incentivi finanziari, che prevedono contributi fino al 60% dei costi di realizzazione per tetti verdi di almeno 20 m², con determinati requisiti tecnici di substrato e vegetazione (Interlace Hub, 2023).

Il secondo pilastro è il dialogo, attuato attraverso attività di comunicazione e sensibilizzazione rivolte a cittadini e professionisti del settore edilizio, con l'obiettivo di diffondere buone pratiche e competenze progettuali (REGREEN Project, 2021).

Segue la regolamentazione, che integra l'obbligo o la raccomandazione di adottare tetti verdi negli strumenti urbanistici e nei piani di sviluppo locale (City of Hamburg, 2019).

Infine, la ricerca scientifica rappresenta l'elemento di supporto tecnico e conoscitivo, grazie alla collaborazione con centri accademici per l'analisi delle prestazioni energetiche, climatiche e idrologiche delle coperture (Climate-ADAPT, 2016b).

Questa combinazione di strumenti economici, normativi e conoscitivi conferisce alla strategia un carattere sistemico e replicabile, fondato sull'interazione tra governance, pianificazione e innovazione.

Soluzioni di adattamento

Le soluzioni di adattamento previste dalla Green Roof Strategy di Amburgo si basano sull'impiego di diverse tipologie di coperture verdi, sviluppate per rispondere a specifiche esigenze climatiche, strutturali e ambientali. Il programma distingue due categorie principali di intervento — coperture estensive e coperture intensive — cui si affianca, in una fase più recente, la tipologia ibrida dei tetti “blue-green” (City of Hamburg, 2019; Richter & Dickhaut, 2023).

Le coperture estensive costituiscono la soluzione più diffusa per la loro leggerezza e versatilità. Sono caratterizzate da un substrato di limitato spessore (6–15 cm) e da vegetazione xerofila, prevalentemente *Sedum* spp. e graminacee, che garantisce resistenza agli stress idrici e ridotte esigenze di manutenzione. Questi sistemi offrono una notevole capacità di trattenimento delle acque meteoriche — fino al 60–70% delle precipitazioni annuali — e contribuiscono in modo efficace alla riduzione delle temperature superficiali, attenuando l'effetto isola di calore (City of Hamburg, 2018a; Climate-ADAPT, 2016b).

Le coperture intensive, invece, presentano substrati più profondi (fino a 40 cm o oltre) e ospitano una vegetazione più complessa, comprendente arbusti e piccoli alberi. Sono

progettate come spazi multifunzionali e accessibili, veri e propri giardini pensili che coniugano valore ecologico, estetico e sociale, incrementando la biodiversità urbana e migliorando il microclima locale (City of Hamburg, 2019; REGREEN Project, 2021; Interlace Hub, 2023).

Particolarmente innovativi sono i tetti “blue-green”, che combinano elementi idraulici e vegetali in un unico sistema. Uno strato di accumulo idrico situato sotto il substrato vegetale permette di trattenere temporaneamente le precipitazioni, rilasciandole gradualmente o riutilizzandole per l’irrigazione. Secondo i monitoraggi effettuati tra il 2017 e il 2023, tali coperture hanno dimostrato una capacità di ritenzione idrica compresa tra il 64% e il 74%, con prestazioni stabili anche durante gli eventi meteorici più intensi (Richter & Dickhaut, 2023). Oltre alla funzione idrologica, i sistemi blue-green contribuiscono al raffrescamento passivo degli edifici e alla creazione di microhabitat per specie vegetali e insetti impollinatori (City of Hamburg, 2018b; REGREEN Project, 2021).

Un aspetto distintivo della strategia di Amburgo è la multifunzionalità delle coperture, concepite come piattaforme integrate dove elementi ecologici, tecnologici e sociali coesistono. Molti interventi combinano tetti verdi con impianti fotovoltaici o con piccole coltivazioni urbane, dimostrando la compatibilità tra infrastrutture energetiche e soluzioni basate sulla natura (Interlace Hub, 2023). In alcuni casi, le coperture sono progettate come spazi ricreativi, conferendo nuova qualità ecologica e sociale all’ambiente costruito (GrowGreen Project, 2021).

In sintesi, le soluzioni di adattamento adottate da Amburgo si caratterizzano per l’ampia varietà di tipologie e funzioni, l’integrazione tra gestione idrica, efficienza energetica e biodiversità, e l’elevata replicabilità in altri contesti urbani europei. Esse dimostrano come le infrastrutture verdi possano diventare strumenti chiave di adattamento climatico e rigenerazione urbana, promuovendo una visione innovativa e resiliente della città contemporanea.

Funzionamento delle soluzioni di adattamento

Il funzionamento dei tetti verdi si basa su processi fisici di evapotraspirazione, accumulo e drenaggio controllato delle acque. Durante i mesi estivi, la vegetazione e il substrato riducono la temperatura superficiale del tetto e l’irraggiamento solare riflesso, contribuendo alla mitigazione dell’isola di calore urbana (City of Hamburg, 2019). In inverno, lo strato vegetato agisce come isolante termico, migliorando l’efficienza energetica degli edifici (City of Hamburg, 2018b).

Dal punto di vista idrologico, le coperture verdi consentono di trattenere le precipitazioni, rilasciando gradualmente l'acqua in eccesso e riducendo il carico sulle infrastrutture di drenaggio (Richter & Dickhaut, 2023). Inoltre, la vegetazione assorbe polveri e particolato atmosferico, migliora la qualità dell'aria, riduce l'inquinamento acustico e crea habitat favorevoli per insetti e uccelli, contribuendo alla biodiversità urbana (Interlace Hub, 2023).

Risultati conseguiti

A pochi anni dall'avvio del programma, Amburgo ha raggiunto risultati significativi. L'obiettivo dei 100 ettari di coperture verdi è stato superato, con circa 168 ettari installati entro il 2020 (Interlace Hub, 2023). I sistemi blue-green monitorati hanno dimostrato un'elevata efficienza idrologica e un contributo rilevante alla regolazione del microclima urbano (Richter & Dickhaut, 2023).

Sotto il profilo economico, l'analisi costi-benefici condotta dal Comune evidenzia che, nel ciclo di vita dell'edificio, i tetti verdi presentano costi equivalenti a quelli delle coperture tradizionali, grazie alla maggiore durabilità e ai risparmi energetici (City of Hamburg, 2018b).

Oltre agli impatti ambientali e tecnici, la strategia ha generato effetti sociali positivi, come la creazione di nuovi spazi pubblici, l'aumento del benessere urbano e il rafforzamento del senso di appartenenza dei cittadini (Climate-ADAPT, 2016b). Nel complesso, il caso di Amburgo costituisce un modello esemplare di governance climatica urbana, basato sull'integrazione tra pianificazione, innovazione tecnologica e partecipazione (REGREEN Project, 2021).



**Esempio di
un tetto verde
estensivo
sull'edificio
REHAB a Basilea**



Tetti verdi a Basilea, Svizzera: combinare mitigazione, adattamento e biodiversità (1996)

Ambito urbano di applicazione

L'esperienza dei tetti verdi a Basilea costituisce un caso paradigmatico di soluzione basata sulla natura applicata in ambito urbano, finalizzata a generare benefici sinergici in termini di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici (Oppla, 2025; Interlace Hub, 2023; Climate-ADAPT, 2016a).

L'iniziativa si colloca nella città di Basilea, in Svizzera, e si concentra in particolare sulle aree caratterizzate da elevata densità edilizia, dove la disponibilità di spazi per la creazione di nuove aree verdi al suolo è estremamente limitata. In tali contesti, la riconversione dei tetti piani in superfici vegetate è stata individuata come la soluzione

più efficace per incrementare la presenza di infrastrutture verdi urbane e migliorare le prestazioni ecologiche complessive del tessuto costruito (Oppla, 2025; Interlace Hub, 2023; Menezes, 2023; Climate-ADAPT, 2016a).

Criticità climatica affrontate

Le proiezioni climatiche per Basilea evidenziano una marcata vulnerabilità ai fenomeni estremi, sia di natura termica sia idrologica. Nello scenario climatico ad alte emissioni (RCP8.5), si prevede un aumento medio della temperatura di circa 4,5 °C entro il 2100 rispetto ai livelli del 1990. Tale incremento comporterebbe un aumento considerevole della frequenza delle giornate con temperature massime pari o superiori a 30 °C, che passerebbero da una media di 10,5 a 68,5 entro il 2085, e delle notti tropicali, con temperature minime superiori a 20 °C, che crescerebbero da 0,6 a 40,3 nello stesso periodo (Climate-ADAPT, 2016a). Oltre all'intensificazione del fenomeno dell'isola di calore urbana, Basilea è esposta a un rischio crescente di eventi di precipitazione estrema, i quali rendono necessaria una gestione più efficiente del deflusso delle acque meteoriche per mitigare il rischio di allagamenti e sovraccarico delle reti di drenaggio (Oppla, 2025; Interlace Hub, 2023).

Obiettivi dell'intervento

L'obiettivo principale del programma è l'ampliamento sistematico della copertura di tetti verdi sul territorio urbano, perseguito mediante l'uso sinergico di incentivi economici e strumenti regolatori (Oppla, 2025; Climate-ADAPT, 2016a; Interlace Hub, 2023). Nella sua fase iniziale, l'iniziativa mirava prevalentemente al risparmio energetico, con l'intento di ridurre i consumi legati al riscaldamento e al raffrescamento degli edifici, contribuendo così alla mitigazione del cambiamento climatico (Oppla, 2025; Climate-ADAPT, 2016a). Successivamente, l'attenzione si è progressivamente spostata verso la conservazione della biodiversità urbana, con la promozione di habitat vegetali in grado di sostenere specie autoctone e di favorire la diversità ecologica (Niranjan, 2025). Nella fase più recente, l'obiettivo principale si è evoluto verso l'adattamento ai cambiamenti climatici, con un'enfasi particolare sulla riduzione delle temperature e sulla gestione sostenibile del deflusso idrico (Climate-ADAPT, 2016a). A tali obiettivi si aggiungono benefici collaterali significativi, come il miglioramento della qualità dell'aria, la promozione del benessere psicofisico della popolazione, l'incremento della capacità di sequestro e stoccaggio del carbonio e il rafforzamento complessivo della resilienza urbana (Oppla, 2025; Interlace Hub, 2023).

Estensione superficiale ed elementi dello spazio urbano coinvolti nel progetto

L'intervento interessa esclusivamente i tetti piani (Oppla, 2025). Nel 2006, un'indagine ha rilevato la presenza di 1.711 tetti verdi estensivi e 218 intensivi, equivalenti a circa il 23% della superficie complessiva dei tetti piani della città (Climate-ADAPT, 2016a). Negli anni successivi, l'iniziativa ha portato all'installazione media di circa 100 nuovi tetti verdi all'anno, con una copertura aggiuntiva stimata in 80.000 m² annuali. Attualmente, si stima che circa il 40% della superficie dei tetti di Basilea sia stato inverdito, per un totale superiore a un milione di metri quadrati realizzati a partire dal 2002 (Menezes, 2023). Nel 2019, la città ha raggiunto un primato mondiale, con una superficie di tetti verdi pro capite pari a 5,71 m² per abitante (Climate-ADAPT, 2016a).

Livello di governance

La governance del programma è di tipo locale e fa capo al Dipartimento dell'Ambiente e dell'Energia della Città di Basilea, che coordina l'attuazione delle misure in collaborazione con diversi soggetti istituzionali e scientifici (Oppla, 2025; Climate-ADAPT, 2016a). Il supporto scientifico è stato fornito principalmente dalla Zurich University of Applied Sciences (ZHAW), sotto la guida del Dr. Stephan Brenneisen, il cui contributo è stato determinante nel promuovere la dimensione ecologica e nel fornire una base scientifica alle decisioni politiche (Interlace Hub, 2023). Fin dalle prime fasi, sono stati inoltre coinvolti numerosi stakeholder locali, tra cui associazioni ambientali e orticole come Pro Natura Basel, al fine di favorire la partecipazione pubblica e garantire l'accettazione sociale della normativa (Oppla, 2025; Climate-ADAPT, 2016a).

Strategia di intervento

La strategia basilese si distingue per l'integrazione di strumenti finanziari e meccanismi regolatori che hanno consentito un'ampia e duratura adozione delle pratiche di inverdimento. In primo luogo, l'istituzione di un Fondo di Risparmio Energetico, finanziato da un prelievo del 5% sulle bollette energetiche dei cittadini, ha reso possibile l'erogazione di sussidi destinati all'installazione dei tetti verdi. Gli incentivi, variabili tra 20 e 40 CHF/m², hanno favorito in particolare la riqualificazione degli edifici esistenti (Climate-ADAPT, 2016a; Menezes, 2023). In secondo luogo, un emendamento alla Legge sull'Edilizia e Costruzione, approvato nel 2002, ha

introdotto l'obbligo di installare tetti verdi su tutti i nuovi edifici e su quelli oggetto di ristrutturazione. Tale disposizione è stata ulteriormente rafforzata nel 2010, estendendo l'obbligatorietà dell'inverdimento a tutte le costruzioni con tetti piani. Il successo della misura ha reso progressivamente superflua l'erogazione di ulteriori sussidi, consolidando la pratica come norma costruttiva consolidata (Climate-ADAPT, 2016a).

Soluzioni di adattamento

Le soluzioni adottate comprendono tetti verdi estensivi, leggeri e a bassa manutenzione, e tetti intensivi, più complessi e con funzioni anche sociali (Climate-ADAPT, 2016a). L'uso di specie autoctone riduce il fabbisogno idrico e manutentivo, garantendo al contempo benefici ecologici (Living Architecture Monitor, 2022).

Il substrato trattiene l'acqua piovana e ne regola il rilascio, favorendo l'evapotraspirazione e il raffrescamento urbano (Oppla, 2025). La vegetazione contribuisce all'isolamento termico e alla riduzione delle temperature superficiali, mentre la varietà biologica favorisce la presenza di fauna urbana e rafforza la rete ecologica cittadina (Climate-ADAPT, 2016a). Insieme, questi processi rendono le coperture infrastrutture verdi multifunzionali, capaci di fornire benefici climatici, idrici ed ecologici duraturi.

Le linee guida municipali per la realizzazione dei tetti verdi stabiliscono parametri tecnici e biologici rigorosi, finalizzati a massimizzare i benefici ambientali e adattivi (Oppla, 2025; Menezes, 2023). Il substrato di coltivazione deve essere costituito da materiali autoctoni, con una profondità minima di 12 cm, aumentata rispetto ai 10 cm originari per migliorare la capacità di ritenzione idrica e la resilienza alle ondate di calore. È inoltre raccomandata una variazione dello spessore del substrato per promuovere una maggiore diversità ecologica, e si discute l'opportunità di portare lo spessore minimo a 15 cm (Niranjan, 2025). La composizione floristica deve privilegiare specie vegetali autoctone adattate al clima e ai suoli locali, al fine di sostenere la biodiversità tipica della regione. Le superfici devono includere microhabitat strutturali, come cumuli di terra di circa 30 cm di altezza e 3 m di larghezza, per favorire la colonizzazione da parte di invertebrati e altre specie. Parallelamente, sono in corso sperimentazioni per l'integrazione ibrida tra tetti verdi e pannelli fotovoltaici, con configurazioni ottimali che prevedono circa il 60% della superficie occupata dai moduli fotovoltaici e il restante 40% riservato a coperture vegetali ad alto valore ecologico (Climate-ADAPT, 2016a; Niranjan, 2025).



↑
I tetti verdi realizzati in adiacenza al tetto in rame della sala conferenze della Biblioteca universitaria di Basilea

Funzionamento delle soluzioni di adattamento

I tetti verdi basilesi contribuiscono in modo significativo alla mitigazione dell'effetto isola di calore urbano, riducendo la temperatura interna degli edifici fino a 5 °C rispetto a quelli con copertura convenzionale, con conseguente diminuzione del consumo energetico per la climatizzazione e dell'assorbimento di calore a scala urbana (Oppla, 2025; Menezes, 2023). Dal punto di vista idrologico, la vegetazione e il substrato dei tetti verdi favoriscono l'assorbimento e il rilascio ritardato delle acque meteoriche, con una riduzione del deflusso superficiale stimata tra il 17% e il 20% nelle aree densamente edificate (Climate-ADAPT, 2016a). Inoltre, tali infrastrutture rappresentano habitat permanenti per numerose specie di invertebrati e piante, comprese specie inserite nelle liste rosse di conservazione, e fungono da stepping stones ecologici che favoriscono la connettività tra aree verdi urbane e periurbane (Oppla, 2025).

Risultati conseguiti

L'approccio adottato da Basilea si è dimostrato altamente efficace sia dal punto di vista ambientale che socioeconomico. L'inverdimento dei tetti è divenuto una pratica edilizia ordinaria, pienamente accettata dagli operatori del settore e dalla cittadinanza

(Interlace Hub, 2023). La città detiene attualmente il primato mondiale per superficie di tetti verdi pro capite (Climate-ADAPT, 2016a). L'intervento ha inoltre mostrato una notevole efficienza economica, con costi di installazione ridotti nel tempo fino a circa 23 CHF/m², a fronte di significativi benefici ambientali e sociali. Nel complesso, il programma ha contribuito a migliorare il benessere urbano, la resilienza climatica e la consapevolezza ambientale dei cittadini, rafforzando l'immagine di Basilea come modello internazionale di sostenibilità urbana (Oppla, 2025; Menezes, 2023).

PARTE TERZA

**Soluzioni progettuali
tecnologiche ambientali
per l'adattamento urbano ecosistemico**



NATURE-BASED SOLUTIONS PER LA RESILIENZA CLIMATICA E LA BIODIVERSITÀ URBANA



Vista dall'alto
di Piazza della
Trivulziana
a Milano nel
quartiere
Bicocca

Gli spazi naturali in ambito urbano svolgono un ruolo fondamentale per la biodiversità e per la mitigazione degli impatti climatici. Le aree verdi costituiscono habitat per numerose specie vegetali e animali, contribuendo all'equilibrio ecologico e alla fornitura di servizi ecosistemici essenziali, quali la depurazione dell'aria, la gestione sostenibile delle acque meteoriche e la riduzione delle isole di calore. Inoltre, incidono positivamente sul benessere psicofisico e sulla qualità della vita dei cittadini, favorendo ambienti più sani e resilienti.

Le soluzioni basate sulla natura (Nature-based Solutions, NbS) rappresentano uno strumento strategico per l'adattamento e la mitigazione ai cambiamenti climatici. Le politiche internazionali e europee — dalle Nazioni Unite con l'Agenda 2030 (Goal 11.7; UN, 2015) alla Strategia europea per la biodiversità 2030 e alla Strategia per l'adattamento climatico (EC, 2020a; EC, 2021) — promuovono la diffusione di infrastrutture verdi e blu accessibili e integrate nella pianificazione urbana. L'Organizzazione Mondiale della Sanità raccomanda, inoltre, che ogni cittadino disponga di spazi verdi accessibili entro 300 metri dalla propria abitazione, con una superficie minima di 5000 m² (WHO, 2017).

