

PROGETTAZIONE AMBIENTALE E CLIMATE ADAPTIVE DESIGN IN AMBITO URBANO.
STRATEGIE E SISTEMI DI SOLUZIONI NATURE-BASED
AL PLUVIAL FLOODING E ALL' URBAN HEATWAVE



Università degli Studi di Napoli Federico II
DiARC Dipartimento di Architettura
DoARC Dottorato in Architettura

Dottorato in Architettura_ XXXI ciclo
ICAR 12 Tecnologie sostenibili, Recupero e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente

Dottoranda: Federica Dell'Acqua

Tutor: Prof.sa Marina Rigillo, DiARC, Università degli Studi di Napoli Federico II

Cotutor: Prof. Mario Losasso, DiARC, Università degli Studi di Napoli Federico II
Prof. Norbert Kühn, Technische Universität Berlin

Coordinatore di Dottorato: Prof. Michelangelo Russo, DiARC, Università degli Studi di Napoli Federico II

INDICE

- I. Abstract 6
- II. Introduzione 7
- III. Obiettivi e *outline* di ricerca 11
- IV. Metodologia 15

Bibliografia

Capitolo 01- Background tecnico-scientifico. L'Adaptive urban design negli studi sul cambiamento climatico

- 1.1 Definizione dell'ambito disciplinare: l'*Adaptive urban design* come scenario di ricerca della Progettazione ambientale 20
- 1.2 Progettazione ambientale e *Adaptive urban design* negli studi sul climate change 26
- 1.3 Concetti di base 28
 - 1.3.1 I concetti di *vulnerabilità* e *sensibilità* 28
 - 1.3.1.2 La vulnerabilità dei sistemi in regime di climate change. L'approccio *hazard-* e *site-specific* 31
 - 1.3.2 Verso la Progettazione adattiva. *Adaptive capacity* e *adattamento* 35
 - 1.3.2.1 Adattamento agli effetti e mitigazione delle cause dei cambiamenti climatici 40
 - 1.3.2.2 *False friendliness*: il concetto di *adaptive design* e di *climate-responsive design* 46
 - 1.3.3 Adattamento e resilienza per i contesti urbani a rischio 50

Glossario

Bibliografia

Capitolo 02- Città, adattamento e cambiamento climatico

- 2.1 Relazioni tra processi antropici e impatti climatici 64
 - 2.1.2 I fenomeni del cambiamento climatico 65
 - 2.1.3 Strategie di adattamento agli impatti dei cambiamenti climatici. Background scientifico 66
 - 2.1.4 Progettazione ambientale e approcci ecosistemici. L'Ecosystem Based Approach (EbA) e le Nature-Based Solutions (NBS) nell'*adaptive urban design* 77
 - 2.1.5 L'*Adaptive design* come processo progettuale in contesti urbani stocastici 80
 - 2.1.6 *Adaptive urban design* e rigenerazione urbana 82
- 2.2 Le politiche tecniche internazionali 88
 - 2.2.1 *Das Hamburger Klimaschutzkonzept* 2011 89
 - 2.2.2 *Copenhagen Climate Adaptation Plan* 2011 92
 - 2.2.3 *Rotterdam Climate Change Adaptation Strategy* 2013 97
 - 2.2.4 Il piano di adattamento di Berlino *StEP Klima* 2016 103

Glossario

Bibliografia

Capitolo 03- Selezione e analisi dei casi studio

3.1 La produzione culturale di riferimento per le NBS. Condizioni di selezione per la ricerca 122

3.2 Approccio transcalare e criteri di selezione dei casi studio 122

3.3 Il distretto urbano adattivo 123

3.3.1 Casi studio di livello distrettuale. I quartieri di St Georg e Winterhude-Süd ad Amburgo 133

3.3.2 *Urban nature based climate adaptation practice*. Il caso di Copenaghen 143

3.4 Progetti-pilota adattivi europei di scala sub-distrettuale. Analisi dei casi studio 146

3.4.1 Strategie e soluzioni tecniche per la progettazione adattiva 168

3.4.2 La manualistica tecnico-progettuale 175

Glossario

Bibliografia

Capitolo 04_ Vegetazione, spazi verdi e adaptive urban design

4.1 Le funzioni della vegetazione per l'ambiente urbano 192

4.2 Il ruolo adattivo degli spazi verdi nei contesti urbani. L'efficacia della rete 198

4.3 Misurare l'efficacia adattiva dei sistemi di soluzioni *nature-based* 200

Glossario

Bibliografia

Capitolo 05_ Strategie e sistemi di soluzioni NBS: indirizzi per gli interventi di adattamento

5.1 Lettura critica della ricerca: le NBS come dispositivo tecnologico transcalare 212

5.2 Imparare dai casi studio. Applicabilità e trasferibilità delle NBS nel progetto adattivo 215

5.3 Quadro di indirizzi per l'applicazione delle NBS 221

Glossario

Bibliografia

Conclusioni 229

Appendice

A1_Elenco delle figure

A2_Elenco dei grafici

A3_Elenco delle tabelle

A4_Elenco dei Box

A5_Elenco acronimi e abbreviazioni

In copertina, da sinistra: Hugo-Preuß- Brücke, Berlino, Germania
Gleisdreieck Park, Berlino, Germania
(foto: F. Dell'Acqua, maggio 2018)

Note di ringraziamento

Ringrazio con affetto e stima i Professori **Mario Losasso** e **Marina Rigillo** per avermi guidata e sostenuta negli anni di dottorato e nella tesi, aprendomi un percorso di crescita personale.

Ringrazio con affetto e stima il Professore **Norbert Kühn**, docente di Tecniche e Uso della Vegetazione presso la Technische Universität Berlin, per avermi accolta nel suo dipartimento e avermi guidata nella tesi.

Ringrazio **Catherina Bauer**, **Dominic Wachs**, **Tim Meyer** e **Dagmar Haase**, squadra del Professore Kühn, per avermi supportata durante la mia esperienza berlinese, per l'affetto e l'amicizia.

Un ringraziamento particolare va a **Hilde Assies** e **Gae Stellacci** per la pazienza e per avermi accolta ancora una volta a Berlino come un membro della famiglia.

Ringrazio infine **Enza Tersigni**, **Carmela Aprea** e **Cecilia Di Marco** per essermi state vicine, nonostante la distanza, sempre.

Si ringrazia ancora la **Technische Universität Berlin**, Dipartimento di **Vegetationstechnik und Pflanzenverwendung**, Fakultät VI- Planen Bauen Umwelt, Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung.

Acknowledgments

I thank with affection and respect Professors Mario Losasso and Marina Rigillo for guiding me during Ph.D years and thesis, opening to me a path of personal growth.

I thank with affection and respect Norbert Kühn, Professor of Vegetation Techniques at Technische Universität Berlin, for welcoming me to his department and guiding me through the Ph.D. thesis.

I thank Kühn's team Catherina Bauer, Dominic Wachs, Tim Meyer and Dagmar Haase, for supporting me during my experience in Berlin, for their affection and friendship.

A special thanks goes to Hilde Assies and Gae Stellacci for their patience and for welcoming me again in Berlin as a member of the family.

Finally i thank Enza Tersigni, Carmela Aprea and Cecilia Di Marco for being close to me, despite the distance, always.

Thanks again to Technische Universität Berlin, Departement of Vegetationstechnik und Pflanzenverwendung, Fakultät VI- Planen Bauen Umwelt, Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung.

.



Fuchs G., Wahle C., 2004, Berlino Uhlandstraße, murales.
Un polpo stringe la città minacciando la popolazione, l'equilibrio ambientale e urbano.
(foto: Dell'Acqua, F. 2018)

I. Abstract

Gli scenari di cambiamento climatico, le condizioni di vulnerabilità intrinseca e di esposizione dei sistemi urbani a rischio, gli incrementi demografici e la necessità di espansione e rigenerazione delle città impone l'adozione di nuovi modelli culturali e progettuali adattivi da applicare alle trasformazioni dell'ambiente antropizzato.

Nel quadro disciplinare della Progettazione ambientale, il climate adaptive design in ambito urbano diventa scenario di ricerca e campo dove sviluppare strategie e sistemi di soluzioni innovative adattive agli effetti dei fenomeni di pluvial flooding e ondata di calore, con un approccio sperimentale.

L'inclusione dei meccanismi e dei processi della natura nell'applicare tali strategie e soluzioni ha un alto potenziale di efficacia, ed è esprimibile attraverso approcci progettuali ecosystem-based e l'uso di soluzioni nature-based (NBS).

In questa direzione si indagano piani e progetti innovativi, sperimentali e con effetti rigenerativi nei contesti urbani, prodotti e messi alla prova in ambito centro e nord-europeo, con una logica transcalare.

Attraverso l'analisi della produzione culturale, tecnica e progettuale in materia, alle diverse scale, la tesi indaga la progettazione climatica adattiva al pluvial flooding e all'urban heatwave in ambito urbano, combinandola con l'approccio ecosistemico e le soluzioni nature-based, e approdando a un processo per il progetto adattivo e a un quadro di indirizzi per l'uso delle NBS.

II. Introduzione

L'avanzare dello sviluppo economico e l'accelerazione dei processi fisici, biologici e umani in interazione reciproca definisce una nuova fase temporale, l'Antropocene, il cui inizio viene collocato dalla comunità scientifica negli anni cinquanta del Novecento. Durante essa le relazioni tra tali processi sono divenute maggiormente complesse e maturano a ritmi crescenti. Le ricadute dello sviluppo e delle attività dell'uomo sul sistema terra, se da un lato rappresentano un quota di benefici per la popolazione mondiale, dall'altro si distribuiscono in maniera diseguale, sia in termini di vantaggi che di impatti. Energia e risorse si producono, si degradano e vengono restituite sotto altre forme, in un alternarsi di ordine e disordine.

L'entropia è la regola, e chiede il suo prezzo (McHarg, 1969, p.69).

Le attività antropiche sbilanciano i cicli naturali con emissioni prodotte dall'uso di combustibili fossili, modificano gli equilibri energetici e provocano un aumento delle temperature medie globali, con ulteriori conseguenze non uniformi sia sulle popolazioni che sugli ecosistemi, associate a inevitabili costi economici e sociali. Paesi con maggiori mezzi finanziari, culturali e governativi si rivelano meglio preparati ad affrontare tali conseguenze rispetto ai contesti geografici poco equipaggiati (paesi del sud globale, metropoli con insediamenti informali) e quindi più sensibili nel subire i danni delle alterazioni dei cicli ambientali. Questi ultimi svolgono un ruolo chiave nei processi di sviluppo: attività agricole, estrattive e produttive dipendono in larga parte dal corretto funzionamento del sistema ambientale e dai cicli climatici e idrologici entro cui avvengono. Allo stesso modo l'efficienza e l'accesso a servizi e infrastrutture sono strettamente influenzati dai fattori ambientali.

Rispetto ai livelli di aumento delle temperature pre-industriali si registra un incremento medio di +2°C, individuato come soglia critica¹, oltrepassata la quale gli scenari prefigurano cambiamenti irreversibili o dai tempi di recupero non accettabili. La comunità scientifica individua come espressioni del cambiamento climatico in atto i fenomeni da *heat stress*, l'aumento delle precipitazioni - inteso sia in termini di intensità che di frequenza- con conseguente rischio inondazioni (*flood*), l'innalzamento dei livelli delle acque legato all'incremento delle temperature diretto o per effetto di feedback con rischi di *coastal flood*, l'aumento dei fenomeni di siccità con ricadute sulla disponibilità della risorsa acqua, l'alterazione del regime dei venti con rischio trombe d'aria.

¹ Il termine soglia (*threshold* o *tipping point*) in ambito climatico è da intendersi come un limite critico per un sistema climatico sottoposto a un dato stress, che induce risposte non lineari (IPCC, 2012).

Emerge l'importanza di indagare le relazioni che si instaurano tra le condizioni di vulnerabilità dei contesti soggetti a tali fenomeni, la probabilità che questi si verifichino e gli impatti, diretti e indiretti, che hanno sui sistemi. Tali nessi vanno osservati soprattutto nei contesti urbanizzati, che concentrano persone, beni e mezzi esponendoli agli hazard e rappresentano il luogo dove maggiormente avviene l'alterazione dei cicli naturali e il pagamento dei relativi costi.

Le criticità cui le città vanno incontro impongono un ripensamento degli approcci analitici e progettuali con le quali affrontare le trasformazioni dell'ambiente costruito. L'inderogabilità delle questioni ambientali, e degli effetti delle modificazioni dei contesti antropizzati, chiama in causa gli strumenti della Progettazione Ambientale quale disciplina in grado di affrontare, secondo un approccio non deterministico, la complessità e l'interscalarità delle variabili che definiscono tali processi.

Le criticità sono in parte intrinseche alle dinamiche della città contemporanee (pressioni demografiche, asimmetrie economiche e sociali, povertà, difficoltà identitarie e di integrazione, carenza di risorse e servizi), in parte esterne. Le prime definiscono condizioni di vulnerabilità connaturate alle città, le seconde sono rappresentate da eventi climatici, estremi e non, che richiedono nuove capacità di adattamento, in una logica inclusiva del rischio sviluppando resilienza anziché resistenza ai disastri. La questione climatica si presenta in una duplice forma: le condizioni di variabilità climatica ordinaria si combinano con gli eventi di *hazard* e richiedono un altrettanto doppio adattamento, costante ed emergenziale. Parallelamente si rendono necessarie misure *long term oriented* di mitigazione delle cause delle alterazioni climatiche, con processi complessi e dall'efficacia apprezzabile solo nel lungo periodo. Scaturisce un quadro inedito di esigenze e quindi di nuovi approcci progettuali, che progrediscono in maniera paritetica rispetto alla sicurezza o al benessere (Losasso, 2016).

Contestualmente alle azioni di adattamento e mitigazione e ai sacrifici economici che questi

Box. 1_ Flusso aereo giornaliero da e verso l'Inghilterra registrato alle ore 15.00 del giorno 30/11/2018 dalla NATS (UK)

1.735

Numero partenze

1.330

Numero di atterraggi

727

Aeromobili in volo

6.170

Volume di traffico aereo giorno precedente

Fonte: NATS, dati disponibili a:
<https://www.nats.aero/news/videos-imagery/>,
traduzione propria

comportano va assicurato l'accesso a livelli accettabili di qualità della vita, permettendo una crescita sostenibile che disaccoppi lo sviluppo, fino ad oggi concepito in modo incondizionato, dal benessere. I confini entro cui costruire quest'ultimo diventano difficili da individuare, perché labili e progressivamente immateriali. Gli ingressi alle città, in passato fisicamente tangibili, sono velocemente sostituiti dalle porte telematiche e dai dispositivi tecnologici del cyberspazio, al cui interno gli insediamenti assumono configurazioni spazio-temporali sempre più diradate e temporanee.

L'aumento demografico e i flussi migratori dipendenti da fattori multipli (guerre, instabilità politiche, mobilità lavorative, precariato) generano da un lato urgenze di accoglienza e dall'altro nuove e più latenti forme di nomadismo metropolitano (**Box 1**). Ciò sollecita il bisogno di modelli di sviluppo urbano aggiornati alle condizioni di incertezza e alla cedevolezza sociale degli scenari. In molte grandi città europee, come Berlino, Londra o Rotterdam, si scontrano fenomeni dissonanti, quali il carico demografico prodotto dall'attrattività delle città stesse, che richiamano lavoratori e giovani famiglie a flussi ripetuti, la necessità di farvi fronte con un adeguato numero di alloggi e servizi e infine la scarsità di risorse - economiche, lavorative ma soprattutto ambientali- che tale qualità garantiscono. Sotto la spinta demografica lo sviluppo urbano produce ulteriori materiali di scarto dei processi che nelle città si consumano (rifiuti, immissione nell'atmosfera di gas climalteranti, CO₂), aggravando gli impatti ambientali e rallentando tempi e capacità di recupero degli ecosistemi. La dinamica dei flussi- di risorse, persone, beni, energia e scarti- che attraversano l'ambiente diventa un problema progettuale di gestione dei metabolismi urbani.

Le proprietà di latenza e inerzia dei sistemi sia ambientali che climatici impongono lunghe fasi rigenerazione ecosistemica, a fronte di tempi relativamente brevi di prelievo di risorse e di cospicue immissione di scarti nell'ambiente. Il delicato bilancio tra sottrazione e restituzione richiede la chiusura e la ripartenza continua di cicli naturali e artificiali in sinergia reciproca. In questo meccanismo circolare e ricorsivo si inserisce la responsabilità del progetto come strumento di trasformazione sostenibile dei luoghi, nella logica del progettare per distribuire mezzi, risorse e possibilità in modo orizzontale. Va trovato uno spazio progettuale sicuro che sia intermedio tra il *tetto ambientale*, ossia i limiti massimi tollerabili dall'ambiente soggetto a cambiamenti climatici e attività antropiche, e una *base sociale* che segna l'accesso a cibo, reddito, istruzione e resilienza (Ranworth, 2017). Quest'ultima inizia ad essere trasmessa dalle nuove teorie socio-economiche come un bisogno al pari dell'acqua, del lavoro, dell'energia o della salute.

Emerge l'importanza della resilienza come concetto intorno al quale produrre cultura e progetto.

Il campo dove applicarla è evidentemente tra i limiti della deprivazione, dove non è più possibile soddisfare i bisogni essenziali e, all'opposto, l'eccesso di pressioni sull'ambiente che fornisce il sostentamento alla vita. Un luogo, ecologicamente sicuro e socialmente equo (Ranworth, 2017), dove elaborare modelli più ragionevoli di sviluppo garantendo la sicurezza ambientale. Le condizioni di abbondanza impongono di regolare la crescita entro i limiti, piuttosto che limitare la crescita o perseguirla in modo sconfinato (Rockström, Klum, 2015). Familiarizzare con i confini e produrre al loro interno nuovi valori sia di sviluppo che di adeguamento al cambiamento definisce l'attuale sfondo culturale per il progetto.

Si assiste allora ad un cambio di paradigma nella transizione dalla cultura della sostenibilità a quella della resilienza. Se non è più sufficiente pensare in termini di equilibrio perfetto tra equità sociale, possibilità economiche e limiti ambientali, interviene la resilienza a suggerire un equilibrio dinamico tra i termini della sostenibilità, che includa continui cambiamenti di stato e ripartenze dopo le fasi di crisi. Queste segnano ciclicamente le interazioni uomo-ambiente.

Nel 1988, con il rapporto *The greenhouse effect: impact on current global temperature and regional heatwaves* di James Hansen presentato alla Commissione per l'Energia e le Risorse Naturali del Senato degli Stati Uniti, veniva reso chiaro dalla comunità scientifica il rapporto di causa- effetto tra riscaldamento globale e la concentrazione di gas climalteranti, esaminato attraverso modelli climatici simulativi. Oggi i report dell'European Environment Agency 2012 e dell'IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change (2014) prefigurano condizioni climatiche critiche nei prossimi 50 e 100 anni, con l'aumento delle temperature medie globali, lo spostamento verso la zona nordeuropea degli assetti climatici tipicamente mediterranei, e significative riduzioni delle precipitazioni nelle fasce sud. Ammettendo i limiti dei modelli probabilistici e semi-probabilistici che descrivono in modo semplificato i comportamenti del mondo fisico², e riconoscendo che le instabilità politiche e sociali possono aggravare gli scenari stessi, diventa di primaria importanza costruire una cultura dell'adattamento indagandone le potenzialità e cercando di attribuirvi evidenza scientifica.

Il concetto stesso di resilienza alla base delle tattiche adattive è fluido, trasversale alle discipline e applicabile a più ambiti di ricerca. A sua volta quindi, come l'adattamento, va collocato in un appropriato

[Urban resilience is] *“the capacity of individuals, communities, institutions, businesses and systems within a city to survive, adapt, and grow no matter what kinds of chronic stresses and acute shocks they experience”* (100 RC- Resilient Cities 2018, p. 12)

contesto semantico, in questa sede relativo alle tematiche urbane, e reso attendibile in relazione al campo delle trasformazioni dell'ambiente costruito.

Di fronte alla necessità sia di accomodare che di proteggersi dai mutamenti, si sviluppano dunque due strategie, allo stesso tempo culturali e tecniche, per

affrontare la sfida del climate change. Esse impongono la mitigazione degli impatti- limitando il rilascio di sostanze nocive- e l'adeguamento a condizioni critiche attese, sfruttando le opportunità che il cambiamento offre, evidentemente in una logica di rigenerazione continua dei sistemi ambientali e urbani in gioco. Questi ultimi devono poter adattarsi costantemente, riattivandosi dopo le fasi di

² Il concetto di 'scenario climatico' consiste in una rappresentazione plausibile delle condizioni climatiche future "basata su un insieme di relazioni climatologiche coerenti [...] costruite per un uso esplicito nello studio delle potenziali conseguenze del cambiamento climatico antropogenico" (IPCC, 2012, p.557). Come tale è una raffigurazione semplificata, finalizzata ad uno scopo prestabilito e strumento di indirizzo per politiche, strategie ed azioni nella lotta al climate change.

collasso. Le tematiche della rigenerazione urbana diventano dunque centrali, e luogo dove trovare spazio per appropriati valori civili, ambientali e produttivi (Losasso, 2015).

Le politiche nazionali e internazionali direzionano la produzione scientifica verso tali tematiche. Gli attuali indirizzi di ricerca sono incardinati nel più ampio quadro europeo delle politiche di coesione 2014-2020 e delle iniziative Horizon 2020, intesi quali riferimenti comunitari principali. Questi attribuiscono ai processi di rigenerazione urbana un ruolo centrale nel raggiungimento della qualità ambientale e forniscono il framework per progetti di ricerca intersettoriali e dalle *cross-cutting issues* che mettano a punto soluzioni scalabili e replicabili, in grado di:

- aumentare la resilienza dei distretti urbani riducendone la vulnerabilità,
- misurare dove possibile in modo oggettivo i benefici ottenibili con le misure di mitigazione e adattamento negli scenari di criticità ambientale.

Per il campo della Tecnologia dell'architettura si delineano obiettivi di ricerca tesi a individuare:

- strategie e sistemi di soluzioni progettuali adattive;
- soluzioni innovative in grado di fronteggiare, alla scala locale, gli effetti delle ondate di calore, del rischio *flood*, del rischio di eventi estremi;

che è possibile perseguire con gli strumenti concettuali e operativi propri della Progettazione ambientale, quale disciplina sistemica capace di gestire la complessità dei processi non lineari tipici delle trasformazioni antropiche dell'ambiente.

III. Obiettivi e *outline* di ricerca

Obiettivo della presente ricerca è contribuire a produrre un avanzamento di conoscenza su strategie, azioni e soluzioni adattive *ecosystem-* e *nature-based* applicabili nel campo della Progettazione ambientale che abbiano ricadute rigenerative, e trasferire le stesse in un contesto culturale e progettuale locale. Lo scopo è costruire una competenza su tematiche che attualmente lasciano ampio margine di esplorazione, desumendola dai quei contesti culturali europei, che maggiormente e in tempi recenti hanno progredito su tali topic applicandoli pragmaticamente in politiche e progetti transcalari, nella consapevolezza che la trasmissione di metodologie da contesti culturali diversi presenta alcuni limiti di importazione, per diversità di approcci e processi progettuali.

L'indagine si focalizza su strategie e soluzioni soft di tipo *ecosystem-* e *nature-based* come possibilità, tattica e tecnica, di affrontare i danni riconducibili ai fenomeni del cambiamento climatico, perseguendo al contempo obiettivi di sostenibilità. Si configura pertanto la seguente **domanda** di ricerca:

- ❖ in che modo le strategie e le soluzioni *ecosystem* e *nature-based* agiscono sul costruito - su edifici e spazi aperti- per favorire l'adattamento dei sistemi urbani ai fenomeni di *pluvial flooding* e *urban heat wave* e qual è il loro contributo adattivo?

Da tale domanda scaturisce l'**obiettivo** di:

- ✓ individuare tali strategie e soluzioni e definire le potenzialità di applicazione, esprimendo dove possibile il contributo adattivo.

Per raggiungere l'obiettivo principale e soddisfare la domanda di ricerca, la tesi persegue i seguenti **obiettivi specifici**:

✓✓ 1_ Costruire un bagaglio di conoscenza sull'Adaptive urban design collocabile nel campo disciplinare della Progettazione ambientale e degli studi sul cambiamento climatico (**Cap. 01**).

✓✓ 2_ Individuare un approccio concettuale all'adattamento che tenga conto della complessità dei sistemi analizzati -urbano e climatico- e delle reciproche interazioni, e che consenta di individuare i criteri di selezione dei casi studio (**Cap. 02**).

✓✓ 3_ Individuare casi studio di adattamento al cambiamento climatico multi-obiettivo e multi-scalari (**Cap. 03**).

✓✓ 4_ Definire il contributo delle soluzioni *nature-based* nel fronteggiare gli effetti dei fenomeni climatici in esame (**Cap. 04**).

✓✓ 5_ Sviluppare indirizzi per l'applicazione delle strategie e delle soluzioni esaminate, finalizzati all'implementazione di progetti di adattamento (**Cap. 05**).

Gli obiettivi specifici 1_ e 2_ scaturiscono dalla necessità di costruire un background scientifico sull'adattamento che sia coerente con l'ambito disciplinare della Progettazione ambientale in cui in questa sede viene usato.

L'obiettivo specifico 3_ risponde alle seguenti domande: quali sono in Europa i progetti che coniugano obiettivi di rigenerazione urbana con obiettivi di riduzione del rischio? Quali sono le componenti sperimentali e innovative, di processo, progetto e prodotto, dell'attuale progettazione resiliente in

Europa? Come vengono applicate nei contesti europei osservati le soluzioni tecnico-spaziali a elementi tassonomici diversi (elementi urbani complessi, infrastrutture, spazi aperti, edifici)?

L'obiettivo specifico 4_ risponde al quesito: è possibile dare evidenza scientifica al potenziale adattivo delle strategie e soluzioni *ecosystem-* e *nature-based*?

Infine l'obiettivo specifico 5_ deriva dalla domanda: è possibile individuare un insieme di strategie e di soluzioni tecnico-spaziali *soft* da applicare in contesti diversi da quelli di partenza?

Per procedere a tali indagini si struttura la tesi secondo il seguente **outline di ricerca** (Fig. 1):

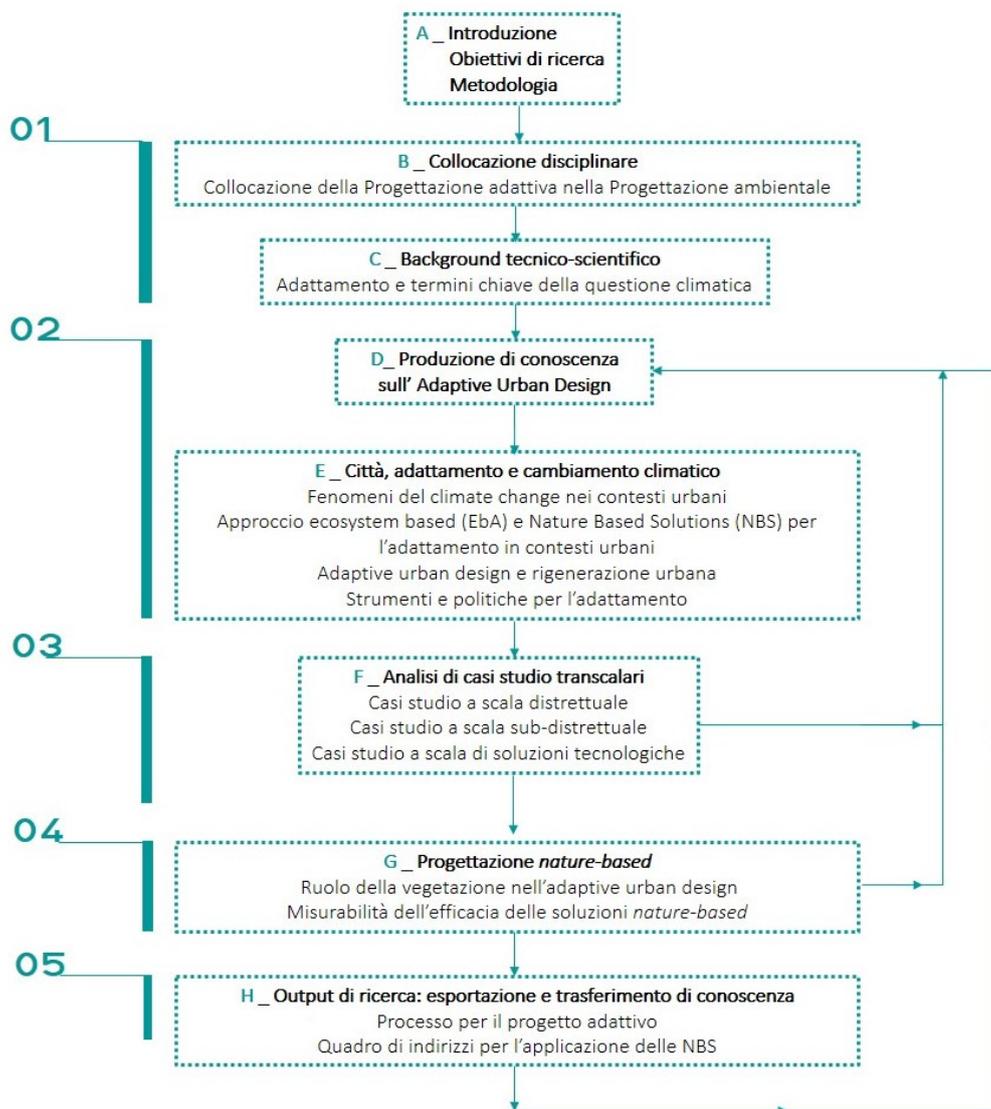


Fig.1_ Research outline

Inquadrata in termini culturali la questione del *global* e *climate change* e le relazioni tra attività antropiche e impatti ambientali (A_ **Introduzione**) e definiti l'obiettivo e la metodologia assunti (A_ **Obiettivi, Metodologia**), si procede a perimetrare l'ambito di ricerca, radicando la Progettazione adattiva

nella cultura della Tecnologia dell'Architettura e della Progettazione Ambientale (**B_ Collocazione disciplinare**). Qui si analizza il ruolo dell'Adaptive design come possibile e attuale scenario di ricerca della disciplina.

Successivamente si costruisce il background scientifico affrontando le terminologie tecniche in uso nel campo di studi sul rischio climatico (**C_ Background tecnico-scientifico**), considerate propedeutiche alla comprensione dell'adattamento e necessarie per indagare successivamente la relazione ambiente costruito- fenomeni climatici (punto **E_**). I saperi e gli approcci culturali sull'adattamento nascono e si sviluppano in ambiti scientifici diversi da quello progettuale e degli studi urbani e solo nel tempo si declinano nel campo architettonico. Scopo della fase pertanto è di comprendere tale trasferimento.

La complessità delle variabili coinvolte nelle trasformazioni adattive dello spazio urbano (condizioni intrinseche/esterne di vulnerabilità, fattori di capacità adattiva, beni esposti) richiedono di approfondire e strutturare conoscenze sulle modalità di risposta adattiva dei sistemi urbani. Si procede pertanto al punto **D_ Produzione di conoscenza sull'Adaptive Urban design**, dove vengono affrontate le definizioni dei fenomeni da cambiamento climatico nelle città, le dimensioni culturali in cui è possibile collocare le strategie urbane adattive *ecosystem* e *nature-based*, le relazioni tra la progettazione adattiva e le opportunità di rigenerazione urbana che essa stessa produce. Si prosegue analizzando come l'*adaptive design* viene accolto nelle politiche tecniche attraverso gli strumenti di pianificazione (**E_ Città, adattamento e cambiamento climatico**).

Molto è stato fatto nel campo della pratica progettuale soprattutto nei contesti nord e centro-europei, che rappresentano una base di riferimento per la progettazione *climate-oriented*. Si cerca di avanzare in tale campo mettendo a sistema la produzione culturale e teorica in materia con gli esempi che ne raccolgono le istanze. Si procede così alla selezione sulla base di criteri e all'analisi di progetti, distrettuali e sub-distrettuali di tipo pilota, e della manualistica (**F_ Casi studio transcalari**).

Si approfondiscono dal punto di vista tecnico le soluzioni *nature-based*, (**G_ Progettazione nature-based**) per esplorare l'uso e il ruolo della vegetazione, l'applicazione alle varie scale e la misurazione della relativa efficacia adattiva.

Infine si formula una proposta metodologica di esportazione del sapere acquisito all'interno di un processo decisionale per il progetto adattivo e di un quadro di indirizzi per l'applicazione di strategie e soluzioni *nature-based* (**H_ Esportazione e trasferimento di conoscenza**). Questo ultimo passaggio implementa il processo, strutturato in modo circolare e ricorsivo, di costruzione di conoscenza sull'Adaptive urban design, nella direzione dell'obiettivo dichiarato.

IV. Metodologia

La metodologia di ricerca cui si fa ricorso è la seguente:

- Capitolo **01, 02- metodo analitico-deduttivo**. Nella tesi il metodo è stato applicato come segue:
 - Capitolo 01
 - individuazione delle definizioni relative alle terminologie oggetto della ricerca presenti nella letteratura scientifica e tecnica;
 - evoluzione cronologica dei termini quando possibile;
 - analisi degli aspetti-chiave dei termini importabili o di rilievo per la Progettazione ambientale;
 - deduzione e importazione dei termini nel campo della Progettazione ambientale.
 - Capitolo 02
 - individuazione e analisi degli approcci teorici e culturali all'adaptive design applicato alle trasformazioni urbane;
 - analisi degli strumenti di pianificazione in cui gli approcci vengono applicati.
- Capitolo **03- metodo comparativo**. Nella tesi il metodo è stato applicato come segue:
 - selezione e analisi dei casi studio di *adaptive urban design*, in ordine, dalla scala distrettuale a quella delle soluzioni manualistiche;
 - criteri di selezione dei casi studio;
 - analisi dei casi studio;
 - estrapolazione delle caratteristiche comuni aderenti ai criteri
- Capitolo **04- analisi descrittivo-quantitativa**:
 - descrizione del contributo adattivo delle soluzioni vegetate a scala urbana;
 - analisi quantitativa del contributo adattivo di un insieme selezionato di soluzioni *nature-based*.
- Capitolo **05- metodo deduttivo e ricorsivo**:
 - proposta metodologica di implementazione ed esportazione delle conoscenze acquisite tramite l'elaborazione di indirizzi per l'applicazione di strategie e soluzioni *nature-based*.

Nel corso dello studio la ricerca si è avvalsa dei seguenti **strumenti**:

- **indagine bibliografica e sitografica** con la quale è stato possibile definire la terminologia di ricerca, sistematizzare le conoscenze e gli approcci teorico- culturali alla progettazione adattiva e collocarla nel campo di studi della Progettazione ambientale, supportare la domanda di ricerca e costruire il

background scientifico necessario all'individuazione dei criteri di selezione dei casi studio, nonché per la raccolta dati di progetti adattivi realizzati o in via di esecuzione.

- **indagini dirette** sui casi studio berlinesi eseguite con sopralluoghi, raccolta di materiale fotografico ed escursioni guidate da esperti. L'osservazione sul posto e la possibilità di interagire con soggetti locali ha permesso di approfondire alcuni casi e di maturare riflessioni assumendo un punto di vista ravvicinato.

Nel presente studio la partecipazione al PRIN- Progetti di Ricerca di Rilevante Interesse Nazionale 2015³ Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico, ha permesso di:

- elaborare gli step della tesi, definendo la domanda di ricerca, gli obiettivi e indirizzando il processo di indagine
- maturare un'esperienza di ricerca condotta in team attraverso riunioni e supporto alle attività di tirocinanti e studenti
- avere occasioni di confronto con professori e studenti sull'iter di ricerca

Un periodo di **visiting** di 8 mesi **all'estero** finanziato da un contributo Mobilità Prin 2015 presso la Technische Universität Berlin (TU), dipartimento di *Vegetationstechnik und Pflanzenverwendung, Fakultät VI- Planen Bauen Umwelt, Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung* - Dipartimento di Tecnologia della Vegetazione e Uso delle Piante, Facoltà VI- Pianificazione dell'Ambiente Costruito, Istituto di Architettura del Paesaggio e Pianificazione Ambientale⁴ -, sotto la guida del **Professore Norbert Kühn**, docente di Tecniche e Uso della Vegetazione, ha permesso di:

- raccogliere materiale documentale sui casi studio tedeschi in materia di progettazione adattiva (Berlino e Amburgo), con focus sulla progettazione *nature-based*
- esaminare i piani di adattamento europei, rivolgendo particolare attenzione allo strumento di piano berlinese
- esaminare documenti tecnici relativi al contributo delle soluzioni vegetate in ambito urbano, e documenti tecnici limitatamente diffusi nella comunità scientifica perché in lingua tedesca
- partecipare a lezioni, seminari e simposi offerti dall'Università ospitante sulle tematiche oggetto di studio.

BIBLIOGRAFIA

³ Unità Operative Prin: Università degli Studi di Napoli Federico II, Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli, Università degli Studi di Firenze, Politecnico di Milano, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, Università degli Studi di Roma La Sapienza

⁴ trad. propria

IPCC, 2012: Glossary of terms. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 555-564.

Losasso, M., *Rischi climatici, progettazione ambientale, progetto urbano*, in UPLanD – Journal of Urban Planning, Landscape & environmental Design, 1, 2016, pp. 219-232.

Losasso, M., *Rigenerazione urbana: prospettive di innovazione*, in “Techne Journal of Technology for Architecture and Environment”, 10, 2015, p. 4-5

McHarg, I. *Progettare con la natura*, 1969, Franco Muzio Editore (ediz. 2007)

Raworth, K., *L'economia della ciambella. Sette mosse per pensare come un economista del XXI secolo*, Edizioni Ambiente, Milano 2017

Klum, M., Rockström, J., *Grande mondo, piccolo pianeta. La prosperità entro i confini planetari*, Edizioni Ambiente, Milano 2015

100 Resilient Cities, Earth Economics, Resilient Melbourne, *Building Urban Resilience with Nature. A practitioner's guide to action*, November 2018, disponibile a <http://100resilientcities.org/building-resilience-nature-practitioners-guide-action/>

01

Background tecnico-scientifico.
L'Adaptive urban design negli studi sul cambiamento climatico



Was wir zerstören, zerstört auch uns. Tu was gegen die Klimakrise.
'Quello che distruggiamo, distrugge noi stessi. Fa' qualcosa contro la crisi climatica'.
Berlino, stazione S- Bahn Charlottenburg
(foto: Dell'Acqua, 2018)

1.1. Definizione dell'ambito disciplinare: l'Adaptive urban design come scenario di ricerca della Progettazione ambientale

L'ambiente antropizzato è interessato da un insieme di criticità riconducibili da un lato ai fenomeni da *climate change* e dall'altro all'intervento dell'uomo sullo spazio che abita. Diventa sempre maggiore la necessità di adattarsi a cambiamenti di stato che si manifestano repentini, improvvisi e difficilmente prevedibili o quantificabili. Le azioni di adattamento si inquadrano pertanto nel campo della Progettazione ambientale e delle trasformazioni da parte dell'uomo su un habitat urbano minacciato da condizioni di variabilità e *hazard* climatici. Allo scopo finale di collocare l'Adaptive design in un appropriato contesto disciplinare (fig. 2) si perimetra il campo della Progettazione ambientale secondo gli approcci chiave della Tecnologia dell'architettura cui appartiene - ossia in base a un **approccio sistemico, processuale ed esigenziale-prestazionale** - individuando al suo interno la progettazione adattiva come scenario di ricerca.

Il concetto di Ambiente. La Progettazione ambientale, in quanto ramo della Tecnologia dell'architettura e quindi della *Technè* o Scienza dei processi, si relaziona all'ambiente come luogo dove i processi di trasformazione si manifestano, si consumano e producono cambiamenti e impatti. Essa, intervenendo al di là del semplice manufatto, è una "prassi operativa volta a sanare le discrasie opera-ambiente" (Blasi, Paoletta, 1992, p. 21). Pertanto essa opera nel campo dell'*ambiente*, sistema complesso e luogo di scambio tra sistema naturale e costruito, in cui il suolo, le risorse, i materiali e i fenomeni atmosferici interagiscono con l'ambiente antropizzato. L'ambiente può essere definito come "insieme degli elementi fisici, biotici e abiotici che circondano uno o più esseri viventi- popolazioni, specie, comunità biologiche- in rapporto interattivo con essi"⁵. Quando non specificato l'organismo cui si riferisce, spesso si tende a usare il termine come *ambiente fisico* in cui vive l'uomo. In tal caso è importante distinguere tra *ambiente naturale*, nell'accezione di ambiente non modificato dall'uomo, e *ambiente fisico antropizzato*, ossia modificato dall'essere umano e a sua volta distinguibile in *subnaturale*, *costruito* e *urbanizzato* (Martignetti, 2005)⁶.

L'ambiente può essere ancora inteso nella sua duplice accezione di "costruito" e "naturale". Ambiente "costruito" inteso come habitat antropizzato, in cui la costruzione dell'ambiente "naturale" coincide con la capacità di configurare, gestire e trasformare, in modo adattivo, lo spazio dell'abitare (Vittoria e

⁵ C.f.r. Martignetti, G., *L'ambiente*, in AA.VV. *La Scienza*, vol. XIII, *L'Ambiente e l'energia*, la Biblioteca di Repubblica, Roma 2005.

⁶ In merito alla definizioni di ambiente si rimanda anche alle definizioni di E.P. Odum (1973), che mettono in risalto il carattere dinamico dei processi naturali e antropici generati all'interno dei sistemi ambientali.

Caterina 1976, citati da Angelucci, Di Sivo, Ladiana 2013). Al suo interno compaiono componenti umane, naturali e artificiali organizzate secondo un principio di variabilità sistemica e rapportate alle esigenze individuali e collettive (Vittoria, 1976).

La nozione di ambiente, declinata nel settore disciplinare della Tecnologia, si qualifica per un atteggiamento scientifico e quantitativo, finalizzato al superamento dell'antitesi artificio-natura, che riporti ad una condizione di misurabilità della dimensione ambientale, dove la qualità e le condizioni di integralità d'uso dello spazio possono essere espresse da indicatori specifici. (Dierna, 1972).