Le NbS includono soluzioni progettuali che impiegano elementi vegetali e minerali naturali, in grado di migliorare l'adattamento climatico urbano e generare benefici ambientali, sociali ed economici (Mussinelli et al., 2020a). Possono essere applicate tanto negli spazi aperti — parchi, piazze, giardini e parcheggi — quanto negli edifici, attraverso facciate e coperture verdi. L'integrazione sistemica di tali interventi consente di rigenerare le infrastrutture ecologiche urbane, potenziando i servizi ecosistemici e la biodiversità (Mussinelli et al., 2020b).

Dal punto di vista funzionale, le NbS offrono una risposta efficace agli impatti delle alte temperature e degli eventi meteorologici estremi, riducendo i rischi associati a ondate di calore e allagamenti urbani. Allo stesso tempo, contribuiscono alla mitigazione

climatica tramite l'assorbimento di anidride carbonica e l'abbattimento degli inquinanti atmosferici, comprese le polveri sottili (Mussinelli et al., 2020a). Le NbS costituiscono un approccio integrato per lo sviluppo di città sostenibili, resilienti e salubri. Esse favoriscono la transizione verso un modello di urbanizzazione ecologica, capace di coniugare benessere umano, tutela ambientale e adattamento ai cambiamenti climatici.

Agricoltura urbana

L'agricoltura urbana (AU) comprende l'insieme delle pratiche di coltivazione, allevamento e trasformazione agroalimentare che si svolgono all'interno o in prossimità del tessuto urbano, utilizzando risorse locali e integrandosi funzionalmente nel sistema ecologico e socioeconomico della città (Mougeot, 2000). Essa include la produzione di ortaggi, frutta, piante aromatiche e ornamentali, nonché forme di allevamento su piccola scala, perseguendo obiettivi produttivi, ambientali e sociali. Le principali forme di AU includono gli orti urbani (spazi coltivati in cortili, tetti, aree pubbliche o private con finalità produttive e sociali), le fattorie multifunzionali urbane, le coltivazioni indoor o verticali e le attività agricole periurbane integrate nella pianificazione territoriale. La gestione di tali sistemi richiede approcci orientati all'uso efficiente di suolo, acqua ed energia (De Bon et al., 2010), e alla scelta di colture orticole ad alto valore nutritivo ed economico (Zezza & Tasciotti, 2010). L'orticoltura, in particolare, rappresenta una componente chiave per l'adattamento climatico urbano, grazie alla sua capacità di valorizzare superfici limitate e risorse scarse garantendo al contempo servizi ecosistemici rilevanti (Orsini et al., 2013). In una prospettiva di adattamento al cambiamento climatico, l'agricoltura urbana e periurbana assume un ruolo strategico all'interno delle politiche di resilienza delle città. Essa contribuisce, innanzitutto, alla mitigazione delle isole di calore urbane attraverso l'aumento dell'evapotraspirazione e la conseguente riduzione delle temperature dell'aria e delle superfici. Allo stesso tempo, favorisce una gestione sostenibile delle acque meteoriche, migliorando i processi di infiltrazione e riducendo il deflusso superficiale che caratterizza le aree impermeabilizzate. L'agricoltura urbana contribuisce inoltre a rafforzare la resilienza alimentare locale, poiché la vicinanza tra luoghi di produzione e consumo riduce le distanze di trasporto, le emissioni associate e le perdite post-raccolta. Infine, promuove la sicurezza alimentare e la coesione sociale, offrendo spazi di socialità, inclusione ed educazione ambientale attraverso orti comunitari, giardini condivisi e iniziative di agricoltura sociale (FAO, Rikolto & RUAF, 2022).

Bioswales

Le bioswales sono elementi naturali di una infrastruttura verde progettati per la gestione sostenibile del deflusso superficiale nelle aree urbane. Si tratta di canali vegetati poco profondi, generalmente stretti e lineari, che servono a intercettare, convogliare e filtrare l'acqua piovana proveniente da superfici impermeabili come strade, piazze, parcheggi e tetti. La loro struttura presenta una depressione centrale e un substrato filtrante formato da strati di terreno sabbioso, ghiaia e vegetazione erbacea o arbustiva. Questa configurazione riduce la velocità del flusso idrico, favorendo l'infiltrazione dell'acqua nel suolo e la sua depurazione naturale grazie ai processi di filtrazione, assorbimento e fitodepurazione svolti dal terreno e dalle radici delle piante. In questo modo, le bioswales contribuiscono alla rimozione di solidi sospesi, nutrienti e sostanze inquinanti, migliorando la qualità delle acque meteoriche urbane. Oltre alla funzione idraulica, esse svolgono un ruolo importante dal punto di vista ecologico, poiché aumentano la permeabilità del suolo urbano e favoriscono la ricarica delle falde superficiali. La vegetazione diversificata che le caratterizza promuove inoltre la biodiversità, offrendo habitat a insetti impollinatori, piccoli animali e microrganismi del suolo. Dal punto di vista operativo, le bioswales sono soluzioni versatili e facilmente integrabili nei progetti di spazio pubblico e rigenerazione urbana. Possono essere inserite lungo strade, viali alberati, parcheggi permeabili, giardini pubblici o corti condominiali, assumendo anche una funzione paesaggistica ed educativa. Le bioswales contribuiscono a mitigare gli effetti delle precipitazioni intense e a ridurre la pressione sulle reti di drenaggio tradizionali, combinando benefici idrologici, ecologici e ambientali (Ballard et al., 2015; Eisenberg et al., 2022).

Bacini allagabili (Detention basins)

I bacini allagabili sono sistemi di infrastruttura verde finalizzati alla gestione sostenibile delle acque meteoriche in ambito urbano. Si tratta di depressioni vegetate, generalmente poco profonde e modellate con pendenze dolci, progettate per raccogliere e trattenere temporaneamente il deflusso proveniente da superfici impermeabili come strade, parcheggi, piazze e coperture edilizie. Durante gli eventi di precipitazione intensa, i bacini allagabili accumulano l'acqua piovana, consentendo la sedimentazione dei solidi sospesi e la deposizione delle sostanze inquinanti trasportate dal flusso. L'acqua immagazzinata viene successivamente rilasciata in modo controllato verso corsi d'acqua o reti di drenaggio mediante strutture di scarico regolato, riducendo il rischio di sovraccarico idraulico. A differenza dei bacini di infiltrazione, questi sistemi non permettono l'assorbimento diretto nel suolo, ma assolvono una funzione di ritenzione temporanea e laminazione dei

➔
**Stagno antistante
 la facciata della
 Fondazione
 Beyeler
 progettata
 dall'Arch. Renzo
 Piano a Basilea,
 Svizzera**



deflussi. Dal punto di vista ambientale, i bacini allagabili contribuiscono al miglioramento della qualità delle acque grazie a processi naturali di filtrazione fisica, adsorbimento al suolo e degradazione biologica delle sostanze inquinanti. In condizioni ordinarie rimangono asciutti o leggermente umidi, potendo quindi essere utilizzati anche come spazi multifunzionali: aree verdi, campi da gioco, giardini pubblici o spazi di quartiere. La presenza di vegetazione erbacea, arbustiva o arborea migliora l'efficienza ecologica e paesaggistica del sistema, favorendo la biodiversità locale, la regolazione microclimatica e la valorizzazione estetica dello spazio urbano. I bacini allagabili contribuiscono a ridurre i picchi di deflusso, limitare gli allagamenti e integrare funzioni ecologiche e sociali nel tessuto urbano (EC, 2014; Eisemberg, 2022).

Bacini di ritenzione (stagni)

I bacini di ritenzione permanente (retention ponds) sono invasi o vasche progettate con una capacità di accumulo aggiuntiva per attenuare il deflusso superficiale durante gli eventi meteorici intensi. Si caratterizzano per la presenza di una zona d'acqua permanente, circondata da sponde modellate e aree paesaggistiche che forniscono spazio supplementare per l'accumulo temporaneo delle acque piovane. Questi bacini possono essere realizzati sfruttando una depressione naturale del terreno, mediante scavo artificiale o attraverso la costruzione di argini. Non è consigliabile l'utilizzo diretto di corpi idrici naturali esistenti, poiché gli eventi di inquinamento e la possibile riduzione della qualità dell'acqua potrebbero compromettere l'equilibrio ecologico originario.

Dal punto di vista funzionale, i bacini di ritenzione offrono doppia efficacia: attenuazione idraulica dei deflussi meteorici e trattamento della qualità delle acque di ruscellamento. Essi consentono infatti di trattenere temporaneamente il deflusso e rilasciarlo in modo controllato, riducendo il rischio di sovraccarico delle reti di drenaggio e di allagamenti urbani. Durante la fase di detenzione, il ristagno dell'acqua favorisce la sedimentazione dei solidi sospesi, mentre la vegetazione acquatica e i processi biologici di assimilazione contribuiscono alla rimozione di nutrienti e contaminanti. Grazie a tali processi fisici e biologici, i bacini di ritenzione rappresentano sistemi efficaci per la rimozione degli inquinanti urbani e il miglioramento della qualità del deflusso superficiale (EC, 2014; Eisenberg, 2022).

Bacini di infiltrazione

I bacini di infiltrazione (infiltration basins) sono aree vegetate, generalmente asciutte in condizioni normali, che durante gli eventi di pioggia consentono all'acqua di infiltrarsi nel terreno, contribuendo così alla ricarica delle falde acquifere. Questa caratteristica li distingue dai bacini di ritenzione, nei quali l'acqua viene trattenuta temporaneamente in superficie. I bacini di infiltrazione sono spesso ricoperti da vegetazione erbacea, ma possono essere integrati con altre tipologie vegetali in grado di creare habitat per la fauna selvatica e di favorire la biodiversità (Eisenberg et al., 2022). Tuttavia, l'acqua raccolta in questi sistemi può costituire un vettore di inquinanti o di sostanze nocive che rischiano di raggiungere la falda. Per questa ragione, alcuni bacini di infiltrazione vengono dotati di sistemi di filtrazione — come bioswales o bacini di ritenzione a monte — oppure di vegetazione depurante capace di ridurre il carico di sedimenti e trattenere metalli pesanti e oli (EC, 2014). I bacini di infiltrazione possono essere realizzati in due configurazioni

principali: connessi al sistema idraulico urbano tradizionale, e utilizzati anche in condizioni meteorologiche ordinarie; disconnessi al sistema di drenaggio, ma progettati per entrare in funzione come regolatori di troppo pieno quando si raggiungono soglie critiche di accumulo delle acque meteoriche. La velocità di infiltrazione dell'acqua nel suolo dipende dalla permeabilità e dalla capacità di infiltrazione del terreno, fattori che determinano l'efficacia idraulica e ambientale del bacino (Ballard et al., 2015).

Corridoi verdi

I corridoi verdi, noti anche come infrastrutture naturali lineari, costituiscono un elemento fondamentale dell'ecologia del paesaggio urbano. Si tratta di fasce vegetate — composte da alberi, arbusti ed erbacee — che si sviluppano su scala variabile e collegano tra loro i principali spazi verdi della città, formando una rete ecologica urbana integrata. Queste strutture lineari complementano e connettono i parchi, i giardini e le aree naturali, contribuendo alla protezione degli habitat, alla continuità ecologica e al mantenimento della biodiversità urbana. I corridoi verdi rappresentano infatti i principali percorsi di spostamento e dispersione per molte specie animali e vegetali, consentendo loro di muoversi, sopravvivere e riprodursi all'interno di paesaggi urbanizzati. Nei contesti urbani altamente frammentati, dove gli spazi verdi sono distanti e i collegamenti ecologici insufficienti o assenti, la capacità del paesaggio di regolare i deflussi meteorici e di mitigare il rischio di alluvione risulta fortemente ridotta. La prevalenza di superfici impermeabili rispetto a quelle biologicamente attive altera l'equilibrio idrologico urbano, riducendo l'infiltrazione e l'evapotraspirazione e sovraccaricando le reti fognarie. Ciò può determinare fenomeni di allagamento, inquinamento fluviale e degrado ambientale. La creazione e il rafforzamento dei corridoi verdi consente di alleggerire la pressione sui sistemi di drenaggio, migliorando la gestione sostenibile delle acque meteoriche e proteggendo la qualità dell'ambiente urbano. Molte città, riconoscendo l'importanza di tali infrastrutture, stanno adottando strategie di pianificazione ecologica integrata, mirate a interconnettere spazi verdi esistenti attraverso interventi su diverse scale: dai grandi corridoi ecologici fluviali (ripariali) — che fungono da vie di dispersione per le specie influenzate dai cambiamenti climatici da rifugi microclimatici contro il surriscaldamento urbano (Krosby et al., 2018) — fino ai microcorridoi di quartiere, come strade alberate, viali verdi e giardini lineari, che agiscono come “stepping stones” ecologici per favorire la

connettività e i servizi ecosistemici su scala locale. Nel loro insieme, i corridoi verdi rappresentano componenti strategiche della green urban infrastructure, capaci di conciliare le esigenze ecologiche, idrologiche e sociali della città contemporanea e di contribuire in modo significativo alla sua resilienza climatica e ambientale (World Bank, 2021).

Pareti vegetate (living green wall)

Le pareti verdi sono sistemi vegetali a crescita controllata che si sviluppano su superfici verticali e ospitano una vegetazione fuori suolo composta da piante tappezzanti, arbusti, graminacee ed erbacee. Si tratta di sistemi complessi in cui la componente vegetale è integrata con elementi tecnologici e impiantistici, come il sistema di irrigazione, che assicura l'apporto di acqua e nutrienti minerali necessari alla crescita delle piante (ENEA, 2024). Dal punto di vista tecnico, una parete verde è costituita da una sequenza funzionale di strati che comprende la struttura di supporto, il substrato di crescita, il sistema di funzionamento e gestione e, infine, la vegetazione. Il substrato può essere realizzato con materiali di origine organica o artificiale — come resine espanse, feltro, perlite o lana minerale — e, nella maggior parte dei casi, il sistema di coltivazione adottato è di tipo idroponico, consentendo lo sviluppo di un'ampia varietà di specie vegetali lungo la superficie verticale (Perini, 2013; Lambertini, 2014; Croce & Vettorato, 2021). In base alla modalità di installazione della vegetazione, si distinguono due principali tipologie di pareti verdi. Le pareti verdi continue utilizzano strati leggeri di feltro che permettono alle piante di crescere senza l'impiego di un substrato terroso, mentre le pareti verdi modulari sono costituite da pannelli prefabbricati, formati da specifici elementi di supporto che ospitano le piante e ne facilitano la manutenzione (Manso & João Castro-Gomes, 2015). Nel loro insieme, queste soluzioni rappresentano una tecnologia avanzata per l'integrazione della vegetazione negli edifici e nei contesti urbani, capace di offrire benefici ecologici, microclimatici e architettonici, contribuendo al miglioramento della qualità ambientale e al comfort urbano.

Pocket gardens

I pocket gardens sono interventi di piccola scala e diffusi volti alla trasformazione a verde di spazi urbani interstiziali o residuali, con l'obiettivo di rivitalizzare aree poco frequentate e renderle più attrattive e vivibili, anche sotto il profilo sociale e commerciale. Il concetto nasce a New York negli anni Sessanta con i pocket gardens, introdotti a seguito della legge del 1961 sui "Privately Owned Public Spaces" (POPS), pensata per incentivare la

valorizzazione di spazi privati a uso pubblico. L'esperimento ha trovato poi applicazione in varie città europee, tra cui Lione (Jardin de poche) e Copenaghen (Lommemark), adattandosi ai diversi contesti urbani e culturali. Questi microspazi verdi agiscono come "isole di comfort climatico", capaci di migliorare il microclima urbano e di offrire benefici termici e ambientali sia agli edifici circostanti sia agli abitanti o lavoratori delle aree limitrofe. Rappresentano inoltre una soluzione flessibile, economica e replicabile per aumentare la dotazione di verde urbano, favorendo l'uso multifunzionale e inclusivo di superfici spesso trascurate, anche di natura privata o non pianificata, e consentendo l'inserimento di alberi e vegetazione laddove gli spazi disponibili sono limitati (Dessi, 2017).

Facciate verdi

Le facciate verdi rappresentano una delle soluzioni più consolidate e versatili nel campo dell'inverdimento verticale, costituendo un elemento chiave delle strategie di mitigazione e adattamento urbano ai cambiamenti climatici. Esse si caratterizzano per la presenza di vegetazione estensiva che si sviluppa in senso verticale, con apparati radicali ancorati al suolo o in contenitori, e piante rampicanti in grado di aderire, arrampicarsi o sostenersi su strutture apposite.

In termini tipologici, le facciate verdi si distinguono in sistemi diretti e sistemi indiretti (Lambertini, 2014; Bit, 2012). Nei sistemi diretti, la crescita delle piante avviene a contatto con la parete dell'edificio, dove la vegetazione si sviluppa liberamente mediante radici avventizie, viticci o organi di ancoraggio. Tali sistemi, pur essendo più semplici da realizzare e meno onerosi, richiedono un'attenta valutazione delle caratteristiche superficiali della facciata, poiché le specie aderenti possono, nel tempo, interagire con l'intonaco o le finiture murarie (ENEA, 2024). I sistemi indiretti prevedono invece l'interposizione di strutture di supporto – come reti metalliche, cavi in acciaio, corde sintetiche o grigliati – ancorate alla facciata ma separate da essa, che consentono alla vegetazione di svilupparsi senza contatto diretto con il muro. Tali sistemi garantiscono una maggiore durabilità dell'edificio e una migliore gestione della vegetazione, permettendo anche l'integrazione di moduli di coltivazione o vasi sospesi. All'interno dei sistemi indiretti si distinguono due sottocategorie: soluzioni continue, basate su una singola struttura di supporto estesa sull'intera superficie edilizia; soluzioni modulari, composte da elementi ripetibili e assemblabili, che facilitano le operazioni di manutenzione e sostituzione (Radić et al., 2019). Le strutture di sostegno, indipendentemente dalla loro configurazione,

devono essere progettate considerando i carichi statici e dinamici generati dal peso della vegetazione, dell'irrigazione e dell'azione del vento. Nei casi in cui si utilizzino materiali metallici, è necessario prevedere la messa a terra per garantire la sicurezza contro le scariche atmosferiche.

Dal punto di vista botanico, le piante rampicanti impiegate nei sistemi di facciata verde possono essere classificate in tre categorie principali: specie con viticci, che si aggrappano autonomamente ai supporti; specie aderenti, in grado di fissarsi direttamente alle pareti mediante radici avventizie o ventose; specie che necessitano di legature, che richiedono un sostegno fisico per orientare la crescita. Le facciate verdi non svolgono soltanto una funzione estetica o di mitigazione microclimatica, ma rappresentano dispositivi ecosistemici multifunzionali in grado di migliorare la qualità dell'aria, ridurre l'effetto "isola di calore" e incrementare la biodiversità urbana attraverso la creazione di microhabitat verticali. Queste soluzioni, integrando natura e architettura, contribuiscono al riequilibrio ecologico delle città e alla promozione di un modello urbano più resiliente e sostenibile (Lambertini, 2014; Bit, 2012; Radic et al., 2019).

Filari alberati

Le alberature in filare rappresentano una strategia efficace per incrementare la copertura vegetale e migliorare la qualità ambientale all'interno del tessuto urbano. Questa configurazione prevede la disposizione lineare degli alberilungo strade, percorsi ciclopedonali o marciapiedi, costituendo elementi di continuità ecologica e paesaggistica negli spazi pubblici. La presenza arborea contribuisce in modo significativo alla regolazione del microclima urbano, grazie alla capacità delle piante di assorbire gas inquinanti, intercettare il particolato atmosferico e ridurre la temperatura dell'aria mediante ombreggiamento e traspirazione fogliare. Durante le stagioni più calde, tali processi determinano una sensibile attenuazione dello stress termico urbano, con benefici diretti per la salute e il comfort della popolazione (Eisenberg, 2022). Oltre agli effetti climatici ed ecologici, le strade alberate con ampie chiome costituiscono un elemento strutturale della progettazione urbana sostenibile, in quanto favoriscono la gestione naturale delle acque meteoriche, la mitigazione dell'isola di calore urbana e la riduzione del fabbisogno energetico per il raffrescamento degli edifici.

Sotto il profilo sociale ed economico, le alberature contribuiscono a migliorare la qualità percettiva e identitaria degli spazi urbani, promuovendo la mobilità pedonale, l'integrazione sociale e la vitalità economica locale. In molti contesti, specifiche specie arboree assumono anche un valore simbolico e culturale, legato alla memoria collettiva o alla

stagionalità delle fioriture, con effetti positivi sull'attrattività e la competitività delle città (World Bank, 2021). L'efficacia complessiva delle alberature stradali dipende tuttavia da una pluralità di fattori, tra cui dimensione e stato fitosanitario degli alberi, ampiezza della chioma, densità di impianto, scelta delle specie, condizioni pedologiche e idriche del suolo, localizzazione nel contesto urbano e indice di area fogliare (LAI), che influisce sulla capacità di intercettare radiazione solare e inquinanti atmosferici. Un'attenta pianificazione di tali elementi consente di massimizzare i benefici ecosistemici, rendendo le alberature stradali una componente essenziale della rete verde urbana multifunzionale.

Fossati inondabili

Il fossato inondabile a cielo aperto è destinato alla raccolta, temporanea ritenzione e infiltrazione controllata delle acque meteoriche. Questi sistemi rientrano nelle cosiddette zone inondabili controllate, dispositivi di drenaggio naturale che, in ambito urbano, replicano i processi idrologici del suolo contribuendo a rallentare il deflusso superficiale e ad aumentare la capacità di infiltrazione. Si presenta come un canale poco profondo e a sezione ampia, con sponde a pendenza dolce e vegetazione spontanea o selezionata che ne favorisce la funzionalità ecologica. Generalmente la profondità varia tra i 20 e i 30 cm per una larghezza complessiva di circa 10 metri, valori che consentono di raccogliere e immagazzinare l'acqua piovana proveniente sia dal ruscellamento diretto sia da canalizzazioni superficiali. L'acqua così accumulata può poi essere smaltita per infiltrazione nel suolo o convogliata verso bacini di laminazione, pozzi drenanti o reti di drenaggio urbano, con flusso regolato e depurazione naturale attraverso il substrato vegetale e minerale. Trovano ampia applicazione nei contesti urbani e periurbani, dove possono essere integrate nel profilo stradale, nei parcheggi permeabili, negli spazi verdi pubblici o lungo percorsi pedonali e ciclabili. Particolare attenzione deve essere riservata ai contesti in cui le acque meteoriche possono contenere inquinanti derivati dal traffico veicolare o da superfici impermeabili. In tali situazioni è opportuno prevedere sistemi di separazione delle acque di prima pioggia, convogliandole verso impianti di trattamento dedicati per evitare la contaminazione delle falde. Dal punto di vista operativo, si distinguono per la semplicità costruttiva e la bassa manutenzione. Sono infatti sufficienti due interventi annuali di manutenzione ordinaria — relativi alla gestione della vegetazione e alla pulizia delle opere di drenaggio e regolazione — per garantire l'efficienza idraulica ed ecologica. Queste caratteristiche, unite ai costi di realizzazione contenuti e alla valenza

paesaggistica e ambientale, rendono i fossati inondabili efficaci soluzioni verde e blu per la resilienza urbana e la mitigazione del rischio idraulico (Dessi, 2017).

Foreste urbane

La foresta urbana comprende l'insieme della vegetazione presente all'interno, in prossimità e nella fascia di transizione tra aree urbane e rurali. Essa include boschi, gruppi e singoli alberi, parchi, giardini, viali alberati, orti urbani, aree incolte e boscate frammentate, nonché sponde fluviali, fasce di rispetto stradali e ferroviarie e lembi residui di superfici agricole. Si tratta di un sistema ecologico complesso che integra elementi naturali e antropici, come vegetazione, edifici, infrastrutture e popolazione, e che si sviluppa in relazione diretta con i tessuti costruiti e le reti infrastrutturali. Tale sistema costituisce un mosaico ecologico multifunzionale, in cui differenti componenti vegetali e ambientali interagiscono in modo dinamico e interdipendente (Miller, 1998; Kuchelmeister, 2000; Konijnendijk et al., 2006; FAO, 2016).

Nel contesto della pianificazione territoriale e ambientale, la foresta urbana è considerata parte integrante della green infrastructure, ovvero una rete ecologica interconnessa di spazi verdi che, attraverso la loro posizione, connettività e struttura, contribuiscono alla fornitura di servizi ecosistemici, alla mitigazione degli impatti ambientali e al miglioramento della qualità della vita urbana. La progettazione e la gestione della foresta urbana richiedono un approccio interdisciplinare e sistemico, capace di affrontare le criticità tipiche dell'ambiente costruito, quali l'isola di calore urbana, la compattazione del suolo, la scarsità idrica e l'inquinamento atmosferico, al fine di massimizzare i benefici ecologici e sociali e ridurre i disservizi ecosistemici (AA.VV., 2023).

Gruppo di alberi

I gruppi di alberi rappresentano una strategia di progettazione che riproduce, in scala ridotta, la struttura ecologica e spaziale della foresta all'interno del tessuto urbano. Essi possono essere impiegati per la creazione di spazi ombreggiati e climaticamente confortevoli, fungendo da elementi di mitigazione in aree ad alta densità edilizia o come dispositivi verdi per corti e spazi pubblici. I gruppi di alberi garantiscono molteplici benefici ambientali, tra cui una migliore regolazione idrica, una maggiore resilienza ai fenomeni climatici estremi e la riduzione dello stress termico urbano. L'impiego di specie autoctone eterogenee, associate a vegetazione di sottobosco, contribuisce inoltre al potenziamento della biodiversità e alla ricostituzione delle reti ecologiche nel contesto urbano (Eisenberg, 2022).

Habitat walls

Il concetto di habitat wall rappresenta una delle più recenti innovazioni nell'ambito dell'architettura ecologica e della progettazione bio-integrata, mirata a ripristinare relazioni funzionali tra ambiente costruito e biodiversità urbana. Si tratta di sistemi murari porosi e stratificati che incorporano substrati vegetali, cavità e micro-spazi ecologici destinati a favorire l'insediamento di flora e fauna autoctone. A differenza delle tradizionali pareti verdi, gli habitat wall non si limitano a un rivestimento vegetale superficiale, ma si configurano come ecosistemi verticali autonomi, nei quali struttura architettonica e supporto biologico coincidono.

Esempi significativi di habitat wall sono proposti da Chartier Dalix Architectes nella Primary School for Sciences and Biodiversity di Boulogne-Billancourt (2014) e nel nuovo quartier generale dell'Assistance Publique – Hôpitaux de Paris (2021). In entrambi i casi, la parete edilizia è reinterpretata come sistema ecologico attivo, capace di ospitare vegetazione e piccole specie faunistiche attraverso l'integrazione di substrati minerali, cavità e supporti vegetali. Questi dispositivi trasformano la facciata in una superficie viva e dinamica, che contribuisce alla regolazione microclimatica, alla connessione ecologica verticale e al miglioramento della biodiversità urbana, configurando l'edificio come parte integrante dell'ecosistema cittadino (Chartier Dalix Architectes, 2014; 2021).

Pavimentazioni vegetate

Le pavimentazioni vegetate sono superfici inerbite stabilizzate mediante elementi modulari prefabbricati, come griglie in materiale plastico rinforzato, che, grazie alla presenza di vuoti strutturali, consentono all'acqua piovana di infiltrarsi nel sottosuolo. Queste pavimentazioni sono impiegate per la realizzazione di percorsi pedonali o carrabili a traffico leggero, combinando funzioni di stabilità meccanica e drenaggio naturale.

Nella progettazione di una pavimentazione permeabile vegetata è fondamentale considerare fattori come la disponibilità di luce solare e la resistenza al calpestio della copertura erbosa. Ad esempio, in parcheggi soggetti a traffico intenso durante le ore diurne, la scarsa illuminazione, il ripetuto passaggio dei veicoli e il calore irradiato dai motori compromettono lo sviluppo della vegetazione, limitandone la capacità di crescita e la funzionalità complessiva del sistema (Ballard et al., 2015).

Prati urbani

Il prato urbano è una superficie vegetale continua e permeabile, composta prevalentemente da specie erbacee, che assolve funzioni ecologiche, microclimatiche, paesaggistiche e sociali all'interno dell'ambiente costruito. Costituisce un elemento funzionale del sistema del verde urbano, in quanto contribuisce alla regolazione del deflusso meteorico e al miglioramento della permeabilità dei suoli, riducendo i fenomeni di run-off superficiale. Dal punto di vista microclimatico, il prato urbano partecipa al bilancio energetico locale, favorendo la mitigazione delle temperature attraverso processi di evapotraspirazione e riducendo l'effetto "isola di calore". Inoltre, contribuisce al sequestro di inquinanti atmosferici, polveri sottili e metalli pesanti, concorrendo al miglioramento della qualità ambientale complessiva. Le differenti tipologie di prato — rustico, ornamentale, sportivo, fiorito o tappezzante — sono selezionate in relazione alla destinazione d'uso, alle condizioni pedoclimatiche e ai livelli di manutenzione previsti, costituendo uno strumento operativo per la gestione sostenibile e resiliente degli spazi verdi urbani (Desi et al., 2017).

Rain gardens

I rain gardens (giardini della pioggia) sono soluzioni costruttive caratterizzate da depressioni superficiali vegetate, all'interno delle quali vengono collocate specie idrofile, ornamentali e/o arboree. Questa tipologia di intervento è frequentemente impiegata nei sistemi urbani di raccolta e trattamento delle acque meteoriche, spesso in combinazione con le bioswales (canalette di infiltrazione vegetate). L'obiettivo principale dei rain gardens è raccogliere, trattenere e favorire l'infiltrazione nel suolo delle acque di deflusso provenienti da superfici circostanti impermeabili come piazze, strade, parcheggi o coperture edilizie. A differenza delle bioswales, che si sviluppano prevalentemente in forma lineare, i rain gardens presentano una morfologia più estesa in superficie e una maggiore capacità di accumulo e stoccaggio dell'acqua piovana, sebbene in misura inferiore rispetto ai bacini di ritenzione o alle vasche di laminazione. I rain gardens possono essere integrati in diversi contesti urbani, sia in aree verdi di carattere naturalistico (parchi, giardini, spazi pubblici vegetati), sia in ambiti a prevalente impermeabilizzazione (strade, parcheggi, corti o piazze).

Questi sistemi rappresentano una soluzione efficace per la gestione delle precipitazioni intense e frequenti, poiché riducendo il deflusso superficiale e ritardando il tempo di



Esempi di sistemi verdi temporanei che integrano l'arredo urbano della seduta nel Bastya Park, Budapest, Ungheria

drenaggio delle acque meteoriche, contribuiscono a mitigare il rischio di allagamento urbano. Inoltre, grazie alla presenza della vegetazione, i rain gardens favoriscono l'incremento della biodiversità e il miglioramento della qualità ecologica degli spazi pubblici (Ballard et al., 2015; Eisenberg et al., 2022; EC, 2014; World Bank, 2021).

Siepi e fasce arbustive

Le siepi e le fasce arbustive sono elementi lineari di vegetazione permanente, caratterizzati da una copertura vegetale continua che può assumere differenti configurazioni strutturali in relazione alle condizioni ambientali — fitoclimatiche e pedoclimatiche —, alle interazioni ecologiche con altre specie vegetali e animali, e alle modalità di gestione e utilizzo antropico. La loro composizione può variare da formazioni semplici, costituite esclusivamente da specie erbacee, a comunità più complesse, in cui coesistono specie erbacee, arbustive e arboree, organizzate in strati vegetazionali differenziati. Le siepi e le fasce arbustive si collocano prevalentemente ai margini dei corsi d'acqua (fasce riparie), ai bordi dei boschi (arbusteti di margine), nelle aree prative e agricole (siepi campestri) e lungo le infrastrutture di trasporto o all'interno di parchi e giardini pubblici. Esse si distinguono dalle alberature lineari per la prevalenza di specie arbustive ed erbacee, mentre le specie arboree sono generalmente più sporadiche e distribuite in modo discontinuo. Oltre a fornire habitat diversificati per numerose specie vegetali, animali (vertebrati e invertebrati), fungine e microbiche, le siepi e le fasce arbustive svolgono un ruolo cruciale di connessione ecologica all'interno del paesaggio. Quando formano sistemi lineari o reti quasi continue, esse consentono lo spostamento e la dispersione delle specie tra differenti ambienti ecologici, contribuendo alla connettività funzionale del mosaico paesaggistico. Le fasce vegetali che includono specie produttrici di bacche, frutti o nettare rappresentano importanti aree di alimentazione per insetti impollinatori e uccelli. In ambito rurale, le siepi e le fasce arbustive sono tradizionalmente impiegate per delimitare i confini poderali, contenere il bestiame e offrire riparo dal vento. In contesti urbani, invece, possono assumere la funzione di barriere visive, acustiche o protettive, costituendo fasce di separazione tra diverse tipologie di vegetazione o tra aree a differente destinazione d'uso. Grazie alla presenza di vegetazione permanente, queste strutture contribuiscono alla regolazione idrologica naturale, favorendo l'infiltrazione dell'acqua nel suolo e rallentando il deflusso superficiale. Lungo i pendii, svolgono inoltre un'importante funzione di contenimento dell'erosione mediante l'intercettazione e la dissipazione dell'energia cinetica delle acque meteoriche (EC, 2014).



Sistemi verdi temporanei

I sistemi di verde temporaneo comprendono elementi vegetali installati in modo non permanente all'interno degli spazi urbani, con l'obiettivo di incrementare temporaneamente la presenza di vegetazione e migliorare la qualità ambientale delle aree costruite. Queste installazioni possono essere orizzontali o verticali, adattandosi alla morfologia e alla disponibilità spaziale del contesto urbano. Nel primo caso, la vegetazione è collocata in contenitori mobili – come vasche, fioriere, cassoni o moduli prefabbricati – che possono ospitare erbacee, arbusti o alberature di piccole dimensioni. Nel secondo caso, i sistemi si sviluppano su superfici verticali, attraverso pannelli vegetali modulari, pareti mobili o strutture temporanee di verde verticale, integrabili in facciate o spazi pubblici. I sistemi di verde temporaneo offrono molteplici servizi ecosistemici anche in assenza

di interventi permanenti: contribuiscono alla mitigazione dell'isola di calore urbana, al miglioramento della qualità dell'aria, alla riduzione del deflusso superficiale delle acque meteoriche e all'assorbimento degli inquinanti atmosferici. Inoltre, favoriscono la biodiversità urbana, creando microhabitat per insetti impollinatori, uccelli e microrganismi del suolo, e promuovono una transizione verde flessibile e adattiva negli spazi pubblici. Dal punto di vista gestionale, il verde temporaneo rappresenta una strategia di intervento agile e reversibile, adatta a spazi in trasformazione, aree in attesa di riqualificazione o contesti ad uso stagionale, come piazze, cortili o strade pedonalizzate. Queste soluzioni, facilmente smontabili e riposizionabili, permettono di sperimentare configurazioni di verde urbano e di sensibilizzare la cittadinanza ai temi della sostenibilità e della resilienza ambientale. Nel complesso, il verde temporaneo costituisce una forma dinamica di infrastruttura verde, capace di integrare funzioni ecologiche, sociali e paesaggistiche, contribuendo alla transizione verso città più adattive e climaticamente resilienti (Eisenberg et al., 2022).

Tetti blu-verdi

I tetti blu-verdi rappresentano una evoluzione avanzata dei tetti verdi tradizionali, in cui il sistema “verde” vegetato si integra con un sistema “blu” dedicato alla raccolta, accumulo e gestione dell'acqua piovana. Questa tecnologia risponde alle sfide imposte dai cambiamenti climatici urbani, offrendo una duplice funzione: proteggere dagli eventi meteorici estremi – come piogge intense e “bombe d'acqua” – e assicurare riserve idriche durante i periodi di siccità. Il sistema prevede la presenza di un bacino di accumulo posto tra la struttura del solaio e la stratigrafia del verde pensile, in grado di trattenere fino al 100% dell'acqua piovana anche in caso di precipitazioni eccezionali. L'acqua immagazzinata viene poi gestita, trattata o riutilizzata, ad esempio per l'irrigazione del manto vegetale attraverso un sistema che distribuisce l'acqua dal basso verso l'alto per capillarità. In questo modo, l'irrigazione avviene in maniera naturale e continua, senza sprechi né necessità di sistemi irrigui tradizionali. Dal punto di vista termico, il volume d'acqua accumulato funge da massa termica stabilizzante, riducendo le escursioni termiche giornaliere e contribuendo al raffrescamento della copertura rispetto alle superfici impermeabili convenzionali. In ambito strutturale, i tetti blu-verdi consentono inoltre di limitare la necessità di vasche interrato di laminazione, con conseguente riduzione dei costi e dell'impatto sulla rete fognaria. Il carico aggiuntivo dovuto all'acqua stoccata è considerato in fase di progetto, garantendo che non superi il

peso accidentale da neve previsto dalla normativa vigente. Una componente innovativa di questi sistemi è rappresentata dalla gestione smart dell'acqua, basata su sensori idrici, centraline IoT e previsioni meteorologiche integrate, che consentono di monitorare in tempo reale i livelli di accumulo e, se necessario, di scaricare preventivamente una parte dell'acqua per garantire margini di sicurezza in vista di nuovi eventi piovosi (Haer et al., 2022; Daku, 2024; Eisenberg et al., 2022).