Nel tempo il rapporto artificio-natura evolve. Se in epoca antica il rapporto con l'ambiente naturale era regolato da una concezione di tecnica che si adattava alla natura, la scienza moderna ha progressivamente introdotto un concetto di natura vista come campo di dominio della tecnica (Losasso, 2006).

In questo nuovo rapporto emergono importanti tematismi: la consapevolezza di vivere in un contesto limitato nelle risorse, la necessità di mettere a punto nuovi modelli progettuali e produttivi che rendano questi limiti un punto di partenza per proporre nuovi valori (Manzini, 1990), le questioni legate alla valutazione e gestione del rischio conseguente ai grandi cambiamenti climatici in atto e infine il ruolo delle tecnologie appropriate che si presentano innovative e multidisciplinari.

Nel quadro di un rinnovato rapporto uomo-ambiente e degli strumenti concettuali e operativi che la cultura tecnologica mette a punto, emerge il concetto di *spazio ambiente* che, riesaminando il significato dell'approccio al progetto, supera l'idea di un uso meccanico delle tradizioni tecniche, "condizione non sufficiente per assicurare la qualità dell'ambiente", e definisce le condizioni teoriche per il procedere alla costruzione di una "nuova natura" (Vittoria, 1994) e per il *costruttivismo progettante*. Qui si ricerca una tecnica ideativa di una forma che si autorganizza con un'azione progettuale non limitata alle proprietà fisiche della materia, ma finalizzata a trovare specificità combinatorie per una materia vivente e non inerte (Vittoria, 1994).

Approccio sistemico e complessità. La cultura tecnologica incardina la nozione di ambiente nell'ambito dell'epistemologia della complessità come sfondo culturale di riferimento e sviluppa l'approccio sistemico che familiarizza con i concetti di incertezza e di errore. Il *sistema* prende il posto dell'*oggetto*, come elemento autosufficiente, indipendente dall'osservatore. Infatti "i sistemi sono sempre stati trattati come oggetti: d'ora in poi si tratta di considerare gli oggetti come sistemi"⁷. Qui l'ambiente viene visto con un approccio a-deterministico, in cui il trinomio *disordine-ordine-organizzazione* è tenuto insieme da una rete di *relazioni* non lineari (Morin, 1989). La complessità è dovuta anche alla presenza

⁷ C.f.r. Morin, E., *Il metodo. Ordine disordine organizzazione*, Feltrinelli, Milano 1989, p. 128.

dell'uomo-osservatore, parte integrante del sistema, e alle sue limitate possibilità di conoscere la natura.

In campo architettonico si assiste ad un progressivo incremento della complessità del lato tecnologico e alla crisi dei metodi di definizione tradizionali nei processi di progettazione (Dierna, 1973), quest'ultima incardinata nei processi di trasformazione e/o conservazione del territorio. Al loro interno si configurano tecnologie abilitanti e tecnologie dell'habitat, estese agli aspetti socioeconomico-produttivi dell'abitare, che contribuiscono a modificare le relazioni tra componenti antropiche, naturali e tecnologiche preesistenti, strutturate in quell'insieme complesso che va sotto il nome di sistema ecologico o ecosistema. L'attività progettuale seleziona le soglie di complessità rispetto agli obiettivi prefissati, al dispendio di risorse e agli impatti per soddisfare un certo numero di variabili, prendendo atto della complessità da un lato e al contempo operando delle semplificazioni (Losasso, 1991).

L'ambiente con il quale l'architettura si relaziona è indagato come un sistema complesso, in cui si interfacciano componenti antropiche e non antropiche. La visione sistemica complessa presuppone una conoscenza reticolare, qualitativa e dinamica, che sostituisce la conoscenza lineare, deterministica e prevalentemente statica del passato. La consapevolezza della complessità spinge ad accettare i limiti di tale conoscenza e l'impossibilità di controllare tutti i parametri che entrano in gioco nelle decisioni (Schiaffonati, Mussinelli, 2008). Pertanto l'ambiente "si presenta con i caratteri tipici di un sistema complessificato dai dati distinti"⁸. Dunque, con chiaro riferimento alle teorie sistemiche, legate alle nozioni di apertura e chiusura dei sistemi nella loro relazione con il contesto e di metodo euristico e problematicamente aperto (Losasso, 2014), l'ambiente viene inteso come insieme di relazioni tra i processi piuttosto che nella sua generica globalità.

Processo e progetto ambientale. Tra l'uomo e l'ambiente sussiste un rapporto di mutuo condizionamento, un processo basato su due entità che non possono essere riduttivamente considerate un contenuto e un contenitore. Tale rapporto si articola attraverso il progetto ambientale, la cui nozione, nel corso del tempo, si amplia e assume significati "rivoluzionari" lì dove esso riesce a ottenere "un cambiamento radicale [...] delle tecniche di sfruttamento, di utilizzazione e di distribuzione delle risorse naturali e di tutte le altre strutture [...] dipendenti da quelle risorse"⁹. L'approccio processuale della disciplina trova un riferimento nella figura di Giuseppe Ciribini, che richiama concetti indagati, nell'ambito della Scuola di Ulm, da Tomàs Maldonado. Ciribini, nel trasferire queste nuove sollecitazioni teoriche in Italia, riflette su un approccio processuale alle questioni ambientali. Egli vede nel rapporto

⁸ C.f.r. Dierna S., *Architettura e ambiente. Ipotesi per la costruzione di un metodo e una didattica della progettazione*, Istituto di progettazione della Facoltà di Architettura dell'Università di Roma. Corso di Composizione architettonica IV. A.A. 1971-1972/1973-1974, parte III, cap. I, 1,

⁹ C.f.r. Maldonado T., *La speranza progettuale. Ambiente e società*, Einaudi 1970, p. 63.

tra norma-progetto e informazione-decisione la struttura processuale del progetto¹⁰ e attribuisce alla normativa il ruolo strutturale del processo. Ciribini indaga la nozione di norma come processo di acquisizione e selezione di informazioni finalizzate al progetto, partendo dall'idea che la norma è frutto di conoscenza piuttosto che di decisione e come tale non è un'azione prescrittiva, ma rappresenta "una base di dati preliminare all'atto progettuale"¹¹, da riagganciare all'oggetto specifico cui, caso per caso, fa riferimento. Vedendola come un processo di conoscenza, la norma consente "azioni di smontaggio e di rimontaggio progettuale in grado di tenere conto [...] di numerosi vincoli e molteplici alternative"¹². La consapevolezza - maturata nel corso del tempo, all'indomani delle fasi di crisi economica ed energetica- di alcune problematiche ambientali quali irriproducibilità delle risorse, aumento dei consumi e squilibri eco-sistemici, sollecita la richiesta di qualità ambientale. L'approccio processuale sottolinea tale necessità di qualità dell'ambiente costruito, rafforzando il legame tra aspetti ambientali e tecnologia. Quest'ultima materia contempla aspetti *hard* e *soft*, ovvero competente degli aspetti costruttivi e prettamente edilizi dell'architettura, ma anche di quelli esigenziali, normativi ed organizzativi. Questa visione prosegue con la nozione di processo edilizio, inteso come una *messa a sistema* di elementi materiali e immateriali, o invisibili (Sinopoli, 1997), quali i saperi, l'organizzazione e le informazioni scambiate tra gli attori del processo. Qui il processo edilizio è in stretta relazione con il concetto di complessità: il processo è una successione di fatti o fenomeni legati da nessi più o meno profondi dovuti alla finalizzazione rispetto a un obiettivo. Infatti ha inizio con l'espressione delle esigenze e pertanto viene "innescato gestito e dominato [...] dalla domanda"¹³. Nel corso del tempo si assiste all'ampliamento delle fasi del processo edilizio, quali manutenzione e adeguamento tecnologico-funzionale, fino alla rimessa a disposizione dei suoli. In questa dimensione il processo si fa carico di un bagaglio ampliato di esigenze e si estende lungo il *ciclo di vita* del manufatto¹⁴. Negli anni Settanta si approfondisce il concetto di progetto collocandolo "nel processo di costruzione dell'ambiente" (Dierna, 1971). Qui il progetto rappresenta una dimensione capace di risolvere i problemi dello sviluppo e limitarne gli impatti negativi¹⁵. Emerge l'importanza del concetto di *qualità* come nuova richiesta, rispetto alla quale la Progettazione Ambientale gioca un ruolo strategico, al cui interno i momenti legati al controllo e alla verifica della qualità ambientale diventano fattori strutturanti (Dierna, 2006).

¹⁰ C.f.r. Ciribini G., a cura di, *La normativa dell'impatto ambientale*, Alinea, Firenze 1990

¹¹ Ivi, p. 51.

¹² Ibid.

¹³ C.f.r. Sinopoli N., *La Tecnologia invisibile. Il processo di produzione dell'Architettura e le sue regie*, Franco Angeli, Milano 1997, p 21 sgg.

¹⁴Ivi, p. 57.

¹⁵ C.f.r. Dierna S., *Architettura e ambiente. Ipotesi per la costruzione di un metodo e una didattica della progettazione*, Istituto di progettazione della Facoltà di Architettura dell'Università di Roma. Corso di Composizione architettonica IV. A.A. 1971-1972/1973-1974, parte III, cap. I, 1.

In campo ambientale il concetto di *organismo* vien progressivamente sostituito da quello di *sistema* (Dierna, 1971), per di esprimere la complessità dell'ambiente stesso, diversamente difficile da definire. In questa ottica esso viene considerato prima come *insieme o raggruppamento* funzionale/spaziale di elementi simili, poi come sistema divisibile in sub-sistemi. Pertanto si può valutare “[...] ogni unità fisico-spaziale come un sub-sistema della realtà ambientale da analizzare e progettare sia secondo una dimensione [...] funzionale che secondo una dimensione spaziale e morfologica”¹⁶. Il processo di costruzione dello spazio-ambiente, in questo quadro, viene visto come “sistema generatore”, nella misura in cui è in grado di innescare appunto i processi, e come “sistema intero” quando dà origine a un prodotto materiale finito. In ultima istanza la relazione ambiente-progettazione funziona se si riconosce all'ambiente la sua natura architettonica e alla progettazione ambientale le sue finalità architettoniche.

“L'intervento di progettazione ambientale- alle diverse scale-può essere descritto come un processi di conoscenza integrato in cui convergono molteplici istanze e che è finalizzato a stabilire nuovi equilibri, anche in termini produttivi, tra cultura, ambiente ed economia” (Rigillo, 2013, p. 17).

Lavorare con l'ambiente significa dunque avviare un processo complesso in un sistema altrettanto complesso, fatto di componenti oggettive misurabili, ma anche di elementi non misurabili, tra cui i bisogni e i valori dell'uomo, a livello di individuo o collettività¹⁷. Attraverso le sue esigenze, infatti, l'uomo procede all'inevitabile trasformazione dell'ambiente. Nell'ambito della Progettazione ambientale ciò apre la strada a importanti riflessioni sugli impatti delle attività antropiche, sul rapporto artificio-natura e sulla possibilità di ripensare l'equazione “artificiale uguale nocivo”, a lungo associata ad esso.

Esigenze e prestazioni. La nozione di ambiente e la logica sistemica consentono di inquadrare un apparato di esigenze, nuove o consolidate, e di opportuni requisiti, allo scopo di indirizzare il progetto utilizzando l'approccio esigenziale-prestazionale per recepire i nuovi concetti di qualità ambientale e supportare l'elaborazione di adeguate strategie per l'ambiente costruito. Il binomio esigenza-prestazione rappresenta un approccio metodologico scientifico al processo edilizio, finalizzato a perseguire la qualità. Il sistema edilizio viene analizzato nelle sue componenti di sistema ambientale e tecnologico. Si mira a sviluppare soluzioni progettuali partendo dall'analisi delle classi di esigenza, traducendo queste ultime in requisiti e individuando le specifiche di prestazione, queste ultime da confrontare con i requisiti di progetto.

¹⁶ Ivi, parte IV, cap. I, 18.

¹⁷ C.f.r. Giuffrè R., *La cultura tecnologica nella progettazione ambientale: ruoli e prospettive* in Gangemi V., (a cura di), *Emergenza ambiente. Teorie e sperimentazioni della progettazione ambientale*, Clean, Napoli 2001, pp. 22 sgg.

Adaptive design e Progettazione ambientale. Gli scenari di ricerca riconducibili alla disciplina della Progettazione Ambientale riguardano più filoni, dall'approccio ecosostenibile su diverse scale- dall'*eco-city* all'edificio- fino ai temi più recenti legati alla vulnerabilità urbana. Essa può essere interpretata come stato di suscettività al danno da esposizione agli stress associati ai cambiamenti ambientali e sociali e da assenza di capacità di adattamento¹⁸ (Adger, 2006). Contestualmente si studiano le condizioni di esposizione, ovvero la natura e il grado con cui un sistema attraversa stress ambientali o socio-politici, dotati di caratteristiche proprie, quali frequenza, magnitudo, durata e area di interesse della minaccia. In questo campo si esplorano metodologie e modelli di adattamento per aumentare la resilienza dei sistemi insediativi. Questi ultimi, per quanto soggetti a minacce climatiche e criticità ambientali, dispongono tuttavia di una serie di capacità adattive, di erogare servizi e raggiungere prestazioni, interpretabili nella direzione della resilienza.

Emerge la necessità di perseguire un equilibrio dinamico tra fattori ambientali, capacità eco-sistemiche e le mutate esigenze dell'utenza. Se l'orizzonte è quello di un equilibrio dinamico, l'adattabilità e la trasformabilità dei sistemi rappresentano due termini chiave per la progettazione ambientale.

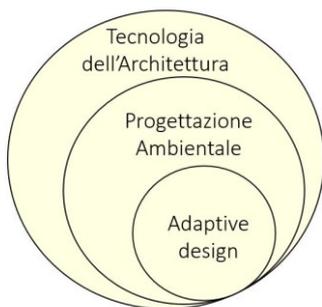


Fig. 2_ Collocazione disciplinare della Progettazione adattiva nel quadro della TdA.

La progettazione adattiva si inserisce allora in questo quadro con un approccio che mira alla qualità ambientale, usa il concetto di integrazione e di transcalarità e opera nella logica esigenziale-prestazionale per definire nuovi requisiti.

I concetti di adattabilità, trasformabilità e reattività possono essere interpretati come nuovi requisiti che integrano in termini di capacità adattiva la richiesta di efficienza ecologica dell'habitat umano (Angelucci, Di Sivo, Ladiana, 2013). Inteso in questa accezione l'approccio esigenziale-prestazionale può leggere in chiave tecnologica il tema della resilienza e la necessità di

soddisfare nuove domande di qualità.

La progettazione adattiva rivolge la propria attenzione all'edificio come sistema di superfici/ elementi che dialogano con i fattori ambientali, trasmettono flussi energetici e contribuiscono al bilancio tra apporti termici benefici e indesiderati. Per l'adattamento può avvenire negli spazi aperti, che rivestono un ruolo sia connettivo del tessuto costruito che di riequilibrio dell'ecosistema urbano, in quanto incidenti positivamente sulla riduzione dell'inerzia termica degli spazi cementificati, sulle variazioni microclimatiche (temperatura, umidità, ventosità) e sulla qualità dell'aria (D'Ambrosio, 2010), rappresentando una rete ambientale capace di interagire con gli effetti dei cambiamenti climatici. Nelle

¹⁸ C.f.r. Adger, N., *Vulnerability*, in *Global Environmental Change* No. 16, 2006, p. 268, traduzione propria.

azioni di retrofit e di riqualificazione degli spazi aperti l'utilizzo prioritario di risorse rinnovabili, la fruibilità ambientale eco-orientata, la qualità ecosistemica e la durabilità delle soluzioni progettuali assumono una grande rilevanza¹⁹. Spazi aperti e aree verdi ecologicamente efficienti svolgono un compito importante nell'espletare funzioni eco-sistemiche definibili in termini di valore prestazionale (Rigillo, 2016), indagabili secondo l'approccio esigenziale-prestazionale allo scopo di rispondere a nuove gamme di requisiti, quali *adattabilità*, *trasformabilità* e *reattività*, declinando in termini prestazionali il paradigma della resilienza (Angelucci, De Sivo, Ladiana, 2013) e aprendo nuovi scenari di ricerca.

Nel campo della Progettazione ambientale si inserisce dunque l'*adaptive urban design* come possibilità di tornare a riflettere sul rapporto artificio-natura, sulle abilità dell'uomo di accomodare il cambiamento piuttosto che a opporvisi e sul costruire nuove opportunità partendo da condizioni di instabilità e fasi di crisi.

1.2 Progettazione ambientale e Adaptive design negli studi sul climate change

Gli indirizzi di ricerca sono focalizzati sulle tematiche dell'*adaptive design* come processo e approccio in cui le soluzioni d'intervento esplorano pratiche e metodologie sperimentali e innovative, calate all'interno di contesti urbani stocastici (Ahern, 2012).

Allo scopo di inquadrare correttamente la progettazione adattiva nell'ambito delle ricerche sul *climate change*, è necessario affrontare le terminologie proprie della letteratura tecnica e scientifica sui cambiamenti climatici.

Nell'approccio alle questioni poste dal *climate change*²⁰, la Progettazione ambientale adattiva si inserisce agendo sull'equazione

$$(1) \quad R = P \times V \times VBE = P \times (S \times CA) \times VBE \quad 21$$

dove:

- **Rischio (R)**: probabilità di conseguenze dannose o di perdite attese, risultanti dalle interazioni tra hazard, naturali o indotti dall'uomo, e condizioni di vulnerabilità (UNISDR, 2009);

¹⁹ C.f.r. D'Ambrosio V, *Azioni sostenibili e tecnologie innovative per i parchi urbani. Interventi di riqualificazione e di manutenzione per le aree verdi di Napoli*, Alinea Editrice, Firenze 2010, p.23 sgg.

²⁰ "Climate change refers to any change in climate over time, whether due to natural variability or as a result of human activity" (IPCC, 2007a, p.6).

²¹ UNISDR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2009.

- **Pericolosità (P)**: evento fisico, fenomeno o attività umana potenzialmente dannosi, che possono causare perdita o lesione della vita o delle proprietà, squilibri sociali o economici, degradazione ambientale. Può includere condizioni latenti che possono rappresentare minacce future di diversa natura (geologica, idrometeorologica, e biologica) o che possono essere indotte da processi umani (degradazione ambientale e hazard tecnologici). Gli hazard possono essere singoli, sequenziali o combinati nelle loro origini ed effetti. Ogni hazard è caratterizzato dalla sua localizzazione, frequenza e probabilità (UNISDR, 2009);
- **Vulnerabilità (V)**: propensione degli elementi esposti, quali esseri umani, mezzi di sostentamento ed *assets*, a subire effetti avversi, se impattati dagli eventi di hazard. È correlata alla predisposizione, alla suscettibilità, alla fragilità, a carenze o mancanza di capacità, fattori che favoriscono gli effetti avversi sugli elementi esposti (IPCC, 2012);
- **Valore dei Beni Esposti (VBE)**: insieme degli elementi - popolazione, proprietà, asset o sistemi-presenti in un'area in cui può verificarsi un hazard (IPCC, 2012);
- **Sensitività (S)**: predisposizione fisica di esseri umani, infrastrutture e ambiente ad essere colpiti da un fenomeno pericoloso a causa della mancanza di resistenza e della predisposizione della società e degli ecosistemi a subire il danno, come conseguenza di condizioni intrinseche e di contesto (IPCC, 2012);
- **Capacità di Adattamento (CA)**: abilità di un sistema nell'adattare le proprie caratteristiche o comportamenti allo scopo di espandere il proprio range di reazione alla variabilità climatica esistente o alle condizioni climatiche future (IPCC, 2012).

I suddetti determinanti della vulnerabilità sono dinamici, “variabili nel tempo e per tipologia, variabili da stimolo a stimolo e in quanto site e *system-specific*”²².

Per ridurre la vulnerabilità all'interno dell'equazione (1), gli strumenti della Progettazione ambientale e dell'Adaptive design possono agire, una volta considerato costante il valore dei beni esposti (VBE), riducendo la sensitività (S), oppure aumentando il fattore capacità adattiva (CA) dei sistemi e facendo ricorso a opportune strategie e tecnologie, per la mitigazione e adattive (Prin 2015, *Adaptive design e*

²² C.f.r. Smit, B., Wandel, J., *Adaptation, adaptive capacity and vulnerability*, in *Global Environmental Change* 16, 2006, pp. 282–292.

innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico).

1.3 Concetti di base

Per comprendere il ruolo dell'adattamento nella riduzione della vulnerabilità, e quindi nell'incremento della resilienza dei sistemi urbani come ambito di applicazione dell'adaptive design, di seguito si analizzano le componenti dell'equazione (1) *vulnerabilità, sensitività, capacità adattiva* e, infine, si approfondirà il concetto di *resilienza urbana*. È stata adottata nell'analisi della letteratura scientifica (con particolare riferimento alla **review di letteratura**) e tecnica una metodologia **analitico-deduttiva**, di seguito strutturata:

- selezione, all'interno della letteratura, dei contributi relativi ai termini esaminati, **come utilizzati nel campo di studi sul *climate change***,
- individuazione delle definizioni presenti nella letteratura scientifica e tecnica
- evoluzione cronologica dei termini quando possibile;
- analisi degli aspetti-chiave dei termini importabili o di rilievo per la Progettazione ambientale.

L'analisi dei termini si rende necessaria non solo per la comprensione, ma anche per una costruzione di conoscenza finalizzata all'importazione nel campo progettuale di concetti appartenenti ad altri ambiti di studio (studi climatici, analisi del rischio, biologia).

1.3.1 I concetti di *vulnerabilità e sensitività*

Allo scopo di individuare i diversi approcci in materia di strategie di adattamento agli effetti del cambiamento climatico sui sistemi costruiti, è importante chiarire i significati attribuiti dalla letteratura di settore al termine vulnerabilità, la cui riduzione è l'obiettivo principale delle strategie adattive.

Si riportano in **tabella 1a** le definizioni di vulnerabilità rintracciabili nella letteratura scientifica e in **tabella 1b** le definizioni presenti nella letteratura tecnica sul climate change, organizzate dove possibile in ordine cronologico.

n.	Autore	Anno	Definizione di <i>vulnerabilità</i> nella letteratura scientifica
1	Turner II et al. (citati da Füssel 2006)	2003	[...] “the integrated vulnerability framework [...] the ‘internal socioeconomic vulnerability’ corresponds to ‘resilience’, ‘ internal biophysical vulnerability ’ corresponds to ‘ sensitivity ’, ‘external socioeconomic vulnerability’ corresponds to ‘human conditions/ influences’, and ‘external biophysical vulnerability’ corresponds to ‘environmental conditions/influences’.
2	Füssel, Klein	2006	“The risk – hazard framework [...] conceptualizes vulnerability as the dose – response relationship between an exogenous hazard to a system and its adverse effects (UNDHA, 1993; Dillely and Boudreau, 2001; Downing and Patwardhan, 2003). This notion of vulnerability corresponds most closely to ‘sensitivity’ in IPCC terminology ”.
3	Smit, Wandel	2006	[...] “the vulnerability of any system (at any scale) is reflective of (or a function of) the exposure and sensitivity of that system to hazardous conditions and the ability or capacity or resilience of the system to cope, adapt or recover from the effects of those conditions”.
4	Smit, Wandel	2006	[...] “the processes driving exposure, sensitivity and adaptive capacity are frequently interdependent”

Tab. 1a_ Definizioni di vulnerabilità associate alla sensitività nella **letteratura scientifica** sul climate change.

N	Autore	Anno	Definizione di <i>vulnerabilità</i> nella letteratura tecnica
1	IPCC - Third Assessment Report (TAR)- Glossary	2001	[Vulnerability is] “the degree to which a system is susceptible to, or unable to cope with, adverse effects of climate change, including climate variability and extremes. Vulnerability is a function of the character, magnitude, and rate of climate variation to which a system is exposed, its sensitivity , and its adaptive capacity.”
2	IPCC- Cap. 18 TAR- Third Assessment Report	2001	[Vulnerability is] “the degree to which a system is susceptible to injury, damage, or harm (one part - the problematic or detrimental part - of sensitivity)”.
3	Resilience Alliance - Glossary, (citato da Füssel, 2006)	-	[Vulnerability is] “the propensity of social and ecological systems to suffer harm from exposure to external stresses and shocks. It involves exposure to events and stresses, sensitivity to such exposures (which may result in adverse effects and consequences), and resilience owing to adaptive capacity measures to anticipate and reduce future harm”.

Tab. 1b- Definizioni di vulnerabilità associate alla sensitività nella **letteratura tecnica** sul climate change

Dalle tabelle 1a e b emerge una stretta relazione tra la vulnerabilità e la sensitività, tale che:

- o la vulnerabilità è letta come una condizione che rappresenta una parte, quella problematica o portatrice di danni, della sensitività;
- o la vulnerabilità è considerata funzione della sensitività e dell’esposizione (a conferma dell’equazione 1), ad ogni scala;

- o la sensibilità può corrispondere ad una condizione di vulnerabilità (biofisica) interna del sistema considerato.

Va specificato che la letteratura scientifica, in particolare Brooks (2016), sottolinea una discrasia nell'uso del termine nelle definizioni dell'IPCC, riscontrando due accezioni di vulnerabilità:

- una vulnerabilità vista come **funzione** della sensibilità (c.f.r. [tab. 1b](#), [def. 1](#))
- una vulnerabilità vista come un **sottoinsieme** della sensibilità (c.f.r. [tab. 1b](#), [def. 2](#)).

Analogamente si riportano nelle [tabelle 2a](#) e [2b](#) alcune delle principali **definizioni di sensibilità**, presenti rispettivamente nella letteratura scientifica e tecnica, organizzate **in ordine temporale**.

n.	Autore	Anno	Definizione di <i>sensibilità</i> nella letteratura scientifica
1	Smit, B. Wandel, J.	2006	“Exposure and sensitivity are almost inseparable properties of a system (or community) and are dependent on the interaction between the characteristics of the system and on the attributes of the climate stimulus. The exposure and sensitivity of a system (e.g. a community) to an environmental change risk (e.g. drought) reflect the likelihood of the system experiencing the particular conditions and the occupation and livelihood characteristics of the system which influence its sensitivity to such exposure”.
			“The interaction of environmental and social forces determines exposures and sensitivities ”
2	Füssel, H. M.	2007	[Sensitivity vs. resilience] “In the ecological tradition of vulnerability research, for instance, ‘ sensitivity ’ denotes the degree to which a system is instantly effected by a perturbation whereas ‘resilience’ focusses on the ability of the system to maintain its basic functions and return to the original state after a perturbation.”
3	Füssel, H. M.	2007	(The term ‘sensitivity’ is used here equivalent to ‘internal integrated vulnerability’). Future sensitivity depends on the current sensitivity of the system as well as its current and future adaptive capacity . Hence, any conceptualization of ‘vulnerability to climate change’ needs to consider the adaptive capacity of the vulnerable system, which largely determines how its sensitivity evolves over time .

Tab. 2a _ Definizioni di sensibilità nella **letteratura scientifica** sul climate change.

n.	Fonte	Anno	Definizione di <i>sensibilità</i> nella letteratura tecnica
1	IPCC	2001	[Sensitivity is] “the degree to which a system is affected by or responsive to climate stimuli”.
2	IPCC - Third Assessment Report (TAR) Glossary	2001	Sensitivity is “the degree to which a system is affected, either adversely or beneficially , by climate-related stimuli”.
3	IPCC- Fourth Assessment Report- Annex II- Glossary	2007	Climate sensitivity/ (or climate response) . “In IPCC reports, equilibrium climate sensitivity refers to the equilibrium change in the annual mean global surface temperature following a doubling of the atmospheric equivalent carbon dioxide concentration”.

4	IPCC- Fourth Assessment Report- Annex II- Glossary	2007	Sensitivity is the degree to which a system is affected, either adversely or beneficially , by climate variability or climate change. The effect may be direct (e.g., a change in crop yield in response to a change in the mean, range, or variability of temperature) or indirect (e.g., damages caused by an increase in the frequency of coastal flooding due to sea level rise).
---	---	------	--

Tab. 2 b. Definizioni di sensitività nella **letteratura tecnica** sul *climate change*.

Dalle **tabelle 2a** e **2b** si evincono i seguenti elementi:

- la letteratura scientifica e tecnica sono concordi nel definire la sensitività come un **grado** che esprime la misura in cui un sistema è colpito da una perturbazione;
- la sensitività è sempre messa in relazione con la capacità adattiva e con l'esposizione, imprescindibile in particolare da quest'ultima;
- la letteratura tecnica distingue tra la **sensitività del sistema** in termini generici e una **sensitività climatica** (c.f.r. **tab. 2b, def.3**);
- la letteratura tecnica individua la sensitività come **grado** con cui un sistema è interessato, parimenti in maniera **avversa** o in termini di **beneficio**, da uno stimolo climatico.
- la letteratura scientifica tende a sviluppare il concetto di sensitività in maniera abbinata ad altri termini (c.f.r. **tab 2a, def. 2, sensitivity vs. resilience**).

1.3.1.2 La vulnerabilità dei sistemi nella letteratura in regime di *climate change*.

L'approccio *hazard-* e *site-specific*

Le relazioni intercorrenti tra i termini chiave della questione *climate change*, e dell'equazione del rischio (1) che la rappresenta, sono spesso sviluppate in termini analitici e usate in maniera diversa in base ai differenti ambiti di ricerca (Brooks, 2003).

La definizione di vulnerabilità nel campo di studi dei cambiamenti climatici si riferisce principalmente a due categorie semantiche. La prima considera la vulnerabilità dei sistemi urbani come insieme di danni potenziali causati ad un sistema da un particolare evento climatico (Jones and Boer 2003, citati da Brooks, 2003), la seconda intende la vulnerabilità come stato precedente e indipendente dall'avvento dell'*hazard* (Allen, 2003, citato da Brooks, 2003). Nel campo degli studi che hanno per oggetto l'ambiente costruito, abbracciare la seconda posizione risulta opportuno se si assumono alcune caratteristiche (morfologiche, tipologiche, tecnologiche, densità del costruito, trattamenti superficiali) dell'ambiente antropizzato quali condizioni intrinseche potenzialmente aggravanti il danno atteso, oltre che presupposto per una maggiore esposizione dei beni al danno stesso. In questa visione, le aree urbane possono generare allo stesso tempo condizioni di pericolosità e di esposizione (Rigillo, 2016).

La letteratura scientifica facente riferimento ai documenti internazionali in materia di cambiamento climatico mette in risalto alcune discrasie nell'uso dei concetti (Brooks, Adger, Kelly, 2005). Nel glossario del Third Assessment Report (TAR) del IPCC (2001), la vulnerabilità è indicata come “il grado con cui un sistema è suscettibile o è capace di affrontare gli effetti avversi del cambiamento climatico, inclusi variabilità climatiche ed estreme. La vulnerabilità è funzione di carattere, magnitudo e ritmo della variazione climatica cui un sistema è esposto, della sua sensitività e della sua capacità adattiva”. Nello stesso IPCC TAR, viene ripresa la definizione di vulnerabilità nell'accezione espressa da Smit et al., quale grado con cui un sistema è suscettibile a lesioni, danni o mali. La suscettività è a sua volta intesa come grado con cui un sistema è affetto o reattivo agli stimoli climatici (IPCC, 2001). Nella seconda accezione la vulnerabilità emerge, con maggiore forza rispetto alla prima, con il significato di uno stato essenzialmente variabile, riconducibile alle proprietà interne di un sistema (Brooks, Adger, Kelly, 2005). Ancora, le due accezioni divergono nello stabilire se la vulnerabilità sia determinata esclusivamente dalle caratteristiche interne di un sistema, o se dipenda anche dalla probabilità che il sistema si confronti con un pericolo specifico (Brooks, 2003).

Gli studi sulla vulnerabilità agli effetti del *climate change* affrontano la questione in termini di impatti dovuti al cambiamento climatico²³, concentrandosi su alcuni fattori quali i soggetti a rischio e l'esposizione al pericolo, piuttosto che sulla capacità dei sistemi di affrontare gli hazard. Tale approccio *hazard-specific* vede tipicamente la vulnerabilità di un sistema umano come determinato dalla natura dell'hazard, dall'estensione e dall'esposizione allo stesso, dalla probabilità o frequenza con cui l'evento si verifica e dalla sensitività del sistema agli impatti. Questa combinazione di fattori può essere riferita a una vulnerabilità fisica o biofisica. Da qui deriva un'interpretazione di vulnerabilità come composta da due aspetti, l'uno legato all'hazard e ai suoi impatti, e l'altro legato alle caratteristiche biologiche o sociali del sistema affetto (condizione site-specific) che possono amplificare o ridurre i danni subiti (Brooks, 2003).

Si possono allora delineare due approcci diversi nello studio degli impatti dei cambiamenti climatici:

- Un approccio *hazards risk-based* (generalmente descritto in termini di probabilità). A questo appartiene la netta distinzione tra il concetto di hazard come “evento fisico potenzialmente offensivo, fenomeno o attività umana caratterizzata da una propria posizione, intensità, frequenza e probabilità” e la vulnerabilità intesa come “relazione tra la gravità del pericolo e il grado di danno causato” (UN DHA, 1993; Coburn et al., 1994; Nazioni Unite, 2004, citati da Füssel, 2007, p. 160)

²³ “Climate change impacts refer to the observed or projected effects of climate change on natural and human systems. In the case of projected effects, these projections often refer to 'potential impacts', which are those impacts that may occur given a projected change in climate, without considering adaptation” in *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. An indicator-based report*, EEA Report 12, 2012, p. 35.

- Un approccio basato sulla vulnerabilità (biofisica) dei sistemi (espressa come funzione di determinate variabili, assunto dal IPCC e dalla comunità scientifica impegnata negli studi sul *climate change*).

Una possibilità praticabile è adottare un approccio di tipo **integrato**, che metta a sistema entrambe le visioni, consapevole da un lato della necessità di valutare la vulnerabilità come parte integrante della catena di rischio, e dall'altro di agire sulla vulnerabilità con strategie efficaci di *risk management* (Kasperson et al., 2001, cit. da Brooks, 2003).

La vulnerabilità dipende pertanto in maniera significativa dalla natura del sistema e dal tipo di hazard con cui si confronta. Nella relazione vulnerabilità-hazard, la letteratura individua principalmente due approcci scientifici²⁴. Il primo definisce la vulnerabilità rispetto ad una dimensione più generica di hazard, e può risultare utile per intraprendere valutazioni comparative a livelli nazionali allo scopo di comprendere se e quanto un contesto è equipaggiato per affrontare e adattarsi agli hazard climatici (Brooks, Adger, Kelly, 2005). Il secondo, di seguito adottato come posizione scientifica, relaziona strettamente il livello di vulnerabilità di un sistema ad hazard specifici, contestualizzati, e dunque diversi per intensità, magnitudo e frequenza. In questo secondo approccio si passa da una visione di vulnerabilità "generica", rispetto ai quali rischi (sismico, vulcanico, idrogeologico) è applicabile il principio deterministico di causa-effetto, ad una visione complessa e sistemica della vulnerabilità. In quest'ultima:

- i cambiamenti dovuti agli impatti sono di lungo periodo (*slow-onset hazard*);
- la percezione del rischio è variabile;
- i danni attesi dipendono dalla natura del fenomeno;
- la misurabilità degli impatti risente di un maggiore grado di incertezza.

In quest'ottica i determinanti dell'equazione del rischio (VBE, S, CA) sono riferibili a una dimensione "locale" e *site-specific*. L'adozione di tale approccio e la consapevolezza dei gradi di incertezza e dei limiti di dimostrabilità delle relazioni tra cambiamenti climatici ed effetti, suggerisce il ricorso agli strumenti dell'epistemologia della complessità e dei principi di non-linearità.

Ciò è importante per affrontare il tema della valutazione della vulnerabilità, rispetto alla quale letteratura distingue tre tipi di approccio:

²⁴ C.f.r Brooks, N., Adger, W.N., Kelly, P. M, *The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation*, in *Global Environmental Change* 15, 2005, p. 151–163.

- Vulnerabilità come *start-point*²⁵: la vulnerabilità è vista in termini di sola dimensione umana, come capacità di "anticipare, fronteggiare, resistere e recuperare rispetto all'impatto di un hazard naturale"²⁶. Qui il concetto di vulnerabilità pone in secondo piano l'esposizione, ed emerge come debba sempre essere collegato a uno, o a un set, di **hazard specifici**. "Il concetto di vulnerabilità, in questo caso, fornisce un framework di criteri all'interno del quale valutare interventi specifici volti a migliorare la capacità delle persone di rispondere allo stress"²⁷. Per cui, a patto di definire la sensitività come una limitata capacità di rispondere agli stress, questo risulta essere un potenziale punto di partenza per analizzare e valutare gli impatti di specifici hazard. La prima posizione è assunta nel presente paper.

- Vulnerabilità come *focus-point*: considerata un **fattore omnicomprensivo** di esposizione a stress e crisi, capacità di affrontare questi ultimi, conseguenze degli stress e rischio di una lenta ripresa. Nel campo degli hazard naturali il rischio è visto come composto dalla misura dell'hazard e dalla vulnerabilità in sé, quest'ultima equivalente alla *capacity*, determinata e influenzata dalle strutture socio- economiche che caratterizzano il sistema (Brooks, 2003).

- Vulnerabilità come *end-point*: la valutazione della vulnerabilità è lo step finale di analisi e proiezioni di trend e scenari climatici futuri, da cui derivare studi di impatti e opzioni adattive. Qui "ogni conseguenza residuale definisce livelli di vulnerabilità, [...] determinata dalle conseguenze avverse che rimangono **dopo** che sono avvenuti i processi di adattamento, e come tale fornisce uno strumento utile nel riassumere l'impatto netto del problema climatico"²⁸.

²⁵ C.f.r Tab. 4 "Two interpretations of vulnerability in climate change research" in Füssel, H.M., *Vulnerability: A generally applicable on conceptual framework for climate change research*, in Global Environmental Change 17, 2007, p. 163.

²⁶ C.f.r. Kelly, P.M., Adger, W.N., *Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation*, in Climatic Change 47, 2000, p. 327.

²⁷ Ibid., traduzione propria.

²⁸ Ibid., traduzione propria.

1.3.2 Verso la Progettazione adattiva. *Adaptive capacity e adattamento*

La definizione della capacità adattiva (tab. 3a e 3b) - e la sua importazione in campo progettuale- è propedeutica e complementare alla comprensione del concetto di adattamento.

n.	Autore	Anno	Definizione di <i>adaptive capacity</i>
1	Smit et al.	2000	"The potential or capability of a system to adapt to (to alter to better suit) climatic stimuli".
4	Brooks et al.	2005	"Because adaptation does not occur instantaneously, the relationship between adaptive capacity and vulnerability depends crucially on the timescales and hazards with which we are concerned".
5	Smit, Wandel	2006	" Adaptations are particular expressions of the inherent adaptive capacity ".
6	Fussel, Klein	2006	"The adaptive capacity of a system or society describes its ability to modify its characteristics or behaviour so as to cope better with changes in external conditions".
7	Smit, Wandel	2006	" Adaptations are manifestations of adaptive capacity , and they represent ways of reducing vulnerability".
8	Smit, Wandel	2006	" Adaptive capacity is context-specific and varies from country to country, from community to community, among social groups and individuals, and over time . It varies not only in terms of its value but also according to its nature. The scales of adaptive capacity are not independent or separate: the capacity of a household to cope with climate risks depends to some degree on the enabling environment of the community, and the adaptive capacity of the community is reflective of the resources and processes of the region".
10	Smit, Wandel	2006	"Adaptations are manifestations of adaptive capacity. Adaptations , or changes in the system to better deal with problematic exposures and sensitivities, reflect adaptive capacity ".
11	Nelson, Adger, Brown	2007	"The preconditions necessary to enable adaptation , including social and physical elements, and the ability to mobilize these elements".
12	Nelson, Adger, Brown	2007	"Adaptive capacity is influenced not only by economic development and technology, but also by social factors such as human capital and governance structures ".
13	Nelson, Adger, Brown	2007	"Adaptive capacity has direct implications for the type and scale of adaptation that is possible for the system to achieve".

Tab. 3 a. Definizioni di capacità adattiva nella **letteratura scientifica** sul *climate change*.

n.	Autore	Anno	Definizione di <i>adaptive capacity</i>
1	IPCC-Glossary of IPCC-TAR	2001	"Adaptive capacity is the ability of a system to adjust to climate change (including climate variability and extremes) to moderate potential damages, to take advantage of opportunities, or to cope with the consequences".
2	IPCC- Glossary_ Annex II- Fourth Assessment Report	2012	"The combination of the strengths, attributes, and resources available to an individual, community, society, or organization that can be used to prepare for and undertake actions to reduce adverse impacts, moderate harm, or exploit beneficial opportunities"

3	IPCC- Glossary	2014	"The ability of systems, institutions, humans, and other organisms to adjust to potential damage, to take advantage of opportunities , or to respond to consequences".
---	----------------	------	---

Tab. 3 b. Definizioni di capacità adattiva nella **letteratura tecnica** sul *climate change*.

Dalle **tabelle 3a** e **3b** emergono i seguenti aspetti:

- o nel campo del climate change, la capacità adattiva si configura come un'abilità di un sistema di **modificare le proprie caratteristiche e/o comportamenti** per meglio affrontare gli effetti degli stimoli climatici;
- o la capacità adattiva è individuata come un'abilità alla base dell'adattamento. Si considera quest'ultimo una manifestazione o riflesso della capacità adattiva;
- o la capacità adattiva influenza la scala e l'orizzonte temporale dell'adattamento di un sistema;
- o la capacità adattiva dipende da una pluralità di fattori (*determinanti generici e hazard-specific, determinanti endogeni ed esogeni*), economici, sociali, legati al capitale umano e alle strutture di governance;
- o il termine capacità adattiva fa riferimento- in particolare nella letteratura tecnica (**tab. 3b**) - contemporaneamente a due dimensioni: da un lato all'adattamento dei sistemi agli stimoli climatici, dall'altro al trarre vantaggi / cogliere opportunità nell'adattarsi (quest'ultimo aspetto risulta coerente con la definizione di adattamento usata in letteratura tecnica)
- o la capacità adattiva si configura come *prerequisito* fondamentale per l'adattamento
- o è data da un set di risorse e dall'abilità di impiegare queste ultime per attuare l'adattamento
- o risulta imprescindibile dal contesto, pertanto la si può considerare *site- e context-specific*
- o la letteratura scientifica mette in relazione la capacità adattiva con il campo delle tecnologie, collocando queste ultime tra i fattori o (*generic determinants*) che la influenzano.
- o tra gli elementi della capacità adattiva viene esplicitamente riconosciuta la capacità di progettazione e di implementazione delle strategie adattive (**tab. 3a, def. 3**).

Alla luce delle analisi, si propone un breve framework concettuale, finalizzato all'importazione all'interno del campo della Progettazione ambientale dei termini esaminati.

La necessità di individuare un framework parte dai seguenti passaggi logico-cognitivi:

- per importare il concetto di capacità adattiva nella progettazione, ambientale e tecnologica, si sceglie di usare il concetto di prestazione;
- alla base vengono indagati

- i significati e gli usi del termine *capacità adattiva* nella letteratura sul climate change di appartenenza
- la capacità adattiva come pre-condizione per l'adattamento (c.f.r. [tab. 3a](#), [def. 11](#));
- i significati e gli usi del termine *adattamento* nel campo della progettazione tecnologica e ambientale,
- la possibilità di considerare la capacità adattiva come un set di prestazioni.

In campo progettuale la **capacità adattiva** (riferita ai *living systems* quali i sistemi sociali) va evidentemente analizzata in relazione alla perturbazione dell'«ambiente umano», quest'ultimo considerabile come un sottosistema facente parte del sistema ecologico della natura e “in possesso della capacità virtuale e reale di provocare perturbazioni sostanziali, cioè irreversibili, nell'equilibrio degli altri sottosistemi” (Maldonado, 1970). A tali perturbazioni l'uomo oppone una capacità di adattamento che, per quanto immensa, non è affatto infinita, all'interno della quale si verifica una sorta di «ottimizzazione» dell'ambiente e in particolare dell'uomo (Maldonado, 1970). La mancanza di adattabilità dei sistemi sociali (notoriamente sistemi considerati aperti) aumenta nei sistemi chiusi o isolati, tendenzialmente più fragili, carenti in elasticità e dunque più vulnerabili ai fattori endogeni ed esogeni di deviazione (Maldonado, 1970).

In **campo progettuale l'adattamento**, insieme con la mitigazione, è considerato fondamentale per affrontare gli effetti dei cambiamenti climatici e incrementare così la resilienza dei sistemi socio-ecologici, quali gli habitat antropizzati in cui l'uomo vive e progetta.

Adattamento e mitigazione, paralleli e complementari, si declinano sotto forma di politiche, strategie e azioni, a diversi livelli (nazionale, regionale, locale) per rispettivamente limitare gli effetti e agire sulle cause del cambiamento climatico.

Alla base delle misure adattive e mitigative si collocano opportuni mezzi e tecnologie. La dinamica dei processi legati al climate change, complessi e interferenti, dipende infatti da componenti naturali, sociali ma anche tecnologici che determinano impatti differenziati sull'ambiente costruito. Pertanto la progettazione tecnologica e ambientale trovano un ruolo significativo, espletabile attraverso le *Environmentally Sound Technologies* (ESTs), sistemi di tecnologie “not just individual technologies, but total systems which include know-how, procedures, goods and services, and equipment as well as organizational and managerial procedures. Environmentally sound technologies should be compatible with nationally determined socioeconomic, cultural and environmental priorities” (Agenda 21 Chapter 34, 1992, p.1). Si tratta di tecnologie “derivate da un processo controllato dell'intero ciclo di vita di

materiali, energia, acqua, rifiuti del sistema di produzione e uso, sviluppate coerentemente con i caratteri dei sistemi naturali, resilienti, adattive, rigenerative, interconnesse” (Baiani, Valitutti, 2015).

La necessità di adattarsi, ben prima dell’emergere dei temi legati al global e climate change, porta negli anni Sessanta Raymond G. Studer a definire l’ambiente progettato come “fenomeno protesico”, capace di funzionare come una protesi in due modi: sul piano fisiologico, in quanto favorisce degli obiettivi comportamentali mantenendo degli stati fisiologici richiesti, e sul piano comportamentale in quanto configura intenzionalmente specifiche topografie comportamentali (Studer, 1967).

Parimenti una visione adattiva della pratica progettuale viene dichiarata nel 1980 da J. M. Fitch, che collega la costruzione dell’habitat antropico a quella di un “ambiente protesico” capace di favorire l’adattamento dell’uomo alle condizioni naturali cui è soggetto, e che vede la progettazione di un componente architettonico come “un problema di riuscito adattamento tra l’organismo e il suo ambiente”.

La letteratura scientifica in materia di resilienza dei sistemi socio-ecologici (*socio-ecological systems*, SESs) complessi e multiscalarari, ha posto l’**adattamento** come fattore capace di influenzare e gestire la resilienza che, insieme all’**adattabilità** e alla **trasformabilità**, rappresentano i tre attributi alla base delle dinamiche di stabilità dei sistemi antropico-naturali (Walker, Holling et al.,2004). In particolare l’adattabilità è definita come **capacità collettiva di gestire la resilienza**, che determina l’attraversamento di uno stato indesiderato da parte del sistema, o il ritorno a uno desiderabile (Walker, Holling et al. 2004).

L’ambito progettuale accoglie tali posizioni scientifiche e, nell’attuale panorama di esiguità di risorse e criticità ambientali, considera vantaggioso pensare in termini di **capacità di adattamento**. Nella sua concezione di “costruttivismo progettante” e di “spazio vuoto dell’habitat”, già Eduardo Vittoria sottolineava l’importanza di una progettazione articolata sulla precarietà delle soluzioni, soggetta a criteri continuamente revocabili e in grado di operare in un processo di adattamento ad una realtà multiforme (Vittoria, 1994).

Nei sistemi insediativi tale capacità di adattamento emerge nel perseguire equilibri dinamici tra capacità ecosistemiche, fattori ambientali, esigenze dell’utenza e conoscenze tecniche (Angelucci, Di Sivo, Ladiana, 2013). Qui resilienza, adattabilità e trasformabilità diventano collocabili, attraverso l’approccio esigenziale-prestazionale, tra i nuovi requisiti di qualità ambientale. Attraverso l’approccio esigenziale-prestazionale è quindi possibile importare i termini della resilienza nella progettazione degli habitat

antropizzati. Alla luce di quanto esposto relativamente all'adattamento, si può procedere alla stesura del framework, di seguito riportato (**Grafico 1**):

- 1- individuazione della definizione di capacità adattiva nell'accezione di capacità di modificare il **comportamento del sistema**;
- 2- definizione di capacità adattiva come prerequisito per l'**adattamento**, quest'ultimo alla base della **Progettazione adattiva**;
- 3- uso e importazione del termine **adattamento** nel campo della progettazione attraverso:
 - la letteratura scientifica sull'adattamento, prodotta nel campo della progettazione tecnologico-ambientale;
 - il concetto di prestazione così come definito dalle norme UNI in materia;
- 4- definizione di prestazione come **misura** di un **comportamento**;
- 5- messa in relazione della **capacità adattiva** e dell'**adattamento** con la **prestazione**;
- 6- necessità di esplorare un **set di indicatori** che esprimano/ misurino l'**adattamento** come **set di prestazioni**;

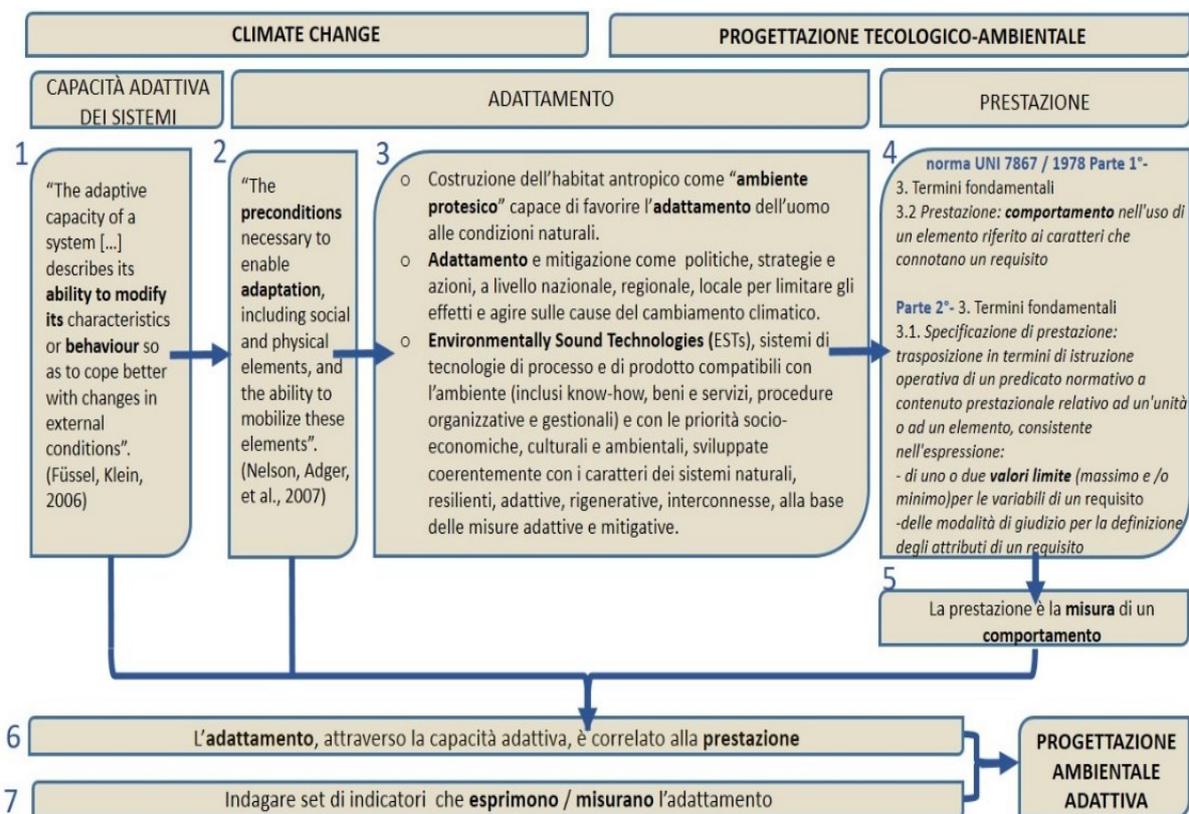


Grafico 1_ Framework concettuale di importazione dell'adattamento in campo progettuale

7- attraverso l'approccio esigenziale-prestazionale e la ricerca di opportuni **indicatori** che esprimano le **prestazioni** legate all'**adattamento**, è possibile porre le basi per **importare** l'adattamento e la capacità adattiva nell'**ambito progettuale**.

Va sottolineato che la letteratura scientifica e tecnica in materia di capacità adattiva non fa esplicito riferimento al concetto di prestazione. Ciò è dovuto al fatto che i concetti analizzati nascono e si sviluppano in un campo di studi diverso dalla progettazione. Allo scopo di importare il concetto di capacità adattiva- e attraverso esso di adattamento-in ambito progettuale, si è scelto di usare il concetto di prestazione e di indicatore (**Grafico 1**). Questa operazione, di natura cognitiva e classificatoria, può presentare i limiti scientifici delle operazione di trasferimento e adattamento delle terminologie da ambiti di studio differenti.

1.3.2.1 Adattamento agli effetti e mitigazione delle cause dei cambiamenti climatici

La letteratura scientifica e tecnica individua quali opzioni di risposta al *climate change* sia azioni di mitigazione degli impatti che piani e progetti di adattamento ai cambiamenti climatici. In merito si definiscono:

- Mitigazione: un intervento umano che riduca le fonti di emissione o migliori l'assorbimento dei gas serra. Sono inclusi gli intervento umani che riducano le fonti di rilascio di altre sostanze, le quali possono contribuire direttamente o indirettamente per limitare il cambiamento climatico, incluso, ad esempio, la riduzione di emissioni di polveri sottili (PM) che possano alterare in maniera diretta il bilancio delle radiazioni (radiation balance) o alcune misure di controllo delle emissioni di monossido di carbonio, ossido di azoto, composti organici volatili, e altri inquinanti che alterino la concentrazione dell'ozono nella troposfera, avente effetto indiretto sul clima (IPCC, 2014).
- Adattamento: il processo di adeguamento al clima attuale o atteso e ai suoi effetti. Nei sistemi umani l'adattamento porta a moderare o evitare i danni, oppure a sfruttare opportunità vantaggiose. In alcuni sistemi naturali l'intervento umano può facilitare l'adeguamento al clima atteso e ai suoi effetti. [...] Si possono distinguere varie tipologie di adattamento, incluse quelle anticipatorie e reattive, pubbliche e private, autonome e pianificate (IPCC, 2014)²⁹.

²⁹ Si riportano di seguito anche le definizioni di H.M. Füssel e R.J.T. Klein (2006) di *mitigazione* con riferimento al limitare il cambiamento climatico globale attraverso la riduzione delle emissioni di gas serra e l'aumento del loro

Tendenzialmente le strategie e le azioni di mitigazione si possono considerare oggetto di osservazione più frequente rispetto a quelle adattive, sia da parte della comunità scientifica che da parte delle

“Non solo l’organismo è adatto all’ambiente, ma l’ambiente è adatto all’organismo. “Adatto” implica l’assunzione che l’ambiente fornisca occasioni per l’organismo: quest’ultimo è una risposta a queste occasioni.”
(McHarg, 1969, p.60)

politiche, in quanto caratterizzate da un maggiore grado di misurabilità dell’efficacia delle azioni (es. facilità di calcolo delle emissioni di CO2 in un dato lasso di tempo). Le capacità di adattamento infatti, come sostenuto in precedenza, variano sensibilmente in base ad un ampio spettro di variabili fortemente correlate alle caratteristiche intrinseche del sistema colpito e alla tipologia e intensità degli impatti considerati. L’ambito dell’adattamento riserva pertanto un più ampio margine allo stesso tempo di indagine e di incertezza, configurandosi come un campo di studi ancora in larga parte inesplorato in molti settori disciplinari. La comprensione dell’adattamento è propedeutica alla definizione di *progettazione adattiva* ai cambiamenti climatici.

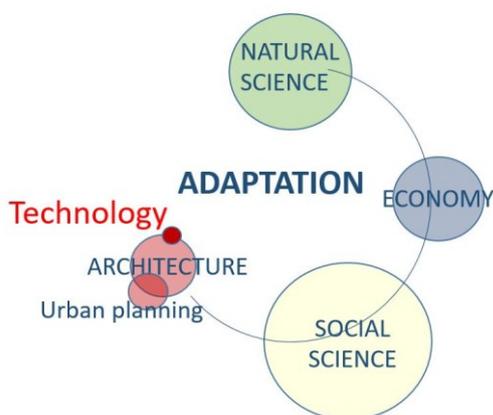


Fig. 3_ Adattamento e campi scientifici di studio. Il concetto di *adaptation* occupa settori circoscritti e specifici dell’architettura, sviluppandosi nell’ambito dell’*urban planning* e di recente della progettazione tecnologica.

Il concetto di *adattamento* nasce nel campo delle scienze naturali e della biologia evolutiva per poi trovare collocazione in diversi campi scientifici, quali le scienze sociali e l’antropologia, fino all’ambito della progettazione ambientale dove in tempi più recenti ha fatto il suo ingresso, veicolato dagli studi condotti dall’IPCC e UNISDR (fig. 3).

Il trasferimento del concetto di adattamento dalle scienze naturali alla Progettazione ambientale trova fondamento in alcune scuole di pensiero sull’adattamento (c.f.r. Odum, 1970), che hanno focalizzato i propri studi sui flussi di materia, di energia e di informazioni impiegando i concetti e le terminologie relative ai cambiamenti biofisici ed ecologici. Di seguito si riporta, seppur in maniera non esaustiva, un’evoluzione sintetica del termine adattamento (tab. 1), come rintracciata nella letteratura scientifica sul *climate change*.

assorbimento, e di *adattamento* riferito al moderare gli effetti avversi dei cambiamenti climatici inevitabili attraverso azioni tarate rispetto al sistema vulnerabile.

Fonte	Anno	Definizione di <i>Adattamento</i>
Burton, I.	1992	“L'adattamento al clima è il processo attraverso il quale le persone riducono gli effetti climatici avversi sulla propria salute e benessere, e traggono vantaggio dalle opportunità fornite dagli ambienti climatici”.
Smith, J. et al.	1996	“L'adattamento include tutte gli adeguamenti nel comportamento o nelle strutture economiche che riducano la vulnerabilità della società ai cambiamenti nel sistema climatico”.
Watson, R.T. et al.	1996	“L'adattabilità si riferisce al grado con cui sono possibili gli adeguamenti nelle pratiche , processi o strutture di un sistema a cambiamenti climatici previsti o attuali. L'adattamento può essere spontaneo o pianificato, di risposta o anticipatorio”.
Pielke, R.A.J.	1998	“ Adattamenti e comportamenti assunti da singoli gruppi e a livello istituzionale allo scopo di ridurre la vulnerabilità della società al clima”.
Frankhauser, S. et al.	1999	“L'adattamento è anticipatorio o reattivo e in base al grado di spontaneità può essere autonomo o pianificato”.
Smit, B. et al.	2000	“ Adeguamento nei sistemi sociali, economici ed ecologici in risposta a stimoli climatici attuali o attesi e ai loro effetti o impatti”.
Brooks, N.	2003	“Adeguamento nel comportamento di un sistema e le caratteristiche che migliorano la sua abilità di fronteggiare gli stress esterni”.

Tab.4 Evoluzione delle definizioni in materia di *adattamento* presenti nella letteratura internazionale nel campo degli studi sul *climate change*, basata sugli studi di Smith et al., (2000).

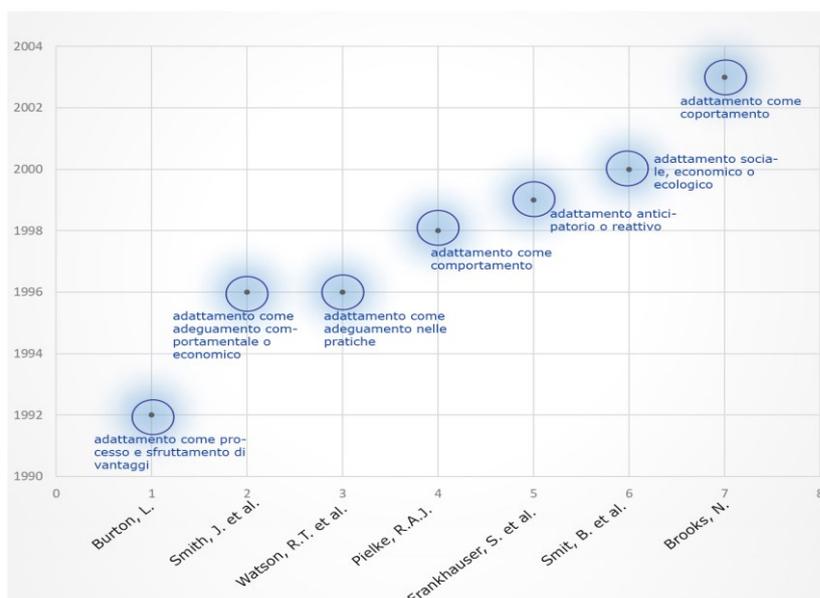


Grafico 2 Evoluzione delle definizioni in materia di *adaptation*, presenti nella letteratura internazionale nel campo di studio sul *climate change*.

Dalla **tabella 4** e dal **grafico 2** si evincono alcuni elementi ricorrenti, nel tempo e tra gli autori, quali: l'applicazione del termine al concetto di sistema (inteso in termini sociali, economici, ecologici);

- l'accezione di adattamento come adeguamento (spesso inteso in termini comportamentali).

Allo stesso tempo emergono alcune diversità/peculiarità, quali:

- l'evoluzione del termine, inizialmente riferito alle sole persone, successivamente ampliato alla sfera economica ed ecologica;

- il riconoscimento di diverse tipologie e livelli di adattamento (anticipatorio/reattivo, individuale/collettivo/istituzionale);
- l'associazione del termine alle pratiche e al concetto di processo;
- l'eventualità di cogliere delle opportunità o dei vantaggi dalla necessità di adattarsi (quest'ultima accezione riscontrabile anche nella definizione di adattamento presente nei documenti dell'IPCC 2014).

Specifiche attività di adattamento al *climate change* dei sistemi antropizzati non sono ancora codificate in letteratura, ma quest'ultima individua nove dimensioni (Smit et al., 1999, cit. da Füssel, 2007) che indirizzano altrettanti aspetti chiave dell'adattamento:

1. **Domini di sensibilità climatica:** l'adattamento riguarda tutti gli ambiti, dalla prevenzione del disastro al *water management*.
2. **Tipo di hazard climatico:** può motivare azioni di adattamento a vari livelli di cambiamento, che sia riscontrato tanto in condizioni climatiche medie, quanto di variabilità climatica o estreme.
3. **Prevedibilità del cambiamento climatico:** i fattori di certezza o incertezza nella prevedibilità del fenomeno influiscono sulle possibilità di adattamento.
4. **Condizioni non riconducibili ad aspetti climatici:** condizioni ambientali, economiche, politiche e culturali dei sistemi.
5. **Obiettivi:** l'adattamento può essere autonomo (es. ridurre le attività durante l'*heatwave*) o pianificato.
6. **Tempo:** in particolare per l'adattamento pianificato, che può essere *reattivo* o *pro-attivo* /*anticipatorio*.
7. **Orizzonte temporale di pianificazione.**
8. **Forma:** adattamento tecnologico, educativo, comportamentale, istituzionale.
9. **Attori:** l'adattamento coinvolge una pluralità di attori a vari livelli gerarchici e di varia natura, pubblici e privati.

Emerge chiara la necessità di mettere a punto, in maniera contestualizzata, approcci integrati e misure di adattamento flessibili ed efficaci per il particolare sistema e lo specifico set di *hazard* studiati.

In materia di adattamento al *climate change*, la letteratura evidenzia principalmente tre scuole di pensiero³⁰, accomunate dall'obiettivo di valutare il grado con cui l'adattamento incide sulla moderazione degli impatti dovuti al cambiamento climatico (**tab.5, grafico 3**).

³⁰ Si rimanda nuovamente a Smit, B., Wandel, J., *Adaptation, adaptive capacity* cit.

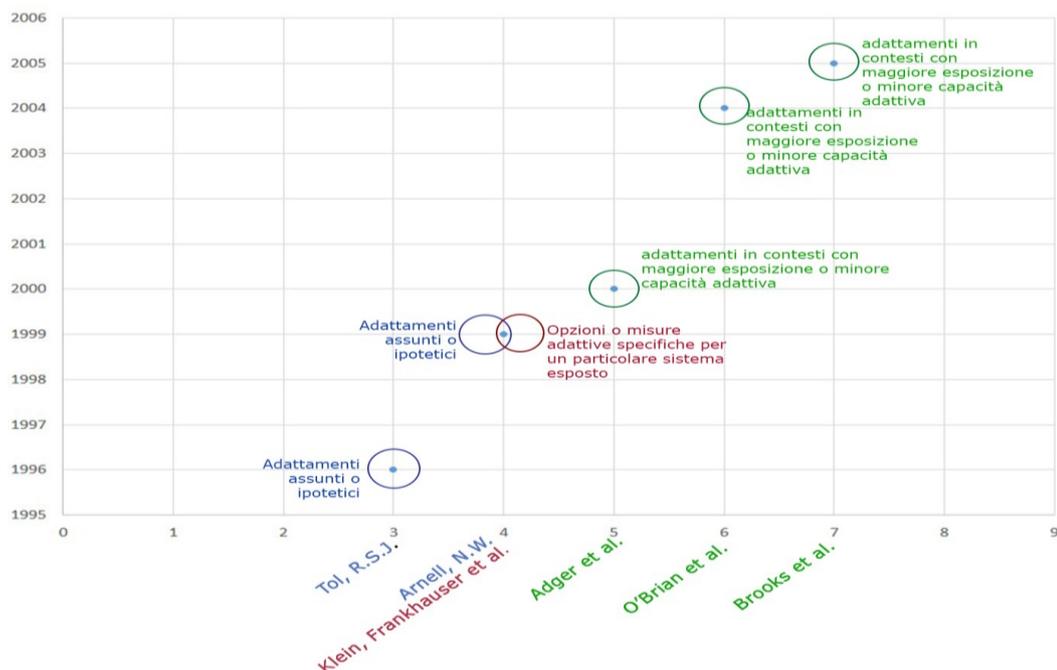


Grafico. 3 Evoluzione delle definizioni in materia di adattamento, presenti nella letteratura internazionale nel campo di studio sul *climate change*.

	Adattamenti	Scopo delle analisi	Metodo/approccio	Autori	Note
1	Assunti o ipotetici	Valutare gli effetti degli adattamenti sugli impatti di uno specifico scenario di cambiamento climatico	Può adottare l'approccio <i>end point</i> alla valutazione della vulnerabilità	Tol, 1996 Arnell, 1999	Esclude indagini empiriche sugli adattamenti, sulla capacità adattiva, sulle condizioni o sui i drivers che potenziano o riducono gli adattamenti
2	Opzioni o misure adattive specifiche per un particolare sistema esposto	Valutare l'efficacia / utilità delle alternative adattive, allo scopo di individuare la migliore	-	Klein et al., 1999 Fankhauser et al., 1999	-
3	Adattamenti rivolti ai contesti con maggiore esposizione o minore capacità adattiva	Fornire una valutazione della vulnerabilità o della capacità adattiva di un sistema Fornire dati per fissare gli obiettivi target delle opzioni adattive	Applica valutazioni basate su criteri, indici e variabili selezionate dal ricercatore Adotta l'approccio <i>start point</i> alla valutazione della vulnerabilità Usa indicatori e procedure di valutazione a punteggio o per classificazione -Seleziona i fattori della vulnerabilità -Ottiene misure su di essi (come dati aggregati) -Applica una funzione aggregativa sulle misurazioni -Calcola il valore della vulnerabilità del sistema	O'Brien et al., 2004; Kelly, Adger et al., 2000 Brooks et al., 2005	Esclude indagini sui drivers o sui determinanti della capacità adattiva

Tab.5- Quadro sinottico delle scuole di pensiero in materia di *adaptation*, presenti nella letteratura internazionale nel campo di studio del *climate change*. Fonte: Smit, Wandel, 2006.

Come si evince dalla [tabella 5](#) e dal [grafico 3](#), le scuole di pensiero espresse dalla letteratura in materia di valutazione dell'adattamento si concentrano prevalentemente su tre approcci diversi, focalizzati rispettivamente su altrettante tipologie di opzioni adattive: adattamenti semplicemente assunti e ipotetici, adattamenti calati su un particolare sistema esposto e adattamenti applicati in contesti fragili. Si conclude pertanto che il punto di vista dal quale si osservano gli adattamenti incide molto sulla valutazione della relativa efficacia, rappresentando così un elemento importante per valutare sia l'adattamento che la capacità adattiva di un sistema, da cui in larga parte l'adattamento deriva.

Va specificato che, tendenzialmente, nel campo di studi sul *climate change*, rispetto alla mitigazione viene riconosciuto all'adattamento un carattere emergenziale, di temporaneità e di reazione *hic et nunc* agli impatti. Tuttavia alcuni studi in materia riflettono sempre più sulla necessità di ritenere l'**adattamento** "una **risposta strutturale** e di **lungo termine** per una società resiliente al cambiamento climatico" (Caserini, 2016). Si considera infatti la possibilità che, a causa della grande inerzia del sistema climatico³¹, l'immissione di gas climalteranti nell'atmosfera provocata dalle attività antropiche determini cambiamenti di lunga durata e per un certo tempo potenzialmente irreversibili nonostante l'applicazione di misure mitigative tese a ridurre le emissioni. L'adattamento risulterebbe così un comportamento da mettere a punto in forme costanti e non solo emergenziali³².

Si evince un quadro di nuovi paradigmi culturali che sollecitano processi di pianificazione e progettazione urbana in grado di rendere le città adattive ai grandi cambiamenti ma contemporaneamente di prosperare in condizioni di equilibrio variabile.

³¹ Per *sistema climatico* si intende un sistema complesso costituito da cinque componenti: atmosfera, criosfera, biosfera insieme degli oceani e superficie terrestre in interazione reciproca; soggetto a costante evoluzione sotto la spinta di fattori endogeni ed esogeni, tra cui le attività e gli stress di natura antropogenica (IPCC, 2012).

³² C.f.r. Caserini, S., *Gli scenari d'impatto*, in Mezzi, P. Pellizzaro, P. "La città resiliente. Strategie e azioni di resilienza urbana in Italia e nel mondo", Altreconomia, Milano 2016, p. 28.

1.3.2.2 *False friendliness: il concetto di adaptive design e di climate-responsive design*

Gli effetti dei CC (questi ultimi intesi sia come fenomeni estremi che come fenomeni di variabilità climatica) e le attività antropogeniche che possono aggravare i danni, si riverberano sui sistemi, naturali e antropici. Come riportato infatti dal documento di sintesi dell'IPCC -Rapporto 2014 sul clima, "le continue emissioni di gas ad effetto serra provocano un ulteriore riscaldamento e cambiamenti duraturi in tutti i componenti del sistema climatico, aumentando la probabilità di effetti gravi, diffusi e irreversibili per le persone e gli ecosistemi. Limitare il cambiamento climatico richiede una riduzione sostanziale e duratura delle emissioni di gas a effetto serra, che, insieme con l'adattamento, può essere in grado di limitare i rischi del cambiamento climatico".

Se l'adattamento è il termine a priori per questi nuovi paradigmi progettuali, emerge la necessità di fare chiarezza sull'uso di alcune terminologie in materia di progettazione adattiva.

Il concetto di *adaptive design* figura frequentemente in letteratura sotto la terminologia di ***climate-adaptive design***, ***climate responsive design*** e ***climate-resilient urban design*** (Raven, 2016), quest'ultimo maggiormente focalizzato sulla scala urbana e degli spazi aperti.

La ricerca del solo termine *adaptive design* può rimandare infatti con più frequenza al campo dell'informatica e della progettazione delle interfacce, rivelandosi talvolta fuorviante se preso come termine di ricerca nel campo della Progettazione ambientale e aprendo talvolta la strada a casi di *false friendliness*.

Chiarita la terminologia e l'ambito di studi, la letteratura pone l'attenzione sulla necessità di operare in modo **multi-** e **transcalare** (ad es. edificio-strada-quartiere-distretto-città-regione), affinché le misure adattive e mitigative ai cambiamenti climatici risultino efficaci.

Il termine ***climate responsive*** viene associato in letteratura ad una progettazione rivolta tanto all'edificio quanto agli spazi aperti, con un focus rispettivamente sul raggiungimento di adeguati livelli di comfort indoor e outdoor.

Un principio di inclusione dei fattori climatici esterni nella progettazione degli edifici è rintracciabile nel lavoro di Olgay (1963) con il libro "Design with climate", a partire dal quale il termine "bioclimatic design" e i relativi principi quali orientamento, forma dell'edificio ed esposizione ai venti, fanno il proprio ingresso in architettura.

Successivamente, nel 1989, Hastings teorizza tre modalità di interazione tra edificio e ambiente esterno³³:

³³ C.f.r. Looman, R., *Climate-responsive design. A framework for an energy concept design-decision support tool for architects using principles of climate-responsive design*, TU Delft, PhD Thesis, 2017.

- *climate-insensitive design*, in cui il comportamento dell'edificio risulta indifferente alle condizioni esterne e il comfort indoor viene assicurato da sistemi meccanici;
- *climate-combative design*, in cui l'edificio assume un comportamento di opposizione al clima esterno, principalmente assicurato da importanti sistemi di isolamento termico
- *climate-responsive design*, dove l'edificio, con la propria massa, spazi e involucro, agisce come un *filtro* che opera in maniera attiva e/o passiva nella gestione dei flussi energetici tra ambiente interno ed esterno.

Il termine *responsive* sottintende pertanto una **risposta**, da parte dell'edificio o dello spazio aperto, ad uno o a una serie di **stimoli**, interni (ad es. variazioni nella richiesta del comfort indoor) o esterni (ovvero climatici). Tale reazione si configura come un cambiamento di stato finalizzato a mantenere una certa funzionalità del sistema (Looman, 2017). Spesso il termine rimanda a una risposta del sistema espletata con l'aiuto di dotazioni tecnologiche principalmente *hard* e impiantistiche.

Box 2. Definizioni

Morfologia urbana

Def. 1: caratterizzazione tridimensionale di un'area urbana, esprimibile attraverso il rapporto H/D, (altezza edifici/ dimensione in pianta dello spazio urbano (Dessi, 2015).

Def. 2: "forma e layout tridimensionale dell'ambiente costruito e del modello di insediamento" (Raven, 2017).

Intervento di adattamento del sistema urbano: "l'insieme delle modificazioni della conformazione fisica e del comportamento del sistema edilizio e funzionale-spaziale" (Lucarelli, D'Ambrosio, Milardi, 2017).

Nelle progettazione rivolta al comfort indoor l'edificio agisce come un intermediario, dove l'ambiente interno viene controllato in stretta relazione con le condizioni climatiche esterne (Looman, 2017), sulla base di un **principio di equilibrio** tra l'esclusione degli apporti indesiderati e l'ammissione di quelli benèfici.

Nella progettazione degli spazi aperti si sovrappongono più fattori quali gli stimoli ambientali, rappresentati dalle condizioni microclimatiche locali, la necessità di raggiungere adeguati livelli di comfort, adattandosi alle condizioni climatiche variabili e/o estreme. Tali strategie e interventi sono importanti sia per aumentare la resilienza dei sistemi urbani che per promuovere la qualità di vita nelle città.

Le strategie urbane adattive si possono applicare a più ambiti, prima di tutto alla *forma*³⁴ (K. Lynch, C. Alexander), e alla *funzione urbana* (Matzarakis, 2015, Raven, 2016), alle quali la letteratura riconduce in

³⁴È interessante notare come nel 1967 C. Alexander metta in relazione il concetto di *adattamento* con quello di forma. Per l'autore la forma, che racchiude la *soluzione* del problema progettuale, è imprescindibile dal suo contesto (ambiente), che rappresenta la *definizione* del problema. Posto che la ricerca progettuale dev'essere tesa ad un'adeguata rispondenza tra forma e contesto, la condizione necessaria per il perfetto adattamento è che non si verifichino casi di non- rispondenza. L'autore intende altresì l'adattamento come un processo simmetrico, in cui il contesto si adatta alla forma e viceversa.

parte le ragioni delle variazioni microclimatiche che le città possono sperimentare, e il grado di vulnerabilità di queste ultime (inteso come stato fisico, funzionale e prestazionale).

Alla forma appartengono fattori tra cui gli aspetti fisici della città (morfologia urbana, densità degli edifici), i materiali delle superfici (con relative caratteristiche fisico-chimiche) e la copertura dei suoli. La funzione fa riferimento agli usi degli spazi urbani e alle relative modalità di utilizzo di energia negli edifici e nei sistemi di trasporto.

In materia risultano importati le ricerche condotte da J. Raven, dalle quali emerge l'approccio morfologico alle strategie adattive. Queste devono includere fattori quali orientamento solare, ventilazione urbana e presenza /assenza di vegetazione e corpi d'acqua; e fattori agenti sul piano della funzione, che devono calibrare gli usi urbani in relazione a densità, uso misto del suolo e presenza del trasporto pubblico (Raven, 2016). Il ricorso a tali strategie può contribuire alla creazione di migliori microclimi urbani, interconnessi e protettivi (Raven, 2011).

Importanti avanzamenti sono stati fatti nel campo di studi della progettazione adattiva dalla ricerca *Metropolis, Metodologie e tecnologie integrate e sostenibili per l'adattamento e la sicurezza di sistemi urbani*, condotta dal DiARC - Dipartimento di Architettura dell'Università di Napoli Federico II nell'ambito del Distretto ad Alta tecnologia Stress con la partecipazione di Università, Centri di ricerca, partner industriali, Istituzioni ed Enti territoriali. La ricerca è stata finalizzata alla messa a punto di metodologie innovative e strumenti di supporto alle decisioni legati alla conoscenza e alla gestione integrata dei rischi ambientali nei contesti urbani (D'Ambrosio, 2016).

Il *knowledge based model* (D'Ambrosio, 2016) sviluppato nella ricerca ha consentito la comprensione delle relazioni tra il sistema fisico urbano, le relative componenti socio-economiche e gli impatti da ondata di calore e pluvialflooding.

La messa a punto di modelli innovativi di conoscenza integrata in grado di comprendere, interpretare e rendere in maniera previsionale le condizioni di vulnerabilità urbana è essenziale per fornire un supporto decisionale al progetto urbano adattivo e quindi all'applicazione di opportune e alternative strategie e soluzioni di adaptive design.

Ancora, in termini strategici, la letteratura scientifica individua due tipologie di **progettazione adattiva**, **incrementale** o **trasformativa**. La prima si avvale di azioni di retrofit tecnologico e ambientale, non pianificato su ampia scala, con interventi puntuali.

La seconda risulta pianificata, in grado di coinvolgere vari attori e finanziamenti, rivolta ad ampie porzioni urbane, condotta attraverso progetti dimostratori e innovazioni tecnologiche e spesso agente sulla morfologia e sull'introduzione di nuovi assetti microclimatici (Lucarelli, D'Ambrosio, Milardi, 2017).

Alla progettazione urbana adattiva appartiene il concetto di città come un **ecosistema urbano complesso, metabolico**, attraversato da flussi energetici, di risorse ambientali e di produzione di rifiuti. Al suo interno gli assetti insediativi, gli edifici e gli spazi aperti svolgono un ruolo importante attraverso le relative superfici (involucri, coperture, pavimentazioni e trattamenti superficiali) che fanno da interfaccia con l'ambiente esterno (Pacteau, 2016) in continui scambi energetici. Le condizioni di maggiore o minore densità urbana possono combattere o esacerbare gli impatti degli hazard. Gli assetti di *sprawl* (città diffusa, caratterizzata da sistemi insediativi dispersi, scomposti o privi di organizzazione) possono amplificare gli impatti attraverso pianificazione inadeguata, costruzioni inappropriate, dipendenza dal trasporto pubblico e scarsità di mezzi di gestione. In un quadro così complesso l'approccio *ecosystem-based* alla progettazione resiliente mette a sistema strategie e soluzioni progettuali con le prestazioni ambientali dell'ambiente stesso, considerando come materiali suolo, acqua e vegetazione (Rigillo, 2016). Data la complessità del termine *adaptive urban design*, si riportano in forma tabellare i principi e gli approcci fondamentali a esso associati.

ADAPTIVE URBAN DESIGN	
Principi / approcci	Riduzione vulnerabilità Approccio sperimentale Approccio <i>safe-to-fail</i>
Strategie	Riduzione sensibilità Aumento capacità adattiva
Azioni	Introduzione di nuovi assetti micro-climatici alla scala dei distretti/elementi urbani agendo su: morfologia di elementi/tessuti urbani, SVF, comfort outdoor, incremento di vegetazione per gli spazi comuni, indici di copertura, miglioramento dei processi evapotraspirativi Azioni (e soluzioni processuali, progettuali e tecnologiche) di <i>adaptive mitigation</i> (Raven et al. , 2017)
Relazione con l'adattamento ai CC	Adattamento di tipo: autonomo (automatico, spontaneo, passivo, naturale) o pianificato (<i>policy decision</i>); comportamentale (anticipatorio, concomitante, reattivo) Adattamenti a cambiamenti di tipo: estremi o non estremo; attuali o futuri; di lungo o breve termine Adattamenti a: effetti o impatti dovuti alla variabilità delle condizioni climatiche; effetti o impatti delle attività antropiche Adattamento dettato dall' <i>emergenza</i> e adattamento come rinnovamento previsionale e resiliente (Holling e Gunderson, 2002) Adattamento come: Adattarsi (azione)/ Essere adattato (stato) DETERMINANTI per definire il SISTEMA che deve adattarsi: Sensibilità/ Suscettività/Capacità adattiva/ Coping capacity/ Range capacity Stabilità/ Robustezza Resilienza/ Flessibilità
Relazione con la mitigazione dei CC	I sistemi tecnologici (es. l'involucro edilizio) partecipano ai processi mitigativi come sistemi in grado di gestire lo scambio tra ambiente esterno e micro ambiente interno

Tab. 6- Quadro sinottico sull'adaptive urban design. Principi e approcci fondamentali

Circoscritto l'ambito relativo al **cambiamento climatico** (*climate*), si specifica la scelta di adottare nei capitoli successivi il termine *adaptive urban design*, perché in grado di:

- rimandare al **comportamento** atteso da un sistema (*adaptive*)
- definire l'**ambito fisico di applicazione** (*urban*)

- essere maggiormente **aderente agli obiettivi** della tesi di indagare le soluzioni *soft* e portando così a escludere l'uso del termine *responsive* in genere più associabile alle componenti *hard*.

Il termine è equipollente al titolo della ricerca, in quanto in linea al termine “**climate adaptive design** in **ambito urbano**”.

1.3.3 Adattamento e resilienza per i contesti urbani a rischio

Per collocare correttamente l'adaptive design nell'ambito di applicazione della resilienza dei sistemi urbani, è importante affrontare il concetto di resilienza³⁵ che trova spazio in svariati campi di studio e si evolve nel corso del tempo, dall'ecologia e dalla meccanica, in cui si diffonde tra gli anni Sessanta e i primi anni Settanta, all'applicazione del termine nel campo di studio dei **sistemi socio-ecologici**, affermandosi poi negli studi urbani e di Progettazione ambientale. Nel campo ingegneristico essa si associa alla prova del pendolo di Charpy, test di resistenza dei provini metallici a rottura che quantifica la capacità del materiale di assorbire energia a seguito di una deformazione elastica indotta. Già in tale prova emergono i concetti-chiave della resilienza: una **capacità** di assorbire una sollecitazione e reagire ad un **impatto** in un regime evidentemente **dinamico**.

Allo scopo di chiarire i contesti in cui il concetto di resilienza viene associato a quello di ambiente costruito, si riportano nelle **tabelle 7a** e **7b** alcune delle principali definizioni presenti in letteratura, organizzate in ordine temporale.