Tetti verdi estensivi

I tetti verdi estensivi sono coperture vegetali leggere e a bassa manutenzione, concepite per migliorare l'isolamento termico, la qualità ambientale e l'aspetto estetico degli edifici. Generalmente non accessibili al pubblico, si distinguono per semplicità costruttiva e costi contenuti di realizzazione e gestione. Il substrato di coltivazione, di spessore compreso tra 8 e 15 cm, ospita una vegetazione erbacea o tappezzante con radici superficiali e ridotto fabbisogno nutritivo. Il peso medio, a substrato saturo, varia tra 90 e 150 kg/m², rendendo questo tipo di copertura idoneo anche a edifici con capacità portante limitata. Le specie vegetali utilizzate devono possedere elevata resistenza agli stress idrici e termici, capacità di insediamento rapido e autorigenerazione. Tra le più diffuse vi sono le succulente del genere *Sedum*, che comprendono circa 400 specie sempreverdi adattate ai climi aridi. La manutenzione è ridotta e può essere svolta anche da personale non specializzato, limitandosi a controlli periodici della vegetazione, rimozione di infestanti e verifica del drenaggio. L'apporto idrico proviene principalmente dalle piogge, ma nelle regioni mediterranee, soggette a siccità estiva, è opportuno prevedere un impianto di irrigazione di supporto. Dal punto di vista ambientale, i tetti verdi estensivi contribuiscono alla mitigazione climatica urbana, alla riduzione del deflusso superficiale e al miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici, rappresentando una soluzione sostenibile e integrata per il verde urbano (ENEA, 2024; Eisenberg et al., 2022).

Tetti verdi intensivi

I tetti verdi intensivi, comunemente noti come giardini pensili, costituiscono sistemi vegetati complessi progettati per la fruizione diretta e l'uso umano degli spazi di copertura. Essi svolgono principalmente funzioni estetiche, ricreative e ambientali, trasformando le superfici edilizie in veri e propri giardini sopraelevati dotati di elevato valore paesaggistico e di comfort. I tetti verdi intensivi richiedono strutture più articolate e maggiori spessori del substrato, poiché ospitano una vegetazione diversificata composta da specie erbacee, arbustive e arboree. Il substrato di coltivazione presenta generalmente

profondità comprese tra 30 e 100 cm, che permettono lo sviluppo di apparati radicali complessi e la crescita di piante di dimensioni significative. Il peso medio del sistema, a substrato saturo, varia indicativamente tra 180 e 500 kg/m²; pertanto, tali coperture sono adatte solo a edifici con elevata capacità portante. La capacità di accumulo idrico del substrato è dell'ordine di 50–150 litri/m², valore che assicura un buon equilibrio tra ritenzione d'acqua e drenaggio. Per garantire il mantenimento della vegetazione vengono installati impianti di irrigazione dedicati, di tipo a goccia, a pioggia o a sub-irrigazione, che consentono una gestione efficiente delle risorse idriche e riducono gli sprechi. Inoltre, la presenza di sistemi di raccolta e regolazione delle acque meteoriche favorisce la sostenibilità idrica dell'intero sistema. La scelta delle specie vegetali è ampia e dipende dalle condizioni climatiche, dalla profondità del substrato e dalla funzione paesaggistica del tetto. Nei tetti intensivi possono essere coltivate erbacee perenni, cespugli, arbusti e piccoli alberi, selezionati in base alla tolleranza agli stress idrici, alla profondità radicale e al valore ornamentale (ENEA, 2024; Eisenberg et al., 2022).

Tetti verdi fotovoltaici

I tetti verdi fotovoltaici (photovoltaic-green roofs o biosolar roofs) rappresentano una soluzione integrata e multifunzionale che combina un impianto fotovoltaico (PV) con un sistema di copertura vegetata (green roof, GR). In questa configurazione, la superficie del tetto diventa un dispositivo ibrido capace di produrre energia elettrica da fonte solare e, al contempo, di fornire servizi ecosistemici tipici delle coperture verdi, come la regolazione microclimatica, la gestione delle acque meteoriche e la mitigazione dell'isola di calore urbana (Alonso-Marroquín & Qadir, 2023). L'integrazione tra i due sistemi genera sinergie in quanto, da un lato, la vegetazione, mantenendo temperature più basse sulla superficie di copertura migliora il rendimento dei moduli fotovoltaici, dall'altro, l'ombreggiamento parziale prodotto dai pannelli favorisce la sopravvivenza e la resilienza della vegetazione durante i periodi siccitosi. Queste soluzioni contribuiscono in modo rilevante alla resilienza climatica urbana, riducendo il fabbisogno energetico complessivo dell'edificio e potenziando la capacità di adattamento agli eventi estremi termici e idrici (Alonso-Marroquín & Qadir, 2023; Houchmand et al., 2025).

Zone umide artificiali

Le zone umide artificiali (constructed wetlands) sono sistemi ingegnerizzati progettati per raccogliere, trattare e immagazzinare acque meteoriche di deflusso o acque grigie in contesti urbani. Questi impianti rappresentano una soluzione sostenibile ed economicamente efficiente rispetto ai tradizionali sistemi di trattamento delle acque reflue, poiché presentano costi di realizzazione e gestione inferiori a parità di prestazioni (EC, 2014). Il principio di funzionamento delle zone umide artificiali si basa sull'adattamento dei processi ecologici tipici delle zone umide naturali, con l'obiettivo di riprodurne le principali funzioni ecosistemiche — in particolare la depurazione, la regimazione idraulica e l'accumulo temporaneo delle acque. Si tratta di sistemi ecologici complessi, nei quali la vegetazione idrofila, le caratteristiche pedologiche, l'attività microbiologica e le interazioni biotiche e abiotiche contribuiscono sinergicamente ai processi di filtrazione e trasformazione degli inquinanti, migliorando la qualità delle acque trattate (Eisenberg et al., 2022). Oltre alla funzione idrologica, le zone umide artificiali apportano benefici ecologici e paesaggistici rilevanti in ambito urbano. Se progettate con criteri di diversificazione vegetazionale e integrazione paesaggistica, possono contribuire all'aumento della biodiversità urbana, alla connessione ecologica tra habitat e al potenziamento dei servizi ecosistemici forniti dalle infrastrutture verdi e blu (EC, 2014).



SOLUZIONI TECNOLOGICHE IBRIDE PER L'ADATTAMENTO DELL'AMBIENTE COSTRUITO



Vasca d'acqua
in piazza del
Parlamento
a Budapest,
Ungheria

Le soluzioni progettuali di tipo artificiale comprendono tutti gli elementi tecnici e architettonici realizzati con materiali trasformati attraverso processi complessi di lavorazione. Questa categoria di interventi consente di migliorare la capacità di adattamento degli ambienti grazie a prestazioni fisiche, materiche e morfologiche innovative e ad alta efficienza.

Le soluzioni artificiali includono principalmente componenti tecnologiche e ingegneristiche finalizzate all'adattamento climatico. Esse costituiscono oggi un campo di ricerca in rapida evoluzione, dedicato allo studio delle prestazioni climatiche urbane in risposta ai principali eventi meteorologici estremi (Ballard et al., 2015).

Questi dispositivi possono essere applicati sia negli spazi aperti — come parchi, giardini, piazze, parcheggi o corti — sia negli edifici, nelle facciate e nelle coperture. Progettate in modo sistemico e diffuso, le soluzioni artificiali possono generare infrastrutture di adattamento parallele e complementari ai sistemi esistenti di gestione meteorologica (fognature, reti verdi e blu, parchi, giardini, ecc.). Tale approccio integrato rafforza l'efficacia delle strategie di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici (Filagrossi Ambrosino, C., & Leone, M. F., 2017).

Le cosiddette soluzioni ibride rappresentano spesso la base di partenza per sviluppare strategie progettuali e tecniche più sostenibili e climaticamente efficienti. Realizzate con materiali riciclati, riutilizzati o provenienti da processi di economia circolare, esse possono affrontare criticità climatiche multiple, riducendo la vulnerabilità delle città e contribuendo a proteggerle dagli impatti presenti e futuri del clima.

Casseri drenanti

I casseri drenanti sono moduli tridimensionali prefabbricati, generalmente realizzati in polipropilene rigenerato, progettati per creare volumi sotterranei vuoti ma strutturalmente resistenti. La loro funzione principale è quella di favorire la gestione sostenibile delle acque meteoriche attraverso meccanismi di accumulo temporaneo, drenaggio e infiltrazione controllata nel suolo. Una volta posati e riempiti con materiale granulare o calcestruzzo, a seconda del tipo di intervento, i casseri formano un sistema in grado di intercettare e rallentare il deflusso superficiale, incrementare la capacità di infiltrazione del terreno, prevenire ristagni e allagamenti e, in ambito edilizio, ventilare i vespai e le fondazioni. Dal punto di vista applicativo, questi elementi trovano impiego in diversi ambiti dell'ingegneria ambientale e della pianificazione urbana, tra cui le infrastrutture verdi e blu, come fossati inondabili, parcheggi permeabili, rain gardens e bacini di laminazione. Dal punto di vista tecnico, tali moduli si caratterizzano per elevata resistenza meccanica, che consente di sopportare anche carichi veicolari, e per la modularità e leggerezza, che ne facilitano la posa in opera e l'adattabilità a diverse configurazioni di progetto. La cavità interna conferisce al sistema una capacità di accumulo idrico utile a regolare i tempi di infiltrazione e rilascio dell'acqua nel sottosuolo. Inoltre, l'impiego di materiali riciclati e riciclabili ne rafforza la compatibilità ambientale, rendendoli componenti efficaci per la realizzazione di infrastrutture idrauliche sostenibili e per l'aumento della resilienza urbana ai fenomeni meteorici estremi (Dreinpanel, 2025; Valsir, 2023).

Cisterne di raccolta

Le cisterne di raccolta sono sistemi sotterranei o fuori terra modulari destinati alla raccolta, all'immagazzinamento e al riutilizzo delle acque meteoriche. Queste strutture consentono di ridurre il deflusso superficiale e di riutilizzare l'acqua accumulata per usi irrigui o tecnici in aree urbane e periurbane. Generalmente installate al di sotto di spazi pubblici come parchi, aree sportive o piazze, le cisterne di ritenzione sono sovrastate da pavimentazioni permeabili o da substrati vegetati che favoriscono l'infiltrazione dell'acqua verso il sistema di accumulo sottostante. Tale configurazione consente di mantenere la piena fruibilità dello spazio superficiale, integrando la funzione idraulica con quella paesaggistica e ricreativa. Dal punto di vista funzionale, le cisterne di ritenzione contribuiscono alla riduzione del rischio idraulico, al controllo degli allagamenti urbani e alla conservazione delle risorse idriche mediante riuso locale per l'irrigazione o altri scopi compatibili (Eisenberg et al., 2022).

Cool materials

I “cool materials” (materiali freddi o ad alta riflettanza solare) sono materiali caratterizzati da un'elevata riflettanza solare (solar reflectance) e da una alta emissività termica (thermal emissivity), proprietà che consentono di limitare l'accumulo di calore superficiale quando esposti alla radiazione solare diretta (Dessi et al., 2017). Dal punto di vista fisico, tali materiali riducono la quantità di energia solare assorbita grazie all'uso di colorazioni chiare (tipicamente il bianco) oppure, nel caso di tinte più scure, attraverso l'impiego di pigmenti riflettenti nel vicino infrarosso (NIR – Near Infrared Reflective Pigments). Questi ultimi aumentano la riflettanza nella banda dell'infrarosso vicino senza alterare significativamente la tonalità cromatica percepita, permettendo così di ottenere materiali termicamente efficienti anche con colorazioni scure (Synnefa et al., 2007; Santamouris, 2020). L'elevata riflettanza solare contribuisce a contenere l'innalzamento della temperatura superficiale durante il giorno, mentre l'alta emissività termica favorisce il rilascio notturno del calore accumulato, riducendo così il flusso di calore verso l'ambiente e contribuendo alla mitigazione dell'effetto “isola di calore urbano” (Akbari & Levinson, 2008). Tutti i materiali chiari possono essere classificati come cool materials; tuttavia, nel contesto urbano è essenziale che la riflessione della radiazione solare non provochi abbagliamento o discomfort visivo per i pedoni o gli utenti degli spazi pubblici. L'incremento dell'albedo superficiale rispetto ai materiali convenzionali varia in funzione del colore: studi sperimentali hanno dimostrato che, rispetto alle superfici standard, un “nero cool” può aumentare la riflettanza fino al 100%, un “blu cool” fino all'83%, un “verde cool” del 35% e un “marrone cool” del 48% (Synnefa et al., 2007). Dal punto di vista applicativo, i cool materials trovano impiego prevalentemente nelle coperture edilizie e negli spazi esterni urbani, come pavimentazioni pedonali e ciclabili, dove contribuiscono alla riduzione del carico termico superficiale e, di conseguenza, al miglioramento del comfort microclimatico urbano. Le soluzioni tecnologiche possono variare in funzione dell'ambito applicativo: per le facciate e le coperture vengono utilizzate vernici o rivestimenti ad alta riflettanza, applicabili come normali pitture senza particolari requisiti di supporto; per le pavimentazioni urbane sono oggi disponibili piastrelle e mattonelle “cool”, progettate per mantenere elevate prestazioni di riflettanza e durabilità. Il costo iniziale di tali materiali è in genere superiore rispetto ai rivestimenti convenzionali, ma tale differenza viene compensata da una maggiore durabilità e dai benefici ambientali ed energetici associati alla riduzione delle temperature superficiali e al minor consumo energetico per il raffrescamento degli edifici. È inoltre



**Giochi d'acqua
nel Promenade
du Paillon a
Nizza, Francia**

fondamentale che le superfici riflettenti vengano mantenute regolarmente: la presenza di sporco o depositi riduce sensibilmente la riflettanza e compromette le prestazioni termiche del materiale.

Coperture urbane

Le coperture urbane costituiscono elementi architettonici e infrastrutturali integrati nella morfologia dello spazio pubblico, progettati per offrire protezione e comfort microclimatico in aree esterne esposte. Esse svolgono una duplice funzione: da un lato, schermano gli spazi sottostanti dalla radiazione solare diretta e dalle precipitazioni; dall'altro, contribuiscono alla definizione spaziale e percettiva del luogo, fungendo spesso da landmark o elemento di riconoscibilità urbana (Dessì et al., 2017; Musco, Maragno, & Litt, 2018). Le coperture, in particolare, rappresentano la tipologia più diffusa nelle aree destinate a mercati, eventi temporanei, spazi espositivi o aree di sosta, dove è necessario garantire ombreggiamento e protezione per favorire la fruizione degli spazi pubblici come piazze, giardini o parchi. Queste strutture, generalmente realizzate in materiali opachi e non trasmissivi alla radiazione solare, possono tuttavia contribuire al surriscaldamento delle superfici e dell'aria circostante se non progettate con criteri termo-ambientali adeguati (Dessì et al., 2017).

Dal punto di vista prestazionale, la progettazione di coperture urbane opache deve considerare attentamente i parametri ottici e termici dei materiali impiegati. È fondamentale che la riflettanza solare (albedo) della superficie superiore sia elevata - ottenibile mediante colorazioni chiare e finiture lisce - al fine di limitare l'assorbimento della radiazione solare, che nei materiali convenzionali può raggiungere valori del 70–80%. Parallelamente, è opportuno verificare che il materiale presenti una buona emissività termica (valori $\geq 0,9$) per favorire il rilascio del calore accumulato e mantenere temperature superficiali contenute (Dessì et al., 2017). Le coperture urbane, se correttamente progettate, possono quindi costituire dispositivi climatici multifunzionali, capaci di migliorare il comfort termico degli utenti, ridurre il carico solare sulle superfici urbane e contribuire alla resilienza climatica delle aree pubbliche.

Fontane

Le fontane urbane rappresentano elementi architettonici e ambientali che, oltre alla loro valenza estetico-simbolica, possono svolgere un ruolo significativo nella regolazione microclimatica e nel miglioramento del comfort termico negli spazi



pubblici (Dessi et al., 2017; Musco, Maragno, & Litt, 2018). Dal punto di vista microclimatico, l'efficacia delle fontane dipende da vari fattori, tra cui la quantità d'acqua presente, la superficie esposta all'aria, la temperatura e la velocità del flusso, nonché il grado di movimento o nebulizzazione dell'acqua. I benefici termici si manifestano principalmente attraverso due meccanismi fisici: evaporazione, che determina un abbassamento della temperatura dell'aria circostante mediante assorbimento di calore latente; scambio radiativo, che riduce la temperatura media radiante percepita dagli utenti prossimi alla superficie d'acqua. Le fontane con getti d'acqua di piccola scala offrono un contributo microclimatico modesto, in quanto la massa d'acqua coinvolta e la superficie evaporante risultano limitate. Al contrario, vasche e bacini di maggiore estensione, soprattutto se caratterizzati da movimento continuo dell'acqua (come

➔
**Pavimentazione
 drenante inserita
 negli stalli di
 un parcheggio a
 Firenze, Italia**



nei sistemi a ricircolo o con giochi d'acqua dinamici), garantiscono un effetto di raffrescamento più marcato grazie alla combinazione di scambi evaporativi e convettivi. Per ottimizzare le prestazioni ambientali e la sostenibilità idrica, le fontane dovrebbero essere progettate con circuiti idraulici chiusi, che permettono il riutilizzo continuo dell'acqua riducendo consumi e dispersioni. Inoltre, il movimento dell'acqua favorisce sia la qualità igienico-sanitaria del sistema (limitando fenomeni di stagnazione) sia l'effetto percettivo di freschezza, incrementando il benessere psicologico e la fruibilità degli spazi pubblici durante i periodi più caldi. Le fontane, se opportunamente dimensionate e integrate con altri elementi climatici (vegetazione, ombreggiamento, materiali riflettenti), possono diventare dei dispositivi di mitigazione dell'isola di calore urbano e valorizzare lo spazio pubblico (Dessi et al., 2017).

Pavimentazioni drenanti

Le pavimentazioni drenanti sono superfici pavimentate rigide realizzate con materiali in grado di consentire il passaggio dell'acqua attraverso la loro struttura, riducendo o eliminando il deflusso superficiale rispetto alle pavimentazioni impermeabili convenzionali. Tali sistemi prevedono generalmente la presenza di uno strato di accumulo e drenaggio, composto da materiale granulare (ad esempio ghiaia o pietrisco), posto al di sotto dello strato superficiale. Questo strato ha la funzione di garantire il supporto strutturale tipico delle pavimentazioni tradizionali e, al contempo, di fornire uno spazio di immagazzinamento temporaneo per le acque meteoriche, favorendone l'infiltrazione nel suolo o il rilascio controllato nei sistemi di drenaggio urbano. Le pavimentazioni drenanti comprendono diverse tipologie di superfici, tra cui asfalto permeabile, calcestruzzo permeabile, masselli drenanti e pavimentazioni autobloccanti. Nel caso dell'asfalto e del calcestruzzo permeabili, l'acqua attraversa la matrice porosa del materiale stesso; nei masselli drenanti e nelle pavimentazioni autobloccanti, invece, il drenaggio avviene principalmente attraverso gli interstizi o giunti tra gli elementi che compongono la superficie (City of Philadelphia, 2014; Musco et al., 2018; EC, 2014; Eisenberg et al., 2022).

Specchi d'acqua

La presenza dell'acqua nello spazio urbano rappresenta un componente fondamentale della progettazione microclimatica e del comfort termico esterno, con due effetti principali: psicologica e microclimatica. Da un lato, l'acqua genera un effetto percettivo e psicologico positivo: la sua semplice presenza visiva o sonora, come nel caso di fontane, vasche o giochi d'acqua, suscita una sensazione di frescura e benessere, migliora la qualità estetico-percettiva dello spazio e favorisce la socializzazione e la fruizione prolungata degli spazi pubblici. Dall'altro lato, l'acqua esercita un contributo fisico effettivo al miglioramento del microclima urbano, agendo attraverso processi di evaporazione, scambio radiativo e aumento dell'umidità relativa. Tuttavia, l'efficacia di tali sistemi dipende da molteplici fattori — tra cui la quantità d'acqua coinvolta, la tipologia del sistema, il grado di movimento dell'acqua e le condizioni climatiche locali. Un effetto microclimatico significativo si ottiene quando l'acqua costituisce una massa termica rilevante e si trova in movimento continuo, come nei casi di grandi vasche, specchi d'acqua dinamici o cascate artificiali. In tali configurazioni, il raffrescamento evaporativo e lo scambio radiante con il corpo umano determinano una percepibile riduzione della temperatura dell'aria e delle superfici circostanti (Dessì et al., 2017).

Trincee drenanti

Le trincee di infiltrazione sono scavi poco profondi riempiti con materiale lapideo o ghiaioso che consentono all'acqua meteorica di infiltrarsi nel terreno circostante attraverso il fondo e le pareti laterali. Questi sistemi incrementano la capacità naturale del suolo di drenare l'acqua, riducendo le portate e i volumi di deflusso superficiale e contribuendo alla ricarica della falda e al mantenimento delle portate di base nei corsi d'acqua. Il funzionamento si basa su processi di filtrazione fisica, adsorbimento e reazioni biochimiche nel materiale di riempimento e nel suolo, che permettono la rimozione di sedimenti e inquinanti. Le trincee non sono tuttavia concepite come bacini di decantazione e devono essere sempre dotate di sistemi di pretrattamento (ad esempio fasce filtranti vegetate) per evitare l'intasamento in presenza di elevati carichi di solidi. Grazie alla loro forma lineare e compatta, possono essere integrate facilmente in contesti urbani e periurbani, anche come interventi di retrofit, lungo i margini di strade, parcheggi o aree verdi. Se progettate con adeguata manutenzione e gestione del pretrattamento, le trincee di infiltrazione rappresentano una misura efficace di drenaggio urbano sostenibile, capace di migliorare la qualità delle acque di ruscellamento e di contribuire alla resilienza idrologica e ambientale del territorio (EC, 2014).

Vasche allagabili

Le vasche allagabili rappresentano una soluzione innovativa di gestione sostenibile delle acque meteoriche in ambito urbano. Si tratta di spazi multifunzionali progettati per accogliere temporaneamente le acque piovane durante eventi di precipitazione intensa e restituirli successivamente all'uso pubblico una volta esaurito l'evento meteorico. Questi sistemi combinano funzioni idrauliche, ecologiche e sociali, trasformando aree impermeabili in spazi resilienti e adattivi.

L'esempio più significativo di vasca allagabile urbana è la Water Square Benthemplein di Rotterdam, progettata dallo studio De Urbanisten e inaugurata nel 2013. Inserita in un quartiere densamente edificato, la piazza costituisce un dispositivo urbano ibrido capace di accogliere, trattenere e regolare i volumi di acqua piovana provenienti dalle coperture e dalle superfici stradali circostanti, senza compromettere la fruibilità dello spazio pubblico. L'intervento è articolato in tre bacini di raccolta con differenti livelli e funzioni: due vasche poco profonde, destinate ad accogliere le acque meteoriche più frequenti, e una vasca centrale più ampia e profonda, concepita per la gestione di eventi pluviometrici eccezionali. In condizioni di asciutto, questi

spazi assumono la funzione di piazza polifunzionale destinata ad attività sportive, ricreative e culturali — come basket, skateboard o spettacoli — configurandosi come luogo sociale attivo e inclusivo. Durante le precipitazioni, invece, l'acqua piovana viene convogliata nei bacini attraverso sistemi di canalizzazione superficiale, dove viene temporaneamente trattenuta per consentire la laminazione e la decelerazione del deflusso, riducendo la pressione sulla rete fognaria. Terminato l'evento meteorico, l'acqua infiltrava gradualmente nel terreno o viene drenata verso il sistema di smaltimento urbano, restituendo lo spazio alla comunità (Bologna & Hasanaj, 2020).





Fermata
dell'autobus
con sistema di
vegetazione
rampicante
a Budapest,
Ungheria

Sintesi dei risultati

Il libro riconosce il ruolo centrale del progetto tecnologico e ambientale come strumento di interpretazione e trasformazione dell'ambiente costruito in chiave climatica. L'adattamento delle città non coincide con la semplice risposta tecnica alle perturbazioni ambientali, ma costituisce un processo evolutivo che coinvolge il sistema urbano nella sua dimensione ecologica, sociale e infrastrutturale.

Il paradigma degli ecosistemi urbani adattivi emerge come modello teorico capace di integrare natura e artificio in un sistema dinamico e interdipendente. Il progetto tecnologico assume la funzione di medium ecotecnologico, orientato alla costruzione di spazi climaticamente responsivi, dove la morfologia, i materiali e i processi ambientali vengono progettati come componenti interattive di un unico organismo urbano.

Dal punto di vista metodologico, il libro propone un approccio multiscalare, che configura il progetto come un sistema aperto e adattivo.

Implicazioni operative e culturali

L'approccio proposto influenza sia la pratica progettuale sia la cultura del progetto. Dal punto di vista operativo, l'approccio adattivo promuove lo sviluppo di infrastrutture climatiche diffuse, capaci di intervenire insieme sui processi di mitigazione e adattamento. Le soluzioni artificiali, nature-based e ibride vengono considerate strumenti complementari, che contribuiscono alla costruzione di sistemi urbani resilienti. Sul piano culturale, il progetto ambientale è inteso come un processo conoscitivo e trasformativo, che supera la visione statica. In questa prospettiva, l'adattamento diventa una forma di intelligenza progettuale, fondata sulla comprensione dei processi ecosistemici e sulla capacità di trasformare la variabilità in risorsa.

Sviluppi futuri della ricerca e della sperimentazione progettuale

Le prospettive di sviluppo futuro individuano tre principali linee di ricerca.

La prima riguarda l'applicazione di strumenti digitali avanzati e modelli predittivi climatici, per simulare scenari dinamici di adattamento e ottimizzare le performance ambientali alla scala urbana e architettonica. L'integrazione di intelligenza artificiale e big data potrà consentire la costruzione di modelli previsionali in tempo reale, orientando le scelte progettuali verso soluzioni sempre più reattive e contestuali.

La seconda direzione concerne lo sviluppo di materiali e componenti adattivi, capaci di modificare le proprie proprietà fisiche e termiche in funzione delle condizioni ambientali. L'innovazione nel campo dei materiali intelligenti e dei sistemi a cambiamento di fase rappresenta una frontiera promettente per estendere il principio di adattività fino alla scala del dettaglio costruttivo, rendendo gli edifici parte attiva dell'equilibrio climatico urbano.

Infine, la terza linea di ricerca si fonda sulla co-progettazione interdisciplinare e partecipativa. La gestione adattiva degli spazi pubblici richiede l'integrazione tra competenze tecniche, scientifiche e sociali, con il coinvolgimento diretto delle comunità locali nei processi di monitoraggio e gestione climatica. La resilienza, in questo senso, diventa non solo una qualità fisica del territorio, ma un processo collettivo di apprendimento e governance.

Implicazioni per il contesto italiano: pianificazione, normativa e pratiche di progetto

L'analisi dei casi studio europei evidenzia un insieme di elementi trasferibili che possono contribuire a rafforzare l'efficacia delle politiche, degli strumenti pianificatori e delle pratiche progettuali italiane in materia di adattamento climatico. In primo luogo, emerge la centralità di un approccio multiscale e integrato, in cui strategie urbane, soluzioni spaziali e tecniche edilizie sono coordinate in quadri decisionali coerenti. Tale impostazione, ampiamente consolidata in diversi Paesi europei attraverso piani climatici urbani, strumenti regolativi e investimenti su infrastrutture verdi e blu, risulta applicabile nel sistema italiano, che dispone oggi di un quadro strategico nazionale (Strategie Nazionali di Adattamento ai Cambiamenti Climatici e il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici) ma ancora frammentato nella sua attuazione locale.

Per la pianificazione urbana, la trasferibilità più rilevante riguarda l'integrazione sistematica dell'adattamento negli strumenti ordinari, attraverso: (i) l'obbligatorietà di valutazioni microclimatiche e idrologiche nei processi di trasformazione; (ii) l'introduzione di standard ecosistemici per la progettazione di spazi verdi e sistemi di drenaggio urbano sostenibile; (iii) l'adozione di regolamenti edilizi che orientino le scelte materiche, tecnologiche e morfologiche verso soluzioni climate-responsive. Esperienze europee come Rotterdam, Copenaghen e Barcellona mostrano come l'inserimento di requisiti prestazionali minimi per gestione delle acque, capacità di raffrescamento naturale e incremento della biodiversità possa costituire un motore di innovazione progettuale e un efficace strumento di controllo della qualità degli interventi.

Sul piano normativo, il contesto italiano può beneficiare della formalizzazione di linee guida tecniche ispirate a standard già ampiamente sperimentati in Europa, quali: metriche per la valutazione dei servizi ecosistemici, indicatori climatici e ambientali per il monitoraggio delle prestazioni urbane, metodologie per la gestione integrata delle infrastrutture blu-verdi. L'armonizzazione di tali strumenti — oggi dispersi tra normative settoriali, linee guida regionali e piani locali — risulterebbe cruciale per consolidare un quadro operativo omogeneo, riducendo la distanza tra indirizzi strategici nazionali e capacità attuativa dei comuni, in particolare nei contesti di piccole e medie dimensioni.

Infine, per le pratiche di progetto, i casi studio internazionali suggeriscono l'importanza di un approccio orientato alla multifunzionalità ecologica e all'ibridazione tra soluzioni nature-based e soluzioni tecnologiche avanzate. Elementi quali parchi allagabili, corridoi ecologici climaticamente performanti, sistemi di ritenzione diffusa delle acque meteoriche, tetti e facciate verdi dotati di dispositivi tecnologici per il controllo microclimatico costituiscono soluzioni potenzialmente adattabili ai contesti urbani italiani; tuttavia, la loro efficacia richiede un'attenta integrazione con le specificità locali, in particolare con la elevata densità insediativa, la forte stratificazione storica e le pressioni significative a cui il suolo urbano è sottoposto.

L'incremento della capacità adattiva degli ecosistemi urbani italiani richiede dunque non solo interventi puntuali, ma una trasformazione culturale del progetto, inteso come processo regolativo e strategico capace di mettere in relazione clima, struttura urbana, natura e comunità.

BIBLIOGRAFIA

PARTE PRIMA

Biodiversità, cambiamento climatico e città: verso una transizione sistemica e resiliente

- Capra, F., & Luisi, P. L. (2020). *Vita e natura – Una visione sistemica*. Aboca, Sansepolcro (AR).
- Convention on Biological Diversity. (2020). *Global biodiversity outlook 5*. <https://www.cbd.int/gbo5>
- Dodman, D., Hayward, B., Pelling, M., Castán Broto, V., Chow, W., Chu, E., Dawson, R., Khirfan, L., McPhearson, T., Prakash, A., Zheng, Y., & Ziervogel, G. (2022). Cities, Settlements and Key Infrastructure. In *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Chapter06.pdf
- European Commission. (2020a). *EU biodiversity strategy for 2030: Bringing nature back into our lives* (COM(2020) 380 final, 20 May 2020). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0380>
- European Commission (EC). (2021). *Forging a climate-resilient Europe: The new EU strategy on adaptation to climate change* (COM (2021) 82 final, 24 February 2021). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0082>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization, & World Organisation for Animal Health. (2022). *One Health joint plan of action (2022–2026): Working together for the health of humans, animals, plants and the environment*. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc2289en>
- Ghosh, A. (2022). *La maledizione della noce moscata – Parabole per un pianeta in crisi*. Neri Pozza, Vicenza.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. <https://www.ipbes.net/global-assessment>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022a). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022b). Regional Fact Sheet: Urban Areas. In *AR6 Working Group I Report*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/factsheets/IPCC_AR6_WGI_Regional_Fact_Sheet_Urban_areas.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022c). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>

- Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., Driike, M., Fetzer, I., Bala, G., von Bloh, W., Feulner, G., Fiedler, S., Gerten, D., Gleeson, T., Hofmann, M., Huiskamp, W., Kummu, M., Mohan, C., Nogués-Bravo, D., ... Rockström, J. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9(37), Article eadh2458. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., De Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., ... Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472–475. <https://doi.org/10.1038/461472a>
- Schipper, E. L. F., Revi, A., Preston, B. L., Carr, E. R., Eriksen, S. H., Fernández-Carril, L. R., Glavovic, B. C., Hilmi, N. J. M., Ley, D., Mukerji, R., Muylaert de Araujo, M. S., Perez, R., Rose, S. K., & Singh, P. K. (2022). Chapter 18: Climate resilient development pathways. In H.-O. Pörtner et al. (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the IPCC* (pp. 2655–2807). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.027>
- United Nations Environment Programme – World Conservation Monitoring Centre, & International Union for Conservation of Nature. (2024). *Protected Planet Report 2024: Tracking progress towards global biodiversity targets*. Cambridge, United Kingdom. <https://digitalreport.protectedplanet.net>
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development (A/RES/70/1)*. United Nations. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- United Nations Environment Programme. (2022). *Decision adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity: Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework*. <https://www.cbd.int/gbf>
- WWF. (2018). *Living planet report 2018: Aiming higher* (M. Grooten & R. E. A. Almond, Eds.). World Wide Fund for Nature. <https://www.worldwildlife.org/publications/living-planet-report-2018>
- WWF. (2022). *Deforestazione e cambiamento climatico: L'impatto dei consumi sui sistemi naturali*. WWF Italia. <https://www.wwf.it/cosa-facciamo/pubblicazioni/deforestazione-e-cambiamento-climatico/>
- ## Le politiche urbane per l'adattamento al cambiamento climatico
- Anguelovski, I., Shi, L., Chu, E., Gallagher, D., Goh, K., Lamb, Z., Reeve, K., & Teicher, H. (2016). Equity impacts of urban land use planning for climate adaptation: Critical perspectives from the global North and South. *Journal of Planning Education and Research*, 36(3), 333–348. <https://doi.org/10.1177/0739456X16645166>
- Arup. (2016). *City resilience index: Understanding and measuring city resilience*. <https://www.arup.com/globalassets/downloads/insights/city-resilience-index.pdf>
- Arup, & The Rockefeller Foundation. (2015). *The city resilience framework (CRF)*. The Rockefeller Foundation. <https://www.rockefellerfoundation.org/wp-content/uploads/100RC-City-Resilience-Framework.pdf>
- Biljecki, F., Stoter, J., Ledoux, H., Zlatanova, S., & Çöltekin, A. (2021). Open government geospatial data on buildings for planning sustainable and resilient cities. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2107.04023>
- Bulkeley, H., & Betsill, M. (2003). *Cities and climate change: Urban sustainability and global environmental governance*. Routledge.