Autore	Anno	Definizione di <i>resilienza</i>
Holling, C.S.	1973	The “ measure of the ability of a system to absorb changes of state variables, driving variables, and parameters, and still persist”.
Adger, N.	2000	[Social resilience as] “the ability of human communities to withstand external shocks to their social infrastructure, such as environmental variability or social, economic and political upheaval”.
Carpenter, S.R. et al.	2001	[Social-ecological resilience is interpreted as] “1- the amount of disturbance a system can absorb and still remain within the same state or domain of attraction, 2- the degree to which the system is capable of self- organization and 3- the degree to which the system can build and increase the capacity for learning and adaptation ”.
Folke, C. et al.	2002	“An approach that presents a perspective for guiding and organizing thought and it is in this broader sense that it provides a valuable context for the analysis of social-ecological systems ”.
Walker et al.	2004	“The capacity of a system to absorb disturbance and re-organize while undergoing change so as to still retain essentially the same function, structure, identity and feedbacks”.
Folke, C.	2006	[Resilience is about] “the opportunities that disturbance opens up in terms of recombination of evolved structures and processes , renewal of the system and emergence of new trajectories”.

³⁵ Il termine resilienza inizialmente viene sviluppato in altri settori scientifico-disciplinari, quali la fisica, l'ingegneria dei materiali e la psicologia.

Folke, C. et al. 2010 “Dynamic interplay of persistence, **adaptability** and transformability across **multiple scales**”.

Tab. 7a_ Definizioni di resilienza nella **letteratura scientifica**, fonte: Folke, 2006.

Fonte	Anno	Definizione di <i>resilienza</i>
UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction	2009	The ability of a system, community or society exposed to hazards to resist, absorb, accommodate to and recover from the effects of a hazard in a timely and efficient manner, including through the preservation and restoration of its essential basic structures and functions.
IPCC Working Group 2, Assessment Report 5, Summary for Policy Makers	2014	The capacity of social, economic and environmental systems to cope with a hazardous event or trend or disturbance, responding or reorganizing in ways that maintain their essential function, identity and structure, while also maintaining the capacity for adaptation, learning and transformation .

Tab. 7b- Definizioni di resilienza nella **letteratura tecnica** sul *climate change*.

Come si evince dalla **tabella 7a**, il termine resilienza passa da un’accezione focalizzata sulla capacità del sistema di assorbire gli shock e di ripristinare il proprio stato iniziale, mantenendo un livello di funzionamento adeguato, a un concetto più legato a stati di equilibrio multiplo e dinamico, dove il sistema sviluppa una capacità di adattarsi continuamente a cambiamenti sia endogeni che esogeni. Quest’ultima accezione viene associata agli studi sui **sistemi adattivi complessi** (CAS, *Complex Adaptive Systems, CAS-thinking*), cui vengono riconosciute caratteristiche di non-linearità, comportamenti adattivi, necessità di interfacciarsi con stati multipli di equilibrio (Folke, 2006), capacità di auto-organizzarsi e di imparare dall’esperienza processando informazioni, interconnettività, e mostrando una tendenziale attitudine all’incertezza e alla sorpresa (Bohensky, Evans et al., 2015). La non-linearità rende il comportamento di tali sistemi difficilmente prevedibili.

Dalla **tabella 7b** si comprende come la letteratura tecnica abbia recepito i concetti-chiave di **adattamento, apprendimento, e capacità di trasformazione** applicandoli ai sistemi sociali (comunità/società), economici e ambientali, maturando un atteggiamento inclusivo nei confronti del rischio piuttosto che resistenziale.

L’accezione del termine come applicata ai sistemi adattivi complessi è legata ai concetti di rinnovamento, riorganizzazione e sviluppo del sistema, essenziali per la sostenibilità (Gunderson e Holling, 2002; Berkes et al., 2003, citati da Folke, 2006), dai quali emerge la capacità del sistema di svilupparsi continuamente innovandosi e trasformandosi fino ad assumere nuove e più desiderabili configurazioni (Folke, 2006).

Nell’applicazione del termine agli studi sui sistemi adattivi complessi, il termine resilienza risulta strettamente correlato al concetto di *Panarchia*, usato da Holling (2001) per descrivere i cicli adattivi attraverso i quali i sistemi si evolvono. Un ciclo adattivo è costituito da 4 fasi principali:

- fase **R**: periodi di cambiamenti esponenziali
- fase **K**: periodi di conservazione e *rigidità*
- fase **Ω**: fasi di collasso e *riaggiustamenti*
- fase **α**: fase rinnovamento e riorganizzazione e del sistema

Il livello di resilienza del sistema impegnato in un tale ciclo adattivo decresce quando il sistema si arresta in condizioni di stabilità e aumenta nelle fasi di riorganizzazione, che permettono così di attivare un nuovo ciclo.

Questo modello teorico, da alcuni considerato a sua volta deterministico e non dinamico, sostiene la multiscalarità di tali cicli adattivi, che si sviluppano a diversi livelli, con differenti orizzonti temporali e velocità, e capaci di indurre dinamiche ed effetti transcolari.

Dunque partendo dal concetto di resilienza espresso da Holling, e arrivando all'uso del termine nella letteratura scientifica e tecnica in materia di cambiamento climatico, è possibile applicare tale concetto al campo delle trasformazioni dell'ambiente costruito. Se si assume infatti l'accezione di **ambiente costruito come un sistema socio-ecologico (SSE) complesso**, dove si interfacciano ambiente naturale, costruito e socio-economico, il concetto di resilienza, declinato attraverso le definizioni nelle [tabelle 7a](#) e [7b](#), può essere applicato ai sistemi insediativi.

A tale riguardo è opportuno fare riferimento ai principi dell'urban ecology- e in particolare al lavoro di alcuni autori fondamentali tra cui J. Niemelä, N.B. Grimm e J. Breuste- come disciplina che integra teoria e metodi di entrambe le scienze, naturali e sociali, per studiare i pattern e i processi degli ecosistemi urbani. Qui le città sono osservate come sistemi socio-ecologici complessi, **adattivi, eterogenei e dinamici** (Grimm et al., 2000) e, in linea con i principi della *learning ecology*, capaci di apprendere ed evolversi.

In tale campo di studi l'attenzione si rivolge agli effetti ecologici dei processi di urbanizzazione, che diversificano l'ambiente urbano modificando gli ecosistemi esistenti e creandone di nuovi, di tipo urbano, dove si stabiliscono relazioni dinamiche tra cicli naturali, caratteristiche/ comportamenti dell'ambiente costruito e le funzioni legate all'abitare. Tali ecosistemi urbani sono attraversati da impatti negativi e criticità, ma sono al contempo il luogo dove è possibile **sviluppare soluzioni** (Niemelä, 2011).

Alla luce degli approcci dell'urban ecology, la richiesta di resilienza per le città si può declinare con una serie di **prestazioni** che esprimono il **comportamento** dell'ambiente costruito rappresentato dalle relative caratteristiche fisico-morfologiche, tecnologiche e legate ad usi e funzioni degli spazi. Tali prestazioni sono tra i fattori che possono contribuire ad aumentare la resilienza delle città garantendo

al sistema urbano la propria capacità di ristabilire livelli di funzionamento accettabili in seguito ad uno shock o ad una fase di crisi.

Il concetto di resilienza, come finora analizzato, appare il più appropriato per comprendere sia le dinamiche complesse dei sistemi urbani- dipendenti da pattern e processi sociali, biofisici ed ecologici e dai continui cambiamenti che avvengono sotto la pressione di fattori interni ed esterni (Pickett et al., 2011) - che gli impatti variabili che minacciano le aree urbane. I sistemi urbani infatti, se da un lato risultano essere oggetto di impatti perché esposti ai fattori di rischio, dall'altro lato, per le proprie caratteristiche morfologico-spaziali, per le proprie modalità di evoluzione e per l'insieme delle attività antropiche che ospitano, risultano essere ambienti potenzialmente capaci di amplificare o aggravare i danni legati agli hazard.

Nel 2010 il lavoro di Folke porta il concetto di resilienza a una nuova interpretazione: il termine viene associato ad una “**dynamic interplay of persistence, adaptability and transformability across multiple scales**” (c.f.r. tab. 7a). Queste tre caratteristiche³⁶, persistenza (capacità del sistema di resistere all'impatto), adattabilità (capacità del sistema socio-ecologico di apprendere e di modificarsi) e trasformabilità (capacità del sistema di trasformarsi assumendo un nuovo assetto), che definiscono la resilienza, ben si prestano a descrivere “la natura dinamica dei sistemi urbani, che si modificano costantemente sotto la spinta di processi endogeni e/o di fattori esterni” (Galderisi, 2013).

Nei sistemi socio-ecologici la **capacità di adattarsi** a nuovi assetti mantenendo alcune soglie di stabilità non è l'unico fattore di resilienza. Ad essa concorre anche la capacità di “**cogliere le opportunità** che una perturbazione può comportare, così da creare le condizioni per la ricombinazione di strutture esistenti, la **rigenerazione di sistemi** e l'emergere di nuove traiettorie” (Pelizzaro, 2016). Si apre la strada alla **relazione tra resilienza, adattamento e rigenerazione dei sistemi urbani**.

Da quanto esaminato si evince un concetto di resilienza che definisce lo **scenario semantico e culturale** entro cui collocare i concetti di **adattamento** e di **capacità adattiva** (adaptive capacity), questi ultimi di particolare interesse per indagare sia le **capacità** di resilienza dei sistemi urbani che i principi dell'*adaptive design* con cui tali sistemi possono essere resi resilienti.

³⁶ Per approfondimenti c.f.r. Galderisi, A., *Un modello interpretativo della resilienza urbana*, in AA. VV. “Atti della XVI Conferenza Nazionale SIU”, Planum Publisher, vol. II, Roma-Milano 2013.

Adaptive urban design Interventi di adattamento del sistema urbano al climate change individuabili come l'insieme delle modificazioni della conformazione fisica e del comportamento del sistema edilizio e funzionale-spaziale in risposta alle crescenti criticità ambientali (Lucarelli, D'Ambrosio, Milardi, 2017).

Urban regeneration Integrazione comprensiva di visione e azione, finalizzata a risolvere problemi multipli relativi ad aree urbane depauperate allo scopo di migliorare le loro condizioni sociali, fisiche, e ambientali (Ercan, 2011)

Urban retrofit Aggiornamento funzionale e prestazionale delle preesistenze, attraverso l'incremento delle prestazioni originarie e l'introduzione di nuove, inizialmente non previste, per far fronte a condizioni di obsolescenza o di inadeguatezza prestazionale rispetto al quadro normativo.

BIBLIOGRAFIA

Progettazione ambientale

Angelucci, F., Di Sivo, M., Ladiana, D., *Reattività, adattabilità, trasformabilità: i nuovi requisiti dell'ambiente costruito* in "Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment", 05, FU Press, Firenze 2013, pp. 53-59.

Ciribini G., (a cura di), *La normativa dell'impatto ambientale*. Alinea, Firenze 1990.

Ciribini G., *Tecnologia e Progetto. Argomenti di cultura tecnologica della progettazione*, Celid, Torino 1983.

Dierna S., *Architettura e ambiente. Ipotesi per la costruzione di un metodo e una didattica della progettazione*, Istituto di progettazione della Facoltà di Architettura dell'Università di Roma. Corso di Composizione architettonica IV. A.A. 1971-1972/1973-1974.

Dierna S., Orlandi F., *Buone Pratiche per il Quartiere ecologico*, Alinea, Firenze, 2006.

Gangemi V., (a cura di), *Emergenza ambiente. Teorie e sperimentazioni della progettazione ambientale*, Clean, Napoli 2001.

Lister, N-M., 2007. *Sustainable large parks: ecological design or designer ecology?* In: Hargreaves, G., Czerniak, J. (Eds.), *Large Parks*. Architectural Press, New York, Princeton, NJ, pp. 35-54.

Lucarelli M. T., Mussinelli E., Trombetta C., (a cura di), *Cluster in progress. La tecnologia dell'architettura in rete per l'innovazione*, Maggioli Editore, 2016.

- Losasso M., *Architettura tecnologia e complessità*, Clean, Napoli 1991.
- Losasso, M., *Riqualificare i litorali urbani. Progetti e tecnologie per interventi sostenibili sulla fascia costiera di Napoli*, Clean, Napoli 2006
- Losasso M., *La ricerca tecnologica per l'architettura: fondamenti e avanzamenti disciplinari*, in A. Claudi de Saint Mihiel (a cura di) "Tecnologia e progetto per la ricerca in Architettura", pp. 7-14, Clean, Napoli 2014.
- Manzini, E. *Artefatti. Verso una nuova ecologia dell'ambiente artificiale*, Domus Academy, 1990
- Matteoli L., Peretti G., *Quaranta anni di attenzione all'ambiente nella Tecnologia dell'Architettura* in *Techne - Journal of Technology for Architecture and Environment*, No. 05, Environment emergency, 2013, pp. 35-43.
- Morin, E., *Il metodo. Ordine disordine organizzazione*, Feltrinelli, Milano 1989.
- Nardi G., *Le nuove radici antiche*, Franco Angeli, Milano 1986.
- Blasi, C., Paoletta, A., *Progettazione Ambientale. Cave, fiumi, strade, parchi, insediamenti*, NIS La Nuova Italia Scientifica, Roma 1992
- Rigillo, M., *Infrastrutture verdi e servizi eco-sistemici in area urbana: prospettive di ricerca per la progettazione ambientale*, in *Techne - Journal of Technology for Architecture and Environment*, No.11 Infrastructures, pp. 59- 65, FU Press, Firenze 2016.
- Schiaffonati F., Mussinelli E., *Il tema dell'acqua nella progettazione ambientale*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna (RN) 2008.
- Sinopoli N., *La Tecnologia invisibile. Il processo di produzione dell'Architettura e le sue regie*, Franco Angeli, Milano 1997.
- Rigillo, M., *Oltre la siepe. Scenari di ricerca per il progetto ambientale*, Editoriale scientifica, Napoli 2013
- Vittoria E., *Argomenti per un corso di tecnologia dell'architettura*, Multigrafica Brunetti, Roma 1975.
- Vittoria, E. (1976), "Introduzione", in AA.VV., *Unità micro e macro-modulari per la costruzione dell'habitat*, Multigrafica Brunetti, Roma, pp. 1-3.
- Vittoria, E., *Il costruttivismo progettante*, in Truppi, C., La Creta, R., "L'architetto tra tecnologia e progetto", (a cura di), Franco Angeli, 1994, pp. 164-171.
- Vittoria, E., *Lo spazio vuoto dell'habitat*, in Truppi, C., La Creta, R., "L'architetto tra tecnologia e progetto", (a cura di), Franco Angeli, 1994, pp. 116-122.

Vittoria E., *L'invenzione del futuro: un'arte del costruire*, in M. De Santis, M. Losasso, M. R. Pinto, (a cura di), "L'invenzione del futuro, Primo Convegno Nazionale della Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura", Alinea, Firenze 2008.

IPCC, 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp.

Vulnerabilità, sensitività, capacità adattiva, adattamento, mitigazione

Agenda 21 - Chapter 34, *Transfer of Environmentally Sound Technology, Cooperation and Capacity-building*, Earth Summit, 1992

Angelucci, F., Di Sivo, M., Ladiana, D., *Reattività, adattabilità, trasformabilità: i nuovi requisiti dell'ambiente costruito* in "Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment", 05, FU Press, Firenze 2013, pp. 53-59.

Baiani, S., Valitutti, A., *Resilienza del territorio e del costruito. Strategie e strumenti operativi per la prevenzione, la mitigazione e l'adattamento di contesti fragili e sensibili* in "Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment", 05, FU Press, Firenze 2013, pp. 95-100.

Brooks, N., *Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework*, Tyndall Centre for Climate Change Research, Working Paper 38, 2003

Brooks, N., Adger, W.N., Kelly, P. M., *The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation*, in Global Environmental Change 15, 2005, p. 151–163.

Caserini, S. *Gli scenari d'impatto* in Pelizzaro, P., Mezzi, P., *La città resiliente. Strategie e azioni di resilienza urbana in Italia e nel mondo*, Altraeconomia, Milano 2016, pp.16-28

Fitch, J., *La progettazione ambientale: analisi interdisciplinare dei sistemi di controllo dell'ambiente*, Muzzio, Padova 1980.

Füssel, H.M., *Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research*, in Global Environmental Change 17, 2007, p. 155–167

Füssel, H.-M., *Adaptation planning for climate change: concepts, assessment approaches, and key lessons* in Sustainable Science 2, 2007, pp. 265-275

Füssel, H.M., Klein, R.J.T., *Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking* in "Climatic Change", 75, 2006, pp.301–329.

IPCC, Glossary of Third Assessment Report, 2001.

IPCC, Fourth Assessment Report, Annex II, Glossary, 2007.

IPCC, 2012: Glossary of terms. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 555-564.

Noble, I.R., S. Huq, Y.A. Anokhin, J. Carmin, D. Goudou, F.P. Lansigan, B. Osman-Elasha, and A. Villamizar, 2014: *Adaptation needs and options*. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 833-868.

Maldonado, T., *La speranza progettuale. Ambiente e società*, Einaudi editore, Torino 1970.

McHarg, I. *Progettare con la natura*, 1969, Franco Muzio Editore (ediz. 2007)

Nelson, D.R., Adger N., W., Brown, K., *Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework*, in "Annual Review of Environment and Resources", 32, pp. 395-419, 2007.

Norma UNI 7867/ 1987, Edilizia- Terminologia per requisiti e prestazioni.

Smit, B., Wandel, J., *Adaptation, adaptive capacity and vulnerability* in "Global Environmental Change", 16, 2006, pp. 282-29.

Smit, B., Burton, I., Klein, R.J.T., Wandel, J., *An Anatomy of Adaptation to Climate Change and Variability*, in *Climatic change* 45, 2000, pp. 223-251

Studer, R.G., *The dynamics of behavior-contingent physical systems*, in "Proceedings of symposium on design methods", Portsmouth College of Technology, dicembre 1967.

Vittoria, E., *Il costruttivismo progettante*, in Truppi, C., La Creta, R., "L'architetto tra tecnologia e progetto", (a cura di), Franco Angeli, 1994, pp. 164-171.

Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., Kilzig, A., *Resilience, Adaptability and Transformability in Social- ecological Systems* in "Ecology and Society", 9 (2), 2004.

Adaptive urban design, climate responsive design

Ahern, J. *Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design*, in *Landscape Ecology* 28, 2012, 1203-1212.

Ahern, J., Cilliers, S., Niemelä, J., *The concept of ecosystem services in adaptive urban planning and design: A framework for supporting innovation*, in *Landscape and Urban Planning* 125, 2014, pp. 254–259.

Ahern, J., *From fail-safe to safe-to-fail: sustainability and resilience in the new urban world*, in *Landscape Architecture & Regional Planning Graduate Research and Creative Activity paper* 8, 2011.

Alexander, C. *Note sulla sintesi della forma*, Il Saggiatore, Milano 1967.

D'Ambrosio, V., Leone, M. F., (a cura di), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza/Environmental Design for Climate Change adaptation 1. Innovative models for the production of knowledge*, Clean, Napoli 2016.

D'Ambrosio, V., Leone, M.F., *Controllo dei rischi del cambiamento climatico e progettazione ambientale per una rigenerazione urbana resiliente. Il caso applicativo di Napoli Est*, pp. 130-140, in "Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment", 10, FU Press 2015

Dessì, V., *La progettazione bioclimatica degli spazi urbani*, in REBUS® - Renovation of public Buildings and Urban Spaces, n. 4.1, Regione Emilia-Romagna, 2015.

Georgiadis, T., *Cambiamenti climatici ed effetti sulle città*, in REBUS® - Renovation of public Buildings and Urban Spaces, n. 1.3, Regione Emilia-Romagna, 2015

Leone, M. F., Visconti, C., *Water sensitive urban design per l'adattamento ai cambiamenti climatici: strategie multiscalari e tecnologie sostenibili per la rigenerazione urbana*, pp. 226-232, in Lucarelli, M.T., Mussinelli, E., Trombetta, C. (a cura di), "Cluster in progress. La tecnologia dell'architettura in rete per l'innovazione", Maggioli Editore, 2016.

Lucarelli, M.T., D'Ambrosio, V., Milardi, M., *Resilienza e adattamento dell'ambiente costruito*, pp. 186-201, in Antonini, E., Tucci, F., (a cura di), *Architettura, città e territorio verso la Green Economy*, Edizioni Ambiente, Milano 2017.

Looman, R., *Climate-responsive design. A framework for an energy concept design-decision support tool for architects using principles of climate-responsive design*, TU Delft, PhD Thesis, 2017

Matzarakis, A., *Città e cambiamenti climatici. Il progetto del benessere termico nelle aree urbane per l'urbanistica e l'architettura*, in REBUS® - Renovation of public Buildings and Urban Spaces, n. 3.1, Regione Emilia-Romagna, 2015.

Pacteau, C., *Transdisciplinarietà nell'adattamento al cambiamento climatico in ambito urbano / Transdisciplinarity in urban climate change adaptation*, in D'Ambrosio, V., Leone, M. F., (a cura

di), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza/Environmental Design for Climate Change adaptation 1. Innovative models for the production of knowledge*, Clean, Napoli 2016, pp. 218-227

Pelsmakers, S. *The environmental design pocket book*, RIBA Publishing, Londra 2012.

Raven, J., *Cooling the Public Realm: Climate-Resilient Urban Design*, in "Resilient Cities. Cities and Adaptation to Climate Change - Proceedings of the Global Forum 2010", Vol. 1, Otto-Zimmermann, Konrad (Ed.), 2011, pp. 451-463.

Raven, J. *Climate resilient urban planning and design: sintesi deirisultati del report UCCRN-ARC3-2 / Climate resilient urban planning and design: UCCRN-ARC3-2* in D'Ambrosio, V., Leone, M. F., (a cura di), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza/Environmental Design for Climate Change adaptation 1. Innovative models for the production of knowledge*, Clean, Napoli 2016, pp.228-239

Rigillo, M., *Infrastrutture verdi e servizi eco-sistemici in area urbana: prospettive di ricerca per la progettazione ambientale*, in "Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment", 11, FU Press, Firenze 2016, pp. 59-65.

Smit, B., Burton, I., Klein, R.J.T., Wandel, J., *An Anatomy of Adaptation to Climate Change and Variability*, in *Climatic change* 45, 2000, pp. 223-251

Smit, B., Wandel, J., *Adaptation, adaptive capacity and vulnerability* in *Global Environmental Change* 16, 2006, p. 282–292

IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp

IPCC, 2012: *Glossary of terms*. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 555-564.

UNISDR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2009.

Resilienza e Resilienza urbana

Angelucci, F., Di Sivo, L., Ladiana, D., *Reattività, adattabilità, trasformabilità: i nuovi requisiti di qualità dell'ambiente costruito* in "Techne Journal of Technology for Architecture and Environment", 5, FU Press, Firenze 2013, pp. 53-59.

Bohensky, E. L., Evans, L.S., Anderies, J., M., Biggs, D., Fabricius, C. *Foster complex adaptive system thinking* in Biggs, R., Schluter, M., Schoon, M. L., (Eds.) "Principles for Building Resilience.

Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems”, Cambridge University Press, UK 2015, pp. 142-145

Folke, C., *Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses in “Global Environmental Change”*, 16, 2006, 253-267.

Galderisi, A., *Un modello interpretativo della resilienza urbana*, in AA. VV. “Atti della XVI Conferenza Nazionale SIU”, Planum Publisher, vol. II, Roma-Milano 2013

Galderisi, A. *Urban Resilience: a framework for empowering cities in face of heterogeneous risk factors* in “A|Z Journal-Cities at risk”, 11, vol. 1, 2014, pp. 36-58.

Grimm, N., Grove, J.M., Pickett, S. and Redman, C., “Integrated Approach to Long-Term Studies of Ecological Urban Systems”, *BioScience*, Vol. 50, n.7, 2000, pp. 571-584,

Holling C.S., *Understanding the Complexity of Economic, Ecological and Social Systems*, in *Ecosystems*, num. 4, 2001, pp. 390-404

Losasso, M., *Rischi climatici, progettazione ambientale, progetto urbano*, in *UPLanD – Journal of Urban Planning, Landscape & environmental Design*, 1, 2016, pp. 219-232

Niemelä, J. *Urban ecology. Patterns, processes and applications*, Oxford University Press, 2011

Noble, I.R., S. Huq, Y.A. Anokhin, J. Carmin, D. Goudou, F.P. Lansigan, B. Osman-Elasha, and A. Villamizar, 2014: Adaptation needs and options. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 833-868.

Pickett S.T.A, M.L. Cadenasso, J.M. Grove, Christopher G. Boone, Peter M. Groffman, Elena Irwin, Sujay S. Kaushal, Victoria Marshall, Brian P. McGrath, C.H. Nilon, R.V. Pouyat, Katalin Szlavecz, Austin Troy, Paige Warren, *Urban ecological systems: Scientific foundations and a decade of progress*, in *Journal of Environmental Management*, 92, 2011, pp. 331-362

UNISDR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2009.

Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., Kilzig, A., *Resilience, Adaptability and Transformability in Social-ecological Systems* in “*Ecology and Society*”, 9 (2), 2004.

02

Città, adattamento e cambiamento climatico



Berlino, Friedrichstraße. Superfici orizzontali e verticali sigillate nel centro cittadino
(foto: Dell'Acqua, 2018)

2.1 Relazioni tra processi antropici e impatti climatici

Studiata in un'ottica *site-specific*, la vulnerabilità dei sistemi urbani - di maggiore criticità in quanto caratterizzati da un alto grado di esposizione di persone e beni - dipende dall'interazione sistemica tra fattori endogeni ed esogeni, variabili climatiche, elementi fisico- ambientali, specifiche condizioni insediative e caratteristiche del contesto.

All'interno dei sistemi urbani i processi si consumano in relazioni non lineari tra l'ambiente costruito, le attività antropiche e i cicli biologici, richiamando la necessità di un approccio sistemico e transdisciplinare alle trasformazioni dello spazio.

Assunto il concetto di città come ecosistema urbano, attraversato da flussi metabolici di risorse ambientali, di produzione di rifiuti ed energetici, sede di cicli naturali e artificiali, la condizione complessa dell'ambiente antropizzato passa per i binomi artificio-natura (Lynch, K., Manzini, E., McHarg, I.) e forma-funzione (McHarg, I. Alexander, C.), al cui interno vanno collocati i processi rispetto ai quali indagare gli impatti con un approccio non solo *site-* e *hazard-specific* ma anche *ecosystem-based*.

Nello studio delle strategie di adattamento dei sistemi insediativi è importante infatti considerare che "la forma dei sistemi insediativi è parte integrante di tutti i processi e comprendere la città come forma, [...] come somma di processi naturali adattata dall'uomo"³⁷. Dalle interazioni che avvengono nei processi climatico-antropici nel tessuto urbano possono discendere catene complesse di progettazioni urbane del vivere, ed in particolare del vivere in condizioni di benessere (Georgiadis, 2015). Con riferimento agli studi³⁸ di Georgiadis (2015) è possibile distinguere cinque famiglie di processi, di seguito riportati (Tab.8), seppur in forma fortemente sintetica.

n.	PROCESSI	CARATTERISTICHE
1	Processi a livello della superficie terrestre	✓ Processi evaporativi ed evapotraspirativi delle superfici e della vegetazione che utilizzano energia della radiazione incidente per portare l'acqua dallo stato liquido a quello di vapore, riducendo così la quantità di un'umidità presente nell'aria e favorendo le condizioni per l'aumento delle temperature e del calore latente.
2	Processi a livello di <i>canopy</i> urbana	✓ Processi che avvengono tra il tessuto costruito e i campi superficiali, ad es. il campo dell'intensità del vento o della radiazione solare incidente.

³⁷ C.f.r. McHarg, I., *Progettare con la natura*, 1969, Franco Muzzio Editore, 2007, p. 217

³⁸ C.f.r. Georgiadis, T., *REBUS2. REnovation of public Buildings Spaces. Cambiamenti climatici ed effetti sulle città*, Dispensa 1.3, Regione Emilia Romagna, 2015.

3	Processi nello strato limite urbano	✓ La quota al di sopra la superficie dove sono percepibili gli effetti delle interazioni superficiali. Nel caso delle città questo livello è tra 1500 – 2500 m, molto in alto a causa degli elevati flussi di calore che vi si riscontrano.
---	-------------------------------------	---

Tab.8_ Categorie di processi riscontrabili nelle interazioni clima-città sulla base degli studi di T. Georgiadis (Fonte: Georgiadis, T., *REBUS2. RENovation of public Buildings Spaces. Cambiamenti climatici ed effetti sulle città*, Dispensa 1.3, Regione Emilia Romagna, 2015.2015, pp. 8-12).

La comprensione e soprattutto l'inclusione di tali processi nell'iter progettuale risulta importante per una progettazione ambientale che sia declinata secondo i nuovi paradigmi della resilienza e della richiesta di adattività. In tal senso la progettazione ambientale adattiva si interfaccia con i suddetti effetti (**tab. 8**) mettendo a sistema le **prestazioni ambientali** degli spazi costruiti - **edifici, spazi aperti e relazioni reciproche edificio-spazio aperto**- con scelte progettuali, strategie e soluzioni tecnologiche che siano adattive agli effetti del cambiamento climatico. La Progettazione ambientale chiama in causa un sistema di conoscenze che alimenta la capacità di allacciarsi alle tematiche sulla governance dei processi in chiave ecologica (Losasso, 2013), a maggior ragione se declinata nella direzione dell'adattività.

2.1.2 I fenomeni del cambiamento climatico

Tra i fenomeni ascrivibili ai grandi cambiamenti climatici appartengono due famiglie: quelli afferenti l'aumento delle temperature medie globali e quelli attinenti l'alterazione del piccolo e grande ciclo dell'acqua. Esse sono in un rapporto di interdipendenza e di mutuo condizionamento.

L'ondata di calore urbana (Urban Heat Wave- UHW, o *warm spell*, intervallo caldo) rappresenta un *fenomeno* di innalzamento delle temperature, riconoscibile come un'anomalia nei valori ordinari (IPCC, 2012) che si manifesta per un lasso di tempo circoscritto, con impatti significativi sui sistemi naturali e umani³⁹.

La condizione di isola di calore urbana (UHI, Urban Heat Island) descrive uno *stato* microclimatico, un valore relativo che rappresenta un incremento di temperatura rilevato tra le aree urbane e quelle periurbane circostanti. Pertanto si esprime come un delta calcolato in un certo lasso di tempo. Gli effetti sono particolarmente apprezzabili durante le ore notturne, quando, a differenza delle zone rurali caratterizzate da una forte presenza di verde, avviene il rilascio del calore accumulato dalle superfici urbane scure, con bassi valori di albedo e alti indici di emissività. Contribuisce inoltre il rilascio del calore da parte degli impianti, di condizionamento, produttivi e di trasporto, la presenza di alte concentrazioni di gas climalteranti e le condizioni di ventilazione svantaggiose tipiche dei contesti urbani. Tali fattori

³⁹ Nell'agosto del 2003 un'ondata di calore estrema per durata e intensità si riversa sull'Europa provocando 35.000 perdite umane. In particolare in Francia si registrano temperature tra 35° e 40° e circa 15.000 vittime.

non sono ugualmente presenti e distribuiti nelle città e concorrono in maniera differenziata alla composizione di uno stato intrinseco.

Alle alterazioni del ciclo idrologico afferiscono le precipitazioni che si stima diventeranno sempre più frequenti e intense, o ridotte nella frequenza ma improvvise e violente (*heavy rainfall*) e alternate a periodi di siccità. La sigillatura delle superfici urbane si inserisce nel piccolo ciclo impedendo l'infiltrazione delle acque piovane e la loro restituzione per evapotraspirazione. Come conseguenza aumenta il tasso di rischio *flooding* (straripamento, inondazione). Quest'ultimo termine intende più sub-categorie di fenomeni, generalmente descrivibili come un sovraccarico dei livelli ordinari di un corso o di un corpo d'acqua, o l'accumulazione di acque in aree normalmente non soggette ad essere allagate o sommerse. Pertanto il termine *flood* può includere *river floods*, *flash floods*, *urban floods*, *pluvial floods*, *sewer floods*, e infine *coastal floods* (IPCC, 2012). Contestuale alla famiglia del *flooding* si presenta il *runoff*, come fenomeni di scorrimento superficiale o a livello suolo e successivo ritorno ai corpi d'acqua, di quella quota sottratta all'infiltrazione e all'evapotraspirazione dal ciclo di partenza (IPCC, 2012). Il regime alterato delle precipitazioni contempla e alterna fasi di siccità (*drought*), intesi come periodi asciutti anormali sufficientemente lunghi da provocare danni al bilancio idrologico (IPCC, 2012) e alla disponibilità/distribuzione dello stock di acqua. I fenomeni da runoff provocano altresì in forma indiretta un abbassamento della qualità delle acque per dilavamento e trasporto di residui e micro-particelle che si raccolgono in fase di scorrimento superficiale e si riversano nei corpi d'acqua.

2.1.3 Strategie di adattamento agli impatti dei cambiamenti climatici. Background scientifico

“Lo stile di vita veloce e meccanizzato dei centri urbani odierni presenta un'illusione di distanza e di sconnesione dal mondo naturale. Tuttavia ogni attività nelle nostre città dipende in qualche modo dagli ecosistemi terrestri e dalle loro funzioni, ed esercita una pressione su di loro” (TEEB 2010, p.18).

Con questa dichiarazione il TEEB -The Economics of Ecosystems & Biodiversity definisce nel report di sintesi *Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB 2010* il complesso rapporto, di dipendenza e di impatti, che intercorre tra gli abitanti delle città e gli ecosistemi urbani in cui vivono.

Parimenti il Millennium Ecosystem Assessment asserisce nel documento *Living Beyond Our Means: Natural Assets and Human Well-being* (MEA 2005, p.3) che “tutti nel mondo dipendono dalla natura e dai servizi ecosistemici per fornire le condizioni per una vita dignitosa, sana e sicura”.

Appare evidente una relazione immediata, stabilita attraverso il concetto di servizio ecosistemico (*Ecosystem Services*, ES), tra il benessere umano e il capitale naturale rappresentato dagli ecosistemi che gli individui abitano.

Allo scopo di comprendere il concetto di servizio ecosistemico (ES), si elencano di seguito in tabella alcune definizioni del termine rintracciate nella letteratura scientifica e tecnica, selezionate in quanto considerate dalla letteratura come tappe fondamentali che nel tempo ne hanno definito il significato.

n.	AUTORE / FONTE	ANNO	DEFINIZIONE DI ECOSYSTEM SERVICE
1	Costanza, d'Arge, de Groot et al.	1997	"Ecosystem functions refer variously to the habitat, biological or system properties or processes of ecosystems. Ecosystem goods (such as food) and services (such as waste assimilation) represent the benefits human populations derive, directly or indirectly, from ecosystem functions. For simplicity, [it is possible to] refer to ecosystem goods and services together as ecosystem services ".
2	MA Conceptual Framework- (Chapter 1- MEA, <i>Ecosystem and human well-being: A framework for assessment.</i>)	2003	[...] "the benefits people obtain from ecosystems . These include provisioning services such as food and water; regulating services such as a regulation of floods, drought, land degradation, and disease, supporting services such as soil formation and nutrient cycling; and cultural services such as recreational, spiritual, religious and other nonmaterial benefits ".
3	Costanza et al.	1997	[...] "the ecological characteristics, functions, or processes that directly or indirectly contribute to human wellbeing : that is, the benefits that people derive from functioning ecosystems".
	MEA - Millennium Ecosystem Assessment	- 2005	
4	Costanza et al.	2017	[ESs] "are the direct and indirect contributions to sustainable human wellbeing , which is more than the aggregate of individual, self-assessed welfare ".

Tab. 9 _ Definizioni principali di *ecosystem services* presenti nella letteratura tecnica e scientifica.

Dalla **tabella 9** emergono in modo ricorrente alcuni aspetti che accomunano la nozione di servizio ecosistemico:

- il concetto di **benefit** - chiaramente ad appannaggio dell'uomo- associato ai servizi erogati;
- il concetto di benefit inteso contemporaneamente in termini **materiali** e **immateriali**;
- la correlazione, **diretta e/o indiretta**, tra i servizi ecosistemici e il benessere umano;
- l'associazione, nel tempo, del concetto di ES a un benessere umano **sostenibile**.

Da questi elementi si può individuare una certa evoluzione nell'uso del termine, che mantiene però una forte coerenza e unanimità di significati. A completamento delle riflessioni va sottolineato che nel 2007 Costanza, de Groot et al., (c.f.r **tab. 9**, def. n.1) distinguono tra *processi* e *funzioni* ecosistemiche da un lato e *servizi* ecosistemici dall'altro. I primi contribuiscono ai secondi, ma non rappresentano un sinonimo. Processi e funzioni, infatti, descrivono relazioni biofisiche esistenti in maniera indipendente dal loro essere vantaggiosi per l'uomo. I servizi sono costituiti invece da quei processi e funzioni che possono costituire un beneficio diretto o indiretto, consapevole o meno, ed esistono proprio nella misura in cui contribuiscono al benessere umano senza poter essere definiti in modo avulso da esso (Braat, 2013, citato da Costanza, de Groot et al. 2017).

La sistematizzazione del concetto di ES avviene nel 2005 con il MEA - Millennium Ecosystem Assessment, che raggruppa in quattro classi l'insieme di servizi forniti dagli ecosistemi distinguendoli in servizi di supporto, di approvvigionamento, di regolazione e culturali. Questa operazione attribuisce un fondamento scientifico al rapporto tra i processi che avvengono all'interno degli ecosistemi urbani e le categorie del benessere degli abitanti (*security, basic materials for good life, health, good social relations, freedom of choice and action*, c.f.r. Fig. 4), per i quali i servizi si rendono disponibili. Tale classificazione elabora il concetto di ES - di lunga tradizione in letteratura- e oltre a rappresentare una rassegna dei servizi, costituisce un vero e proprio standard in materia, considerato ad oggi un riferimento.



Fig. 4- Relazione tra servizi ecosistemici e benessere umano. Fonte: MEA- Millennium Ecosystem Assessment, Living Beyond Our Means. Natural Assets and Human Well-Being. Statement from the Board, marzo 2005, p.7

rapporto non proporzionale tra la domanda di ESs, in continua crescita, e i servizi stessi, potenzialmente pregiudicati dai cambiamenti in atto. Infatti "la richiesta di servizi ecosistemici risulta attualmente così grande che i *trade-off* appaiono la norma" (MEA 2003, p.4): la dipendenza del benessere umano dalle funzioni ecosistemiche e gli impatti cui questi ultimi sono sottoposti apre la strada a importanti compromessi. A tal proposito il MEA sottolinea come il rapporto tra l'aumento della richiesta di ESs e il degrado degli ecosistemi ponga le condizioni per una riduzione delle prospettive di sviluppo sostenibile. Gli ecosistemi, con il proprio spiegamento di servizi, forniscono a individui e comunità una garanzia in termini di risorse, di fronte a catastrofi naturali o sconvolgimenti sociali. Pertanto una corretta gestione degli ecosistemi è in grado di ridurre i rischi e la vulnerabilità, mentre una cattiva gestione può esacerbare tali rischi aggravando i fenomeni quali *flood* e siccità.

In questo modo la classificazione del MEA interpreta le funzioni ecologiche degli habitat urbani e riconosce ad essi un apparato di valori multipli- intesi come valori sia intrinseci che legati al benessere umano⁴⁰ - misurabili, quantificabili e ai quali attribuire una consistenza economica.

Le criticità del *global e climate change* pongono le basi per alcune importanti riflessioni sul

La classificazione del MEA riferisce in modo esplicito il valore dei servizi ecosistemici, e i danni legati alla loro eventuale perdita, a parametri sociali, culturali, economici ed ecosistemici (Rigillo, 2016). Si apre la strada così ad una serie di riflessioni sulle funzioni e sulle prestazioni ecologiche complessive che l'ambiente costruito può esprimere

- attraverso la sua configurazione spaziale, gli usi, la copertura dei suoli, le caratteristiche tecnologiche delle superfici- a servizio di città più adattive. In questo senso tali performance ecosistemiche possono, se incluse in un'adeguata progettazione adattiva, conferire all' *ambiente costruito* una propria capacità di resilienza. In questa accezione, il concetto di ES fornisce un *framework* per riflettere e agire sul rapporto uomo-habitat antropizzato e sui processi che alterano in modo negativo quest'ultimo.

I processi di urbanizzazione sono infatti responsabili di scambi energetici alterati che creano le condizioni per i fenomeni di *urban heat island* (UHI) e criticità idrologiche. Alcuni cambiamenti riscontrabili nelle città sono in parte il risultato di un'alterazione della copertura delle superfici. L'urbanizzazione, attraverso l'impermeabilizzazione, sostituisce le superfici vegetate che forniscono ombreggiamento, raffrescamento per evapotraspirazione e funzioni di intercettazione, stoccaggio e infiltrazione delle acque piovane. Pertanto le superfici caratterizzate da usi intensi sono spesso limitate nelle loro funzioni da⁴¹:

- alto grado di copertura dei suoli (perdita di suolo e riduzione dei servizi ecosistemici erogati);
- inadeguato rifornimento delle acque di falda a causa del rapido deflusso delle acque meteoriche nei sistemi di smaltimento (interruzione del ciclo idrologico);
- riduzione degli habitat per piante e animali e della biodiversità a causa di spazi verdi inadeguati.

Le suddette funzioni svolte dalle superfici e dagli spazi verdi urbani sono spesso sottovalutate nel loro potenziale ruolo adattivo rispetto agli affetti dei cambiamenti climatici.

In questo quadro binario di criticità da un lato, e di servizi forniti dagli ecosistemi dall'altro, si inserisce la **dimensione culturale** delle infrastrutture verdi (*Green Infrastructure – GI*), alle quali la letteratura riconosce una potenziale funzione di riduzione della vulnerabilità rispetto agli impatti dei cambiamenti climatici (*heat island, heat canyon, flooding, runoff*), una capacità di aumento della qualità ambientale dei sistemi antropizzati e una posizione, come ambito di studio e di applicazione, all'interno della progettazione ambientale.

⁴¹ C.f.r. <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/en/situation.shtml>

Adottata in svariati campi disciplinari e ampiamente assunta negli ambiti di studio della progettazione e della pianificazione, il termine infrastruttura verde (*green infrastructure* - GI) trova significato in più di un concetto, e non presenta una definizione univocamente riconosciuta. Presenta piuttosto caratteristiche e tratti comuni in varie discipline in cui se ne fa uso.