Castán Broto, V., & Bulkeley, H. (2013). A survey of urban climate change experiments in 100 cities. *Global Environmental Change*, 23(1), 92–102. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.07.005>

Convention on Biological Diversity. (2020). *Global biodiversity outlook 5*. <https://www.cbd.int/gbo5>

D'Amico, G., L'Abbate, P., Liao, W., Yigitcanlar, T., & Ioppolo, G. (2020). Understanding sensor cities: Insights from technology giant company driven smart urbanism practices. *Sensors*, 20(16), 4391. <https://doi.org/10.3390/s20164391>

European Commission. (2007). *Green paper: Adapting to climate change in Europe – Options for EU action*(COM(2007) 354 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52007DC0354>

European Commission. (2009). *White paper: Adapting to climate change: Towards a European framework for action*(COM(2009) 147 final). <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM%3A2009%3A0147%3AFIN%3AEN%3APDF>

European Commission. (2013a). *An EU strategy on adaptation to climate change* (COM(2013) 216 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52013DC0216>

European Commission. (2021). *Forging a climate-resilient Europe: The new EU strategy on adaptation to climate change*(COM(2021) 82 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0082>

European Commission. (2024). *EU missions to address climate change in cities and regions: A projects info pack by* *CORDIS*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2830/68329>

Frantzeskaki, N. (2019). Seven lessons for planning nature-based solutions in cities. *Environmental Science & Policy*, 93, 101–111. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.12.033>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2001). *Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg2/>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). Annex II: Glossary. In V. R. Barros et al. (Eds.), *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC* (pp. 1757–1776). Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-AnnexII_FINAL.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022a). Cities, settlements and key infrastructure (Chapter 6). In *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. (2023a). *Strategie e piani di adattamento ai cambiamenti climatici*. <https://indicatoriambientali.isprambiente.it/it/clima/strategie-e-piani-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici>

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. (2023b). *I sindaci d'Europa per neutralità e resilienza climatica al 2050 e contro la povertà energetica*. <https://www.isprambiente.gov.it/it/istituto-informa/comunicati-stampa/anno-2023/i-sindaci-d2019europa-per-neutralita-e-resilienza-climatica-al-2050-e-contro-la-poverta-energetica>

- Legambiente. (2022). *Emergenza clima: Il rapporto dell'Osservatorio CittàClima 2022*. <https://www.legambiente.it/comunicati-stampa/emergenza-clima-il-rapporto-dellosservatorio-cittaclima-2022>
- Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., & Bonn, A. (Eds.). (2017). *Nature-based solutions to climate change adaptation in urban areas*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5>
- Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. (2015). *Strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (SNAC)*. <https://www.mase.gov.it/portale/documents/d/guest/strategia-adattamentocc-pdf>
- Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. (2023). *Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (PNACC)*. <https://www.mase.gov.it/portale/-/clima-approvato-il-piano-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici>
- Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>
- Reckien, D., Flacke, J., Dawson, R. J., Heidrich, O., Olazabal, M., Foley, A., Hamann, J. J.-P., Orru, H., Salvia, M., de Gregorio Hurtado, S., Geneletti, D., & Pietrapertosa, F. (2014). Climate change response in Europe: What's the reality? Analysis of adaptation and mitigation plans from 200 urban areas in 11 countries. *Climatic Change*, 122(1–2), 331–340. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0989-8>
- Reid, H., Cannon, T., Berger, R., Alam, M., & Milligan, A. (2009). Community-based adaptation to climate change: An overview. *Participatory Learning and Action*, 60(1), 11–33.
- Talamo, C., Paganin, G., & Bernardini, C. (2025). *Gestire il cambiamento climatico: Strategie di adattamento per l'ambiente costruito*. FrancoAngeli.
- The Rockefeller Foundation. (2013). *100 resilient cities – Pioneered by The Rockefeller Foundation*. https://www.rockefellerfoundation.org/wp-content/uploads/d631b84b1efe41685a_3gm6b18ip1.pdf
- Tucci, F., Cecafofosso, V., Caruso, A., & Turchetti, G. (2023). *Adattamento ai cambiamenti climatici di architetture e città green: Assi strategici, indirizzi, azioni d'intervento per la resilienza dell'ambiente costruito*. FrancoAngeli.
- Ugolini, L. (2024). La dimensione regionale e locale dell'adattamento ai cambiamenti climatici. *Scienza in Rete*. <https://www.scienzainrete.it/articolo/dimensione-regionale-e-locale-delladattamento-ai-cambiamenti-climatici/lorenzo-ugolini/2024>
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2023). *Resilience – Terminology*. <https://www.undrr.org/terminology/resilience>
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development (A/RES/70/1)*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- United Nations. (2024). *World urbanization prospects 2024*. United Nations Department of Economic and Social Affairs. <https://population.un.org/wup/>
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2015). *The Paris Agreement*. https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
- United Nations Human Settlements Programme. (2011). *Cities and climate change: Global report on human settlements 2011*. Earthscan.
- United Nations Human Settlements Programme. (2021). *Urban resilience hub – What is urban resilience?* <https://resilientcitiesnetwork.org/what-is-urban-resilience/>

United Nations Human Settlements Programme. (2022). *World cities report 2022: Envisaging the future of cities*. <https://unhabitat.org/wcr>

United Nations Environment Programme. (2022). *Kunming-Montreal global biodiversity framework*. <https://www.cbd.int/gbf>

Dai rischi climatici alla resilienza urbana: impatti, vulnerabilità e adattamento nel contesto europeo

Angelillo, M. (2020, October 15). Vaia, due anni dopo: La natura dopo la tempesta. *La Repubblica – Green & Blue*. https://www.repubblica.it/green-and-blue/2020/10/15/foto/vaia_due_anni_dopo_la_natura_dopo_la_tempesta-270578901/

Carrington, D. (2024, August 21). Heat deaths in Europe may triple by end of the century, study finds. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/society/article/2024/aug/21/heat-deaths-in-europe-may-triple-by-end-of-the-century-study-finds>

Carter, J. G., Cavan, G., Connelly, A., Guy, S., Handley, J., & Kazmierczak, A. (2014). Climate change and the city: Building capacity for urban adaptation. *Progress in Planning*, 95, 1–66. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2013.08.001>

Castellar, J. A. C., Popartan, L. A., Pueyo-Ros, J., Atanasova, N., Langergraber, G., Saumel, I., Corominas, L., Comas, J., & Acuña, V. (2021). Nature-based solutions in the urban context: Terminology, classification and scoring for urban challenges and ecosystem services. *Science of the Total Environment*, 779, 146237. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146237>

Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, & United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2020). *The human cost of disasters: An overview of the last 20 years (2000–2019)*. <https://www.undrr.org/publication/human-cost-disasters-overview-last-20-years-2000-2019>

Copernicus Climate Change Service. (2024). *Resilience to climate extremes: 2024 European state of the climate report*. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. <https://climate.copernicus.eu/esotc/2024/resilience-climate-extremes>

D'Ambrosio, V. (2016). Knowledge of urban system and climate adaptive environmental design. In V. D'Ambrosio & M. F. Leone (Eds.), *Environmental design for climate change adaptation 1: Innovative models for the production of knowledge* (pp. 26–37). CLEAN Edizioni.

Domeneghetti, A., Carisi, F., Castellarin, A., & Brath, A. (2015). Evolution of flood risk over large areas: Quantitative assessment for the Po River. *Journal of Hydrology*, 527, 809–823. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.05.043>

Elshaer, A., Gairola, A., Adamek, K., & Bitsuamlak, G. (2017). Variations in wind load on tall buildings due to urban development. *Sustainable Cities and Society*, 34, 264–277.

European Commission. (2010). *Risk assessment and mapping for disaster management*. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/guidances/eu-commission-staff-working-paper-risk-assessment-and-mapping-guidelines-for-disaster-management>

European Commission. (2021). *Forging a climate-resilient Europe: The new EU strategy on adaptation to climate change* (COM(2021) 82 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0082>

- European Environment Agency. (2012). *Urban adaptation to climate change in Europe – Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies* (EEA Report No. 2/2012). <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/urban-adaptation-to-climate-change>
- European Environment Agency. (2017). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016: An indicator-based report* (EEA Report No. 1/2017). <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>
- European Environment Agency. (2018). *Water use in Europe – Quantity and quality face big challenges*. <https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2018-content-list/articles/water-use-in-europe-2014>
- European Environment Agency. (2019a). *Economic losses from climate-related extremes in Europe*. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/direct-losses-from-weather-disasters-4/assessment>
- European Environment Agency. (2019b). *Land and soil in Europe – Ever-sprawling urban concrete?* <https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2019-content-list/articles/land-and-soil-in-europe>
- European Environment Agency. (2020a). *Healthy environment, healthy lives: How the environment influences health and well-being in Europe* (EEA Report No. 21/2019). <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/healthy-environment-healthy-lives>
- European Environment Agency. (2020b). *Urban adaptation in Europe: How cities and towns respond to climate change* (EEA Report No. 12/2020). Publications Office of the European Union. <https://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-in-europe>
- European Environment Agency. (2021). *Nature-based solutions in Europe: Policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction* (EEA Report 01/2021). <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/nature-based-solutions-in-europe>
- European Environment Agency. (2024a). *European climate risk assessment*. Publications Office of the European Union. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/european-climate-risk-assessment>
- European Environment Agency. (2024b). *Global and European temperatures*. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/global-and-european-temperatures>
- Feyen, L., Ciscar, J. C., Gosling, S., Ibarreta, D., & Soria, A. (2020). *Climate change impacts and adaptation in Europe*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/171121>
- Fuller, R., Landrigan, P. J., Balakrishnan, K., Bathan, G., Bose-O'Reilly, S., Brauer, M., Caravanos, J., Chiles, T., Cohen, A., Corra, L., Cropper, M., Ferraro, G., Hanna, J., Hanrahan, D., Hu, H., Hunter, D., Janata, G., Kupka, R., Lanphear, B., Lichtveld, M., ... Yan, C. (2022). *Pollution and health: A progress update*. *The Lancet Planetary Health*, 6(6), e535–e547. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00090-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00090-0)
- Gallo, E., Quijal-Zamorano, M., Méndez Turrubiates, R. F., et al. (2024). *Heat-related mortality in Europe during 2023 and the role of adaptation in protecting health*. *Nature Medicine*, 30, 3101–3105. <https://doi.org/10.1038/s41591-024-03186-1>
- Gasperini, P., Manfredi, G., & Asperone, D. (2014). *Resilience and sustainability in relation to natural disasters: A challenge for future cities*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-04316-6>
- Internal Displacement Monitoring Centre. (2019). *Global report on internal displacement 2019*. <https://www.internal-displacement.org/global-report/grid2019/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018). *Global warming of 1.5°C: An IPCC special report*. <https://www.ipcc.ch/sr15/>

- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022a). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *AR6 synthesis report: Climate change 2023*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
- Koks, E. E., & Haer, T. (2020). A high-resolution wind damage model for Europe. *Scientific Reports*, 10(1), 6866. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63580-w>
- Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J. R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N., ... Zhong, M. (2018). The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet*, 391(10119), 462–512. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0)
- Lopes, A., Oliveira, S., Fragoso, M., Andrade, J., & Pedro, P. (2009). Wind risk assessment in urban environments: The case of falling trees during windstorm events in Lisbon. In K. St elcová, C. Mátyás, A. Kleidon, & M. Lapin (Eds.), *Bioclimatology and natural hazards* (pp. 55–74). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8876-6_5
- Losasso, M. (2021). L'innovazione del progetto ambientale nel nuovo regime climatico / Environmental design innovation in the new climate regime. In R. Bologna, M. Losasso, E. Mussinelli, & F. Tucci (Eds.), *Dai distretti urbani agli eco-distretti: Metodologie di conoscenza, programmi strategici, progetti pilota per l'adattamento climatico / From urban district to eco-district: Knowledge methodologies, strategic programmes, pilot projects for climate adaptation*. (pp. 7–10). Maggioli Editore.
- Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. (2023). *Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (PNACC)*. <https://www.mase.gov.it/portale/-/clima-approvato-il-piano-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici>
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108, 1–24.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2010). *Cities and climate change*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264091375-en>
- Pescaroli, G., & Alexander, D. E. (2015). A definition of cascading disasters and cascading effects: Going beyond the “toppling dominos” metaphor. *Planet@Risk*, 3(1), 58–67.
- Russo, S., Dosio, A., Graversen, R. G., Sillmann, J., Carrao, H., Dunbar, M. B., Singleton, A., Montagna, P., Barbola, P., & Vogt, J. V. (2014). Magnitude of extreme heat waves in present climate and their projection in a warming world. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119(23), 12,500–12,512. <https://doi.org/10.1002/2014JD022098>
- Spinoni, J., Formetta, G., Mentaschi, L., Forzieri, G., & Feyen, L. (2020). *Global warming and windstorm impacts in the EU*. European Commission, Joint Research Centre.
- Tucci, F., Cecafosso, V., Caruso, A., & Turchetti, G. (2023). *Adattamento ai cambiamenti climatici di architetture e città green*. FrancoAngeli.
- United Nations Human Settlements Programme. (2022). *World cities report 2022: Envisaging the future of cities*. <https://unhabitat.org/wcr>
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2023). Heatwave – Terminology definition. <https://www.undrr.org/understanding-disaster-risk/terminology/hips/mh0047>

Valente, R. (2020). Multi-scale environmental design experiences. In M. Losasso, M. T. Lucarelli, M. Rigillo, & R. Valente (Eds.), *Adapting to the changing climate: Knowledge innovation for environmental design* (pp. 263–266). Maggioli Editore.

World Bank. (2021). *A catalogue of nature-based solutions for urban resilience*. World Bank Group. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36507>

World Meteorological Organization, & World Health Organization. (2015). *Heatwaves and health: Guidance on warning-system development*. <https://www.who.int/publications/m/item/heatwaves-and-health-guidance-on-warning-system-development>

World Health Organization Regional Office for Europe. (2019). *Environmental health inequalities in Europe: Second assessment report*. <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289054157>

World Health Organization. (2024). Heat claims more than 175,000 lives annually in the WHO European Region, with numbers set to soar. <https://www.who.int/europe/news/item/01-08-2024-statement-heat-claims-more-than-175-000-lives-annually-in-the-who-european-region-with-numbers-set-to-soar>

Esperienze e strumenti per una progettazione clima-resiliente

Ambrosino, C. F., & Bassolino, E. (2016). Strumenti IT per la progettazione ambientale e il comfort indoor e outdoor / IT tool for the environmental design and indoor and outdoor comfort. In V. D'Ambrosio & M. F. Leone (Eds.), *Progettazione ambientale per l'adattamento al climate change. 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza / Environmental design for climate change adaptation. Innovative models for the production of knowledge* (pp. 112–125). CLEAN Edizioni.

Ajuntament de Barcelona. (2018). *Pla Clima 2018–2030: Barcelona's climate plan*. Barcelona City Council. <https://bcnroc.ajuntament.barcelona.cat/jspui/bitstream/11703/138564/1/246388%20Aj%20Bcn%20PLA%20CLIMA%20.pdf>

C40 Cities. (2020). *Cities with a climate action plan*. C40 Knowledge Hub. <https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Mapped-Cities-with-a-climate-action-plan>

City of Copenhagen. (2011). *Copenhagen climate adaptation plan*. <https://international.kk.dk/sites/default/files/2021-09/Copenhagen%20Climate%20Adaptation%20Plan%20-%202011.pdf>

City of Copenhagen. (2021). *Climate adaptation and liveable city strategy*. <https://international.kk.dk/about-copenhagen/liveable-green-city/climate-adaptation>

City of New York. (2024). *AdaptNYC – City climate initiatives*. <https://www.nyc.gov/content/climate/pages/initiatives/adaptnyc>

D'Ambrosio, V., & Leone, M. F. (Eds.). (2016). *Progettazione ambientale per l'adattamento al climate change. 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza / Environmental design for climate change adaptation. 1. Innovative models for the production of knowledge*. CLEAN Edizioni.

D'Ambrosio, V., & Leone, M. F. (Eds.). (2017). *Progettazione ambientale per l'adattamento al climate change. 2. Strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici / Environmental design for climate change adaptation. 2. Tools and guidelines for climate risk reduction*. CLEAN Edizioni.

European Environment Agency. (2020). *Urban adaptation to climate change in Europe 2020: Transforming cities in a changing climate* (EEA Report No. 12/2020). <https://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-in-europe>

Henrique, K. P. (2024). Repositioning marginal spaces in climate adaptation: Periphery, power and possibility. In M. Armiero, E. Turhan, & S. P. De Rosa (Eds.), *Urban movements and climate change: Loss, damage and radical adaptation* (pp. 161–181). Amsterdam University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018). *Global warming of 1.5°C: An IPCC special report*. <https://www.ipcc.ch/sr15/>

Leone, M. F., & Zuccaro, G. (2020). Servizi climatici per il progetto supporto allo sviluppo di strategie di adattamento urbano: L'approccio del progetto H2020 CLARITY. In V. D'Ambrosio, M. Rigillo, & E. Tersigni (Eds.), *Transizioni: Conoscenza e progetto climate proof* (pp. 265–276). CLEAN Edizioni.

Losasso, M., Lucarelli, M. T., Rigillo, M., & Valente, R. (Eds.). (2020a). *Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale / Adapting to the changing climate. Knowledge innovation for environmental design*. Maggioli Editore.

Losasso, M., Leone, M. F., & Tersigni, E. (2020b). Approcci di computational design per la rigenerazione resiliente dello spazio pubblico / Computational design based approaches for public space resilient regeneration. *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, 19, 223–241.

Lucarelli, M. T., Mussinelli, E., & Daglio, L. (2018). *Progettare resiliente*. Maggioli Editore.

Morato, L. C. (2024). Suburban climate adaptation governance: Assumptions and imaginaries affecting peripheral municipalities. *Buildings & Cities*, 5(1), 64–82. <https://doi.org/10.5334/bc.381>

United Nations Human Settlements Programme. (2022). *World cities report 2022: Envisaging the future of cities*. <https://unhabitat.org/wcr>

PARTE SECONDA

Parchi urbani come infrastrutture verdi e blu di adattamento climatico

AA. VV. (2023). *Linee guida, indicatori, protocolli e modelli: Esiti del progetto di ricerca PRIN EUFORICC – Establishing urban forest-based solutions in changing cities (20173RRN2S)*. Compagnia delle Foreste. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7950680>

Al Koshta, H. (2024). Grønningen Bispeparken climate park / SLA. *ArchDaily*. <https://www.archdaily.com/1026192/gronningen-bispeparken-climate-park-sla>

Atelier Jacqueline Osty. (2015). Martin Luther King Park. *Landezine*. <https://landezine.com/martin-luther-king-park-by-atelier-jacqueline-osty-associates/>

Cecafosso, V. (2020). Il progetto di rigenerazione integrata di Clichy-Batignolles a Parigi / The Clichy-Batignolles integrated regeneration project in Paris. In M. Losasso et al. (Eds.), *Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale / Adapting to the changing climate. Knowledge innovation for environmental design* (pp. 301–306). Maggioli Editore.

- Climate-ADAPT. (2016). The economics of managing heavy rains and stormwater in Copenhagen – The cloudburst management plan. European Environment Agency. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/the-economics-of-managing-heavy-rains-and-stormwater-in-copenhagen-2013-the-cloudburst-management-plan>
- Comune di Vicenza. (2024a). *Parco della Pace: Verso una regia unica che coordini tanti operatori*. <https://www.comune.vicenza.it/Novita/Comunicati/Parco-della-Pace-verso-una-regia-unica-che-coordini-tanti-operatori>
- Comune di Vicenza. (2024b). *Al Parco della Pace un nuovo progetto di riforestazione urbana*. <https://www.comune.vicenza.it/Novita/Comunicati/Al-Parco-della-Pace-un-nuovo-progetto-di-riforestazione-urbana>
- Danish Architecture Center. (2024). *Grønningen-Bispeparken: From gray lawn to green oasis*. DAC Knowledge Base. <https://dac.dk/en/magazine/places/gronningen-bispeparken-from-gray-lawn-to-green-oasis-7>
- Dell'Acqua, F. (2023). *Green infrastructure e climate adaptation design: Strategie, azioni e soluzioni nature-based per l'adattamento climatico in ambito urbano*. CLEAN Edizioni.
- European Commission. (2013b). *Green infrastructure (GI) – Enhancing Europe's natural capital* (COM (2013) 249 final). Publications Office of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52013DC0249>
- Fryd, O., Backhaus, A., Birch, H., Fratini, C. F., Ingvertsen, S. T., Jeppesen, J., Panduro, T. E., Roldin, M., & Jensen, M. B. (2013). Water sensitive urban design retrofits in Copenhagen – 40% to the sewer, 60% to the city. *Water Science and Technology*, 67(9), 1945–1952. <https://doi.org/10.2166/wst.2013.073>
- Green Cities Europe Award. (2024). *Italy – Green Cities Europe Award 2024: Parco della Pace (Italy)*. <https://award.thegreencities.eu/award-2024/italy/>
- International Energy Agency. (2023). *Denmark climate resilience policy indicator*. IEA Reports. <https://www.iea.org/reports/denmark-climate-resilience-policy-indicator>
- Landezine. (2025a). *Parco della Pace by PAN Associati and EMF – Studi Marti Franch*. <https://landezine.com/parco-della-pace-by-pan-associati-and-emf-estudi-marti-franch/>
- Landezine. (2025b). *Grønningen-Bispeparken by SLA*. <https://landezine.com/gronningen-bispeparken-by-sla>
- NIRAS. (2024). *Climate adaptation of Grønningen Bispeparken*. NIRAS Projects. <https://www.niras.com/projects/climate-adaption-of-groenningen-bispeparken>
- Palumbo, M. (2017, November 10). Clichy-Batignolles: Abitare a energia positiva. *Domus*. <https://www.domusweb.it/it/architettura/2017/11/10/clichy-batignolles-abitare-a-energia-positiva.html>
- PAN Associati. (2017). *Parco della Pace, Vicenza*. <https://www.panassociati.it/progetto/parco-della-pace-vicenza/>
- Paris Batignolles Aménagement. (2015). *The eco-district: A reference in sustainable urban development in Paris* (Press kit). https://archive-clichy-batignolles.paris-metropole-amenagement.fr/sites/default/files/exe_web_cb_dossierpresse-en_2.pdf
- Puliafito, A. (2025a). Cosa insegna il Parco della Pace. *Slow News*. <https://www.slow-news.com/serie/tra-guerre-e-paci/cosa-insegna-il-parco-della-pace>
- Puliafito, A. (2025b). Tra guerre e paci: La storia del Parco della Pace a Vicenza. *Slow News*. <https://www.slow-news.com/serie/tra-guerre-e-paci>

Rabbi, O. (2025). Parco della Pace: Biodiversità e resilienza a Vicenza. *InfoBuild Energia*. <https://www.infobuildenergia.it/progetti/parco-della-pace-biodiversita-vicenza/>

Revolve. (2024). *Future-proofing Copenhagen: Urban resilience through nature-based solutions*. Revolve Media. <https://revolve.media/opinions/future-proofing-copenhagen>

SLA. (2024). *Grønningen-Bispeparken project description*. <https://sla.dk/en/projects/gronningen-bispeparken>

Rigenerazione urbana e resiliente alla scala di quartiere

AdapteCCA. (2025). *Urban storm water management in Augustenborg, Malmö (Sweden)*. <https://adaptecca.es/en/casos-practicos/urban-storm-water-management-augustenborg-malmo>

Bassolino, E. (2019). The impact of climate change on local water management strategies: Learning from Rotterdam and Copenhagen. *Journal of Urban Planning, Landscape & Environmental Design*, 4(1), 21–40.

Bologna, R., & Hasanaj, G. (2020a). Blue infrastructures in Copenhagen: Il progetto di Tåsinge square / Blue infrastructures in Copenhagen: The project of Tåsinge square. In M. Losasso, M. T. Lucarelli, M. Rigillo, & R. Valente (Eds.), *Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale / Adapting to the changing climate. Knowledge innovation for environmental design* (pp. 381–388). Maggioli Editore.

Bologna, R., & Hasanaj, G. (2020b). Water square Benthemplein: Spazi urbani multifunzionali a Rotterdam / Water square Benthemplein: Multifunctional urban spaces in Rotterdam. In M. Losasso, M. T. Lucarelli, M. Rigillo, & R. Valente (Eds.), *Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale / Adapting to the changing climate. Knowledge innovation for environmental design* (pp. 373–380). Maggioli Editore.

Bologna, R., Losasso, M., Mussinelli, E., & Tucci, F. (Eds.). (2021). *Dai distretti urbani agli eco-distretti: Metodologie di conoscenza, programmi strategici, progetti pilota per l'adattamento climatico / From urban district to eco-district: Knowledge methodologies, strategic programmes, pilot projects for climate adaptation*. Maggioli Editore.

Climate-ADAPT. (2020). *Urban stormwater management in Augustenborg, Malmö*. European Environment Agency. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/urban-storm-water-management-in-augustenborg-malmo>

De Urbanisten. (2016). *Climate-adaptive ZOHO*. UrbanAdapt. https://www.urbanadapt.eu/wp-content/uploads/2016/01/URBANISTEN_climate_adaptive_ZOHO_lr-strippresentatie.pdf

De Urbanisten. (2025). *Climate proof Zomerhofkwartier, Rotterdam*. <https://www.urbanisten.nl/work/climate-proof-zomerhofkwartier>

Etherington, R. (2012, August 18). Saint Kjeld's Kvarter by Tredje Natur. *Dezeen*. <https://www.dezeen.com/2012/08/18/saint-kjelds-climate-adapted-neighborhood-by-tredje-natur/>

EUCANET. (2017). *BP&P – ZOHO climate proof district*. https://eucanet.wordpress.com/2017/11/14/bpp_-zoho-climate-proof-district/

Klimakvarter. (2013). *Copenhagen climate resilient neighbourhood*. http://www.klimakvarter.dk/wp-content/2013/03/klimakvarter_ENG_low.pdf

- Mezzi, P. (2015, March 1). San Kjeld, Copenhagen: Ecco il primo quartiere “resiliente”. *Abitare*. <https://www.abitare.it/architettura/architettura-sostenibile/2015/03/01/san-kjeld-copenhagen-quartiere-resiliente/>
- Mussnelli, E., Riva, R., Gambaro, M., & Tartaglia, A. (2020). La riconversione ambientale di Ekostaden Augustenborg a Malmö. In M. Losasso, M. T. Lucarelli, M. Rigillo, & R. Valente (Eds.), *Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale / Adapting to the changing climate. Knowledge innovation for environmental design*. Maggioli Editore.
- Peinhardt, K. (2021). *Resilience through placemaking: Public spaces in Rotterdam’s climate adaptation approach* (Discussion Paper 1/2021). Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (IDOS). https://www.idos-research.de/uploads/media/DP__1.2021.pdf
- Smart City Sweden. (2025). *Eco City Augustenborg – Creating an attractive and resilient district*. <https://smartcitysweden.com/best-practice/329/eco-city-augustenborg-creating-an-attractive-and-resilient-district/>
- Stålhammar, S., & Brink, E. (2021). Exploring urban stormwater management through blue-green infrastructure in Sweden: The Augustenborg case. *Urban Planning*, 6(2), 189–203. <https://doi.org/10.17645/up.v6i2.3953>
- Tredje Natur. (2011). *The first climate district*. <https://www.tredjenatur.dk/en/portfolio/the-first-climate-district/>

Strategie e soluzioni progettuali negli spazi aperti: piazze e strade clima-adattive

- Ajuntament de Barcelona. (2020). *Towards Superblock Barcelona*. <https://ajuntament.barcelona.cat/premsa/wp-content/uploads/2020/11/201111-DOSSIER-Superilla-Barcelona-EN.pdf>
- Ajuntament de Barcelona. (2025). *The new green hubs and squares*. <https://ajuntament.barcelona.cat/superilles/en/content/the-new-green-hubs-and-squares>
- Cabezas, A., & Montlleó, M. (2016). *Barcelona’s strategies to increase and enhance urban green infrastructure: Policy brief 01 (Conexus NBS)*. Barcelona Regional. https://oppla.eu/sites/default/files/old_files/uploads/conexuspolicybrief-01barcelonaurbangia4-8ppen-screenres.pdf
- Copenhagen Municipality. (2017a). *Construction of cloudburst protection and urban space improvements on Carl Nielsens Allé, Østerbro*. <https://www.kk.dk/dagsordener-og-referater/Økonomiudvalget/møde-07112017/referat/punkt-34>
- Copenhagen Municipality. (2017b). *Bilag 4: Carl Nielsens Allé – Proposed layout*. <https://www.kk.dk/sites/default/files/agenda/5dc9f3e8-ca9e-4097-b784-4b82d913ceb9/71df6876-85f8-4fe5-b0c6-0b3e09f8175d-bilag-4.pdf>
- Copenhagen Municipality. (2018). *Technical and environmental administration: Carl Nielsens Allé OS10*. <https://planer.kk.dk/spildevandsplan-2018/projekter/skybrudssikring/carl-nielsens-alle-os10/>
- Council of Europe Development Bank. (2023). *Resilience in action: Barcelona’s Superblock programme*. https://coebank.org/media/documents/Thematic_Review_Barcelona_Superblock.pdf
- European Commission – Joint Research Centre. (2025). *Green axes and squares of BCN’s Eixample*. New European Bauhaus Prizes. <https://prizes.new-european-bauhaus.europa.eu/application/38546>

European Environment Agency. (2020). *Urban adaptation in Europe: How cities and towns respond to climate change* (EEA Report No. 12/2020). Publications Office of the European Union.

Frago, L., & Morcuende, A. (2024). Urban planning paradoxes and sociospatial fragmentation: The Superblock Barcelona case (2016–2023). *International Journal of Urban and Regional Research*, 48(6), 1055–1078. <https://diposit.up.edu/dspace/bitstream/2445/216756/1/870102.pdf>

Iwaszuk, E., Rudik, G., Duijn, L., Mederake, L., Davis, M., Naumann, S., & Wagner, I. (2019). *Addressing climate change in cities: Catalogue of urban nature-based solutions*. Ecologic Institute & Sendzimir Foundation. https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2020/addressing-climate-change-in-cities-nbs_catalogue.pdf

Landezine. (2023). *Carl Nielsens Allé by WERK*. <https://landezine.com/carl-nielsens-alle-by-werk/>

Landezine International Landscape Award. (2023). *Carl Nielsens Allé by WERK Arkitekter*. <https://landezine-award.com/carl-nielsens-alle/>

Magrinya, F., Mercadé-Aloy, J., & Ruiz-Apilánez, B. (2023). Merging green and active transportation infrastructure towards an equitable accessibility to green areas: Barcelona green axes. *Land*, 12(4), 919. <https://upcommons.upc.edu/bitstreams/bc7d46c4-4f6e-47be-9ae7-7f0b7f1d4bef/download>

Nieuwenhuijsen, M. J., Khomenko, S., Rueda, S., & Mueller, N. (2024). The Superblock model: A review of an innovative urban model. *Environmental Research*, 250, 118550. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118550>

Pearlmutter, D., Theochari, D., Nehls, T., Pinho, P., Piro, P., Korolova, A., Papaefthimiou, S., Garcia Mateo, M. C., Calheiros, C., Zluwa, I., Pitha, U., Schosseler, P., Florentin, Y., Ouannou, S., Gal, E., Aicher, A., Arnold, K., Igondová, E., & Pucher, B. (2020). Enhancing the circular economy with nature-based solutions in the built urban environment: Green building materials, systems and sites. *Blue-Green Systems*, 2(1), 46–72. <https://doi.org/10.2166/bgs.2019.928>

Richter, K. (2016). Neuer Einsatz für alte Gleise. *Planung & Gestaltung | Öffentliche Plätze*, 8, December 2015/January 2016. https://gruen-werk.com/gw-content/uploads/2021/02/Zollhallenplatz-Freiburg-aussenraum_12_15.pdf

Resilient Cities Network. (2022). *Barcelona's Superblocks: Towards the city we want*. https://resilientcitiesnetwork.org/downloadable_resources/UR/SP/2022/220504_play_Barcelona2.pdf

Rueda, S. (2017). Superblocks for the design of new cities and renovation of existing ones: Barcelona's case. In *Urban mobility: New models for new needs* (pp. 1–15). Fundación Ecología Urbana y Territorial. <https://feut.org/wp-content/uploads/2017-RUEDA-S.-SUPERBLOCKS-FOR-THE-DESIGN-OF-NEW-CITIES-AND-RENOVATION-OF-EXISTING-ONES-BARCELONAS-CASE.pdf>

SOS4LIFE. (2020). *Liberare il suolo: 20 casi studio per la resilienza urbana – Progetti e processi di adattamento negli interventi di rigenerazione*. Regione Emilia-Romagna. https://territorio.regione.emilia-romagna.it/urbanistica/pubblicazioni/sos4life_lineeguida_02_ita_lr.pdf

urbanNext. (2025). *Zollhallen Plaza: A climate adaptation tool*. <https://urbannext.net/zollhallen-plaza/>

WERK Arkitekter. (2018). *The climate adaptation project on Carl Nielsens Allé is well underway*. <https://werkarkitekter.dk/klimatilpasningsprojektet-paa-carl-nielsens-alle-er-godt-paa-vej/>

WERK Arkitekter. (2025). *Carl Nielsens Allé*. <https://werkarkitekter.dk/projects/carl-nielsens-alle/>

Edifici Climate Proof: soluzioni progettuali architettoniche e ambientali

City of Hamburg. (2018a). *More green roofs for Hamburg*. Ministry for Environment and Energy. <https://www.hamburg.com/resource/blob/1057974/a5544533af6cba7305c0d8c58946fa96/d-more-green-roofs-for-hamburg-data.pdf>

City of Hamburg. (2018b). *Hamburg's green roofs – Economic evaluation*. Ministry for Environment and Energy. <https://www.hamburg.com/resource/blob/1057968/4f3ba7ede2a8a5e1038f73e5f24a75b9/d-economic-evaluation-data.pdf>

City of Hamburg. (2019). *Green roofs – Guidelines for planning*. Free and Hanseatic City of Hamburg, Ministry for Environment and Energy. <https://www.hamburg.de/resource/blob/281686/36db7143a42e38227e10190fc8262bb2/d-guidelines-data.pdf>

Climate-ADAPT. (2016a). *Green roofs in Basel, Switzerland: Combining mitigation and adaptation measures*. European Environment Agency. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/green-roofs-in-basel-switzerland-combining-mitigation-and-adaptation-measures-1>

Climate-ADAPT. (2016b). *Four pillars to Hamburg's green roof strategy: Financial incentive, dialogue, regulation, and science*. European Environment Agency. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/four-pillars-to-hamburg2019s-green-roof-strategy-financial-incentive-dialogue-regulation-and-science>

GrowGreen Project. (2021). *Hamburg green roof strategy – Case study presentation*. <https://growgreenproject.eu>

Interlace Hub. (2020). *Green roof strategy – Basel*. Interlace Knowledge Hub. <https://interlace-hub.com/green-roof-strategy-basel>

Interlace Hub. (2023). *Green roof strategy Hamburg*. Interlace Knowledge Hub. <https://interlace-hub.com/green-roof-strategy-hamburg>

Landezine. (2021). *Residential complex “In Gärten” by Neuland ArchitekturLandschaft*. <https://landezine.com/residential-complex-in-garten-by-neuland-architekturlandschaft/>

Living Architecture Monitor. (2022). *On the roof with the father of green roof biodiversity research*. <https://livingarchitecturemonitor.com/articles/the-father-of-biodiversity-research-on-green-roofs-su22>

Mancuso, S. (2023). *Fitopolis: La città vivente*. Laterza.

Menezes, F. (2023). How one Swiss city made green roofs a legal requirement in bid to tackle climate change. *BrightVibes*. <https://www.brightvibes.com/how-one-swiss-city-made-green-roofs-a-legal-requirement-in-bid-to-tackle-climate-change>

Mooool. (2020). *Residential complex “In Gärten” by Neuland ArchitekturLandschaft GmbH*. <https://mooool.com/en/residential-complex-in-garten-by-neuland-architekturlandschaft-gmbh.html>

Neuland ArchitekturLandschaft GmbH. (2018). *Portfolio update 04/2018*. https://www.neulandarch.ch/034_180410_Portfolio_Web.pdf

Niranjan, A. (2025, February 28). ‘Green roofs deliver for biodiversity’: How Basel put nature on top. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/environment/2025/feb/28/green-roofs-deliver-for-biodiversity-how-basel-put-nature-on-top>

Oppla. (2025). *Basel, Switzerland: Green roofs – Combining mitigation and adaptation measures*. Oppla Case Study Database. <https://oppla.eu/case-study/basel-switzerland-green-roofs-combining-mitigation-and-adaptation-measures>

Perini, K. (2021). *Progettare il verde in città: Una strategia per l'architettura sostenibile. Spazi verdi al suolo, coperture verdi, verde verticale, norme e casi studio*. FrancoAngeli.

REGREEN Project. (2021). *Green roof strategy – Collaborative governance Hamburg & London*. REGREEN Factsheet. https://www.regreen-project.eu/wp-content/uploads/REGREEN-factsheet-GREEN-ROOF-STRATEGY-Collaborative-Governance-Hamburg_-London_neu.pdf

Richter, M., & Dickhaut, W. (2023). Long-term performance of blue-green roof systems: Results of a building-scale monitoring study in Hamburg, Germany. *Water*, 15(15), 2806. <https://doi.org/10.3390/w15152806>

World Landscape Architecture. (2020). *Residential complex “In Gärten”, Zurich, Switzerland*. <https://worldlandscapearchitect.com/residential-complex-in-garten-zurich-switzerland-neuland-architekturlandschaft/>

PARTE TERZA

Nature-based solutions per la resilienza climatica e la biodiversità urbana

AA. VV. (2023). *Linee guida, indicatori, protocolli e modelli: Esiti del progetto di ricerca PRIN EUFORICC – Establishing urban forest-based solutions in changing cities (20173RRN2S)*. Compagnia delle Foreste. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7950680>

Alonso-Marroquin, F., & Qadir, G. (2023). Synergy between photovoltaic panels and green roofs. *Energies*, 16(13), 5184. <https://doi.org/10.3390/en16135184>

Ballard, B. W., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., & Kellagher, R. (2015). *The SuDS manual (C753)*. CIRIA.

Bit, E. (2012). *Il nuovo verde verticale: Tecnologie, progetti, linee guida*. Wolters Kluwer Italia.