La letteratura in materia di GI è raggruppata principalmente in due scuole di pensiero, l'una statunitense e l'altra europea (Rigillo, 2016). La prima trova un riferimento in autori quali Benedict e McMahon che, nei primi anni 2000, legano il concetto di infrastruttura verde a quello di network interconnesso di aree "[of] natural areas and other open spaces that conserves natural ecosystem values and functions, sustains clean air and water, and provides a wide array of benefits to people and wildlife". Tale scuola riprende il concetto di rete ecologica e mette in relazione il valore delle infrastrutture verdi con lo spiegamento di benefici che esse rappresentano per il benessere delle persone.

La seconda scuola, individuabile nel lavoro di Ulf G. Sandström (2002), sottolinea il valore multifunzionale delle aree verdi (Rigillo, 2016), e riconosce alle GI un ruolo, equiparabile a quello tecnologico, nel loro contribuire allo sviluppo urbano sostenibile, attribuendo ad esse uno status che le assimila ad ogni altra struttura fisica urbana.

Di seguito si riportano in **tabella 10** le principali definizioni e caratteristiche delle GI rintracciate nella letteratura tecnica e scientifica, organizzate in ordine temporale.

	INFRASTRUTTURE VERDI	AUTORE / FONTE	ANNO	SCALA
DEFINIZIONE	✓ Reti contenenti elementi lineari pianificati, progettati e gestiti per obiettivi multipli, che includono obiettivi ecologici, ricreativi, culturali ed estetici, o altri obiettivi compatibili con usi sostenibili del suolo.	Ahern, J.	1995	Urbana
	✓ Rete interconnessa di aree naturali e altri spazi aperti che conserva valori e funzioni degli ecosistemi naturali e fornisce i relativi benefici alla popolazione.	Benedict, M. McMahon, E.	2002	Landscape
	✓ Spazi e aree verdi con la caratteristica di essere multi-obiettivo.	Sandström, UG.	2002	Urbana
	✓ Reti coerenti con gli spazi verdi che forniscono benefici multipli ecologici, economici e sociali per un adattamento di tipo ecosistemico (<i>ecosystem-based</i>).	Pauleit, S. et al.	2016	Urbana

CARATTERISTICHE	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sistemi principalmente lineari: forniscono vantaggi in termini di movimento e trasporto di materiali, specie e nutrienti. ✓ Sistemi connettivi: la connettività mette in relazione le infrastrutture con contesti più ampi. ✓ Sistema integrati: possono realizzare una sinergia basata sui vantaggi di una connessione alle diverse scale. Uno dei più importanti argomenti a favore delle GW è che quando un sistema è collegato, può acquisire le proprietà sinergiche della rete. ✓ Sistemi multifunzionali: basati su una compatibilità, assunta o negoziata, con determinati usi. 	Ahern, J.	1995
OBIETTIVI	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Legati alla biodiversità: mantenimento e implementazione della biodiversità attraverso protezione, collegamento, creazione e gestione degli habitat. ✓ Legati alla risorsa acqua: protezione, ripristino e gestione della risorsa acqua, incluso paludi, piane alluvionali, ruscelli, aree di ricarica/scarico delle acque di falda. ✓ Ricreativi: lungo corridoi lineari attraverso paesaggi rurali e urbani. ✓ Di protezione storica e culturale. ✓ Di controllo/contenimento dello sviluppo urbano: di controllo e definizione dell'interfaccia contesto rurale/urbano. 	Ahern, J.	1995

Tab.10_Quadro sinottico relativo a definizioni e caratteristiche principali delle GI definite in letteratura

Box 3. Terminologie relative alle GI

Connettività. La connettività tra diverse GI massimizza i benefici che esse sono in grado di generare, può incrementare il coinvolgimento e l'azione pubblica nell'ambiente naturale e incrementare le opportunità.

Multifunzionalità. La multifunzionalità riveste un ruolo chiave nell'approccio alle GI. Posto che le GI esprimono un set di funzioni, la multifunzionalità fornisce un'ampia gamma di benefici sociali, ambientali ed economici, maggiori di quelli potenzialmente prodotti in assenza di essa.

Fonte: EEA- European Environmental Agency, Technical Report 18/2011

La European Environmental Agency (2001) adotta il termine per indicare "un network di *green features* interconnesse, portatrici di benefici aggiuntivi e maggiormente resilienti".

Il cuore del concetto di GI risiede nel comprenderne i benefici legati all'interconnettività e nel concepirle

oltre la mera somma di parti. Una somma di elementi naturali, connessi in modo inadeguato, produce infatti minori benefici rispetto al potenziale espresso dalla loro sinergia.

Lo stesso EEA distingue due gruppi di definizioni, una più ampia, usata per descrivere tanto gli spazi verdi in generale che la loro connessione, l'altra intesa in termini più ristretti, focalizzata solo sull'aspetto dell'interrelazione.

La nozione di GI si qualifica e si riconosce così per le caratteristiche di multifunzionalità, interconnettività e *smart conservation*, facendo riferimento ad un network di elementi verdi, di tipo naturale, semi-naturale e/o *man made*. In merito alla scala, le GI sono riferibili alla dimensione urbana o di *landscape* (regionale, nazionale o sovranazionale), principalmente in base ai benefici da esse erogati. Ad entrambi i livelli, il concetto si concentra sulle opportunità di sviluppo e protezione di network naturalistici o semi-naturalistici.

Spesso in letteratura il significato della GI è associato a “[the] connectivity of ecosystems, their protection and the provision of ecosystem services” (EEA, 2011, p.6). Immediata è la relazione tra GI e i servizi ecosistemici. Poiché la GI è per definizione multifunzionale e a multiscalare, il concetto di servizio ecosistemico è utile a identificare e valutare le sue multiple funzioni (Ahern, Cilliers, Niemelä, 2014). Le infrastrutture verdi non solo infatti sono in grado di connettere gli ecosistemi di per se, ma anche di rafforzare questi e i relativi servizi. Pertanto sono in grado di erogare servizi ecosistemici, misurabili in termini prestazionali, e di esprimere così una capacità di resilienza dell'ambiente costruito.

A tal proposito la letteratura scientifica e tecnica in materia riconosce alle GI una capacità di indirizzare, attraverso la classe di servizi di regolazione, le azioni di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici (c.f.r. [tab. 6](#), [tab. 7](#)), generando al contempo opportunità economiche legate al lavoro e al business (EEA, 2011). Il Libro Bianco (COM 2009, 147, p.6) riconosce all'infrastruttura verde “un ruolo di primo piano in termini di adattamento, perché può fornire risorse essenziali a fini socioeconomici in condizioni climatiche estreme”.

BENEFICI	BENEFICI SPECIFICI DELLE GI	CLASSI MEA			
		Support	Provisioning	Regulating	Cultural
Mitigazione e adattamento al cambiamento climatico	Stoccaggio del carbonio	-	-	X	-
	Controllo delle temperature	-	-	X	-
	Controllo dei danni da tempesta	-	-	X	-

Tab. 11 Ruolo delle GI nella mitigazione e nell'adattamento ai cambiamenti climatici. Estratto e tradotto da: Malcevschi, Bisogni, 2016.

La [tabella 11](#) evidenzia il ruolo delle GI nei processi di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, attraverso il collegamento tra i benefici erogati dalle GI e le classi di servizi ecosistemici del

MEA, a testimonianza di come il concetto di ES rappresenti l'elemento di giunzione tra le infrastrutture *nature-based* e la possibilità di dare una risposta in chiave ecologica alla domanda di resilienza dell'ambiente costruito.

Le infrastrutture verdi danno risposta individuando le specifiche prestazioni di resilienza dei sistemi urbani alle varie scale⁴². Nello sforzo di ridurre la vulnerabilità – attraverso l'aumento dell'*adaptive capacity* - le infrastrutture verdi possono giocare un ruolo strategico in quanto offrono un potenziale per le città all'adattamento (Gill, Handley, Ennos, Pauleit 2007), fornendo microclimi migliori e una riduzione delle superfici di deflusso, erogando servizi ecosistemici e benefici multipli di tipo ecologico, economico e sociale, (Pauleit et al., 2016).

Il ricorso alle infrastrutture verdi è inoltre incoraggiato dalle politiche comunitarie e locali per la riconosciuta condizione di sistemi multi-obiettivo e multifunzionale, riduzione di CO₂, arricchimento della biodiversità, benefici sociali, dalla scala internazionale a quella locale.

Ricondurre le funzioni svolte dalle GI alle prestazioni ambientali dei sistemi urbani è un tema trasversale entro il quale esplorare con un approccio esigenziale-prestazionale, le potenzialità delle GI per l'aumento della resilienza dei sistemi urbani. È riconosciuto che “una città con una capacità di resilienza può erogare servizi ecosistemici in un contesto dinamico e caratterizzato da disturbi, dunque stocastico, e che quando i sistemi urbani sono concepiti e compresi come dinamici e auto-organizzativi, il concetto di sostenibilità cambia. Infatti, in questi contesti, piuttosto che aspirare a sviluppare una forma spaziale idealizzata con associati i servizi ecosistemici, la sostenibilità è sfidata a costruire la capacità di resilienza delle città in condizioni stocastiche, quando magnitudo, frequenza o estensione spaziale del fattore di disturbo non possono essere predetti” (Ahern, 2013 p.1203). Qui si instaura la relazione tra progettazione ambientale adattiva e le potenzialità delle infrastrutture verdi. In particolare sono viste come misura chiave di mitigazione dei fenomeni di *heat stress* causati nelle città dagli effetti isola di calore (Pauleit, 2016) e di moderazione dei climi urbani attraverso, ad esempio, ombreggiamento ed evapotraspirazione che riducono il carico termico negli spazi aperti.

⁴² Si rimanda a Rigillo, M., *Infrastrutture verdi e servizi ecosistemici in area urbana: prospettive di ricerca per la progettazione ambientale*, in *Techne - Journal of Technology for Architecture and Environment*, No.11, Infrastructures, FU Press, Firenze 2016, pp. 59-65.

BENEFICI

- ✓ Assorbimento del carbonio
- ✓ Riduzione dell'uso di energia per il raffrescamento / riscaldamento degli edifici
- ✓ Fornitura di energia rinnovabile (geotermica, biomassa, energia eolica, energia idrica)
- ✓ Mitigazione dell'effetto isola di calore (UHI) tramite evapotraspirazione, ombreggiamento e creazione di corridoi liberi per i movimenti di aria fresca
- ✓ Rafforzamento della resilienza degli ecosistemi al cambiamento climatico
- ✓ Stoccaggio dell'acqua e miglioramento delle superfici di run-off per la riduzione del rischio di flooding

Tab.12 - Benefici delle *green infrastructure* rispetto alla mitigazione e all'adattamento al *climate change*. Estratto e tradotto da: *Green infrastructure and territorial cohesion. The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems*, EEA Technical report No. 18, 2011, p. 36, tab. 2.4

Va osservato che in letteratura taluni autori tendono a sottolineare alcune incertezze in materia di verifica, valutazione e monitoraggio delle suddette funzioni ecosistemiche. Infatti le informazioni comparabili sulle performance dei diversi tipi di infrastrutture nel moderare alcuni impatti possono rivelarsi carenti, il che impone ai progettisti la messa a punto di metodologie adeguate per decidere sulle misure più efficaci, anche in considerazione dei limiti spaziali e amministrativi che caratterizzano le trasformazioni (Pauleit, 2016).

Tra i principali problemi dei progetti di *urban greening* e delle *green infrastructure* è la necessità di monitoraggi e di misurazioni empiriche funzioni ecosistemiche che essi possono fornire; ma anche di “apprendere in termini specifici come questi progetti funzionano, come comparare soluzioni alternative e quanto i risultati siano trasferibili” (Ahern, 2013, p.1204).

Declinato in questo ambito l'approccio dell'*adaptive urban* si presta a misurarsi con tali complessità, in quanto gli esperimenti progettuali sono concepiti per essere monitorati ex-ante, in itinere ed ex post-realizzazione allo scopo di comprendere le specifiche con cui l'efficacia dei servizi ecosistemici erogati viene raggiunta. I progetti sperimentali possono essere strutturati per “esplorare ogni fascio dei servizi ecosistemici attorno alle categorie abiotiche-biotiche-culturali” (Ahern, 2013, p.1210). Roberts e altri (2011) hanno discusso di «community ecosystem- based adaptation» (CEBA), come insiemi di opzioni strategiche che mettano i sistemi colpiti in condizione di adattarsi agli impatti negativi dei cambiamenti climatici, in maniera integrata con altri aspetti quali la gestione dei servizi ecosistemici, in una logica di *learning-by-doing*. Ma ancora lunga è la strada per mettere a punto tali soluzioni e valutarne l'efficacia. In questa direzione le riflessioni includono il rapporto costi-benefici, questi ultimi intesi sia in termini economici che di benefici sociali.

La comunità scientifica ha esplicitato alcune questioni che in questo campo restano aperte, tra cui la necessità di sviluppare metodi di valutazione della interconnettività- principio come prima visto fondamentale- negli ecosistemi urbani, di previsione delle funzioni ecosistemiche in base al cambiare delle configurazioni spaziali possibili, di quantificazione del contributo delle reti ecologiche urbane alla capacità di resilienza dei sistemi (Ahern, 2013). Non ultima, si pone la questione della replicabilità delle soluzioni in quanto “l’unicità di ciascun luogo rappresenta un limite alla trasferibilità delle innovazioni sviluppate altrove in diverse circostanze” (Ahern 2013, p. 1209). Lo stesso Ahern ha messo in relazione (2014) la possibilità di rendere le conoscenze in materia di funzioni e prestazioni ecosistemiche robuste e difendibili con la necessità di allineare tali funzioni ad un set di indicatori comuni per valutarle. Si apre dunque un’ampia riflessione sulla trasferibilità delle soluzioni progettuali adattive, limitate nella replicabilità perché spesso legate alle specificità locali.



Die Natur braucht uns nicht/ aber wir brauchen die Natur.
La Natura non ha bisogno di noi / ma noi abbiamo bisogno della Natura.
Berlino, stazione S-Bahn- Savignyplatz
(foto: Dell'Acqua, 2018)

2.1.4 Progettazione ambientale e approcci ecosistemici. L'Ecosystem Based Approach (EbA) e Nature Based Solutions (NBS) nell'adaptive urban design

“La natura è un processo che interagisce, risponde a leggi che rappresentano valori e possibilità per l'uso umano, con certe limitazioni e proibizioni” (McHarg, 1969). L'azione dell'adattamento umano a condizioni ambientali variabili e affette dai danni dei cambiamenti climatici può avvalersi del contributo della natura e dei processi da essa elaborati. Questo rappresenta uno dei principi alla base del *resilience*

“Ecosystem-based adaptation is the use of biodiversity and ecosystem services as part of an overall adaptation strategy to help people to adapt to the adverse effects of climate change.” (CBD 2009, p.41)

approach (Biggs, Schlüter, Schoon, 2015), che considera la nozione di società come parte della biosfera. In questa ottica, esseri umani e natura sono fortemente interdipendenti, le azioni umane determinano le dinamiche ecosistemiche, dalla scala locale a quella globale, e attingono ai servizi ecosistemici forniti dalla natura per costruire il proprio benessere (Biggs, Schlüter, Schoon, 2015). L'aumento delle temperature, dell'intensità e del numero di eventi di precipitazione intervallati a periodi di siccità è apprezzabile sugli ecosistemi, dai cui servizi dipende, oltre al benessere, la capacità di adattamento dell'uomo. I processi di degrado implicano una riduzione delle abilità di adattamento delle popolazioni

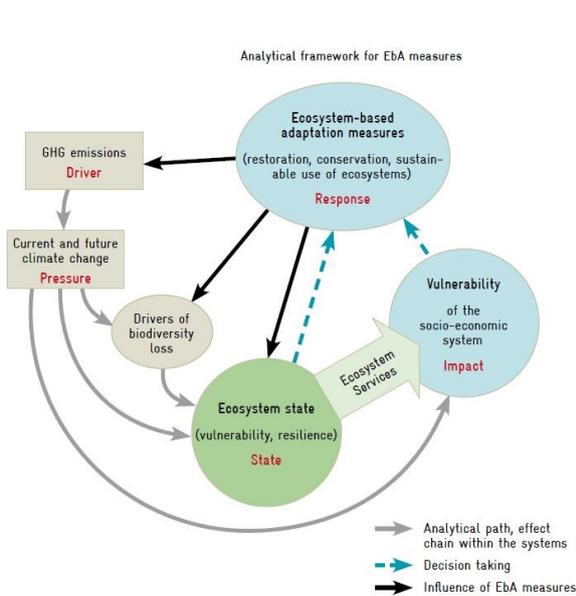


Fig. 5_ framework analitico delle misure EbA. Fonte: Olivier, J., Probst, K., Renner, I., Riha, K., Ecosystem-based Adaptation (EbA) A new approach to advance natural solutions for climate change adaptation across different sectors, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Aug. 2012

in particolare nei contesti urbanizzati dove il decadimento prestazionale degli ecosistemi avviene velocemente, e un corrispondente aumento delle condizioni di vulnerabilità. Implementare il capitale naturale e proteggerne le qualità sostiene l'adattamento dei sistemi socio-economici e allo stesso tempo apre a nuove possibilità di sviluppo⁴³. In tale quadro si pone l'approccio EbA (*Ecosystems based approaches*), che mette a sistema le funzioni della natura, decodificate attraverso i servizi da essa erogati, le strategie adattive intraprese dall'uomo e le opportunità delle soluzioni *ecosystem-* e *nature-* based di generare valore producendo benefici multipli (c.f.r. [cap. 2, par. 2.1.3](#)) di tipo non solo ambientale, ma anche

⁴³ Il ruolo degli ecosistemi nell'adattamento è riconosciuto a livello internazionale dalla *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), dalla *Convention on Biological Diversity* (CBD) e dalla *United Nations Convention to Combat Desertification* (UNCCD).

sociale, culturale ed economico. Ciò implica una serie di misure di **conservazione, ripristino e gestione sostenibile delle risorse**. L'EbA pertanto si configura come un approccio strategico flessibile e potenzialmente conveniente (*cost-effective*), in grado di attivare processi di sviluppo sostenibile.

NBS are: '[...] actions to protect, sustainably manage and restore natural or modified ecosystems, which address societal challenges (e.g., climate change, food and water security or natural disasters) effectively and adaptively, while simultaneously providing human well-being and biodiversity benefits' (European Commission, 2015)

societal challenges in **a resource-efficient and adaptable manner** and to provide simultaneously economic, social, and environmental benefits'. Appare evidente la relazione tra approccio EbA e soluzioni NBS. Entrambe si presentano multidisciplinari e integrate, in considerazione della molteplicità dei fattori di rischio cui gli ambienti urbanizzati sono esposti e delle variabili economiche, sociali e tecniche che caratterizzano tali strategie e soluzioni.

“Le NBS sono basate sulla sostituzione o integrazione di funzioni fornite dai sistemi ecologici che sarebbero altrimenti offerte attraverso l'impiego di risorse non rinnovabili” (Mussinelli, Tartaglia, Bisogni, Malcevschi, 2018, p. 117). Alla base delle NBS risiede il principio secondo cui le superfici e gli elementi dell'ambiente urbano inclusivi del fattore natura sono in grado di trasformare in maniera efficiente calore, energia e risorsa acqua intervenendo positivamente nel meccanismo metabolico delle città.

“Nature based solutions aim to help societies address a variety of environmental, social and economic challenges in sustainable ways. They are actions inspired by, supported by or copied from nature [and] use the features and complex system processes of nature [...] in order to achieve desired outcomes, such as reduced disaster risk and environment that improves human well-being and socially inclusive green growth” (European Commission 2015)

Nell'ambito dell'approccio ecosistemico EbA si collocano le soluzioni NBS (*Nature Based Solutions*). Queste sono definite dalla Commissione Europea e dal Directorate General for Research and Innovation come **'living solutions** inspired by, continuously **supported by and using nature**, which are designed to address various

“Singolarmente le NBS sono soluzioni tecniche – alternative a quelle tradizionali – che usano, si ispirano o imitano elementi naturali per rispondere a un'esigenza di carattere prettamente funzionale. Tali soluzioni si caratterizzano inoltre per la possibilità di essere aggregate in sistemi multifunzionali in grado di generare significativi valori aggiunti superiori alla semplice sommatoria delle parti” (Mussinelli, Tartaglia, Bisogni, Malcevschi, 2018, p. 116). Emergono chiare l'aggregabilità e l'essere potenziali moltiplicatori di benefici.

NBS SOLUTIONS	FUNCTION
Rainwater harvesting systems	To collect and store rainwater from roofs and other paved surfaces for re-use
Green roofs / green walls	To involve constructing a soil layer on a roof to create a living surface that reduces surface runoff
Permeable pavements	To act as a hard surface for walking or driving, while enabling rainwater to infiltrate to the soil or underground storage
Bioretention systems	To collect runoff in a temporary surface pond before it filters through vegetation and underlying soils
Swales, detention basins, retention ponds and wetlands	To slow the flow of water, store and treat runoff while draining it through the site and encouraging biodiversity
Soakways and infiltration basins	To promote infiltration as an effective means of controlling runoff and supporting groundwater recharge
Trees	To capture rainwater while also providing evapotranspiration, biodiversity and shade

Tab.13_ Famiglie di soluzioni NBS e relativa funzione, fonte: Woods Ballard et al. 2015, citati da Davis, M., Naumann, S., 2017, p. 125

Le soluzioni NBS consentono un'integrazione di grado variabile sia con le *infrastrutture grigie* urbane, di norma deputate a processare materiali di input e output quali risorse e rifiuti (impianti di smaltimento delle acque reflue, sistemi di adduzione e recupero delle acque, sistemi di drenaggio, impianti di trattamento dei rifiuti) che con sistemi ad alto grado di naturalità quali le *infrastrutture verdi / blu* (fiumi, laghi, stagni, wetlands, buffer e corridoi verdi) (fig. 6). Un approccio di tipo **ibrido**, in cui le NBS si

Grey	Hybrid or mixed approaches	Green and blue
Hard, engineering structures	Blend of biological-physical and engineering structures	Biophysical, Ecosystems and their services
Very limited role of ecosystem functions	Allows for some ecosystem functions mediated by technological solutions	Mainly relying on existing or restored ecosystem functions and water bodies
e.g. canals, pipes and tunnels of the drainage system; dikes; wastewater treatment plants; water filtration plants	e.g. bioswales; porous pavement; green roofs; rain gardens; constructed wetlands; Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS)	e.g. wetlands restoration; installation of grass and riparian buffers; urban trees; stream restoration; rivers, lakes, ponds, oceans and seas

Fig. 6_ Opzioni di infrastrutture adattive, Grimm et. al 2016, citati da Depietri, Y., McPhearson, 2017

integrano con le infrastrutture grigie, può rivelarsi vantaggioso e particolarmente adatto nei contesti urbani "in cui affidarsi esclusivamente a infrastrutture verdi raramente soddisfa le richieste di riduzione del rischio, ma dove i progettisti tradizionalmente hanno fatto riferimento solo a strutture artificiali" (Fritz 2017, p.V), oppure dove il successo e l'efficacia di un

approccio esclusivamente *green* sono vincolati da spazi limitati o da fattori economici (Depietri, McPhearson, 2017). Gli approcci ibridi hanno lo scopo di ridurre la dipendenza del sistema urbano dalle infrastrutture grigie, con un'applicabilità simultanea e flessibile a seconda del contesto in cui operano, e dunque in una logica potenzialmente *site-specific*. Le NBS sono caratterizzate da un alto livello di integrabilità con entrambe le famiglie di opzioni adattive, ingegneristiche o totalmente naturali, e

mettono in tensione l'approccio tecnico-infrastrutturale con quello puramente socio-ecologico⁴⁴, in un dominio di conoscenze e pratiche di tipo socio-tecnico-ecologico (SETs- *social ecological- technological systems approach*). Appartengono alla dimensione delle NBS le soluzioni di tipo BMP (Best Management Practices); LID (Low Impact Development); WSUD (Water Sensitive Urban Design) e SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems). La variabilità delle NBS (tab.1) e l'efficacia adattiva riconosciuta di piccola-media scala ci ricordano che esse vanno applicate in una logica multiscalare (Burns et al., 2012), in cui alcune soluzioni agiscono a livello locale e rispetto a fenomeni dalla frequenza e dalla magnitudo ridotti, quali *flooding*, discomfort microclimatico o danni da precipitazioni intense, ma vanno fatte interagire con soluzioni infrastrutturali *green* capaci di affrontare i danni da eventi estremi (nubifragi, alluvioni, *heavy rain*, siccità).

La capacità di compensare e riprendersi da stress o shock improvvisi è intrinseca alla natura. Il succedersi di fasi di equilibrio, rottura, collasso e ripresa appartiene alla natura quanto alla resilienza. Le NBS possono essere una strategia emulativa dei processi naturali tesa all'auto-ripristino e all'ottenimento della resilienza.

2.1.5 L'Adaptive design come approccio e processo progettuale in contesti urbani stocastici

Assunte le condizioni di incertezza, i limiti di dimostrabilità delle relazioni non lineari tra cambiamenti climatici e relativi effetti e la presenza di fattori percettivi, il campo della progettazione adattiva si scontra con la stocasticità dei sistemi urbani sui quali è chiamata a intervenire.

Il principio di stocasticità dei sistemi, e dei sistemi insediativi che abitiamo, presuppone una revisione degli approcci alle questioni della trasformazione dell'ambiente costruito, da affrontare con gli strumenti analitico-cognitivi propri della ricerca epistemologica della complessità.

Dunque, con chiaro riferimento alle teorie sistemiche, legate alle nozioni di apertura e chiusura dei sistemi nella loro relazione con il contesto e di metodo euristico e problematicamente aperto (Losasso, 2014), il sistema urbano va inteso come insieme di relazioni tra i processi piuttosto che nella sua generica globalità, dotato di equilibri multipli e dinamici da mantenere attraverso comportamenti adattivi.

In questa ottica l'adaptive design si configura come un approccio strategico alternativo, scientifico e professionale, per costruire la capacità di resilienza dei sistemi, in cui politiche, piani e progetti sono

⁴⁴ C.f.r. Depietri, Y., McPhearson, *The SETS Framework* in Kabisch, N., Kornet al-. (Eds.), *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. Linkages between Science, Policy and Practice*, Springer International Publishing AG 2017, pp. 94-95

sviluppati in un contesto di incertezza e di conoscenza incompleta (Ahern, 2013). Un processo/approccio dove piani e progetti urbani selezionati esplorano pratiche e metodi innovativi, indirizzati dalle conoscenze e dalla ricerca della landscape ecology (Ahern, 2013), aperti a progettare innovazioni in modo creativo, monitorati e analizzati per imparare dagli esperimenti, con l'obiettivo di raggiungere conoscenze da applicare ai progetti futuri (Lister 2007).

Pertanto i progetti adattivi sono basati sulle migliori conoscenze possibili, con un'incertezza specificamente riconosciuta, dove i risultati ottenibili consistono in avanzamenti nel campo delle conoscenze spaziali localmente rilevanti e nel campo di una serie di *best practice* (Ahern, 2013).

In tali processi cambia dunque il modo, evidentemente adattivo, di costruire conoscenze, attraverso un *adaptive learning* costruito progressivamente per piccoli fallimenti e successi, dove gli obiettivi di progetto possono essere strutturati come esperimenti per testare specifiche ipotesi e metterne alla prova le incertezze.

Emerge la logica *learning-by-doing*, come processo di tipo progettuale e allo stesso tempo costruttivo di conoscenze, maturate contestualmente al fare. Qui le incertezze non si presentano come ostacoli ma come opportunità da cui imparare, e si includono feedback che assicurano ai *decision makers* di ricevere risultati monitorati nel tempo per sviluppare politiche appropriate o per modificare i piani o la gestione delle pratiche (Ahern e Kato, 2008).

L'attitudine sperimentale dei progetti così concepiti si sostanzia nell'approccio *safe-to-fail*, modello teso a minimizzare il rischio di fallimento (Lister, 2007), e potenzialmente in grado di far avanzare rapidamente le conoscenze/competenze professionali (Ahern 2013). La stessa attitudine così concepita si riflette non solo nella progettazione ma anche a monte, negli ambiti di ricerca, dove le logiche *safe-to-fail* rappresentano una garanzia per gli esiti degli investimenti e per il trasferimento delle innovazioni al territorio (Rigillo, 2017).

L'*adaptive urban design* si associa dunque agli esperimenti progettuali e alle ricerche di tipo *safe-to-fail* dove le innovazioni sono implementate e monitorate. Queste attività trovano luogo in una modalità sperimentale con estensione controllata, dove le possibilità di fallimento sono reali ma il suo rischio è esplicitamente accettato e compreso (Ahern 2011).

Si conclude che il termine *adaptive design* va inteso non solo come progettazione adattiva ai cambiamenti climatici, ma anche in termini di processo, progettuale e di costruzione di conoscenze, di tipo adattivo.

2.1.6 Adaptive urban design e rigenerazione urbana

La necessità di ridurre la vulnerabilità dei sistemi insediativi attraverso interventi adattivi, e la spinta a coglierne gli eventuali vantaggi (c.f.r. par. 3, def. di *Adattamento*), può legare la Progettazione adattiva dell'ambiente costruito all'opportunità di innescare processi di Rigenerazione urbana.

Il concetto di rigenerazione urbana, da alcuni anni comparso nel dibattito teorico, discende dallo scenario di crisi ambientale, economica e di perdita di identità sociale dell'ambiente costruito. Nelle prassi europee e internazionali gli interventi di rigenerazione urbana coinvolgono avanzati meccanismi di governance, che mettono a sistema risorse ambientali (materiali ed energetiche), finanziarie e umane (conoscenze scientifiche, partecipazione ecc.), in una logica di messa a reddito degli investimenti. Tali prassi, architettoniche, urbane e territoriali (Faroldi 2015), si avvalgono di meccanismi progettuali e gestionali flessibili, in grado di adattarsi a scenari futuri non sempre prefigurabili perché sempre più complessi, per una trasformazione dell'ambiente costruito incentrata su logiche rigenerative piuttosto che espansive (Losasso, 2015). Gli approcci/ processi di trasformazione dello spazio condotti con i criteri dell'*adaptive urban design* si intrecciano con i processi urbani rigenerativi, cui le politiche di coesione

Box 4. Rigenerazione urbana. Evoluzione del termine

Il termine può indicare “una visione comprensiva e integrata, un'azione che porti alla risoluzione dei problemi urbani, e che cerchi di provocare un miglioramento duraturo delle condizioni sociali, economiche, fisiche e di sviluppo di un'area soggetta a un cambiamento” (Roberts, 2000).

Questa definizione è a sua volta mutuata dalle riflessioni, emerse già nei primi anni novanta, che puntano sulla necessità di una “migliore comprensione dei processi di declino” (Lichfield, 1992) e sulla critica agli approcci alla materia considerati all'epoca “a breve termine, frammentati [...] senza un quadro di strategie complessivo” (Hausner, 1993, citati da Roberts, Sykes, 2000).

Queste prime definizioni suggeriscono come il concetto sia nato in ambito prevalentemente socio-economico, in risposta a una condizione di declino di molte città europee registrato a partire dagli anni sessanta. Si parla di una caduta in termini di rallentamento dello sviluppo urbano e più in generale di “cambiamenti indesiderati, quali diminuzione del lavoro, incremento della disoccupazione, esclusione sociale, decadimento fisico e peggioramento delle condizioni di vita (Medhurst e Lewis, 1969). La letteratura in materia invita ad essere analitici e a considerare la “composizione di questi cambiamenti, il loro ordine e la risultante distribuzione di costi e benefici” (Beauregard, 1993)¹.

Partendo dalla sfera socio-economica i paradigmi rigenerativi si fanno strada nella dimensione ambientale. Qui il focus si sposta dal concetto di *minimizzazione* delle attività umane degenerative a quello di *massimizzazione* delle attività che ristabiliscono e rigenerano i sistemi ecologici (Cole *et al.*, 2012). Si sviluppa l'attenzione per l'efficienza nei processi e nell'uso delle risorse. Il termine non può non riguardare l'ambiente costruito.

In questo ambito il costruito che viene rigenerato è visto come un “catalizzatore di cambiamenti positivi insieme con il luogo dove è situato. [...] All'interno di uno sviluppo rigenerativo, i progetti, [...] i processi e gli insediamenti sono collettivamente concentrati su un miglioramento della vita in tutte le sue manifestazioni, [...] attraverso una durevole responsabilità nella gestione” (Cole, 2012).

Emerge come il termine rigenerazione sia legato a diversi approcci culturali, in qualche modo concordi nella ricerca di un miglioramento economico, sociale, ambientale delle aree urbane, strettamente legato al concetto di *valorizzazione* dell'esistente. Quest'ultima a sua volta comprende più fattori, dalla vivibilità a una maggiore qualità edilizia a un'adeguata distribuzione di servizi.

¹ Per una prima definizione di massima del termine “rigenerazione urbana” si rimanda a P. Roberts, H. Sykes, *Urban Regeneration: a handbook*, SAGE, 2000, p. 17 sgg., con particolare riferimento alle teorie di C. Couch (1990), D. Liechfield (1992) e V.A. Hausner (1993). Parimenti si rimanda a Bartlett, K., *Regenerative Development Processes: Beyond System Thinking*, in SBSP Topics Class, 2013, e a Cole, R. J., *Regenerative Design and Development: current theory and practice*, in “Building Research & Information”, Vol. 40, Issue 1, 2012, pp. 1-6. Invece per un quadro generale sull'evoluzione delle politiche di rigenerazione dagli anni sessanta agli anni novanta, si può fare riferimento a Beswick, C. A. and Tsenkova, S., *Overview of Urban Regeneration Policies*, in Tsenkova S. (a cura di), “Urban Regeneration. Learning from the British Experience”, University of Calgary/Faculty of Environmental Design, Calgary, 2002.

2014-2020 attribuiscono un ruolo importante nel raggiungimento della qualità ambientale, in particolare nelle aree periferiche e di margine maggiormente caratterizzate da condizioni di criticità.

La necessità di procedere alla rigenerazione di alcune aree soggette all'effetto combinato di criticità endogene (economiche e sociali) ed esogene (ambientali e climatiche), e la possibilità di affrontarle con i criteri dell'Adaptive urban design, apre un'occasione di declinazione del progetto urbano in termini resilienti e adattivi, ma perseguibile nei diversi campi dell'*urban regeneration*, *urban renewal* e *urban retrofit*.

Allo scopo di comprendere il ruolo dell'adaptive urban design, riconosciuto o potenziale, all'interno dei suddetti campi, si procede a una delimitazione dei tratti caratteristici di ciascuno di essi rintracciati in letteratura (tab.15), a partire da quelli riconosciuti alla rigenerazione urbana (tab.14).

RIGENERAZIONE URBANA		
PRINCIPI	STRATEGIE	AZIONI
✓ Processi di programmazione e progettazione rivolti agli aspetti socio- economici	✓ Mixità tipo-morfologica	✓ Azioni di adeguamento: rendere capaci i sistemi urbani di adattamento e duttilità sistemica, al variare delle condizioni
✓ Si avvale di comunicazione e partecipazione	✓ Incremento della qualità dello spazio pubblico	✓ Quartieri rinnovati con <i>smartness</i> /eco-quartieri
✓ Prevede sviluppo locale con uso razionale ed efficace delle risorse finanziarie, umane, ambientali, materiali, energetiche	✓ Combinazione riqualificazione degli edifici/ interventi di sostituzione	✓ Fonti energetiche decentrate, eco-building, mobilità intelligente, reti di connessione
✓ Interessa strategie di governance	✓ Densificazione edilizia	✓ Interventi di retrofit (soft, medium, hard) con diverso grado di impatto su edifici e abitanti
✓ Flessibilità (approccio a-deterministico)	✓ Strategie multiscalarari: architettoniche, urbane e territoriali (3 scale d'intervento)	✓ Miglioramento mobilità
✓ Logiche di smartness e uso dei big data	✓ Micro-dismissioni urbane	✓ Azioni sulle <i>opportunity areas</i> (densificazione intorno a nodi del trasporto pubblico già esistenti)
✓ Rapporto ottimale tra densità e sistema di spazi pubblici secondo il concetto di rete	✓ Agopunture urbane estensibili per contagio	
✓ Attitudine a governare la complessità	✓ Agire sulla densità demografica: proporzione tra numero di abitanti/area occupata, e quantità/tipologia di persone (problema di integrazione delle periferie urbane, della differenza sociale, problemi di marginalità fisica -economica di fasce della popolazione)	
✓ Riconnesione tecnologica tra risorse- spazi - abitanti (Vicari Haddock e Moulaert, 2009)	✓ Accessibilità diffusa	

	✓ Includere nel concetto di <i>mixité</i> anche procedure di partecipazione degli abitanti nell'analisi delle esigenze, attività di co-progettazione e co-gestione (Rifkin, 2014, cit. da Angelucci et al, 2015)	
--	--	--

Tab.14 _ Quadro sinottico di principi, strategie e soluzioni adottate nei processi di rigenerazione urbana

Si desume come la letteratura abbia individuato per l'adattamento una scala di intervento diffusa e di distretto urbano.

URBEN REGENERATION	URBAN RENEWAL	URBAN RETROFIT	URBAN REDEVELOPMENT
<p>Definizione: integrazione comprensiva di visione e azione, finalizzata a risolvere problemi multipli relativi ad aree urbane depauperate allo scopo di migliorare le loro condizioni sociali, fisiche, e ambientali (Ercan, 2011,)</p>	<p>Definizione: processo di <i>slum clearance</i> e di nuovo sviluppo fisico che pone attenzione a elementi come la preservazione del patrimonio (Couch, Sykes e Börstinghaus, 2011)</p>	<p>Definizione: fornire (a qualcosa) un componente o una caratteristica non inseriti durante la produzione; aggiungere (un componente o una caratteristica) a qualcosa che essa non aveva al momento della costruzione (Oxford English Dictionary)</p>	<p>Caratteristiche: P.P.P Private Public Partnership</p>
<p>Scala: può interessare il patrimonio edilizio esistente sia in maniera diffusa, migliorandone le prestazioni energetiche e statiche, sia a livello di tessuto urbano, ridefinendone la morfologia, elevando la qualità degli spazi pubblici, delle dotazioni territoriali ed ambientali (Gabrielli, 2015)</p>	<p>Definizione: comporta cambiamenti negli aspetti fisici e funzionali delle città in risposta alla progettazione urbana, è un processo di attività decisionali sulla localizzazione e sulla struttura fisica degli investimenti nell'ambiente costruito e nell'adattamento a tali decisioni a scopi funzionali ed estetici (Couch, 1990)</p>	<p>Definizione: coniato negli USA (fine 1940-inizio 1950) come unione di <i>retroactive</i> (relativo al passato) e <i>to fit</i> (equipaggiare), è stato usato per significare cambiamenti fisici sostanziali (attività di mitigazione per aumentare l'efficienza energetica) e spesso collegato al concetto di adattamento (interventi per adattare, riusare o fare upgrade di un edificio per adeguarlo a nuove condizioni/richieste (Douglas, 2006; Wilkinson, 2012, cit. da Dixon e Eames, 2013)</p>	
	<p>Definizione: approccio per promuovere il valore dei territori e aumentare la qualità ambientale (Adams e Hastings, 2001), correggere il peggioramento delle criticità urbane e raggiungere molteplici obiettivi socio-economici e potenziare le reti sociali esistenti, l'inclusione di gruppi vulnerabili e modificare gli impatti avversi sull'ambiente abitato</p>	<p>Caratteristiche: 1_ la natura globale e la larga scala 2_ la natura integrata che richiede un alto grado di intesa pubblico-privata 3_ la natura sostenibile dei finanziamenti 4_ una definizione chiara di obiettivi e fasi di monitoraggio (Living Cities, Institute for Sustainable Communities 2009)</p>	
	<p>Definizione: mira a migliorare gli aspetti fisici, socioeconomici ed ecologici delle aree urbane attraverso diverse azioni che includono nuovo sviluppo, riabilitazione e conservazione del patrimonio (Couch, 1990)</p>	<p>Definizione: Trasformazione di un edificio, forma o sistema che include l'ambiente costruito, allo scopo di implementare l'efficienza energetica, nella gestione delle acque e dei rifiuti (Eames, 2011)</p>	
		<p>Interventi di manutenzione che consentono di far fronte a sopraggiunti</p>	

		decadimenti prestazionali e interventi di riqualificazione tesi a fornire nuove qualità e prestazioni originariamente non previste	
--	--	--	--

Tab.15 _ Quadro sinottico sui termini *urban regeneration*, *urban renewal*, *urbanredevelopment* e *urban retrofit*

	DEFINIZIONI / CARATTERI PRINCIPALI	ELEMENTI IN COMUNE					
		Governance Governo della complessità	Approccio safe-to-fail	Azioni sulla vulnerabilità	Adattamento ai CC		Rischi legati alla gentrificazione
URBAN REGENERATION	Strategie multiscalari: architettoniche, urbane e territoriali	✓					
	Azioni di adeguamento: rendere capaci i sistemi urbani di adattamento e duttilità sistemica, al variare delle condizioni ambientali			✓	✓	✓	✓
URBAN RETROFIT	<i>Retroactive + to fit</i> (equipaggiare): cambiamenti fisici sostanziali (attività di mitigazione per aumentare l'efficienza energetica), spesso collegato al concetto di adattamento (interventi per adattare, riusare o fare upgrade di un edificio per adeguarlo a nuove condizioni/richieste (Douglas, 2006; Wilkinson, 2012)				✓	✓	
URBAN RENEWAL	Comporta cambiamenti negli aspetti fisici e funzionali delle città; processo di attività decisionali sulla localizzazione e sulla struttura fisica degli investimenti nell'ambiente costruito e nell'adattamento a tali decisioni a scopi funzionali ed estetici (Couch, 1990).		✓				
	Approccio per promuovere il valore dei territori e aumentare la qualità ambientale (Adams e Hastings, 2011), correggere il peggioramento delle criticità urbane, potenziare l'inclusione di gruppi vulnerabili e modificare gli impatti avversi sull'ambiente abitato.			✓			✓
URBAN REDEVELOPMENT	PPP-Private Public Partnership		✓				✓
ADAPTIVE URBAN DESIGN	Strategia per costruire la capacità di resilienza dei sistemi urbani (Ahern, 2013) che opera in un contesto di processi urbani stocastici	✓					
	Progetti sperimentali del tipo <i>safe-to-fail</i> : approccio e modello con cui gli esperimenti sono ridotti per minimizzare il rischio di fallimento (Lister, 2007). Modalità sperimentale con estensione ridotta, dove le possibilità di fallimento sono reali ma il rischio è esplicitamente compreso e accettato da <i>stakeholders</i> e <i>decision-makers</i> (Ahern 2011)		✓				
	Azioni: - Mitigatorie - Adattive (IPCC, 2014)				✓		
	Riduzione vulnerabilità Riduzione esposizione Riduzione sensibilità Aumento capacità adattiva			✓			

Tab.16 _ Quadro riassuntivo dei tratti comuni individuabili tra i termini *urban regeneration*, *urban retrofit*, *urban renewal*, *urban redevelopment* e *adaptive urban design*.