Chartier Dalix Architectes. (2014). Primary school for sciences and biodiversity / Chartier Dalix Architectes. *ArchDaily*. <https://www.archdaily.com/585862/primary-school-for-sciences-and-biodiversity-chartier-dalix-architectes>

Chartier Dalix Architectes. (2021). New headquarters of the AP-HP by Chartier Dalix. *Landezine*. <https://landezine.com/new-headquarters-of-the-ap-hp-by-chartierdalix/>

Croce, S., & Vettorato, D. (2021). Urban surface uses for climate resilient and sustainable cities: A catalogue of solutions. *Sustainable Cities and Society*, 75, 103313. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103313>

DAKU. (2024). *DAKU blue green roof (BGR): Nature-based solution for sustainable water management and green roofing*. https://www.daku.it/storage/media/pdf/nMghI2/2024_brochure-daku_bgr_eng_web_compressed.pdf

De Bon, H., Parrot, L., & Moustier, P. (2010). Sustainable urban agriculture in developing countries: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30(1), 21–32. <https://doi.org/10.1051/agro:2008062>

- Dessì, V., Farnè, E., Ravanello, L., & Salomoni, M. T. (2017). *Rigenerare la città con la natura: Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici*. Maggioli Editore.
- Eisenberg, B., Chiesa, C., Fischer, L., Jakstis, K., & Polcher, H. G. (2022). *Nature-based solutions: Technical handbook factsheets*. UNaLab / Urban Nature Labs.
- European Commission. (2014). *53 NWRM illustrated: A catalogue of measures for natural water retention*. <https://www.nwrm.eu/sites/default/files/documents-docs/53-nwrm-illustrated.pdf>
- European Commission. (2020a). *EU biodiversity strategy for 2030: Bringing nature back into our lives* (COM(2020) 380 final). Publications Office of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0380>
- European Commission. (2021). *Forging a climate-resilient Europe: The new EU strategy on adaptation to climate change*(COM(2021) 82 final). Publications Office of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0082>
- ENEA. (2024). *Tetti e pareti verdi: Linee guida per l'edilizia sostenibile*.<https://italiainclassa.enea.it/filesystemMedia/1/2024/07/3884d264d0ed658791663d963b55bd62.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2016). *Guidelines on urban and peri-urban forestry* (FAO Forestry Paper No. 178). <https://www.fao.org/3/i6210e/i6210e.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rikolto, & RUAF. (2022). *Urban and peri-urban agriculture sourcebook: From production to food systems*. <https://doi.org/10.4060/cb9722en>
- Haer, T., Busker, T., de Moel, H., Wens, M., Meijer, L., Aerts, J., Brüggem, J., Solcerova, A., Föllmi, D., Corpel, L., & Kluck, J. (2022). *Final report – The building-scale performance of blue-green roofs (RESILIO Deliverable O6.3.1)*. Urban Innovative Actions; Vrije Universiteit Amsterdam; Hogeschool van Amsterdam. https://openresearch.amsterdam/image/2022/4/8/final_report_resilio_o6_3_1_impact_on_roof.pdf
- Houchmand, L. J., Martí, M. M., & Gassó-Domingo, S. (2025). Photovoltaics and green roofs: Holistic analysis in built environments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 207, 114987.
- Konijnendijk, C. C., Nilsson, K., Randrup, T. B., & Schipperijn, J. (2005). *Urban forests and trees*. Springer. <https://doi.org/10.1007/3-540-27684-X>
- Krosby, M., Theobald, D. M., Norheim, R., & McRae, B. H. (2018). Identifying riparian climate corridors to inform climate adaptation planning. *PLoS ONE*, 13(11), e0205156. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205156>
- Kuchelmeister, G. (2000). *Urban forestry in developing countries: Status and prospects*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Lambertini, A. (2014). New urban natures. In R. M. Pulselli, G. Paolinelli, & S. Bastianoni (Eds.), *The rampant garden: Let's make building walls live. Solutions for sustainable cities* (pp. 20–45). Edifir Edizioni Firenze.
- Manso, M., & Castro-Gomes, J. (2015). Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 863–871. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>
- Miller, R. W. (1998). *Urban forestry: Planning and managing urban greenspaces* (2nd ed.). Prentice Hall.

Mougeot, L. J. A. (2000). Urban agriculture: Definition, presence, potentials and risks. In *Growing cities, growing food: Urban agriculture on the policy agenda* (pp. 1–42). DSE.

Mussnelli, E., Gambaro, M., Riva, R., Cerati, D., & Tartaglia, A. (2020a). Nature-based solutions. In M. Losasso, M. T. Lucarelli, M. Rigillo, & R. Valente (Eds.), *Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale / Adapting to the changing climate. Knowledge innovation for environmental design* (pp. 127–130). Maggioli Editore.

Mussnelli, E., Gambaro, M., Riva, R., Cerati, D., & Tartaglia, A. (2020b). Infrastrutture verdi / Green infrastructures. In M. Losasso, M. T. Lucarelli, M. Rigillo, & R. Valente (Eds.), *Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale / Adapting to the changing climate. Knowledge innovation for environmental design* (pp. 123–126). Maggioli Editore.

Orsini, F., Kahane, R., Nono-Womdim, R., & Gianquinto, G. (2013). Urban agriculture in the developing world: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(4), 695–720. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0143-z>

Perini, K. (2013). *Progettare il verde in città*. FrancoAngeli.

Radić, M., Brković Dodig, M., & Auer, T. (2019). Green facades and living walls: A review establishing the classification of construction types and mapping the benefits. *Sustainability*, 11(17), 4579. <https://doi.org/10.3390/su11174579>

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>

World Bank. (2021). *A catalogue of nature-based solutions for urban resilience*. World Bank Group. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36507>

World Health Organization. (2017). *Urban green spaces: A brief for action*. WHO Regional Office for Europe.

Zeza, A., & Tasciotti, L. (2010). Urban agriculture, poverty, and food security: Empirical evidence from a sample of developing countries. *Food Policy*, 35(4), 265–273. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.04.007>

Soluzioni tecnologiche ibride per l'adattamento dell'ambiente costruito

Akbari, H., & Levinson, R. (2008). Evolution of cool-roof standards in the US. *Advances in Building Energy Research*, 2, 1-32. <https://doi.org/10.3763/aber.2008.0201>

Ballard, B. W., Wilson, S., UdaleClarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R. and Kellagher, R. (2015). *The SuDS Manual*. C753. CIRIA, London, UK.

Bologna, R., & Hasanaj, G. (2020b). Water square Benthemplein: Spazi urbani multifunzionali a Rotterdam / Water square Benthemplein: Multifunctional urban spaces in Rotterdam. In M. Losasso, M. T. Lucarelli, M. Rigillo, & R. Valente (Eds.), *Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale / Adapting to the changing climate. Knowledge innovation for environmental design* (pp. 373–380). Maggioli Editore.

City of Philadelphia. (2014). *Green Streets Design Manual*. <https://www.phila.gov/media/20160504172218/Green-Streets-Design-Manual-2014.pdf>

- Drainpanel (2025). *Elemento e canale di drenaggio*. Edilportale. https://www.edilportale.com/prodotti/geoplast/elemento-e-canale-di-drenaggio/drainpanel_247482.html
- Dessi, V., Farnè, E., Ravanello, L., Salomoni, M.T. (2017). *Rigenerare la città con la natura. Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici*. Maggioli.
- Eisenberg, B., Chiesa, C., Fischer, L., Jakstis, K., & Polcher, H. G. (2022). *Nature-based Solutions: Technical Handbook Factsheets*. UNaLab / Urban Nature Labs.
- European Commission. (2014). 53 NWRM *illustrated: A catalogue of measures for natural water retention*. <https://www.nwrm.eu/sites/default/files/documents-docs/53-nwrm-illustrated.pdf>
- Filagrossi Ambrosino, C., & Leone, M.F. (2017). Catalogo di alternative tecniche per l'adattamento ai cambiamenti climatici. In V. D'Ambrosio & M. F. Leone (Eds.), *Progettazione ambientale per l'adattamento al climate change. 2. Strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici / Environmental Design for Climate Change adaptation. 2. Tools and Guidelines for Climate Risk Reduction* (pp. 72–83). Napoli: CLEAN Edizioni.
- Musco, F., Maragno, D., & Litt, G. (2018). *Abaco di azioni di adattamento ai cambiamenti climatici: Verso paesaggi dell'abitare e del lavorare a prova di clima*. Città Metropolitana di Milano; Fondazione Cariplo.
- Santamouris, M. (2014). Cooling the cities—a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar energy*, 103, 682-703. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.07.003>
- Synnefa, A., Santamouris, M., & Akbari, H. (2007). Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions. *Energy and Buildings*, 39(11), 1167-1174. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.01.004>
- Valsir (2023). *Drenaggio urbano sostenibile – Sistema Aquanest*. <https://www.valsir.it>

CREDITI FOTOGRAFICI

Pag. 29 - Parco Martin Luther King a Parigi

(Fonte: Guallendra, CC BY-SA 4.0 da Wikimedia Commons)

Pag. 36 - Anomalie delle temperature medie dei diversi paesi dal 1900 al 2016.

(Fonte: Antti Lipponen - <https://www.flickr.com/photos/150411108@N06/>, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=83543536>)

Pag. 45 - Alluvione nel quartiere di Vesterbro a Copenhagen

(Fonte: Lisa Risager from Denmark - SkybrudTransferred from Flickr using Magnus Manske's excellent tool Flickr2Commons by heb@Wikimedia Commons., CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15701252>)

Pag. 62 - Vista aerea dei Giardini del Lussemburgo a Parigi

(Fonte: Travel with Lenses, Free to use, <https://www.pexels.com/photo/aerial-view-of-luxembourg-gardens-in-paris-30596984/>)

Pag. 64 - Parco della Pace, Vicenza

(Fonte: © Comune di Vicenza - Ufficio Stampa - Creative Commons Attribution 4.0 International, CC BY 4.0, <https://www.comune.vicenza.it/Novita/Comunicati/Parco-della-Pace-il-Comune-ha-ricevuto-il-Collaudato-tecnico>)

Pag. 73 - Parco Martin Luther King a Parigi

(Fonte: Guilhem Vellut from Paris, France - Parc Clichy-Batignolles - Martin-Luther-King @ Paris, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=51722238>)

Pag. 78 - Quartiere Vauban di Friburgo, Germania

(Fonte: Claire7373 - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2637487>)

Pag. 80 - Tasinge Square ne quartiere Østerbro, Copenhagen

(Fonte: Leif Jørgensen - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=52452784>)

Pag. 91 - Complesso residenziale ad Augustenborg, Malmö

(Fonte: Jorchr - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=31509258>)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup_best_practice)

Giulio Hasanaj, *Progetto tecnologico e ambientale per ecosistemi urbani adattivi*, © 2025 Author(s), CC BY-NC-SA 4.0, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0914-4, DOI 10.36253/979-12-215-0914-4

Pag. 96 - Intervento in una piazza dell'Eixample. Progetto nella Superilla del quartiere di Sant Antoni, Barcellona

(Fonte: Cataleirxs - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=138105250>)

Pag. 98 - Strada depavimentata all'interno di una Superilla di Barcellona

(Fonte: R. Hauschulz - Personal exchange, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=148418255>)

Pag. 108 - Vista delle sedute nella piazza Zollhallen a Friburgo, Germania

(Fonte: Joergens.mi - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=77676005>)

Pag. 112 - Area verde nella piazza Zollhallen a Friburgo, Germania

(Fonte: Andreas Schwarzkopf - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=50794732>)

Pag. 120 - Esempio di applicazione di tetto verde estensivo in un edificio ad Amburgo

(Fonte: © Thomas Fries, Lizenz: cc-by-sa-3.0 de, CC BY-SA 3.0 de, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26922397>)

Pag. 130 - Tetti verdi realizzati in adiacenza al tetto in rame della sala conferenze della Biblioteca universitaria di Basilea

(Fonte: Martin Thurnherr, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=138909233>)

Le fotografie non espressamente citate nei crediti sono da attribuire all'autore.

Titoli pubblicati

1. Alessandro Brodini, *Lo Iuav ai Tolentini: Carlo Scarpa e gli altri. Storia e documenti*, 2020
2. Letizia Dipasquale, *Understanding Chefchaouen. Traditional knowledge for a sustainable habitat*, 2020
3. Vito Getuli, *Ontologies for Knowledge modeling in construction planning. Theory and Application*, 2020
4. Lamia Hadda, *Médina. Espace de la Méditerranée*, 2021
5. Letizia Dipasquale, Saverio Mecca, Mariana Correia (eds.), *From Vernacular to World Heritage*, 2020
6. Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa (a cura di), traduzione e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, *La mente in architettura. Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, 2021
7. Magda Minguzzi, *The Spirit of Water. Practices of cultural reappropriation. Indigenous heritage sites along the coast of the Eastern Cape-South Africa*, 2021
8. Rita Panattoni, *I mercati coperti di Giuseppe Mengoni. Architettura, ingegneria e urbanistica per Firenze Capitale*, 2021
9. Stefano Follesa, *Il progetto memore. La rielaborazione dell'identità dall'oggetto allo spazio*, 2021
10. Monica Bietti, Emanuela Ferretti (a cura di), *Il granduca Cosimo I de' Medici e il programma politico dinastico nel complesso di San Lorenzo a Firenze*, 2021
11. Giovanni Minutoli, *Rocca San Silvestro. Restauro per l'archeologia*, 2021
12. Juhani Pallasmaa (a cura di), traduzione e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, *L'architettura degli animali*, 2021
13. Giada Cerri, *Shaking Heritage. Museum Collections between Seismic Vulnerability and Museum Design*, 2021
14. Margherita Tufarelli, *Design, Heritage e cultura digitale. Scenari per il progetto nell'archivio diffuso*, 2022
15. Lamia Hadda, Saverio Mecca, Giovanni Pancani, Massimo Carta, Fabio Fratini, Stefano Galassi, Daniela Pittaluga (eds.), *Villages et quartiers à risque d'abandon. Stratégies pour la connaissance, la valorisation et la restauration*, 2022
16. Flavia Giallorenzo, Maddalena Rossi, Camilla Perrone (a cura di), *Social and Institutional Innovation in Self-Organising Cities*, 2022
17. Eleonora Trivellin (edited by), *Design driven strategies. Visioni a confronto*, 2022
18. David Fanfani, Giuseppe Alberto Centauro, *La Fattoria Medicea di Cascine di Tavola a Prato. Un Progetto Integrato di Territorio per la rigenerazione patrimoniale di un paesaggio vivente*, 2022
19. Matteo Zambelli, *La conoscenza per il progetto. Il case-based reasoning nell'architettura e nel design*, 2022
20. Massimo Carta, Maria Rita Gisotti, *Six projets pour l'urbanisme euroméditerranéen. Sei progetti per l'urbanistica euromediterranea*, 2022
21. Giuseppina Forte, Kuan Hwa (eds.), *Embodying Peripheries*, 2022
22. Susanna Caccia Gherardini, *Il palazzo in mezzo a una selva millenaria. Villa Borbone a Viareggio: progetto di conoscenza / The palace in the middle of a thousand-year old forest. Bourbon Villa in Viareggio: knowledge and conservation project*, 2022
23. Gianluca Belli, Fabio Lucchesi, Paola Raggi, *Firenze nella prima metà dell'Ottocento. La città nei documenti del Catasto Generale Toscano*, 2022
24. Sofia Nannini, *Icelandic Farmhouses. Identity, landscape and construction (1790–1945)*, 2023
25. Rosa De Marco, Monique Poulot (sous la direction de), *Dessin, Design, Projet. Représenter et reconfigurer les espaces ouverts*, 2023

26. Francesca Giusti, *Restauri e musei. Il paesaggio culturale dei lungarni di Pisa dal secondo dopoguerra a oggi*, 2023
27. Mario Biggeri, Giuseppe De Luca, Andrea Ferrannini, Carlo Pisano (a cura di), *Mondeggi. Rigenerazione sociale, culturale e agricola per una Città Metropolitana sostenibile*, 2023
28. Lamia Hadda, *Architettura islamica nel Mediterraneo fatimide (X-XII secolo)*, 2023
29. Bryan Lawson, traduzione e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, *Il viaggio degli studenti di progettazione. Capire come pensano i progettisti*, 2023
30. Gabriele Paolinelli, Nicoletta Cristiani, Giacomo Dallatorre (a cura di), *Careggi Campus. Studi progettuali per la rigenerazione degli spazi aperti dei complessi ospedalieri*, 2023
31. Susanna Cerri, Fabio Lucchesi, Vanessa Staccioli, *Rappresentazioni per la pianificazione spaziale. Un modello visivo per la Città Metropolitana di Roma Capitale*, 2023
32. Roberto Bologna, Claudio Piferi (a cura di), *La residenza per studenti universitari tra norma, progetto e realizzazione. I programmi pluriennali di attuazione della legge 338/2000*, 2024
33. Alberto Campo Baeza, Juhani Pallasmaa, traduzione e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, *Otto meditazioni di architettura*, 2024
34. Pietro Matracchi, *Palazzo Pitti fra Sette e Ottocento/Pitti Palace between the 18th and 19th centuries*, 2024
35. Giacomo Tempesta, Jacopo Giuseppe Vitale (a cura di), *Convento di Santa Clara de Asis, L'Avana - Cuba. Indicazioni per il recupero e la riqualificazione funzionale / Convento de Santa Clara de Asis, La Habana - Cuba. Indicaciones para la recuperación funcional y el redesarrollo*, 2024
36. Gabriele Paolinelli, Giacomo Dallatorre, *C'è campo. Il futuro della città visto dal suolo*, 2025
37. Maria Adriana Giusti, *Restauro dei giardini europei. Storia e teorie*, 2025
38. Claudio Saragosa (a cura di), *La piccola città. Per una rigenerazione urbana tra Caletta e Lillatro*, 2025
39. Alberto Campo Baeza, *Tredici trucchi per fare un'architettura migliore*, traduzione e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, 2025
40. Claudio Piferi, *Evoluzione dell'housing universitario in Italia. Il Campus Bocconi a Milano*, 2025
41. Ludovica Gregori, *Social reconstruction in post-seismic emergency*, 2025
42. Alessio Caporali, *Il palazzo Bini Torrigiani. Dalla fondazione medievale alla costituzione del Museo della Specola*, 2025



Finito di stampare da
Rubbettino print | Soveria Mannelli (CZ)
per conto di FUP
Università degli Studi di Firenze
2025

Il volume si colloca nel dibattito contemporaneo sull'adattamento urbano e architettonico alla crisi climatica ed ecologica, rispondendo alla crescente esigenza di strumenti progettuali integrati, scientificamente fondati e orientati all'azione. Le città, oggi più che mai, sono luoghi di vulnerabilità ma anche laboratori di cambiamento: responsabili di una parte rilevante delle emissioni, del consumo di risorse e della perdita di biodiversità, rappresentano al contempo il contesto privilegiato per sperimentare strategie di trasformazione sistemica.

Il libro si propone come guida teorica e pratica per affrontare questa complessità attraverso i principi della progettazione tecnologica e ambientale dell'architettura. Strutturato in tre sezioni, analizza scenari globali e politiche internazionali, introduce principi e strumenti per il progetto rigenerativo, e presenta casi studio e strategie su diverse scale di intervento. L'obiettivo è offrire riferimenti concettuali, metodologici e operativi per orientare l'azione progettuale in chiave ecologica e adattiva.

Grazie alla combinazione tra cornici teoriche, modelli operativi e soluzioni progettuali, il volume si rivolge a un pubblico ampio e trasversale: docenti, ricercatori, professionisti, studenti, amministratori pubblici e attori del terzo settore. Il libro promuove una visione olistica dell'architettura e della città come sistemi dinamici capaci di adattarsi al cambiamento e rigenerare gli ecosistemi urbani.

Giulio Hasanaĵ, Arch. Ph. D. Ricercatore di Progettazione tecnologica e ambientale dell'architettura presso il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze (Italia) e per il National Biodiversity Future Center (NBFC). Ha svolto attività di insegnamento e ricerca presso l'Università di Tirana "Nostra Signora del Buon Consiglio" (Albania), l'Università di Nanjing (Cina), l'Università Tongji a Shanghai (Cina), l'Ecole d'Architecture dell'Université International de Rabat (Marocco) e la Pontificia Universidad Católica de Quito (Ecuador). È membro della Società Italiana di Tecnologia dell'Architettura (SITdA), del Centro di Ricerca Interuniversitario TESIS "Sistemi e Tecnologie per le Strutture Sanitarie, Sociali e della Formazione" e dell'Nature-based Solutions Italy Hub.