Isolando i caratteri fondamentali dei suddetti termini è possibile tracciare delle linee comuni tra questi e l'Adaptive urban design (Tab.16), allo scopo di capire il ruolo di quest'ultimo nei processi di trasformazione.

Se la richiesta degli ambienti antropizzati è aumentarne la resilienza da un lato e procedere ad azioni di rigenerazione dei distretti urbani dall'altro, cercando un equilibrio variabile in una condizione di stocasticità, emerge la necessità di reinterpretare in maniera adattiva gli interventi di trasformazione dello spazio, quest'ultimo indagato all'interno delle relazioni complesse tra i cicli naturali e l'ambiente costruito, e nella consapevolezza di un rinnovato equilibrio tra artificio e natura.

La progettazione adattiva si inserisce consentendo operazioni di *prefigurazione* e *riconfigurazione* degli spazi che siano rispondenti alle condizioni di criticità poste dagli *hazard* climatici. Un *adaptive design* che sia in grado di agire sul costruito attraverso criteri morfologici e opportune azioni di trattamento delle superfici, tramite il ricorso a soluzioni tecnologiche *appropriate* ai contesti e agli *hazard* da fronteggiare.

Assunta dalla letteratura l'importanza e il ruolo del capitale naturale e degli spazi verdi nei meccanismi di reazione agli impatti dei cambiamenti climatici, si apre la strada alla possibilità di esplorare il campo delle soluzioni *nature-based* come dispositivi tecnologici nell'ambito delle strategie progettuali ambientali di tipo adattivo con particolare attenzione alla **relazione edificio-spazio aperto**.

Il focus della presente indagine si può direzionare verso l'uso adattivo delle soluzioni tecnologiche *nature-based* all'interno dei contesti urbani, allo scopo di ridurre gli impatti dei fenomeni di *heat island* e di *pluvial flooding*.

Le soluzioni andranno indagate come:

- L'insieme delle soluzioni tecnologiche con un approccio sistemico e con logiche di processo, nella consapevolezza che i benefici attesi sono il risultato configurazioni complesse e non di una somma di parti;
- L'insieme delle soluzioni tecnologiche adatte a rispondere alle nuove esigenze dei sistemi urbani, ovvero nuovi requisiti di qualità ambientale e nuove esigenze di resilienza, con un approccio esigenziale;
- L'insieme delle soluzioni tecnologiche in grado di espletare funzioni ecosistemiche esprimibili attraverso prestazioni ambientali, con un approccio prestazionale.



Berlino, edilizia residenziale in costruzione tra i quartieri di Mitte e Moabit. La crescita della città impone modelli di sviluppo compatibili con le necessità di espansione e contemporaneamente di adattamento climatico.
(foto: Dell'Acqua, 2018)

2.2 Le politiche tecniche internazionali

Le amministrazioni delle maggiori capitali europee hanno da tempo elaborato strategie a scala comunale per l'adattamento, sviluppando appositi strumenti per indirizzare e disciplinare la transizione di tali città verso la resilienza. Allo scopo di completare il background scientifico e di comprendere come la produzione culturale sull'*adaptive urban design* stia entrando nella pratica progettuale si procede prima all'analisi di alcuni piani di adattamento delle principali città europee quali Berlino, Amburgo, Copenaghen e Rotterdam. Si sceglie questo particolare contesto geografico e culturale in quanto portatore di importanti avanzamenti nel campo della resilienza urbana e di alcuni esempi di progettazione adattiva su scala distrettuale, successivamente riportati tra i casi studio.

L'analisi che segue è costruita per:

- collocare ogni piano nel contesto delle politiche tecniche da cui discende,
- individuare l'approccio culturale e tecnico adottato dallo strumento,
- mettere in relazione gli obiettivi della pianificazione con le strategie selezionate per raggiungerli, e le azioni programmate per rendere operativa la pianificazione alle varie scale (municipale, distrettuale, riguardante gli spazi aperti o gli edifici).

Dove possibile si è cercato di individuare famiglie di soluzioni tecnico-spaziali impiegate nelle azioni e l'eventuale associazione a tassonomie urbane.

Data la natura principalmente tattico-strategica dei piani, ciascuno organizzato secondo una propria struttura, non è possibile desumere soluzioni tecniche di dettaglio né, analizzando i vari strumenti con gli stessi criteri e con lo stesso metodo, trovare sempre elementi tra loro perfettamente omogenei e comparabili.

2.2.1 Das Hamburger Klimaschutzkonzept 2011 Il piano di protezione climatica⁴⁵ di Amburgo definisce



Fig.7_ *Anpassung ist Vorsorge*. “L’adattamento è una precauzione”. Le politiche amburghesi di protezione climatica hanno introiettato l’adattamento come una forma preventiva di lotta al *climate change* piuttosto che emergenziale o contestuale al verificarsi degli eventi di hazard, (Immagine: *Das Hamburger Klimaschutzkonzept*, 2011, pp. 28-29, fotografia: Holger Weitzel)

obiettivi, azioni, strategie e infine misure mitigative e adattive per la città, queste ultime principalmente al rischio *flooding*. In particolare per le seconde, l’esposizione al *coastal flooding* ha spinto l’amministrazione a introiettare l’adattamento come forma preventiva di lotta ai disastri da inondazione (Fig.7). La città approda al piano a valle di un lungo percorso di politiche tese alla sostenibilità (Fig.8) iniziate nel 1997 con l’adozione di

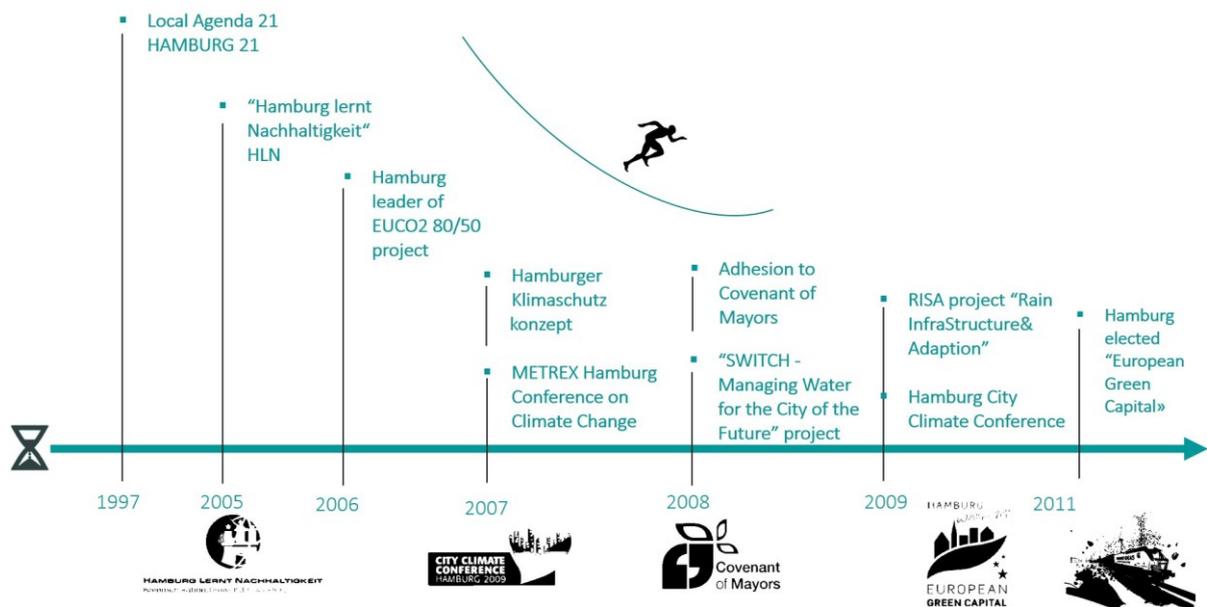


Fig.8_ Percorso delle politiche di sostenibilità (1997-2011) intrapreso dalla municipalità amburghese antecedente al piano di adattamento *Hamburger Klimaschutzkonzept 2011*. 1997) Adozione dell’Agenda 21 Locale; 2005) parte l’iniziativa “Hamburg lernt Nachhaltigkeit “(Amburgo impara la sostenibilità) che unisce autorità, istituzioni, organizzazioni e soggetti impegnati nell’educazione allo sviluppo sostenibile; 2006) Amburgo diventa capofila del progetto EU CO2 80/50, promosso da Metrex, rete delle regioni ed aree metropolitane europee; 2007) viene elaborata una proposta di piano d’azione per il clima “Hamburger Klimaschutzkonzept”; nov. 2007) Amburgo ospita la Metrex Hamburg Conference on Climate Change; 2008) Amburgo aderisce al Patto dei Sindaci e sostiene il progetto “SWITCH - managing water for the city of the future”; 2009) viene varato il RISA Project “Rain InfraStructure Adaption” sulla gestione sostenibile delle acque piovane; 2011) Amburgo viene eletta “Capitale Verde Europea”.

⁴⁵ Il termine *Klimaschutz* (dal tedesco *zu schützen*, proteggere) può essere tradotto in modo letterale come 'protezione dal clima', e viene usato nei piani tedeschi per indicare principalmente le misure mitigative. Tuttavia i documenti di piano così denominati contengono di norma l’insieme delle misure mitigative e adattive, a riprova della necessità di applicarle in modo sinergico e contestuale.

Agenda 21 Locale e la nascita di *Hamburg 21*, e giunte nel 2011 all'attribuzione del titolo di *European Green Capital* alla città. La municipalità di Amburgo, come molte altre europee, costruisce politiche di adattamento parallele agli obiettivi di espansione urbana e di rafforzamento dello stock di edilizia residenziale e per il terziario, a supporto di una città in espansione, lavorando su più topic in maniera contemporanea.

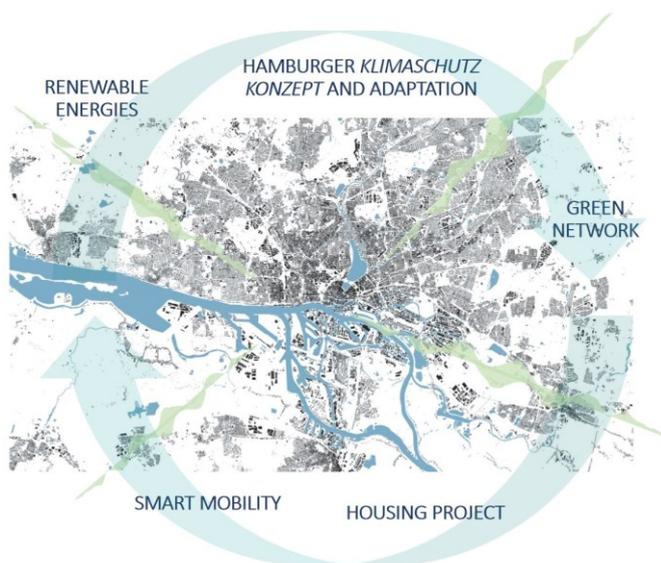


Fig.9_ Topics di sviluppo e protezione climatica cui ha puntato l'amministrazione amburghese a partire dal 2007. Fonte: rielaborazione propria sulla base del *Hamburg Schwarzplan* disponibile a <https://schwarzplan.eu/>

Il piano si confronta con la necessità di accogliere l'espansione demografica prevista entro il 2030 e contemporaneamente applicare misure adattive ai cambiamenti climatici previsti dagli scenari al 2100 (**Tab.17**), concentrate sui danni da flooding: la presenza del fiume Elba sul quale la città e il porto si sviluppano rappresenta una condizione di vulnerabilità al rischio inondazioni durante le fasi di overflow dell'acqua⁴⁶, aggravabile dagli eventi di precipitazione intensa.

SCENARIO DEMOGRAFICO	SCENARIO CLIMATICO
2030	2100
+ 1,9 mil. pers.	+ 2,8 ÷ 4,7°C aumento delle temperature medie
	+ 40% media delle precipitazioni
Da + 1.000 a + 22.000 pers., trend di aumento del numero di immigrati registrato nel periodo 2011-2015	Aumento del rischio flooding dal mare del nord e dal livello delle acque dell'Elba

Tab.17_ Scenario demografico e climatico della città di Amburgo a confronto.

I principali **obiettivi** che legano tra loro **espansione** e **protezione climatica** sono:

- 1 milione di alloggi entro il 2020, con l'approvazione e la realizzazione di 10.000 appartamenti /anno, di cui 3.000 da destinare a utenti di fascia di reddito bassa

⁴⁶ Nel 1962 lo straripamento dagli argini del ramo sud dell'Elba colpisce la città provocando 300 vittime e costringendo l'amministrazione ad evacuare 12.000 abitanti (IBA, 2017)

- Protezione, mantenimento e rafforzamento del capitale naturale attraverso l'iniziativa *GrünenNetz Hamburg* ("Rete Verde di Amburgo")
- Definizione di nuovi standard energetici per il patrimonio edilizio esistente e in costruzione

Box 5. Amburgo, Germania_ Dati e dettagli

Area Metropolitana di Amburgo

Area: 20.000 kmq

N abitanti: 4.3 milioni

Disponibilità di verde: 4.700 ha aree boschive

Amburgo

Area: 755 kmq

N abitanti: 1.8 milioni

Densità demografica: 2400 ab/kmq

Budget per la protezione climatica:

70 milioni di euro ricevuti per l'applicazione delle misure di protezione climatica (dato 2007)

30 milioni di euro stanziati per il *Klimaschutz-konzept* (dato 2010)

A questi seguono tre **macro-strategie**:

- Strategie di densificazione e rigenerazione urbana con il mantenimento di un'elevata qualità edilizia e degli spazi aperti
- Strategie adattive al rischio inondazione (coastal flooding, precipitazioni estreme)
- Strategie mitigative tese alla riduzione della produzione di gas climalteranti attraverso l'elaborazione di un programma di *smart mobility*

Alla luce degli scenari di crescita demografica e di criticità climatica la municipalità amburghese fissa tra il 2007 e il

2011 i seguenti obiettivi e **azioni di protezione climatica** (mitigative e adattive, c.f.r. [Tab. 18](#)).

OBIETTIVI	AZIONI DI MITIGAZIONE	AZIONI DI ADATTAMENTO
Garantire il monitoraggio delle emissioni	Implementazione di reti energetiche sostenibili	Protezione dal rischio flooding con dighe, barriere e creazione di isole artificiali
Identificare /mappare I livelli di rischio	Creazione di un cluster tecnologico dedicato all'energia	Progetto KLIMZUG-NORD WANDSEE
Fornire un piano di gestione delle emergenze per le alluvioni	Gestione della produzione energetica da fonti rinnovabili: aggregazione delle competenze presenti nei campi della ricerca e dello sviluppo tecnologico	Approcci strategici all'adattamento ai cambiamenti climatici nella regione metropolitana di Amburgo. Uno degli obiettivi principali della rete Klimzug-Nord è fornire informazioni sui cambiamenti climatici e le possibili conseguenze del raggiungimento di un elevato livello di innovazione, interdisciplinarietà e integrazione nelle strategie di adattamento
Sensibilizzare cittadini, imprese e istituzioni attraverso campagne di istruzione e formazione	Produzione di energia tramite geotermico ed eolico	Progetto RISA (sett. 2009)
Investire nella ricerca sui cambiamenti climatici	Implementazione dei sistemi FV negli istituti scolastici	Progetto per la gestione sostenibile delle acque piovane. In collaborazione con il Ministero dello Sviluppo Urbano e dell'Ambiente (BSU) e HAMBURG WASSER. L'obiettivo è sviluppare un piano strutturale che stabilisca linee guida vincolanti per le attività amministrative, gli esperti e i proprietari terrieri in relazione alle acque piovane di Amburgo. Il progetto comprende anche misure per gestire le risorse idriche nelle aree urbane, nella pianificazione del paesaggio e nella pianificazione dei trasporti
	Ottimizzazione della gestione dei rifiuti	
	Applicazione del programma <i>Smart Mobility 2034</i>	

Tab. 18_ Obiettivi e relative azioni di protezione climatica stabiliti dal *Hamburger Klimaschutzkonzept 2011*

2.2.2 Il Copenaghen Climate Adaptation Plan 2011

Lo strumento di piano elaborato da Copenaghen nel 2011 si inserisce nel quadro delle politiche di *cloudburst management* sviluppate dalla pubblica amministrazione e attivate all'interno del Cloudburst Management Plan 2012. Quest'ultimo stabilisce una strategia per la gestione dei danni da precipitazioni intense ed estreme basata sull'accoppiamento green/blue infrastructure e sistemi *hard engineering* di smaltimento sotterraneo delle acque; definisce i livelli di protezione raggiungibili, ne stima i costi e localizza delle aree di captazione classificate in base a una valutazione combinata del rischio e dei danni provocati con un orizzonte temporale di implementazione delle misure di 20-30 anni. Le aree suscettibili di interventi adattivi sono scelte in base a quattro criteri: livello di rischio, facilità di inserimento delle misure adattive, possibilità di abbinare all'adattamento progetti di riqualificazione o rigenerazione e occasioni di guadagno di benefici indiretti.

Approccio e processo: adattamento flessibile e integrato. L'approccio del piano di Copenaghen si basa su una visione flessibile dell'adattamento secondo il quale una pianificazione delle strategie e delle misure a lungo termine tarate su un unico scenario climatico è meno efficace rispetto ad una pianificazione a sua volta adattiva rispetto a scenari multipli e variabili, formulati sulla base delle indicazioni progressive dell'IPCC che garantiscono un livello di affidabilità a 30-40 anni, oltre i quali aumenta il grado di incertezza delle previsioni. Pertanto l'adattamento flessibile è inteso in termini di adeguamento sia all'indeterminatezza degli scenari che all'inclusione graduale dei nuovi livelli di conoscenza sul rischio e delle nuove capacità tecnologiche presumibilmente a disposizione in un prossimo futuro, con aggiornamenti del piano quadriennali. Lo strumento adotta una visione integrata delle strategie adattive, trasferite nei diversi settori di pianificazione (*nature and environment, wastewater, groundwater*) e ai vari livelli amministrativi (fig. 10)

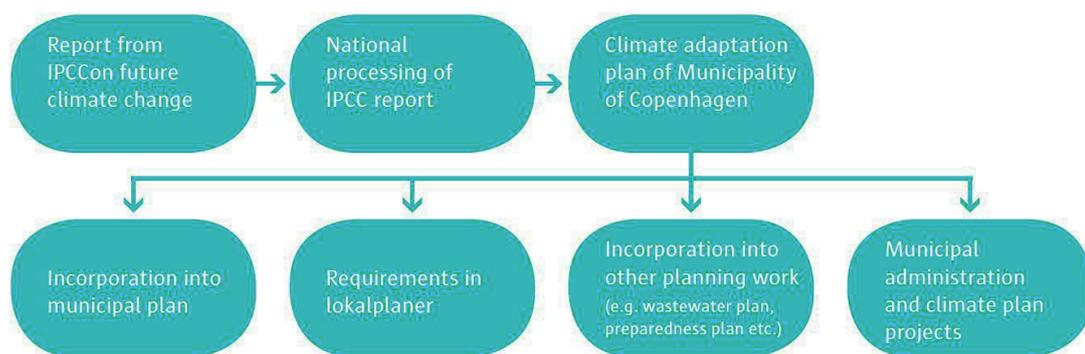


Fig. 10_ Processo di pianificazione adattiva di Copenaghen, fonte: *Copenhagen Climate Adaptation Plan*, 2011, p. 10.

Obiettivi e strategie. Il piano predispone strategie e misure adattive rispetto a *heavy rain, coastal flooding, urban heat island*, alterazioni dei livelli delle acque sotterranee e infine impatti indiretti dei fenomeni da cambiamenti climatici. La sequenza **obiettivi - strategie -azioni** (c.f.r. **tab. 1, 2**) si basa sulla constatazione che non è possibile proteggere la città da eventi da climate change coprendo l'intera scala di gravità dell'hazard né mettere in sicurezza la totalità della superficie urbana, e che risulta antieconomico e poco fattibile combattere i danni da fenomeni statisticamente ricorrenti in modo raro. Pertanto parte del piano è rivolta ad una valutazione di livelli differenziati di rischio- e alla relativa prioritizzazione degli interventi- che nel caso del flooding⁴⁷ è mirata a individuare soglie ammissibili rispetto alle quali adattarsi durante le precipitazioni estreme. A questo scopo esso stabilisce due parametri: 1) la frequenza accettabile di rischio flooding, 2) il livello di inondazione ammissibile. Le strategie sono basate su azioni mirate a prevenire, ridurre la portata del fenomeno climatico o la vulnerabilità ad esso, in una logica di prevenzione progressiva del rischio.

La strategia principale consiste dunque nello stabilire livelli di resilienza successivi (c.f.r. **Tab. 19 - Obiettivi**), raggiungibili attraverso rispettive azioni.

OBIETTIVI	STRATEGIE	AZIONI
Riduzione della probabilità dell'evento	Scegliere azioni che possano prevenire incidenti climatici, o che possano ridurre la portata del fenomeno	Creazione di dighe Adattamento della capacità fognaria Aumento della soglia degli edifici
Riduzione della portata dell'evento		Preparazione alle emergenze Adattamento della capacità fognaria Aumento dell'altezza degli edifici
Riduzione della vulnerabilità all'evento		Spostamento delle funzioni vulnerabili in luoghi sicuri

Tab. 19_ Obiettivi, strategie e azioni adattive del Copenhagen Climate Adaptation Plan 2011. Elaborazione: A. Zucconi, V. Miraglia.

A differenza degli altri strumenti in questa sede analizzati, il piano non si concentra sugli andamenti demografici attesi in futuro ma prospetta degli scenari tramite modelli simulativi di inondazione tarati su cinque orizzonti temporali (a 10 e 20 anni, al 2100, 2060, 2110) con annesse previsioni di ricorrenza degli eventi, periodo di ritorno e stima economica di massima dei danni imputabili alla mancata applicazione delle misure adattive⁴⁸. Lo strumento mappa alle varie soglie temporali l'allagamento da *heavy rain* localizzando i distretti interessati e prefigurando lo stato a valle dell'applicazione delle azioni adattive, con un approccio distrettuale che permette una programmazione sistematica e perimetrata degli interventi. Per soddisfare la logica sequenziale di raggiungimento degli obiettivi (**tab. 20**), il piano

⁴⁷ Il piano definisce come *rischio flood* la presenza di almeno 3 cm di acqua al suolo

⁴⁸ La municipalità stima che i costi del mancato adattamento ammontano a 16 bilioni DKK, fonte: *Climate change Adaptation and Investment Statement*, parte I, ott. 2015.

individua due famiglie di azioni principali, dalle quali è possibile dedurre altrettanti gruppi di soluzioni tecnico-spaziali:

1- azioni di separazione delle acque meteoriche dal sistema fognario per discossensione delle reti o tramite sistemi SuDS (*Sustainable Drainage Systems*), rientranti nelle *nature-based solutions*, attraverso soluzioni tecniche verdi di tipo *low-technology* che ritardano / immagazzinano il flusso d'acqua o la trattano prima che ne avvenga lo scarico nei corpi d'acqua superficiali. Disaccoppiare la raccolta delle acque meteoriche dallo smaltimento delle reflue consente lo sgravo del sistema fognario e la riduzione dell'*overflow* durante le piogge intense, con benefici indiretti sulla qualità delle acque;

2- azioni per convogliare l'acqua piovana in eccesso verso i punti in cui non provoca danni o ne causano di limitati ("Piano B"), attraverso soluzioni *hard* quali interventi morfologici di modificazione dei profili stradali e dei basamenti degli edifici e la predisposizione di cordoli, grondaie e percorsi di scolo dedicati, oltre che l'implementazione e l'aggiornamento della rete di smaltimento ordinaria e delle condutture sotterranee per lo scarico dell'acqua piovana.

FLOODING				
SCALA	Livello 1 Riduzione della probabilità dell'evento	Livello 2 Riduzione della portata dell'evento	Livello 3 Riduzione della vulnerabilità all'evento	OBIETTIVI
Regione	Ricorso a pompe autoadescanti per aspirare l'acqua marina	Piano di emergenza	-	AZIONI
Municipalità	Realizzazione di dighe Ricorso a pompe autoadescanti per aspirare l'acqua marina	Protezione delle infrastrutture	Spostamento delle funzioni vulnerabili in luoghi sicuri	
Distretto	Ricorso a dighe ed elevazione degli edifici	Protezione delle infrastrutture	Ricorso a paratie anti-allagamento	
Strade e spazi aperti	Controllo del runoff, elevazione di edifici/ accessi, local stormwater management	Controllo del runoff, elevazione di edifici/ accessi, protezioni in sacchi di sabbia	Spostamento delle funzioni vulnerabili in luoghi sicuri	
Edifici	Ricorso a valvole di non ritorno e dispositivi di troppopieno per l'acqua, controllo del runoff, elevazione di edifici/ accessi	Protezioni in sacchi di sabbia	Spostamento delle funzioni vulnerabili in luoghi sicuri	

Tab. 20_ Obiettivi e principali azioni adattive del *Copenhagen Climate Adaptation Plan 2011* al flooding in base alla scala. Elaborazione: A. Zucconi, V. Miraglia, adattato e testo tradotto da: *Copenhagen Climate Adaptation Plan 2011*, p. 27

La scelta di puntare su questi due gruppi di azioni viene dettata precedentemente al piano, quando gli indirizzi per l'adattamento agli impatti da *heavy rain* stabilivano che i flussi da precipitazioni estreme

andavano dirottati e smaltiti in luoghi oggetto di danni limitati come parchi, sport e spazi aperti, stoccandovi l'acqua fino al pieno recupero della funzionalità dei sistemi fognari.

A Copenaghen, il 2 luglio 2011, un evento di precipitazione estrema porta alla luce le criticità di una strategia completamente affidata alla logica delle 'aree tampone', rendendo necessaria l'adozione di misure di gestione locale delle acque con l'ampio ricorso a soluzioni *soft* e *green*⁴⁹.

Il piano di adattamento divide First & second Flush in 7 aree di captazione- *catchment areas*, ciascuna divisa in progetti- *cloudburst management projects*, a loro volta suddivisi in sub-progetti- *cloudburst*

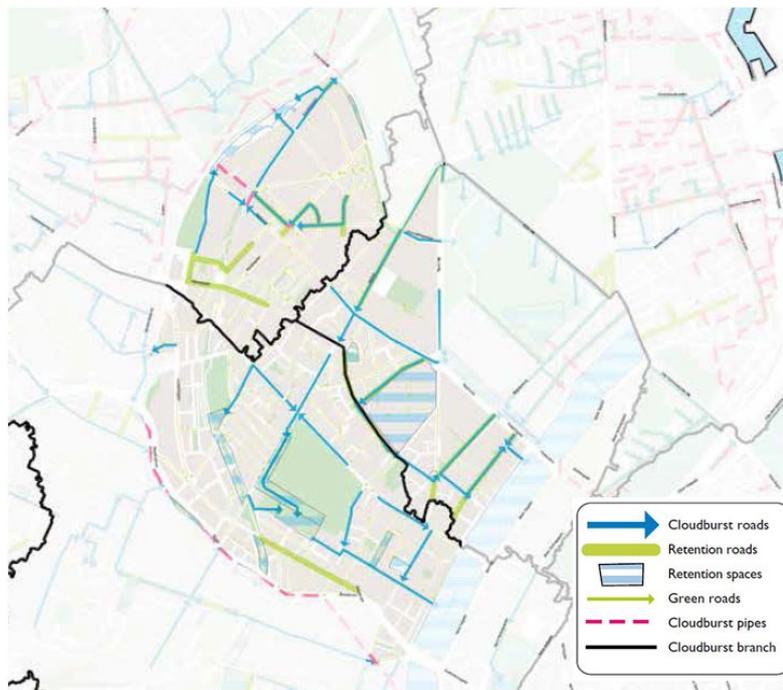


Fig. 11 *Cloudburst branch* di Nørrebro, rieditato da: *Climate Change Adaptation and Investment Statement*, part 2, oct. 2015, p.212

branch (fig. 11).

Quest'ultimo rappresenta in termini areali l'unità minima di intervento, e in termini concettuali una "soluzione idraulica continua" (Climate Change Adaptation and Investment Statement, 2015), dove le soluzioni tecnico-spaziali funzionano in maniera interdipendente. Ciò significa che all'interno di un sub-progetto un bacino di ritenzione non può funzionare senza la *cloudburst road* che lo supporta

direzionandovi l'acqua all'interno, e che riducendo il volume di acqua in un certo spazio di ritenzione bisognerà trovare un elemento tecnico-spaziale nel medesimo *cloudburst branch* capace di ospitare lo stesso volume di acqua per compensare. Implica che ogni unità minima di intervento deve avere un bilancio in pari nella gestione dei flussi, e che funziona in maniera interdipendente dalle altre aree.

⁴⁹ C.f.r. *Cloudburst Management Plan* 2012, p.7.

Questo sistema di progettazione in **downscaling** serve ad assicurare la fattibilità: poiché non è possibile realizzare o implementare le misure adattive di tutti i progetti nello stesso momento, si procede per unità più piccole sulle quali programmare la priorità degli interventi. Emerge la logica delle unità minime di intervento.

Ogni sub-progetto si articola in una gerarchia dei tracciati (**tab. 3**) ciascuno dei quali ha una funzione nella gestione delle acque meteoriche, destinate alla fine a raggiungere i corpi d'acqua allontanandosi dal costruito.

Con la stessa logica il piano adotta le soluzioni *nature-based* in maniera estensiva rispetto ai danni da isola di calore (**Tab. 21**), assegnandovi interamente il compito di contrastare gli effetti alle diverse scale di intervento e ai vari livelli di resilienza fissati, in una prospettiva di uso interscalare delle NBS.

UHI				
SCALA	Livello 1 Riduzione della probabilità dell'evento	Livello 2 Riduzione della portata dell'evento	Livello 3 Riduzione della vulnerabilità all'evento	OBIETTIVI
Regione	-	-	-	AZIONI
Municipalità	Disposizione di strutture verdi continue, protezione delle strutture esistenti e inclusione di soluzioni SUDS	Promuovere il raffrescamento degli edifici su scala distrettuale	-	
Distretto	Protezione e implementazione di strutture verdi continue, disposizione di bacini di raccolta, piantumazione di alberi	Inclusione di soluzioni verdi nelle iniziative pubbliche e private	Inclusione di soluzioni verdi nelle iniziative pubbliche e private	
Strade e spazi aperti	Disposizione di strutture verdi continue, di pareti verdi ed elementi verdi, rain gardens ecc.	Inclusione di soluzioni verdi nelle iniziative pubbliche e private	Inclusione di soluzioni verdi nelle iniziative pubbliche e private	
Edifici	Disposizione di strutture verdi continue, bacini di raccolta, rain gardens ecc., tetti verdi	Inclusione di soluzioni verdi nelle iniziative pubbliche e private	Inclusione di soluzioni verdi nelle iniziative pubbliche e private	

Tab. 21_ Obiettivi e i azioni adattive del *Copenhagen Climate Adaptation Plan 2011* al UHI effect in base alla scala. Adattato e tradotto da: *Copenhagen Climate Adaptation Plan 2011*, p. 44

L'approccio del piano è interamente distrettuale, basato sulla programmazione di interventi sequenziali e flessibili a tutela degli investimenti messi in campo e sulla realizzazione di isole di ordine locale a garanzia dell'incremento graduale della resilienza della città.

2.2.3 Rotterdam Climate Change Adaptation Strategy 2013

La configurazione orografica di Rotterdam posta sul delta fluviale e la sua natura di porto commerciale di massimo rilievo europeo, attraversato da intensi flussi demografici, commerciali e finanziari, aumenta le condizioni di esposizione della città acutizzando la vulnerabilità al rischio inondazione⁵⁰.



Fig.12_ Rotterdam, Olanda. Edifici in costruzione sulla sponda fluviale. Foto: F. Dell'Acqua, 2018

Le politiche di WSR- Water Sensitive Rotterdam e RCP- Rotterdam Climate Proof, che puntano a rendere la città 100% adattiva entro il 2025, si inseriscono nel contesto dei programmi di ricerca nazionali *Knowledge for Climate* e nel *Delta Programme*, e sono supportate dal network *100 RC- Resilient Cities* finanziato dalla Rockefeller Foundation. Tali politiche collocano la seconda città d'Olanda nella rete delle 100 città RC portandola come esempio virtuoso di una conversione resiliente iniziata circa 10 anni fa e raggiunta con le *Climate Adaptation Strategies 2013*, nell'ambito delle quali sono state sviluppate sperimentazioni progettuali di rilevanza internazionale come la watersquare Benthemplein.

Approcci. Il concetto di città resiliente viene declinato secondo una visione omnicomprensiva del rischio che include svariati shock e stress, e secondo sette qualità (ricorsività, ridondanza, robustezza,

⁵⁰ Qui il rischio flooding si compone di quattro fenomeni: le inondazioni fluviali che possono verificarsi all'altezza dell'estuario, l'aumento del livello de mare, le precipitazioni estreme e l'alterazione del regime delle acque sotterranee.

Box 6. La resilienza nella Rotterdam Resilience Strategy 2013.

Ricorsività

Uso di esperienze pregresse per indirizzare decisioni future

Ridondanza

Capacità propositiva di recupero dopo uno shock

Robustezza

Ricorso a soluzioni robuste, ben concepite e ben gestite

Integrabilità

Capacità di integrare istituzioni, interlocutori e partner

Inclusività

Ricorso a consultazioni collettive nelle fasi di decision making

Flessibilità

Capacità di adattarsi al variare delle circostanze

Attrezzata con risorse multiple

Ricorso ad approcci diversi per usare risorse

integrabilità, inclusività, flessibilità, inclusività, dotazione di risorse multiple, (c.f.r **Box 6**) che indirizzano le politiche. L’approccio agli interventi è distrettuale e basato su progetti-pilota (es. Zoho district, Benthemplein), pensati per fare da catalizzatori nelle aree da rigenerare.

Gli obiettivi della pubblica amministrazione consistono nel rafforzare le strategie di *management crisis* accoppiandole a conoscenze e mappature aggiornate del rischio, e nell’implementare le azioni adattive varate nel 2013 scalando a un livello territorialmente esteso le relative misure e benefici. L’inserimento delle tecnologie ICT (*information and communications technology*) per il rafforzamento tecnologico del sistema di infrastrutture sotterranee e di superficie deputato alla protezione da allagamenti e

precipitazioni estreme viene presentato nei documenti olandesi di politica tecnica come la tattica per la transizione verso la “cyber-resilience” (Rotterdam Resilience Strategy, 2013): la città persegue un adattamento design-based abbinato ad un sistema di *cyber proof critical infrastructure*.

Scenario climatico. Lo scenario climatico al 2100 riporta un aumento dei livelli delle acque di costa e fluviali, delle temperature medie, delle precipitazioni e dei periodi di siccità secondo i valori riportati in **tabella 22**.

SCENARIO CLIMATICO AL 2100	
Aumento livello del mare	+ 50 cm
Incremento precipitazioni annuali	+ 2% 10 gg di eventi di precipitazione estrema con p.r. 10 anni
Incremento temperature medie	+ 3,3°C
Incremento periodi di siccità	+ 23% tasso di evaporazione

Tab. 22 Scenario climatico di Rotterdam al 2100, con anno zero al 1990. Adattato da: Rotterdam Resilience Strategy, 2013, p. 14

Strategie e azioni adattive. Forte di una cultura dell’adattamento alle minacce del fiume radicata nella propria storia, Rotterdam procede per implementazioni progressive nel raggiungimento degli obiettivi climate-proof in parte già soddisfatti nel 2013. Le politiche tecniche sono organizzate secondo due ordini strategici: una **strategia di base**, consistente nell’applicazione di misure adattive spaziali attraverso il rafforzamento di dighe, argini artificiali e barriere interne ed esterne a protezione



Fig. 13_ Rotterdam, orti galleggianti in contenitori di plastica riciclata. La città include il fattore natura urbana ed esplora la fattibilità di alcune pratiche sull'acqua come parte di nuovi, possibili modelli di vita adattivi da adottare in futuro. (foto: A. di Francesco, 2018)

dalle inondazioni lungo il fiume, e una **strategia di seconda battuta** che sfrutta l'insieme delle superfici urbane orizzontali e verticali per contribuire all'adattamento.

Il doppio ordine di strategie si basa sulla constatazione che l'ampia struttura di canalizzazioni, corpi d'acqua artificiali, dighe, sbocchi, banchine sopraelevate e stazioni di pompaggio rappresenta un sistema ingegneristico all'interno e

all'esterno del quale si estende la città (**fig. 14**) costituente la parte robusta ma allo stesso tempo inflessibile della protezione climatica.

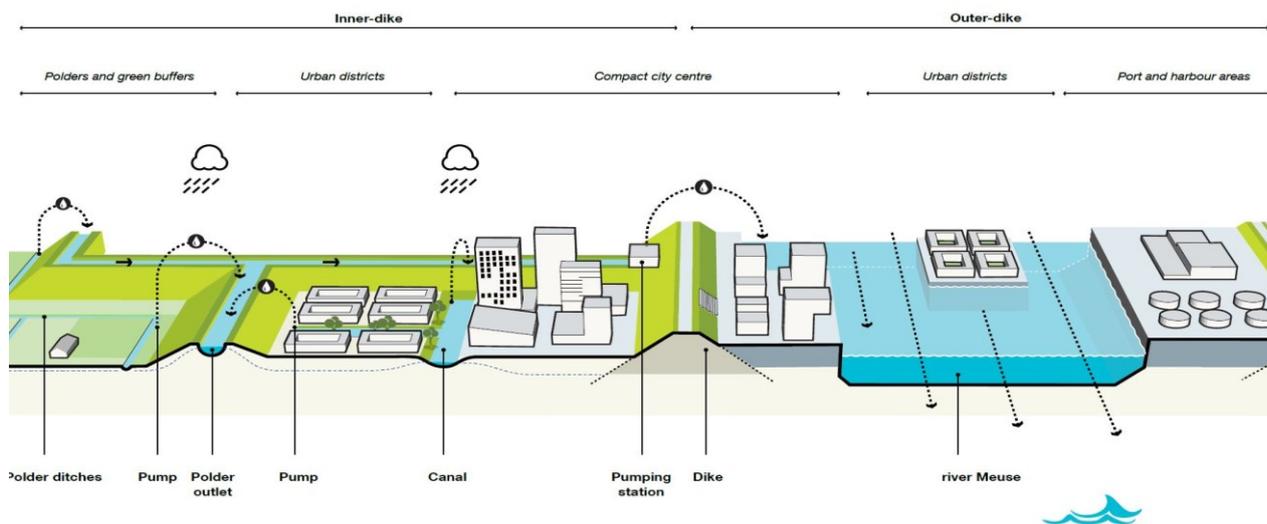


Fig.14_ Schema concettuale dei sistemi interni ed esterni alla città di protezione climatica robusta. Fonte: Rotterdam Climate Change Adaptation Strategy 2013, p. 15.

Per rendere operativa la **transizione dalla robustezza alla resilienza**, Rotterdam deve integrare tale macchina con soluzioni adattive che lavorano in maniera sinergica con il complesso sistema di messa in sicurezza. Qui le politiche inseriscono il potenziale delle soluzioni “morbide” green e blue, da dispiegare nelle zone interne al sistema di dighe (*inner-dike areas*) attraverso l’applicazione su larga scala di misure di piccola scala (tetti e pareti verdi, pavimentazioni e rivestimenti *cool*, giardini a gestione collettiva, *wilderness playground*) e nelle aree esterne (*outer-dike areas*) attraverso la creazione di corridoi verdi e blu come misura multi-obiettivo per rafforzare l’adattamento, l’attrattività e il potenziale rappresentato dall’ecosistema fluviale. L’obiettivo principale è portare la resilienza della città a un grado successivo rispetto al 2013. La **tabella 23** riporta la sequenza **obiettivi-strategie- azioni** adottata per rendere possibile tale aggiornamento dei livelli di resilienza.

OBIETTIVI	STRATEGIE	SCALA	AZIONI
Implementazione dei livelli di <i>climate-proofing</i>	<i>Vertical evacuation planning</i>	Comune	Azioni progressive di: I-prevenzione del rischio flooding, II-adattamento spaziale III- evacuazione delle aree colpite da inondazione
	<i>Adaptive water development</i>	Comune Distretto	Azioni combinate di adattamento e rigenerazione urbana nelle aree a rischio inondazione fluviale e suscettibili di espansione edilizia (es. Feijenord district)
	<i>Spatial adaptation</i>	Comune Distretto	Rafforzamento di dighe, argini artificiali, barriere interne ed esterne ai confini municipali
	<i>Water retention</i>	Distretto Spazi aperti	Inserimento di progetti adattivi di ritenzione delle acque meteoriche finalizzati alla rigenerazione di aree depresse o marginali (es. Zoho district + Benthemplein watersquare, Eendragtspolder district, Nesselande + Zevenhuizerplas, Westersingel)
	<i>Floating city</i>	Edificio	Azioni di adattamento morfologico del costruito attraverso sopraelevazione degli edifici esistenti e costruzione di edifici flottanti (es. Rijnhave, floating pavillon)
	<i>Building with nature</i>	Distretto Spazi aperti Edificio	Corridoi verdi e blu, eventualmente navigabili (es. link verde-blu tra Zuiderpark, Buijtenland park a Rhoon a Zuidpolder a Barendrecht) Inserimento di tetti e pareti verdi, pavimentazioni e rivestimenti cool, collective gardens, wilderness playground, banchine e argini naturalizzati (es. Rozenburg Green Port, Stadshaven)

Tab. 23_ Obiettivi, strategie e azioni adottate dalla Rotterdam Climate Strategy 2013, in base alla scala.

FLOODING		AZIONI	
STRATEGIE			
Combinazione prevenzione + adattamento agli allagamenti		Innalzamento del livello delle proprietà	OUTER-DIKE AREAS
		Rafforzamento ed efficientamento della diga Maeslant	
		Chiusura delle dighe Maeslant e Hartel durante gli eventi di flooding	
		Innalzamento degli edifici	
		Costruzione di edifici flottanti	
	Costruzione di spazi aperti vegetati		
Prevenzione degli allagamenti		Rafforzamento del sistema di dighe e barriere interne (es. rafforzamento della diga Merwe-Vierhavens)	INNER-DIKE AREAS

Tab. 24_Rotterdam, strategie e azioni al flooding previste dal piano.

UHW		AZIONI
STRATEGIE		
		De-impermeabilizzazione delle superfici urbane
		Implementazione di tetti e pareti verdi
Incorporare il verde nella progettazione di edifici e spazi aperti		Inverdimento degli spazi collettivi e privati (es. corti degli edifici)
		Estensione di parchi, giardini e green belt
Informare i cittadini e particolari fasce di età sui danni da heat stress		Inserimento di fontane, specchi e giochi d'acqua negli spazi aperti
		Uso di materiali <i>cool</i>
		Adattamento degli edifici con sistemi di schermature, corretto orientamento delle funzioni interne,

Tab. 25_Rotterdam, strategie e azioni al UHW previste dal piano.

Il rafforzamento del sistema di barriere segue la logica della multi-funzionalità: la trasformazione con interventi di riposizionamento, rinaturalizzazione o integrazioni di vegetazione è finalizzata alla protezione dalle inondazioni e contemporaneamente alla creazione di spazi pubblici accessibili, attraversabili, attrattivi e portatori di valori aggiunti.



Fig. 15_Rotterdam, sistemi adattivi robusti con chiuse fluviali nella *inner dike area*, foto: F. Dell'Acqua, 2018

Allo stesso modo il piano individua le strategie e le azioni specifiche contro le inondazioni (tab.24) e gli effetti dell'incremento delle temperature (tab.25). Nel caso del flooding le strategie sono divise in base ad aree interne al sistema primario di dighe che proteggono la città (*inner-dike areas*, figg. 15, 16, 17) ed esterne (*outer-dike areas*).

Data la natura strategica, lo strumento non riporta indicazioni specifiche sulle famiglie di soluzioni tecnico- spaziali adottate nell'applicare le misure adattive consigliate.



(a)



(b)

Fig. 16_ (a) Rotterdam, canalizzazioni artificiali nella *inner dike area* con dispositivi ad alimentazione fotovoltaica per il monitoraggio del livello delle acque (foto: F. Dell'Acqua, 2018); (b) prototipi di padiglioni adattivi galleggianti ed energeticamente autosufficienti, sperimentazioni nate all'interno della *Climate Initiative Rotterdam* (foto: A. di Francesco, 2018)



Fig. 17_ Rotterdam, sistemazioni spondali nella *inner dike area*, foto: F. Dell'Acqua, 2018

2.2.4. Il piano di adattamento di Berlino *StEP Klima* 2016



Fig.18 Paul, U. *Berlin baut auf*, „Berliner Zeitung“, n. 114, ven. 18 maggio 2018, Foto: F. Dell’Acqua, 2018.

Dal 2011 al 2014, in soli 3 anni, la popolazione berlinese ha registrato una crescita di 175.000 individui (SenStadtUm 2016). Il volume di permessi di costruzione rilasciati tra il 2013 e il 2015 testimonia la crescita della città: nel 2013 sono stati approvati 12.500 appartamenti, altrettanti l’anno seguente e 19.500 nella sola prima metà del 2015 (SenStadtUm 2016).

Nel 2017, 15.669 alloggi sono stati completati riuscendo a soddisfare solo in parte la domanda⁵¹. Berlino sta affrontando una forte crescita demografica legata al nuovo numero di nascite- soprattutto in alcuni quartieri particolarmente adatti alle giovani famiglie come Prenzlauerberg- agli spostamenti di massa dovuti alle migrazioni che coinvolgono le aree del centro Europa, ma anche ai flussi di minore portata legati a necessità lavorative, di formazione o di svago⁵². Condizioni affittuarie vantaggiose, stili di vita dinamici a prezzi accessibili e un’abbondanza di edifici e spazi vuoti hanno aumentato l’attrattività della città, incentivando i fenomeni migratori verso essa (Haid, 2013). L’alto numero di volumi residenziali in fitto⁵³, di cui buona parte sotto forma di WG (*Wohngemeinschaft*, appartamenti in condivisione) e con contratti a breve termine, sollecita un veloce ma continuo ricambio di affittuari, incidendo sulla disponibilità di residenze. Questi fattori, insieme al preoccupante scenario climatico che interesserà la

Box 7. Berlino, Germania_ Dati e dettagli

N. abitanti: 3.562 milioni (dato al 31. 12. 2014)

Crescita demografica: +175.000 ab. (2011-2014)

% fitti: 85% dello stock edilizio

Disponibilità di verde: 44% sup. verde, 440.000 alberi, in media 82 alberi /km

Disponibilità verde-abitanti: 2,2 milioni ab. raggiunge a piedi uno spazio verde distante 500m

% sup. sigillata: 33%, di cui 11% edifici, 22% strade e superfici asfaltate

(Fonte: SenStadtUm. 2015)

⁵¹ C.f.r Paul, U. *Berlin baut auf*, in „Berliner Zeitung“, n. 114, ven. 18 maggio 2018, p. 14

⁵² C.f.r. Dell’Acqua, F., *Il caso di Tempelhof: da aeroporto nazista a parco urbano* in “Meridiana. Rivista di Storia e Scienze sociali”, num. 85, Aree deindustrializzate, Viella, Roma 2016, pp. 181-198.

⁵³ C.f.r *Berlin Strategy. Urban Development Concept 2030*, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin 2015, p. 39

Germania in un prossimo futuro (c.f.r [tab.1](#)), pongono per il Senato⁵⁴ le condizioni di un ripensamento dei modelli di sviluppo urbano nella direzione della resilienza. Questi ultimi dovranno soddisfare da un lato la necessità della città di espandersi per rispondere alla crescente domanda di alloggi ([fig. 18, 19, 20, 21](#); [Box 7-8](#)), dall'altro di fronteggiare gli effetti del cambiamento climatico. La [tabella 1](#) mette a confronto lo scenario demografico con quello climatico, attraverso i dati forniti dal Senato. Sul piano climatico gli studi condotti dagli esperti nell'ambito dell'AFOK 2016 (*A concept for adaptation to the effects of climate change*) hanno sviluppato due scenari, a breve (2031-2060) e a lungo termine (2071-2100), secondo i quali nel 2100 il clima della capitale tedesca potrebbe corrispondere a quello attualmente caratterizzante la città di Tolosa (Senate Department for the Environment, Transport and Climate Protection, 2017).

SCENARIO DEMOGRAFICO		SCENARIO CLIMATICO	
2020	2030	2031-2060	2071-2100
+ 94.000 ÷ 174.000 rifugiati	+ 266.000 pers.	+ 1,2 °C, media delle temperature massime giornaliere in autunno/inverno	+3,2 °C, media delle temperature massime giornaliere in autunno/inverno
		+ 3 ÷ 10%, media annuale delle precipitazioni in inverno e primavera	+ 7,5 ÷ 18%, media annuale delle precipitazioni in inverno e primavera
+ 40.000 pers/anno, attuale tasso di incremento demografico		Aumento del numero di eventi di precipitazione estrema (> 10 mm/giorno), combinati a periodi di siccità	

Tab.26_ Scenario demografico e climatico della città di Berlino a confronto. Adattata da AFOK, 2016.

Dalla [tabella 26](#) emergono tre principali minacce climatiche, ovvero l'aumento delle temperature, dell'intensità delle precipitazioni ([fig. 19](#)) e del numero di eventi di precipitazione intensa, abbinati a periodi di siccità. L'AFOK individua inoltre le estati del 2014 e 2015 come le più critiche, sul piano delle temperature, mai registrate dal 1881.

⁵⁴ Il Senato berlinese corrisponde all'amministrazione comunale italiana



Fig.19_ A.G., *Autobahn gesperrt A100 unter Wasser*, “Autostrada A100 chiusa per inondazione” in „Tagesspiegel-Berlin”, n. 23, 327, ven. 18 luglio 2018, p.9. Foto: F. Dell’Acqua, 2018

La necessità di procedere a operazione di densificazione o *ri-compattazione* (SenStadtUm, 2016) del tessuto edilizio per fronteggiare la scarsità di alloggi espone al rischio di un peggioramento delle condizioni di *heat stress* nel contesto urbano. Pertanto il delicato bilancio che emerge dal confronto degli scenari ha richiesto la messa a punto di strategie e misure mitigative e adattive adeguate, sviluppate nell’ambito del BEK 2030 (*Berlin Energy and Climate Protection Programme*), dal Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt e dal Senate Department for the Environment, Transport and Climate Protection. Nel

2016 tali strategie e misure sono confluite nello ‘StEP Klima’ (StadtEntwicklungsPlan Klima) KONKRET-Climate Urban Development Plan, o Piano di Sviluppo Urbano Climatico. Quest’ultimo rappresenta uno strumento interessante nella casistica europea in quanto “*is addressing future climate change under a*



Fig. 20_ Da sinistra: *Möbliertes Wohnen auf Zeit. Für eine Kulturstadt, die beweglich bleibt*, “Abitare in appartamenti ammobiliati in tempo. Per una città della cultura, che resta flessibile”, a destra: *Für eine Stadt, die Platz für Entscheider macht*, “per una città che fa spazio ai decisori”. Cartelloni pubblicitari diffusi nelle U-Bahn, suggeriscono la crescita del numero di appartamenti in costruzione e una richiesta per una città flessibile, destinata ad un’utenza variegata. (foto: F. Dell’Acqua, 2018, U-Bahn U7- Adenauerplatz station)

deliberately space-oriented planning perspective” (AFOK, 2016). L’amministrazione berlinese, in maniera allineata alle definizioni di ‘adattamento’ attualmente presenti nella letteratura scientifica di settore e nei documenti di politica tecnica (c.f.r. par. 2.3.1.), vede nell’urgenza di adattarsi agli effetti del cambiamento climatico nuove opportunità di sviluppo. “*The compact city of short distances is still*

Box 8. Berlino, Germania_Espansione residenziale prevista.
Dati e dettagli

2025

orizzonte temporale di espansione residenziale

25

numero totale di poli di espansione residenziale

50.000

numero di nuove abitazioni potenziali

7

numero di poli di espansione residenziale con num. abitazioni <1.000

5

numero poli di espansione residenziale con num. abitazioni compreso tra 1.000 e 2.000

13

numero poli di espansione residenziale con num. abitazioni > 2.000

(Fonte: SenStadtUm, 2015)

the paradigm of urban development. It additionally offers many advantages for the goals of climate protection” (Reusswig, Becker et al., 2016). Allo stesso modo la necessità di espansione urbana (c.f.r. **Box 8**) non esclude, bensì sollecita il raggiungimento di obiettivi adattivi e mitigativi. Lo *StEP Klima* agisce in quattro campi d’azione: *bio-clima*, greening urbano, qualità dell’acqua / precipitazioni intense e infine *protezione climatica*, termine corrispondente alle misure mitigative. Queste sono tese a perseguire la strategia di sviluppo urbano principale adottata dal Senato: disaccoppiare la densificazione urbana dai potenziali impatti dei fenomeni di cambiamento

climatico⁵⁵. Il piano risulta di particolare interesse per la peculiarità della doppia necessità che la città sta vivendo, di protezione climatica e di espansione allo stesso tempo.

Si analizzano del piano i seguenti punti:

- Strategie
- Misure adattive e applicazione alla tassonomia urbana

⁵⁵ C.f.r Berlin Umweltatlas, cartografia 02.13.5 *Media annuale di evaporazione da precipitazioni*. La carta mostra il rapporto di inversa proporzionalità tra le superfici sigillate, corrispondenti alle zone di tessuto urbano più denso, e l’evaporazione a seguito delle precipitazioni. C.f.r anche *Analysekarte Bioklima. Warmebelastung am Tagheute und künftig* in Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, *StadtEntwicklungsPlan Klima. Urbane Lebensqualität in Klimawandel sichern*, Berlin 2014, p. 13. La carta mostra che lo stress termico notturno, al 2005 e atteso al 2050, si registra nelle zone maggiormente urbanizzate e con il tessuto costruito più denso.

- Famiglie di soluzioni tecnico-spaziali adattive.

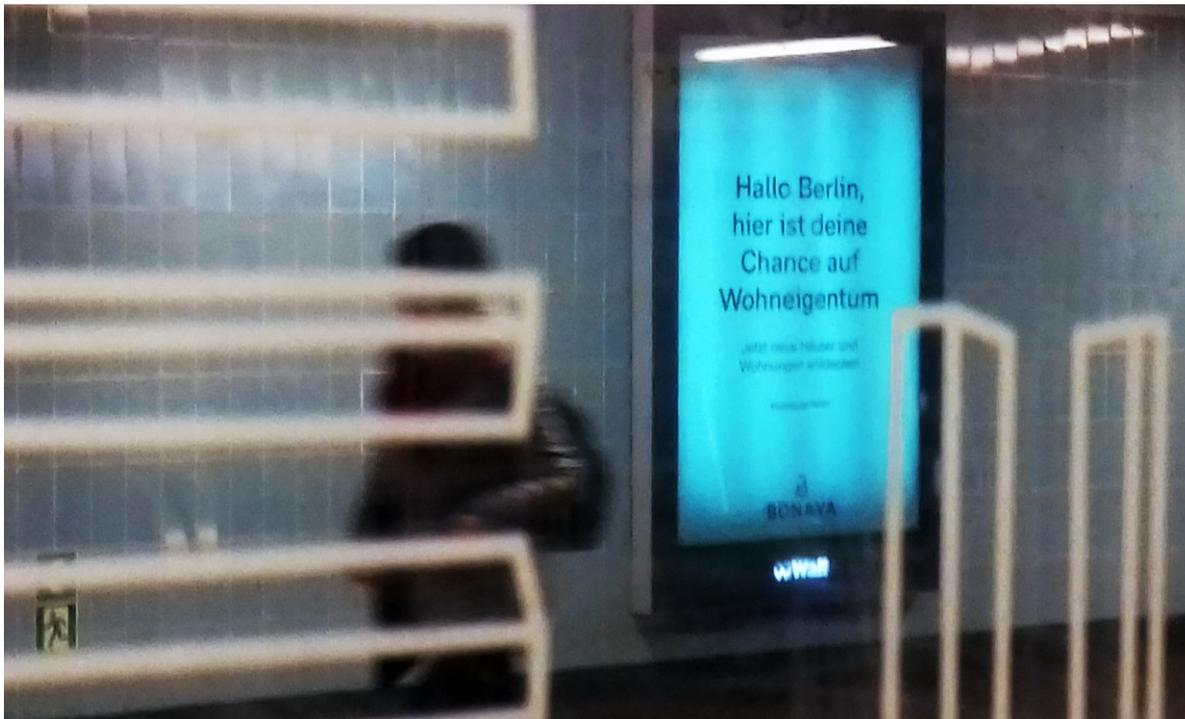


Fig.21_ Hallo Berlin, hier ist deine Chance auf Wohneigentum. Jetzt neue Häuser und Wohnungen entdecken / „Ciao Berlino, qui c'è la tua chance di proprietà. Scopri adesso nuovi appartamenti e case unifamiliari“. La città investe sulla crescita immobiliare. Metropolitana U3, stazione Spichernstrasse (foto: F. Dell'Acqua, 2018)

Strategie. La **tabella 27** riporta le strategie adattive ai fenomeni di flooding e d UHW individuate nello *StEP Klima 2016*. Per i fenomeni di flooding esse rientrano nelle politiche di *Water-sensitive urban development* da tempo adottate dalla municipalità berlinese⁵⁶, incentrate sui seguenti obiettivi:

- Riduzione dell'inquinamento delle acque superficiali a seguito di eventi di precipitazione intensa
- Prevenzione e riduzione dei danni da flooding in seguito a eventi di precipitazione intensa
- Stoccaggio delle acque piovane finalizzato al raffrescamento per evaporazione
- Implementazione delle riserve delle acque di falda

Il piano di adattamento individua come strategia principale la **sponge-strategy**, nella quale le superfici urbane vengono concepite come strumenti capaci di immagazzinare l'acqua in eccedenza dopo un'intensa precipitazione per restituirla per evaporazione/evapotraspirazione durante i periodi di calore, con misure adattive differenziate a seconda dell'elemento urbano complesso preso in esame (c.f.r. **tab. 28**).

⁵⁶ C.f.r. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, *Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung. Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung. Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung*, Berlin 2010

Tali strategie risultano per la città di grande importanza anche alla luce del forte impegno economico che la municipalità ha di recente assunto nell' implementazione dei sistemi di recupero e smaltimento⁵⁷. Quest'ultima, di concerto con la *Berliner Wasserbetriebe*, prevede infatti di aumentare il volume di stoccaggio delle acque cittadine entro il 2020, portandolo da 130.000 mc a 178.000 mc (SenStadtUm 2016). Di pari importanza sono le strategie per fronteggiare eventi e periodi di calura, soprattutto alla luce dei programmi di densificazione previsti. La crescita urbana infatti può contribuire a esacerbare le condizioni di *heat stress* abbinandosi ai fenomeni climatici (ondata di calore e numero di giorni caratterizzati da alte temperature). Ciò influenza la vivibilità di spazi aperti ed edifici, rappresentando un rischio per la salute, in particolare per le fasce deboli della popolazione- bambini e anziani- riducendo il comfort indoor nelle abitazioni e nei luoghi di lavoro, provocando un abbassamento dell'efficienza e della produttività dei lavoratori e inducendo l'uso di sistemi di climatizzazione con il conseguente aumento dei fabbisogni energetici.

STRATEGIE ADATTIVE	
FLOODING	UHW
Infiltrazione	Ventilazione
Stoccaggio	Ombreggiamento
Direzionamento e convogliamento	Inverdimento e greening urbano
Protezione dalla dispersione	Evapotraspirazione
Ritenzione	Rifrazione della radiazione solare

Tab. 27_ Strategie adattive individuate dal piano di adattamento di Berlino. Fonte: testo tradotto da Senats-verwaltung für Stadtentwicklung und Umwelts, *StEP Klima – Stadtentwicklungsplanklima. KONKRET. Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt*, Berlino, giugno 2016, p. 27

Misure adattive e applicazione alla tassonomia urbana. In una prospettiva di adattamento *site-specific*, il Senato di Berlino ha previsto una serie di misure adattive ai fenomeni di flooding e di UHW combinate, ma diverse in base alla tipologia di elementi urbani complessi riscontrati nella città (**tab. 5**). La distinzione di questi ultimi fa ricorso a due macro-criteri, morfologici e legati alla destinazione d'uso. Inoltre, nella selezione degli elementi urbani complessi ai quali applicare le misure adattive il piano adotta i criteri:

- elemento urbano complesso particolarmente esposto a rischio climatico attuale o atteso;
- modificazioni previste o in atti (ricostruzione /densificazione);
- trasferibilità delle misure proposte/ esclusione delle eccezioni;
- alta densità edilizia.

⁵⁷ In merito si veda il programma SPREE 2011, che prevede una serie di sistemi galleggianti di stoccaggio temporaneo delle acque meteoriche e di runoff per decongestionare i sistemi riceventi (fiumi, canali, fogne). Si veda anche il progetto di ricerca *Urban Rainwater Management and Sewage Systems* (KURAS).

N	ELEMENTO URBANO COMPLESSO	CARATTERISTICHE	CRITICITÀ CLIMATICHE	MISURE ADATTIVE PREVISTE
1	Isolato a blocco compatto	<p>Epoca guglielmina</p> <p>Fronti principali in linea, compatti, rivolti alla strada</p> <p>h media 22 m, 5 p.</p> <p>dim corte 100-800 mq</p> <p>Rc >0.30</p> <p>Alto grado di copertura del suolo (cca 85%)</p> <p>Basso potenziale di densificazione</p>	<p>Corti chiuse, scarsa ventilazione</p> <p>Pavimentazione corti impermeabili con vani sotterranei</p> <p>Alto numero tetti inclinati, ridotte possibilità di intervento con tetti verdi piani</p> <p>Condizioni proprietarie altamente eterogenee</p>	<p>Operazioni di greening nelle corti: de-impermeabilizzazione delle superfici, Inserimento di alberature</p> <p>Tetti blu/ verdi sugli isolati suscettibili di densificazione</p> <p>Utilizzo di materiali ad alto indice di albedo e bassa emissività</p> <p>Raffrescamento tramite superfici verdi poste in collegamento diretto con le corti</p> <p>Elementi di schermatura sui fronti degli edifici esposti a sud</p> <p>Edifici di nuova costruzione: tetti blu/verdi per la ritenzione/recupero delle acque meteoriche, greening dei prospetti rivolti a sud</p> <p>Edifici esistenti: greening dei prospetti</p> <p>Ombreggiamento tramite alberature del lato sud dell'isolato</p> <p>Estensione alla strada: piazzole e slarghi con funzione di stoccaggio delle acque piovane durante precipitazioni intense</p>
2	Isolato con edifici in linea	<p>Epoca 1920-1930</p> <p>Bassa densità demografica, 165 pers/ edificio</p> <p>Alto potenziale di densificazione</p> <p>Orientamento prevalente E-W</p>	<p>Alta esposizione al soleggiamento</p>	<p>Ventilazione e raffrescamento tramite superfici verdi concentrate su un lato dell'isolato</p> <p>Costruzione di un fronte di edifici compatto a protezione dalle superfici termicamente caricate (strade e piazze) sul lato opposto dell'isolato</p> <p>Urban wetlands con funzione di raffrescamento posizionate tra le stecche</p>
3	Isolato con edilizia residenziale sparsa di nuova costruzione	<p>Tipologie edilizie altamente eterogenee</p> <p>Edifici prevalentemente multipiano</p>	<p>Non specificato</p>	<p>Ventilazione e raffrescamento tramite superfici verdi concentrate su un lato dell'isolato</p> <p>Vasche di ritenzione dell'acqua piovana</p> <p>Urban wetlands con funzione di raffrescamento</p> <p>Ombreggiamento/greening delle facciate esposte al soleggiamento</p> <p>Tetti verdi</p> <p>Trincee per l'infiltrazione delle acque piovane</p>

4	Complessi scolastici	Epoca precedente al 1945 Epoca successiva al 1945, maggiore potenziale di densificazione	Soleggiamento delle classi per molte ore al giorno, in base all'orientamento	Ritenzione temporanea delle acque piovane tramite superfici a prato e superfici destinate ad attività sportive Aree di sosta/relax ombreggiate all'interno dei cortili Utilizzo di materiali ad alto indice di albedo e bassa emissività Tetti blu/verdi come coperture di eventuali volumi di ampliamento Drenaggio delle superfici impermeabili tramite trincee e wetlands Raffrescamento tramite superfici verdi
5	Superfici a uso commerciale e industriale	All'interno del <i>Ring</i> prevalenza di edifici multi-piano All'esterno del <i>Ring</i> prevalenza di parchi industriali/per il business con edifici mono-piano	Grado di copertura del suolo 60-80% Basso rapporto verde/costruito Estese superfici a parcheggio impermeabili Estese superfici a prato con scarsa efficacia evapotraspirativa Causa dimensioni estese, influiscono negativamente sulle aree residenziali vicine	Aree di sosta/ manovra con funzione di ritenzione temporanea delle acque piovane Combinazione di tetto verde+ sistemi FV per la produzione energetica Tetti blu/verdi su edifici h max 10m Trincee per l'infiltrazione delle acque piovane Bacini di raccolta dell'acqua con funzione di raffrescamento
6	Strade, larghi e piazze	Rappresentano il 10-20% della superficie della città Presenza di c.ca 80 alberature/km	Alto grado di impermeabilizzazione delle superfici	Trincee per l'infiltrazione delle acque piovane Punti di sosta per l'aggregazione ombreggiati con alberature Watersquare per la ritenzione delle acque piovane Giochi d'acqua, fontane
7	Parchi e superfici verdi	Rappresentano il 44% della superficie della città	Grandi parchi con significativa efficacia di raffrescamento situati prevalentemente all'esterno del <i>Ring</i> , lontano dalle zone residenziali	Urban wetlands Assenza di ostacoli/ barriere tra il primetro del parco/superficie verde e gli edifici beneficiari del raffrescamento

Tab. 28_ Misure adattive associate agli elementi urbani complessi della città di Berlino. Testo tradotto da: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, *StEP Klima – Stadtentwicklungsplanklima. KONKRET. Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt*, Berlino, giugno 2016, pp. 52-72.

Famiglie di soluzioni tecnico-spaziali adattive. A scopo di guida lo *StEP Klima* stabilisce, in termini qualitativi, l'efficacia adattiva delle principali famiglie di soluzioni tecniche da applicare a edifici e spazi aperti (tab. 29).

		EDIFICI		SPAZI APERTI
		COPERTURE	INVOLUCRO OPACO VERTICALE	URBAN WETLANDS SYSTEMS
EFFICACIA ADATTIVA	+	Tetto blu piano o inclinato per la ritenzione delle acque meteoriche con vegetazione	Greening con vasche orizzontali o verticali in facciata e sistema di irrigazione	Specchi d'acqua con vegetazione ad alto tasso di evapotraspirazione, canne e giunchi
		Tetto <i>blu e verde</i>	Greening della facciata con vegetazione rampicante e radici livello suolo	Trincee con vegetazione ad alto tasso di evapotraspirazione
		Tetto verde intensivo con funzione di ritenzione/ tetto- giardino con terrazza	Ombreggiamento con schermature/ alberature	Superfici verdi irrigate con acqua piovana
		Tetto verde estensivo con funzione di ritenzione / tetto verde abbinato a sistema FV	Rivestimento di facciata con alto indice di albedo	Sistemi di vegetazione galleggiante
		Copertura in ghiaia con funzione di ritenzione		Giochi d'acqua, fontane
		Copertura con alto indice di riflettanza		Specchi d'acqua allineati trasversalmente alla direzione dei venti prevalenti
PRESTAZIONE		Raffrescamento Ritenzione delle acque meteoriche	Raffrescamento Ritenzione delle acque meteoriche	Raffrescamento

Tab. 29_ Efficacia delle famiglie di soluzioni secondo il piano di adattamento di Berlino. Tradotto da: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, *StEP Klima – Stadtentwicklungspunklima. KONKRET. Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt*, Berlino, giugno 2016, pp. 30, 34 e 40.

L'analisi dello *StEP Klima* è utile per osservare una **metodologia** atta a individuare le strategie adattive e affrontare la distinzione e selezione degli elementi urbani complessi di un tessuto urbano molto articolato come Berlino. In particolare dalla **tabella 28** emergono le seguenti riflessioni:

- le superfici verdi con funzione di raffrescamento per evapotraspirazione necessitano di essere collocate in prossimità e in collegamento diretto con i volumi o lo spazio aperto da raffrescare,
- i tetti blu (c.f.r. **tab. 28**) sono suggeriti principalmente in caso di edifici di nuova costruzione, dato il carico aggiuntivo che rappresentano per il quale sono sconsigliate in caso di edifici storici

- la combinazione delle misure adattive segue sovente il principio di “**carico e scarico termico**” (tab. 28, riga 2), in base al quale si può ottenere un effetto di raffrescamento posizionando aree verdi su un lato dell’isolato e costruendo sul lato opposto un fronte di edifici compatto a protezione dalla strada che tende a caricarsi termicamente per irraggiamento solare. In questo caso è auspicabile ombreggiare con alberture il fronte esposto all’irraggiamento per evitare discomfort sia lungo la strada che all’interno degli edifici.

- si fa ampio ricorso a *urban wetlands* con funzione sia di rallentamento / trattamento delle acque meteoriche che di raffrescamento,

- si estendono le misure per gli spazi aperti adottate al livello dell’isolato alle strade adiacenti per raggiungere la massima efficacia adattiva.

GLOSSARIO

EbA Ecosystem based Approach. Approccio progettuale strategico e flessibile che mette a sistema le funzioni della natura, i relativi servizi erogati, le strategie adattive intraprese dall’uomo e le soluzioni nature- based

NBS. Soluzioni tecniche soft transcalari, aggregabili, inclusive di o ispirate ai meccanismi e ai processi funzionali della natura, integrabili in modo variabile con soluzioni tecnico spaziali di tipo hard per l’adattamento ai fenomeni da cambiamento climatico

Tetto blu. Sistema di copertura inclinato o piano in grado di raccogliere ed eventualmente archiviare le acque meteoriche. La tipologia inclinata prevede elementi di cordolo a distanza regolare per creare vasche basse di raccolta dell’acqua piovana. La tipologia piana prevede uno strato con struttura alveolare per immagazzinare l’acqua e una valvola per il rilascio e rallentamento del flusso

Urban wetlands. Zone umide artificiali con funzione di buffer (rallentamento del deflusso) per le acque meteoriche e di trattamento tramite filtri in ghiaia e vegetazione, eventualmente destinate anche ad usi ricreativi. Comunemente prevedono 1) canale di ingresso dell’acqua, 2) area di ritenzione dove avviene la separazione e rimozione di detriti e sedimenti, 3) ulteriore area di ristagno dell’acqua dove avviene la separazione di fogliame e altro materiale organico, 4) filtro granuloso in materiale roccioso, 5) area per la circolazione libera dell’acqua con vegetazione superficiale e/o sommersa, 6) canale di uscita

BIBLIOGRAFIA

Processi antropici, impatti climatici

McHarg, I., *Progettare con la natura*, 1969, Franco Muzzio Editore, 2007

Georgiadis, T., *REBUS2. RENovation of public Buildings Spaces. Cambiamenti climatici ed effetti sulle città*, Dispensa 1.3, Regione Emilia Romagna, 2015.

Losasso, M., *Progettazione ambientale e caratteri della disciplina architettonica* in Rigillo, M., "Oltre la siepe. Scenari di ricerca per il progetto ambientale", Editoriale scientifica, Napoli 2013, pp. 237-241

Fenomeni del cambiamento climatico

Akbari, H., Bell, R., Brazel, T., Cole, D., Estes, M., Heisler, G., Hitchcock, D., Johnson, B., Lewis, M., McPherson, G., Oke, T., Parker, D., Perrin, A., Rosenthal, J., Sailor, D., Samenow, J., Taha, H., Voogt, J., Winner, D., Wolf, K., Zalph, B. *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Urban Heat Island Basics*, developed Climate Protection Partnership Division in U.S. Environmental Protection Agency's Office of Atmospheric Programs, disponibile a <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-06/documents/basicscompndium.pdf>

IPCC, 2012: Glossary of terms. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. *A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 555-564.

Adaptive design, Rigenerazione urbana

Ahern, J., *Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design*, in *Landscape Ecology*, 28, 2013, pp.1203–1212

Angelucci, F., Cellucci, C., Di Sivo, M., D. Ladiana, D., *Qualità misurabile e qualità vissuta della città. La rigenerazione urbana come riconnessione tecnologica tra risorse, spazi, abitanti*, in "Techne Journal of Technology for Architecture and Environment", 10, FU Press, Firenze 2015, p.69.

Burdett, R., *Infrastrutture, spazio pubblico ed edilizia di alta qualità nei processi di rigenerazione urbana a Londra*, in "Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment", 10, 2015, pp. 19-23.

Cappochin, G., (a cura di) *Ecoquartieri: strategie e tecniche di rigenerazione urbana in Europa*, 6. Biennale Internazionale di Architettura Barbara Cappochin, Marsilio, Venezia 2014.

Cole, R. J. *Regenerative Design and Development: current theory and practice*, in "Building Research & Information", Vol.40, Issue 1, 2012, pp. 1-6.

- Ercan, M. A. *Challenges and conflicts in achieving sustainable communities in historic neighbourhoods of Istanbul* in *Habitat International*, 35, 2, 2011, pp. 295-306
- Faroldi, E., *Strategie rigenerative per il territorio, la città, l'architettura*, in "Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment", 10, FU Press 2015
- Guallart, V. (2014), *The Self-Sufficient City*, Actar Publishers New York, NY, USA
- Kato S, Ahern J., *Learning by doing: adaptive planning as a strategy to address uncertainty in planning* in "Journal of Environmental Planning and Management", 51, 4, 2008, pp.543-559
- Lerner, J. (2014), *Urban Acupuncture*, Island Press, Washington DC, USA
- Lister, N-M., 2007. *Sustainable large parks: ecological design or designer ecology?* In: Hargreaves, G., Czerniak, J. (Eds.), *Large Parks*. Architectural Press, New York, Princeton, NJ, pp. 35-54.
- Losasso, M., *La ricerca tecnologica per l'architettura: fondamenti e avanzamenti disciplinari*, in Claudi de Saint Mihiel, A. (a cura di), "Tecnologia e progetto per la ricerca in Architettura", Clean, Napoli 2014, pp. 7-14
- Losasso, M., *Rigenerazione urbana: prospettive di innovazione*, in "Techne Journal of Technology for Architecture and Environment", 10, 2015, p. 4-5
- Musco, F., *Rigenerazione urbana e sostenibilità*, Franco Angeli, Roma, 2009. Pagani, R., *Rigenerazione urbana e percorsi di innovazione*, in "Techne Journal of Technology for Architecture and Environment", 10, 2015, p. 11-15
- Ratti, C., Beswick, C. A., Tsenkova, S. (2002), *Overview of Urban Regeneration Policies*, in Tsenkova, S. (Ed.), *Urban Regeneration. Learning from the British Experience*, University of Calgary/Faculty of Environmental Design, Calgary, CA. Claudel, M. (2015), *Open Source Architecture*, Thames & Hudson
- Rigillo, M., *Strategie europee per la ricerca e la cultura tecnologica del progetto, quali prospettive?* in Bellini, O. E., Ciaramella, A., Daglio, L., Gambaro, M. (a cura di), "La progettazionetecnologica e gli scenari della ricerca", Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna, 2018, pp. 177-182
- Roberts, P. (2000), *The evolution, definition and purpose of urban regeneration*, in *Urban Regeneration*, Roberts, P., Sykes, H. (a cura di), Sage, London, UK, pp. 9-36
- Roberts, P., Sykes, H., *Urban Regeneration: a handbook*, SAGE, 2000, pp. 6-10.
- Rogers, R. (2005), *Toward an Urban Renaissance*, Urban Task Force, London, UK
- Schiaffonati, F. (1996), *Il recupero del dismesso urbano*, in *Proceedings of del XXVI Incontro di Studio CESET, La riqualificazione delle aree metropolitane: quale futuro?*, Milano, IT.
- Battisti, A., Tucci, F., *Rigenerazione urbana tra qualità ambientale, gestione delle risorse e coesione sociale / Urban regeneration featuring environmental quality, the management of resources and social cohesion*, in "Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment", 10, FU Press 2015, pp. 141-152.

Vicari Haddock, S. and Moulaert, F., a cura di, *Rigenerare la città. Pratiche di innovazione sociale nelle città europee*, Il Mulino, Bologna, IT, 2009

Zaffagnini, M. (1980), *La lunga strada verso la qualità urbana*, prefazione in Lombardi, E., *Modelli abitativi e utenza: l'esperienza danese. La lunga strada verso la qualità urbana*, BE-MA, Milano, IT

Zazzerò, E., *Ecoquartieri. Temi per il progetto urbano sostenibile*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna, 2014

Urban retrofit, urban renewal, urban redevelopment

Adams, D., Hastings, *Urban renewal in Hong Kong: transition from development corporation to renewal authority* in *Land Use Policy*, 18, 2001, pp. 245–258

Ascione, P., Bellomo, M., (a cura di), *Retrofit per la residenza. Tecnologie per la riqualificazione del patrimonio edilizio in Campania*, Clean, Napoli 2012

Boeri, A., Antonini, E., Gaspari, J. and Longo, D. (2015), *Energy design strategies for retrofitting. Methodology, technologies and applications*, Wit Press, Southampton, NY, USA

Couch, C., *Urban renewal: theory and practice*, Macmillan Education, London 1990, UK

Couch, C., Sykes, O., Börstinghaus, W., Thirty years of urban regeneration in Britain, Germany and France: the importance of context and path dependency, in "Progress in planning", 75, pp. 1-52, 2011

Dixon, T., Eames, M., *Scaling up: the challenges of urban retrofit* in *Building Research & Information*, Vol. 41, No. 5, 2013, pp. 499–503

Eames, M., *Developing urban retrofit scenarios: An outline framework for scenario foresight and appraisal*, Retrofit 2050 Working Paper WP 2011/4

Living Cities, Institute for Sustainable Communities, *Scaling Up Building Energy Retrofitting in U.S. Cities. A Resource Guide for Local Leaders*. Version 1.0, 2009, pp.1-75, disponibile a <https://www.livingcities.org/resources/19-scaling-up-building-energy-retrofitting-in-u-s-cities-a-resource-guide-for-local-leaders>

Stafford, A., Gorse, C., Shao, L., *The Retrofit Challenge: Delivering Low Carbon Buildings*, Centre for Low Carbon Futures, Leeds 2011, UK

Veronesi, S., Rinaldi, A., Rebecchi, S., *Retrofit e rigenerazione urbana. Il progetto EPOURBAN*, Edicom, Monfalcone 2014

Wang, H., Shen, Q., Tang, B., Lu, C., Peng, Y., Tang L., *A framework of decision-making factors and supporting information for facilitating sustainable site planning in urban renewal projects*, *Cities*, 40, 2014, pp. 44–55

Zheng, H. W., Qiping Shen, G., Wang, H., *A review of recent studies on sustainable urban renewal*, *Habitat International*, 41, 2014, pp. 272-279

Green Infrastructure, Ecosystem Services

Ahern, J., *Greenways as a planning strategy*, Landscape and Urban Planning 33, 1995, pp.131-155

Ahern, J., *Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design* in Landscape Ecology, 28, 2013, pp.1203–1212

Ahern, J., Cilliers, S., Niemelä, J., *The concept of ecosystem services in adaptive urban planning and design: A framework for supporting innovation* in Landscape and Urban Planning 125, 2014, pp. 254–259

Benedict, M.A., McMahon, E. T., *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century*, Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series, Washington, 2002

Brown, R. D., Vanos, J., Kenny, N., Lenzholzer, S. *Designing urban parks that ameliorate the effects of climate change*, Landscape and Urban Planning 138, 2015, pp. 118–131

Connop, S., Vandergert, P., Eisenberg, B., Collier, M. J., Nash, C., Clough, J. Newport, D. *Renaturing cities using a regionally-focused biodiversity-led multifunctional benefits approach to urban green infrastructure*, Environmental Science & Policy 62 (2016), pp.99–111

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S., J., Kubiszewski, I., Farber, S., Turner, R. K., *Changes in the global value of ecosystem services*, in Global Environmental Change 26, 2014, pp. 152-158

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M., *The value of the world's ecosystem services and natural capital*, in Nature, Vol. 387, May 1997, pp.253-260

Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S., Grasso, M., *Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go?* in Ecosystem Services, 28, 2017, pp.1–16

EEA- European Environmental Agency, *Green infrastructure and territorial cohesion. The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems*, Technical Report No. 18, 2011

Geneletti, D., Zardo, L., *Ecosystem-based adaptation in cities: An analysis of European urban climate adaptation plans*, Land Use Policy 50 (2016), pp. 38–47

Gill, S.E., Handley, J.F., Ennos, A.R., Pauleit, S., *Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure*, Built Environment, Vol. 33, No. 1, Climate Change and Cities, Alexandrine Press 2007, pp.115-133

Malcevschi, S., Bisogni, G.L., *Infrastrutture verdi e ricostruzione ecologica in ambito urbano e periurbano*, in "TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment No.11, Infrastructure, FU Press, Firenze 2016, pp. 33-39

MEA- Millennium Ecosystem Assessment, *Ecosystem and Human Well-being: a Framework for assessment*, Island Press, 2003

MEA, - Millennium Ecosystem Assessment, *Living Beyond Our Means: Natural Assets and Human Well-being. Statement from the Board*, 2005

Roberts, D., Boon, R., Diederichs, N., Douwes, E., Govender, N., McInnes, A., Spires, M., *Exploring ecosystem-based adaptation in Durban, South Africa learning-by-doing at the local government coal face*, in *Environment and Urbanization*, 24, 1, 2012, pp. 167-195

Rigillo, M., *Infrastrutture verdi e servizi eco-sistemici in area urbana: prospettive di ricerca per la progettazione ambientale*, in "TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment No.11, Infrastructure, FU Press, Firenze 2016, pp. 59-65

Sandström, S., *Green infrastructure planning in urban Sweden*, in *Planning Practice and Research*, Vol. 17, 2002, pp. 373-385.

TEEB- The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: *A synthesis of the approach, conclusions and recommendations f TEEB*, 2010

Zölcha,T., Maderspachera,J., Wamslerb, C., Pauleit, S., *Using green infrastructure for urban climate-proofing: An evaluation of heat mitigation measures at the micro-scale*, in *Urban Forestry & Urban Greening* 20, 2016, pp. 305–316

EbA, NBS

Biggs, R., Schlüter, M., Schoon, M. L., a cura di, *Principles for Building Resilience. Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*, Cambridge University Press, 2015

Burns, M.J., Fletcher, T.D., Walsh, C.J, Ladson, A.R., Hatt, B.E., *Hydrologic shortcomings of conventional urban stormwater management and opportunities for reform*. *Landscape and Urban Planning* 105, 3, 2012, pp. 230–240

CBD Convention on Biological Diversity, *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation. Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*, CBD Technical Series No. 41, Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2009

EU European Commission, *Towards a strategy on climate change, ecosystem services and biodiversity. A discussion paper prepared by the European Union Ad Hoc Expert Working Group on Biodiversity and Climate Change*, 2009

EU- European Commission, *Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities. Final report of the Horizon 2020 expert group on 'Nature-based solutions and re-naturing cities'*, march 2015, disponibile a

<https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fb117980-d5aa-46df-8edc-af367cddc202>

Ezechieli, C., *Architettura dell'acqua. La progettazione del ciclo delle acque con tema di architettura e opportunità*, in "IoARCH", No.162, gen./feb. 2016, pp. 17-20

McHarg, I. *Progettare con la natura*, 1969, Franco Muzio Editore (ediz. 2007)

Olivier, J., Probst, K., Renner, I., Riha, K., *Ecosystem-based Adaptation (EbA) A new approach to advance natural solutions for climate change adaptation across different sectors*, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Aug. 2012

Davis, M., Neumann, S., Making the Case for Sustainable Urban Drainage Systems as a Nature-Based Solution to Urban Flooding, in Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., Bonn, A. (Eds.), "Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. Linkages between Science, Policy and Practice", Springer International Publishing AG, 2017, pp.123-137

Depietri, Y., McPhearson, T., *Integrating the Grey, Green, and Blue in Cities: Nature-Based Solutions for Climate Change Adaptation and Risk Reduction* in Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., Bonn, A. (Eds.), *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. Linkages between Science, Policy and Practice*, Springer International Publishing AG, 2017, pp. 91-110

Munang, R., Thiaw, I., Alverson, K., Mumba, M., Jian Liu, J., Rivington, M., *Climate change and Ecosystem-based Adaptation: a new pragmatic approach to buffering climate change impacts*, Current Opinion in Environmental Sustainability No., 5, 2013, pp.67–71

Mussinelli, E., Tartaglia, A., Bisogni, L., Malcevschi, S., *Il ruolo delle Nature-Based Solutions nel progetto architettonico e urbano*, in *Techne - Journal of Technology for Architecture and Environment*, No.15, Architectural resilience, pp. 116-123, FU Press, Firenze 2018.

City of Copenhagen- Technical and Environmental Administration, SLA Architects, *Climate adaptation and Urban Nature, development catalogue*, Copenhagen 2016

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen C, Maginnis, S (Eds) *Nature-based solutions to address global societal challenges*, IUCN International Union for Conservation of Nature, 2016, p. 97

SITOGRAFIA

<https://ec.europa.eu/research/environment/index.cfm?pg=nbs>
www.sla.dk

Piani di adattamento climatico

'No Regrets' Charter. Principles for Climate Change Adaptation in Cities, chaired by City of Berlin, Senate Department for Urban Development and the Environment, 2015

Dell'Acqua, F., *Il caso di Tempelhof: da aeroporto nazista a parco urbano* in "Meridiana. Rivista di Storia e Scienze sociali", num. 85, Aree deindustrializzate, Viella, Roma 2016, pp. 181-198

Reusswig, F.; Becker, C.; Lass, W.; Haag, L.; Hirschfeld, J.; Knorr, A.; Lüdeke, M.K.B.; Neuhaus, A.; Pankoke, C.; Rupp, J., Walther, C.; Walz, S.; Weyer, G.; Wiesemann, E., *Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Berlin (AFOK). Klimaschutz Teilkonzept Zusammenfassung*. Potsdam, Berlin 2016

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, *04.11 Climate Model Berlin - Planning Advices Urban Climate*, Berlin 2016

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, *Berlin Strategy. Urban Development Concept 2030*, Berlin 2015

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, *StadtEntwicklungsPlan Klima-KONKRET. Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt*, Berlin 2016

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, *StadtEntwicklungsPlan Klima. Urbane Lebensqualität in Klimawandel sichern*, Berlin 2014

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, *Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung. Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung. Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung*, Berlin 2010

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, *Stadtentwicklungsplan Wohnen 2025*, Berlin 2014

Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und UmweltHamburger, *Das Klimaschutzkonzept*, Hamburg, August 2011

Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für die Umwelt und Energie (BUE), *Der Klimawandel ist schon Realität! Chancen, Risiken und Maßnahmen für Hamburger Unternehmen*, Hamburg, Januar 2018

The city of Copenhagen, *Copenhagen Climate Adaptation Plan*, 2011

The city of Copenhagen, Technical and Environmental Administration, *Cloudburst Management Plan*, 2012

The city of Copenhagen, *Climate Change Adaptation and Investment Statement*, part 1, oct. 2015

The city of Copenhagen, *Climate Change Adaptation and Investment Statement*, part 2, oct. 2015

Rotterdam Resilience Strategy. Consultation dokument, 2013

SITOGRAFIA

<http://www.recycledpark.com/>

www.kk.dk/klima

www.urbangreenbluegrids.com/measures/urban-wetlands/

03

Selezione e analisi dei casi studio



Berlino, sistemi di soluzioni tecniche adattive per gli spazi aperti
(foto: Dell'Acqua, 2018)

1 La produzione tecnico-culturale di riferimento per le NBS. Condizioni di selezione per la ricerca

La produzione tecnico-culturale di riferimento in materia di NBS comprende molteplici approcci. Il termine NBS tiene insieme in un'accezione tecnica l'applicazione di approcci diversi. Come descritto nel [par. 2.1.4](#), ciò varia in base alla matrice culturale di riferimento, che produce soluzioni BMP (Best Management Practices) e LID (Low Impact Development) negli Stati Uniti, WSUD (Water Sensitive Urban Design) in Australia e SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems) nella cultura anglosassone. Per quanto indicato con terminologie differenti, i principi di funzionamento, oggetto d'indagine nella tesi, sono gli stessi o simili, e comuni ai vari approcci. Pertanto, in una logica di studio transcalare, si è preso a riferimento la produzione culturale dell'Europa centrale e settentrionale come base teorico-scientifica della tesi in coerenza con gli studi condotti nel dipartimento berlinese, e per la produzione tecnica la manualistica statunitense, in quanto esempio dotato di un approccio segnatamente pragmatico idoneo a scendere di scala e ad appropriarsi degli aspetti operativi. Non ci si focalizza sulla comparazione delle varie manualistiche reperibili in base ai tanti approcci con cui questi sono declinabili, ma si sceglie un piccolo ventaglio che espone le conoscenze con un approccio pratico al sapere.

A livello dei casi studio la produzione tecnico-culturale di riferimento ha trovato nell'area tedesca e nord europea, in linea con l'esperienza berlinese, la collocazione geografica per l'osservazione diretta di esempi ritenuti efficaci e aderenti alla manualistica.

3.2 Approccio transcalare e criteri di selezione dei casi studio

I casi studio presi in esame sono stati selezionati allo scopo di indagare l'approccio EbA e le soluzioni nature-based come elementi, culturali e progettuali, applicabili attraverso varie scale. Pertanto l'approccio *ecosystem-based* e la **transcalarità** rappresentano i **criteri a monte** dell'individuazione e dell'indagine dei casi studio.

Per adottare un punto di vista transcalare si osservano i casi percorrendo tre livelli di scala e di conoscenza:

- **livello distrettuale**: si descrive il distretto urbano adattivo esaminando le sperimentazioni di Amburgo (i distretti di Wilhelmsburg e Veddel, St Georg e Winterhude-Süd) e Copenaghen e individuando in esse gli studi condotti e i progetti realizzati, a scala di edificio e di spazi aperti, rappresentativi o riconducibili all'approccio EbA.

- **livello sub-distrettuale con progetti-pilota**: si individuano 6 casi studio di progetti adattivi europei, a loro volta in base a **criteri adatti a tale livello**, affrontati tramite schedatura
- **livello di dettaglio**: si analizza la manualistica tecnica di settore di riferimento nel campo delle NBS.

3.3 Il distretto urbano adattivo

Gli studi di Kevin Lynch pongono le basi per una lettura della forma della città, individuando gli elementi che rendono lo spazio urbano fisicamente riconoscibile e mentalmente mappabile. Tra questi- *paths, edges, nodes, landmarks*- figura, già nel 1960 con *The Image of the City*, la nozione di *district* come area definita da bidimensionalità, attraversabilità e caratteristiche identificative comuni. Quello del distretto, preso sia individualmente che in combinazione con gli altri quattro elementi, appare sin dai principali studi sulla forma urbana un concetto-guida rilevante per la città e per le sue modalità di conoscenza. Chiarezza e leggibilità acquistano particolare significato “se l’ambiente è esaminato nelle dimensioni di estensione, tempo e complessità” (Lynch, 1960, p.3). Emerge l’importanza di un approccio sistemico all’indagine delle parti urbane nella loro articolazione.

Nel quadro di un approccio sistemico alla progettazione di aree evidentemente significative in quanto distinguibili e controllabili, non si possono tenere fuori dall’equazione gli aspetti **ecosistemici** - ambientali, sociali ed economici - sulla cui base i distretti, parti della città, si dilatano, si ingrandiscono o si spopolano e in ogni caso mutano. I contributi dell’urban ecology hanno definito le analogie tra ambiente urbano e naturale esaminando come la città, organismo dinamico al pari dell’essere vivente, si evolve seguendo processi di “successione” tipici del mondo naturale e secondo i principi darwiniani di competizione e sopravvivenza. La scarsità di risorse porta a una condizione di rivalità tra le comunità che producono suddivisioni della città. Queste rappresentano nicchie ecologiche in grado di offrire adeguate risorse agli individui che le abitano e che condividono comportamenti sociali simili, finché restano invariate le condizioni ambientali. Nel tempo ciò provoca differenziazioni degli spazi urbani, in cui si sviluppano aree maggiormente desiderabili nel centro cittadino seguite da fasi di spostamento degli abitanti verso le zone periferiche (Park, Burgess, 1925 citati da Brook, Dunn, 2011). Se rivalità e competizione sono elementi qualitativi propri della città che cambia, **estensione, popolazione e densità** sono tra i parametri quantitativi del distretto come sua parte discreta.

La città si evolve per **porzioni** dinamiche attraversate da conflitti e da fasi di equilibrio o scompenso ambientale ed economico. Esse in grado di auto-apprendere e di riorganizzarsi dopo le crisi e vivono in continuo cambiamento. Tali caratteristiche avvicinano il concetto di distretto a quello di **SSE- sistema socio-ecologico complesso**, dotato di una propria capacità di resilienza (c.f.r. [cap. 1, par 1.3.3](#)). Posto che l’orizzonte è quello di un equilibrio dinamico in condizioni gnoseologiche incerte ed entropiche, dove si

sovrappongono elementi tangibili e immateriali, il **distretto urbano adattivo** può essere considerato come la dimensione fisica e concettuale entro la quale raggiungere stati di ordine locale. Non potendo rendere una città resiliente agli effetti dei cambiamenti climatici in maniera estensiva, e alla luce dei principi di sostenibilità economica che pongono dei limiti alla portata degli interventi, molte metropoli europee stanno applicando le strategie adattive messe a punto nei piani optando per trasformazioni puntuali ma distribuite, che garantiscano lo sviluppo edilizio entro ragionevoli frontiere spaziali e ambientali. Si conferma la teoria della crescita nei limiti (Rockström, Klum, 2015) e dell'epistemologia del confine (Tagliagambe, 1997). La dimensione del distretto diventa uno spazio progettuale entro cui produrre valori economici e ambientali, ricerca, sperimentazione e innovazione, e dalla quale aspettarsi un'efficacia di adattamento con ricadute apprezzabili sul resto della città. Le riserve di adattamento sono variabili e influenzabili dalla progettazione. Un distretto urbano adattivo deve poter includere le istanze di temporaneità, contingenza e flessibilità come prerequisiti per l'adattamento e applicarle alle sue parti (elementi urbani complessi, edifici, spazi aperti, infrastrutture) in termini morfologici e funzionali. Contestualmente deve assicurare operazioni di espansione per far fronte sia alla crescita che alla diversificazione demografica. I fenomeni, sempre più diffusi nelle grandi città europee, di differenziazione culturale, linguistica e sociale nella composizione degli abitanti rendono necessari modelli flessibili di incremento edilizio e contemporaneamente di integrazione sociale.

Le città nord e centro-europee, mete di flussi migratori per l'alta qualità della vita e l'attrattività lavorativa, stanno applicando strategie di "crescita adattiva" testandole nella dimensione distrettuale. Emblematico è il caso di Amburgo, che attraverso i programmi dell'*IBA- Internationale Bauausstellung Hamburg* lavora in maniera programmatica sul livello distrettuale creando nuove zone di espansione residenziale e commerciale all'interno delle proprie aree di margine e periferiche, e procedendo allo stesso tempo a operazioni di rigenerazione urbana.

Verso il distretto urbano adattivo. Wilhelmsburg e Veddel. Il modello amburghese di intervento a scala distrettuale è basato su un *holistic district development* (IBA, 2017) e consiste in un approccio olistico e *design-based* (c.f.r. [fig.22](#)), fondato su una linea di obiettivi- strategie- azioni (c.f.r. [tab. 30](#)) che mira a garantire l'espansione con qualità abitativa, l'adattamento e la rigenerazione delle aree di margine della città. Queste ultime risultano esposte principalmente al rischio flooding, e alcune di esse sono state duramente colpite in passato dall'innalzamento delle acque dei canali su cui si affacciano. Ciò ha disposto la programmazione di una serie di interventi specificamente localizzati ma variamente dislocati che partono dai margini della città e progressivamente interessano il centro (Pein, 2017). Dall'inizio del programma di costruzioni edilizie nel 2011 fino al 2017 la P.A. di Amburgo ha approvato in totale 66.875



Fig. 22_ Prospetto riassuntivo del *Holistic district development approach* dell'IBA Hamburg. Fonte: elaborazione propria

unità abitative, che rientrano negli obiettivi amministrativi di incrementare l'attrattività, fornendo la disponibilità residenziale necessaria a una città economicamente e logisticamente in espansione. Le principali strategie per consentire una tale crescita al contempo adattiva e rigenerativa sono:

✓ *Upgrading without replacing*: strategia di creazione di nuovi spazi e servizi preservando il carattere dei distretti (es. Wilhelmsburg), rinnovando/rigenerando o implementando le

aree esistenti.

- ✓ *Interlinking topics*: messa a sistema nella progettazione dei topic di adattamento climatico, di riduzione dei fabbisogni/autosufficienza/ efficientamento energetico (da cui *eco-distretto*), di comunicazione e marketing del processo progettuale, pensato per includere P.A., investitori e cittadini durante tutte le fasi.
- ✓ *Sustainable mobility*: programmi di mobilità sostenibile di affrancamento dai mezzi di trasporto privati e rafforzamento dei sistemi ciclopedonali (da cui *eco-distretto*)
- ✓ Mix funzionale: ogni distretto è multi-carattere e multi-obiettivo, in quanto dedicato a più funzioni prevalenti e paritarie (c.f.r [Tab.2](#), *main topic*).

IBA HAMBURG HOLISTIC DISTRICT DEVELOPMENT		
OBIETTIVI	STRATEGIE	AZIONI
✓ Perseguire la qualità ambientale	✓ <i>Upgrading without replacing</i>	✓ Mix edilizia residenziale/ uffici/ commerciale
✓ Perseguire la qualità abitativa	✓ <i>Interlinking topics: climate, energy, communication & marketing</i>	✓ Valorizzazione/ implementazione degli spazi verdi
✓ Garantire il mix sociale	✓ Interventi in aree già infrastrutturate	✓ Ricorso a sistemi di energia rinnovabile/ autosufficienza energetica
✓ Garantire attrattività per un range ampio di gruppi sociali differenziati	✓ Mobilità sostenibile	✓ Ricorso a sistemi di mobilità sostenibile
✓ Garantire processi di tipo <i>long-term success</i>		
✓ Creazione di posti di lavoro		

Tab. 30_ Obiettivi/strategie/ azioni del *Holistic district development* IBA Hamburg, prospetto riassuntivo.

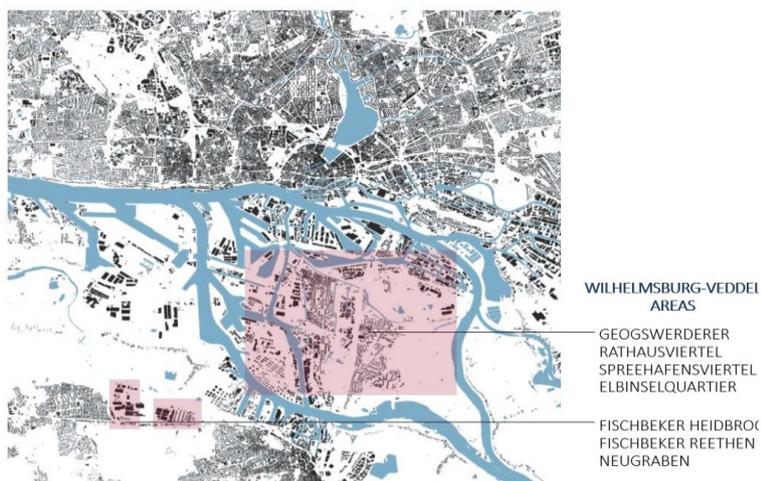


Fig.23_ Amburgo, Schwarzplan, Isola di Wilhelmsburg- Veddel con suddivisione in eco-distretti. Fonte: elaborazione propria su base cartografica del *Hamburg Schwarzplan* disponibile a <https://schwarzplan.eu/>

L'amministrazione di Amburgo ha scelto di procedere alla rigenerazione di Wilhelmsburg e di Veddel, insieme costituenti l'isola compresa tra il ramo nord e quello sud del fiume Elba. Con un'estensione di 35 kmq, rappresenta il distretto più esteso della città, tanto da rendere necessario per la P.A. la suddivisione degli interventi in ulteriori porzioni associabili a degli eco-distretti (c.f.r. **Tab.31**).

Attualmente la popolazione inurbata consta di 50.000 abitanti, con bassa densità demografica (il distretto centrale di Eimsbüttel ospita lo stesso numero in 1/10 dell'estensione) e un alto potenziale di espansione. Il capitale naturale disponibile è costituito da *wetlands*, campi, aree agricole e produttive e porzioni di foresta localizzate lungo il fiume. Un sistema di dighe protegge l'area, sottoposta rispetto al livello del Nordsee, dai fenomeni di alta marea (c.ca 3 mt). Nel 1962 un'inondazione colpisce Amburgo provocando 12.000 sfollati e 300 vittime, la maggior parte delle quali concentrate a Wilhelmsburg, che nel corso dell'anno seguente viene abbandonata perdendo la funzione residenziale.

I livelli di esposizione al rischio flooding, abbinati alla presenza di importanti svincoli stradali e ferroviari, infrastrutture e reti logistiche, linee ad alto voltaggio e aree di smistamento dei containers ha reso tale zona contemporaneamente ad alto rischio e poco attrattiva, generando condizioni di marginalità e degrado. A questi ultimi contribuiscono gli aspetti percettivi maturati attraverso gli elementi di lettura spaziale: il ramo nord dell'Elba funge da margine fisico ma soprattutto mentale, separando concettualmente l'isola dal centro e stringendola tra le sue superfici portuali.

Nel 2004, dopo una lunga fase di coinvolgimento dei cittadini conclusasi con il *White Paper 2002*, l'amministrazione locale lancia il progetto *Leap across the Elbe* e procede alla partizione dell'isola in eco-distretti multi-funzione e obiettivo, operando in una logica di adattamento al rischio flood e di rigenerazione dell'area. È interessante notare il processo di partizione che individua 6 eco-distretti con una media di 40 ha di estensione, e le relative tempistiche di realizzazione, tutte a breve-medio termine, concentrate nell'intervallo 2019-2025. In questo esempio **tempi, una perimetrazione areale** oculata e **programmi sincronici** di costruzione pongono le basi per un progetto fattibile e *long-term success*.

ECO-DISTRICTS: THE IBA PROJECT

	ELBINSELQUARTIER	SPREEHAFENVIERTEL	RATHAUSVIERTEL	
	Area: 47 ha	Area: 20 ha	Area: 32 ha	
	Housing: 2.100	Housing: 1.000	Housing: 1.300	
	Industry: 28.000 mq	Industry: 22.000 mq	Industry: 34.000 mq	
	Green areas: 5,5 ha	Green areas: -	Green areas: 2,3 ha	
	Timing: 2025	Timing: 2025	Timing: 2023	
MAIN TOPIC				
	Area: 11,6 ha	Area: 54 ha	Area: 70 ha	
	Housing: 180	Housing: 1.200	Housing: 2.200	
	Industry: 15.000 mq	Industry: 5.000 mq	Industry: 67.000 mq	
	Green areas: 2,3 ha	Green areas: 1,7 ha	Green areas: 8,7 ha	
	Timing: 2023	Timing: 2019	Timing: 2022	
MAIN TOPIC				

Tab.31 Il programma dell'IBA Hamburg, prospetto riassuntivo. Per ciascun eco-distretto sono riportate le aree di progetto, le superfici in base alla funzione, le tempistiche previste per l'ultimazione e i *main topic*, ovvero le funzioni principali che definiscono la vocazione e i caratteri prevalenti dell'area. Fonte immagine: elaborazione propria. Fonte dati: IBA Hamburg GmbH, *Stadt neu Bauen. Unternehmensportrait*, Hamburg, Sept. 2017

Il processo ha visto la partecipazione dei cittadini attraverso workshop, eventi pubblici e il lavoro di comitati multidisciplinari impegnati a definire i vari bandi di concorso. Iniziato nel 2007, il processo ha visto concludersi una prima fase nel 2010 con la presentazione di 60 progetti divisi in tre macro-temi: *Cosmopolis* (progetti rivolti all'integrazione multiculturale), *Metrozones* (nuova espansione) e *Cities and climate change* (progetti ambientali mirati alla sostenibilità e all'autosufficienza energetica del distretto). *Metrozones* si articola ulteriormente in sotto-temi in cui trovano spazio sperimentazione e prototipazioni attraverso edifici-pilota: *Hybrid houses* (abitazioni adattive a flessibili rispetto agli usi degli utenti), *Smart material houses* (sperimentazioni di materiali innovativi), *Smart price houses* (sperimentazioni sull'ottimizzazione del rapporto costo-qualità) e *Waterhouses* (sperimentazioni adattive al flooding in combinazione con i temi dell'autoproduzione energetica).

Wilhelmsburg Central. Il distretto di Wilhelmsburg Central nell'Elbeinselquartier vede applicato l'approccio sperimentale in una serie di edifici-pilota concepiti secondo una progettazione *climate-oriented*. Alcuni di questi combinano soluzioni tecniche contemporaneamente mitigative e adattive, con un'efficacia considerevole a scala distrettuale o che mira a elargire i relativi vantaggi al di fuori del singolo edificio. I risultati riguardanti la gestione energetica sono raccolti tramite web o dispositivi cellulari dalle varie stazioni di misurazione e valutati dall'Institute for Building Services and Energy Design (IGS) presso la Technische Universität Braunschweig. Nel loro insieme i progetti rappresentano una prototipazione puntuale ma dislocata, che attribuisce al distretto un carattere sperimentale e di applicazione di innovazione di progetto e prodotto. La **tabella 32** analizza quattro progetti IBA, the *Green House* (#01), *Smart House* (#02), *Water Houses* (#03) e *BIQ House* (#04), selezionati in quanto ritenuti esemplificativi dell'approccio sperimentale e degli obiettivi mitigativi o mitigativo-adattivi perseguiti nell'ambito dell'operazione di rigenerazione del distretto.

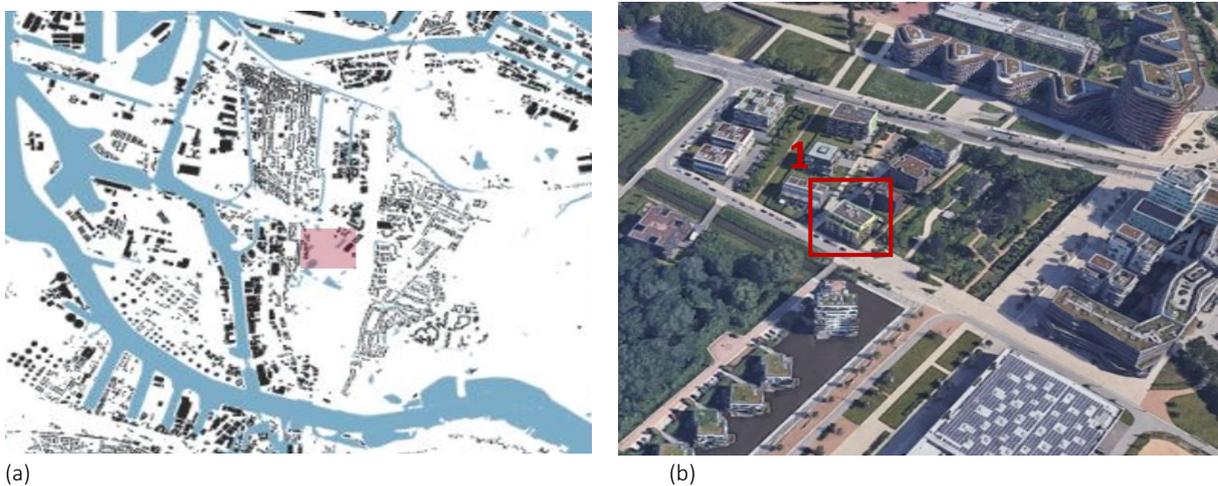


Fig.24_ (a) area del distretto Wilhelmsburg Zentral, (b) il progetto *BIQ House* (1) vista aerea. Fonti: immagine (a)-rielaborazione propria su base cartografica del *Hamburg Schwarzplan* disponibile a <https://schwarzplan.eu/>, immagine (b)- rielaborazione propria sulla base di foto satellitare Google Maps.

I casi 01 e 02, incentrati sull'autoproduzione energetica interamente da fonte rinnovabile, presentano un carattere segnatamente mitigativo teso alla riduzione dei gas climalteranti. I casi 03 e 04 perseguono obiettivi mitigativi e adattivi combinati, sfruttando il fattore naturale per contribuire all'adattamento dell'edificio. Con il progetto *Water Houses* l'acqua diventa una superficie edificabile su cui costruire tramite sistema a pali e immagazzinare l'acqua di overflow grazie a un bacino di ritenzione collegato alla rete di canali adiacenti.

#01

M

THE GREEN HOUSE



Dati dimensionali: 14 unità residenziali (86-127 mq), 5 livelli

Investimento: 4,4 milioni € finanziati da *Hamburg Climate Protection Concept*

Standard energetico: Passive House Plus

Sistema di produzione energetica: solare termico e FV

Fine lavori: 2013

Monitoraggio: progetto di ricerca «EnEff: Stadt-IBA Hamburg» in collaborazione con TU Braunschweig

Lo standard dell'edificio è Passiv House Plus, ed è in grado di generare più energia di quanto consumi. La facciata è composta da 2 sistemi: moduli FV alloggiati nelle balauste dei balconi e unità di solare termico in copertura per fornire energia per la climatizzazione invernale e per soddisfare il fabbisogno di energia elettrica. Il fronte sud presenta moduli di verde verticale con piante rampicanti che forniscono una protezione dall'eccesso di calore durante il periodo estivo. L'involucro è composto di uno strato isolante di PCM – *Phase Change Material* – un materiale il cui stato fisico corrisponde a uno stato aggregato costantemente tra la fase solida e la fase liquida, in grado di mantenere il livello di temperatura interna costante per lunghi periodi. La quantità di energia prodotta in eccesso dal sistema FV viene direzionata verso due stazioni per la ricarica delle auto elettriche.

#02

M

THE SOFT HOUSE



Dati dimensionali: 4 unità indipendenti da 3 livelli

Investimento: 2,1 milioni € finanziati da *Hamburg Climate Protection Concept*

Standard energetico: Passive House

Sistema di produzione energetica: sistema FV mobile, geotermico

Fine lavori: 2013

Monitoraggio: progetto di ricerca «EnEff: Stadt-IBA Hamburg» in collaborazione con TU Braunschweig

Il progetto presenta un sistema di schermatura in facciata concepita come un tessuto mobile di FV, in grado di seguire i raggi solari per ottimizzare la produzione di energia solare. È costituita da 4 case a schiera standard Passiv House. La membrana – un film sottile di celle FV esposta a sud – genera energia e contemporaneamente, tramite la forma conferitagli, fa da schermatura al livello superiore, che ospita la zona living. Essendo gli elementi della schermatura mobili, i residenti possono controllare la quantità di radiazione solare in ingresso nel living. Il “solar curtain” è fatto di strisce di membrana indipendenti, la cui parte inferiore può muoversi e ruotare. La struttura – a eccezione delle fondazioni – è in pannelli portanti in legno.

#03

M+A

THE WATER HOUSE



Dati dimensionali: water tower: 9 livelli, 22 unità residenziali (60-129 mq);

4 unità triplex: 12 unità residenziali (123-130 mq)

Investimento: 11 milioni € finanziati da *Hamburg Climate Protection Concept*

Standard energetico: Passive House

Sistema di produzione

energetica: geotermico e solare termico

Fine lavori: 2013

Monitoraggio: progetto di ricerca «EnEff: Stadt-IBA Hamburg» in collaborazione con TU Braunschweig

Il progetto ha previsto la realizzazione di un bacino di 400 mq, connesso alla rete di canali, che funge da serbatoio di detenzione. Al centro del bacino sono collocate le waterhouses, che formano un insieme di 4 unità triplex + una watertower, un edificio a torre. Ciascuna waterhouses ha un appartamento distribuito su tre livelli, con accesso separato e balcone galleggiante sull'acqua. La torre contiene 22 appartamenti, e una terrazza galleggiante comune. Il progetto vuole dimostrare come un sito esposto al rischio flooding possa rappresentare un'occasione di progettazione adattiva al flooding e allo stesso tempo mitigativa in quanto energeticamente efficiente.

#04

M+A

THE BIQ HOUSE



Dati dimensionali: 15 unità residenziali (50-120 mq), 4 livelli

Investimento: 5 milioni € finanziati da *Hamburg Climate Protection Concept*

Standard energetico: Passive House

Sistema di produzione energetica: solare termico, geotermico

Fine lavori: 2013

Monitoraggio: progetto di ricerca «EnEff: Stadt-IBA Hamburg» in collaborazione con TU Braunschweig

I pannelli in vetro che compongono i moduli in facciata sud-est e sud-ovest sono riempiti con alghe che fungono da biomassa per la produzione di energia. Al loro crescere corrisponde un cambio di aspetto della facciata per colore e movimento. L'esposizione sud-ovest e sud-est consente di incamerare calore e favorire la crescita delle alghe. I pannelli così concepiti contribuiscono al controllo della luce, mentre la biomassa e l'energia termica sono prodotti attraverso un processo di fotosintesi attraverso la luce solare. Il calore prodotto attraverso il sistema a biomassa è reso direttamente disponibile agli appartamenti tramite scambiatori termici.

M_ caso mitigativo; M+A_ caso mitigativo + adattivo

Tab. 32_ Progetti sperimentali dell'IBA Hamburg a Wilhelmsburg Central, Amburgo, dati tecnici e descrizione. Fonte: Fuy, A., Hansing, A., Reckschwardt, R., IBA Hamburg Reiner Müller (Eds), *Towards a new city. A guide to the Elbe Islands and the projects of the IBA Hamburg*, IBA GmbH. Hamburg 2012. pp. 99: 103: 105: 114: www.iba-hamburg.de. foto: Anita Bianco. 2018

Con *BIQ House* l'elemento naturale, le alghe, consente la produzione di biogas e contemporaneamente l'adattamento dell'edificio alle condizioni di irraggiamento solare.

Di seguito si approfondisce il caso **#04 The BIQ House** (fig.25 e Tab.32), selezionato in quanto rispondente ad alcuni principi dell'adaptive design, ovvero **multi-obiettivo** e **multi-funzionalità**, e perché inclusivo di **approccio ecosistemico** e componente **nature-based**.



Fig.25_ BIQ House, vista fronte sud-est della facciata in pannelli bioreattori (foto: Anita Bianco, aprile 2018)

BIQ House, innovazione di prodotto. Il progetto dell'edificio residenziale BIQ House ricade nel tema dell'IBA 2017 "Casa Ibrida" e si basa su un *holistic energy concept* (IBA, 2017) che mette a sistema biomassa, collettori solari e impianto geotermico in un unico ciclo di produzione energetica indipendente da fonti fossili. Questa avviene in loco e rende l'edificio autosufficiente, oltre a fornire un surplus eventuale che può essere immagazzinato e destinato alla rete elettrica del distretto.

L'involucro dell'edificio è un bioreattore multifunzionale di 200 mq di estensione e si articola in una successione di pannelli in doppio vetro (3 x 0.60 m) con una camera interposta riempita di acqua e microalghe (\varnothing 3 ÷ 5 micron) (IBA, 2017). Il calore catturato dai pannelli esposti a sud-est e sud-ovest determina condizioni favorevoli per lo sviluppo delle alghe che crescono grazie alla temperatura e alla luce solare. Esse vengono raccolte e separate in due componenti, ovvero biomassa e terreno di coltura (IBA, 2017). Quest'ultimo può essere reimpresso in circolo per supportare la produzione di nuovi microrganismi, mentre la biomassa viene indirizzata in un contenitore e immagazzinata per alcuni giorni a 5°C. Successivamente viene convertita in metano tramite un impianto per il biogas capace di raggiungere un livello di efficienza pari all'80%. Una cella a combustibile interviene nel processo fornendo alle alghe la CO₂ di cui hanno bisogno, e fungendo al tempo stesso da magazzino di stoccaggio dell'anidride carbonica (IBA, 2017). Le alghe infatti vengono mantenute in vita con nutrienti liquidi e CO₂, erogati per mezzo di una miscela acqua-aria che aiuta il processo mantenendo le sostanze in sospensione. Il lato dei pannelli esposto all'irraggiamento prevede dei collettori a piastra, nella cui cavità circola il mezzo di coltura necessario all'allevamento (IBA, 2017). Per ottimizzare il calore solare utile alla coltivazione, il fronte posteriore del pannello è costituito da un vetro bianco antiriflesso e all'interno

di un'intercapedine di 30 cm posteriore all'involucro sono alloggiati i cavi di alimentazione e scarico dei pannelli (IBA, 2017).

Con una resa giornaliera di 15 g di biomassa secca per metro quadro, la conversione in biogas produce circa 4.500KWh/anno, che riescono a soddisfare il fabbisogno di un nucleo familiare (4.000 KWh/anno c.ca) (IBA, 2017). L'esposizione sud-est /sud-ovest fa sì che i pannelli assolvano al compito sia di produzione energetica che di ombreggiamento durante il periodo estivo e di controllo della luce solare durante l'anno.

Approccio eco-sistemico. Il bioreattore è concepito per fare contemporaneamente da *nursery* per le alghe che crescono sulla base del processo fotosintetico attivato da luce e calore solare, e per trasformare una sostanza a basso contenuto energetico (biomassa) in una ad alto contenuto energetico (biogas) tramite fermentazione (IBA, 2017). Le alghe sono coltivate nell'involucro che determina l'ambiente adeguato per la loro moltiplicazione, consentendo al materiale vegetale di dividersi anche due volte al giorno (IBA, 2017) generando così nuovi organismi a propria volta produttori di energia. Il sistema produce dunque in modo autonomo e **auto-rigenerativo**, permettendo la chiusura del ciclo. Le



Fig.26 BIQ House, dettaglio del pannello bioreattore sul fronte sud-est (foto: Anita Bianco, aprile 2018)

condizioni progettuali e ambientali - esposizione e irraggiamento- la divisione dei microrganismi e la produzione energetica sono correlati in modo sistemico: la sinergia tra le fasi deve permettere la proliferazione e l'accumulo del materiale vegetale, la conversione in metano, il consumo dell'energia prodotta, e infine lo stoccaggio e l'immissione in rete del surplus. Quest'ultima rappresenta la distribuzione alla scala del distretto dei benefici del processo. La tecnologia, in quanto sotto forma di pannelli e sviluppabile su superfici estese, presenta un scalabilità e un'applicabilità su edifici pubblici, commerciali, a uso ufficio e infrastrutture ed è potenzialmente in grado di produrre energia e archiviare o minimizzare la CO₂ su dimensione più ampia.

Approccio processuale e ciclo chiuso. Il calore accumulato dai pannelli e non impiegato nel processo di maturazione delle alghe viene convogliato nel solare termico, nella logica dell'integrabilità dei sistemi e del pieno utilizzo della contributo solare che fornisce energia per il riscaldamento degli appartamenti e per la produzione di acqua calda (IBA, 2017). Il surplus di calore prodotto dai pannelli può essere indirizzato alla rete elettrica del distretto o immagazzinato a livello del terreno per il riscaldamento degli appartamenti durante l'inverno o il preriscaldamento dell'acqua a uso domestico durante l'anno. Quando necessario una pompa di calore aumenta la temperatura del sistema da 16°C a 35°C e due accumulatori forniscono l'apporto di calore necessario per le esigenze degli appartamenti, assicurando rispettivamente una temperatura di 35°C per il condizionamento invernale e 70°C per l'acqua calda (IBA, 2017). L'impianto è gestito da una centrale comandata da un PC responsabile dell'automazione dell'edificio, dal monitoraggio dei pannelli al geotermico ai collettori solari, garantendo anche il controllo delle condizioni di crescita delle microalghe. Il ciclo di input e output si chiude nello sfruttamento dell'intero contributo solare, nel reimpiego del terreno di coltura e nella continua riproduzione delle alghe da cui dipende la resa energetica.

Approccio prestazionale. Il sistema eroga prestazioni adattive nel fornire ombreggiamento e controllo della luce in ingresso durante il periodo estivo e al tempo stesso mitigative nella funzione di stoccaggio e impiego della CO₂ e nella produzione energetica interamente da fonte rinnovabile. Ciò risulta aderente ai principi della progettazione *climate-oriented* che si configura multi-obiettivo e multi-funzione. Parimenti la tecnologia applicata, in questo caso *hard engineering*, attribuisce una qualità estetica mutevole all'involucro, che attraversa nel tempo varie gradazioni di verde in base alla quantità di organismi presenti nei pannelli al momento, di aria insufflata e al gradiente di CO₂. Pertanto il sistema - *nature based* in quanto bio-pelle a base vegetale e a processo fotosintetico- funziona in regime dinamico e variabile. Infine l'intensificarsi dei toni del verde in facciata rende visibile sia agli utenti che dall'esterno il processo di abbattimento della CO₂, esplicitando e rendendo leggibile la tecnologia (IBA, 2017).

3.3.1 Casi studio di livello distrettuale. I quartieri di St Georg e Winterhude-Süd ad Amburgo

Nel 2011 la città di Amburgo ha varato, attraverso il documento *Das Hamburger Klimaschutzkonzept*, una serie di obiettivi di mitigazione e di misure programmatiche di protezione dalle inondazioni (c.f.r. **cap. 2, par. 2.2.1**). Nel quadro dei principi sanciti dal piano di adattamento di Amburgo, la municipalità è impegnata a sperimentare l'applicazione di misure adattive a scala di distretto urbano. Ne sono una prova gli studi condotti dalla HCU- Hafen City University nel 2017 in materia di analisi della vulnerabilità, applicabilità e simulazione dell'efficacia delle misure adottate sui distretti di Winterhude e di St. Georg.



Fig. 27_ Amburgo. Localizzazione dei distretti di Winterhude (n.1) e di St. Georg (n. 2). Elaborazione propria su base cartografica del *Hamburg Schwarzplan* disponibile a <https://schwarzplan.eu/>

Il primo, per le particolari condizioni orografiche, risente maggiormente degli effetti dei fenomeni di pluvial flooding e runoff, mentre il secondo è interessato principalmente dagli effetti delle ondate di calore a causa della scarsità di verde e delle condizioni di ventilazione sfavorevoli (c.f.r. **tab. 1**).

Winterhude è un quartiere a nord del lago Alster, prospiciente l'omonimo canale, di 54.826 abitanti. St Georg (10.800 abitanti) è situato a est del centro storico (Altstadt) e si protende sullo stesso lago. I casi sono stati selezionati in quanto portatori di una metodologia per l'applicazione complessiva su scala distrettuale di misure specifiche per il flooding e l'ondata di calore, offrendo l'opportunità di osservare come due fenomeni diversi vengono affrontati nella stessa città e dalla stessa amministrazione a distanza di pochi chilometri. La natura delle informazioni di seguito riportate, desunte da uno studio della HCU, porta dunque un punto di vista differente rispetto a quello dei casi *design-based* (scala sub-distrettuale con progetti progetti-pilota) o all'impostazione pratico-operativa della manualistica, rappresentando un arricchimento metodologico-processuale.

La **tabella 33** mette a confronto i due siti e risulta di interesse per evidenziare i parametri presi in considerazione nello studio per definire le criticità. Si segnala che Winterhude-Süd corrisponde a una

porzione, quella meridionale, sulla quale vee codotto lo studio, e non copre l'intera estensione del distretto.

	WINTERHUDE-SÜD	ST. GEORG
PARAMETRI		
1 Superficie [ha]	48,72 ha	106,25 ha
2 Densità abitativa [ab/ km ²]	7214 ab/ km ²	6008 ab/ km ²
3 Densità [n piani]	Media di 5 piani	Media di 5.7 piani
4 Grado di impermeabilizzazione delle superfici [%]	Circa il 72%; meno superfici stradali e più superfici non sigillate su proprietà private	Circa l'80%; valore più alto di Winterhude-Süd, ma maggiore la superfici di verde pubblico
5 Rapporto superficie di traffico veicolare / n. alberature [m ² /alberatura]	177 m ² di superficie stradale per alberatura	216 m ² di superficie stradale per alberatura

Tab. 33_ Amburgo, i quartieri di Winterhude-Sud e St. Georg a confronto. Rieditato graficamente e testo tradotto da HCU Hafen City Universität, *Wissensdokument. Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren*, Tutech Verlag, Hamburg April 2017, p.44, traduzione propria.

Winterhude e St Georg presentano delle differenze: oltre alla subito evidente diversità di estensione delle aree perimetrata dallo studio, il primo viene considerato più omogeneo del secondo per funzioni e destinazioni d'uso, prevalentemente commerciali e residenziali, sul piano delle tipologie edilizie entrambi presentano isolati a blocco (Blockrandbebauung), declinati a St Georg con la corte centrale. Le diversità morfologico-topografiche fanno si che le superfici urbane di St Georg abbiano maggiore facilità di defluire in caso di forti piogge, mentre la struttura del tessuto di Winterhude ostacola in alcuni punti il deflusso. Le condizioni di raffreddamento soprattutto notturne sono migliori a Winterhude per la vicinanza all'Alster, mentre peggiori per il secondo distretto svantaggiato dalla densità edilizia che interrompe la circolazione dei flussi di aria fredda.

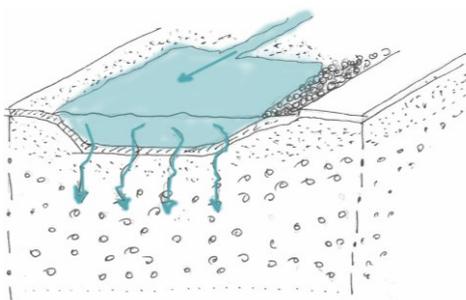


Fig.28_ Immagine esemplificativa di una trincea per la raccolta delle acque meteoriche.

Il caso del distretto di Winterhude-Süd. Nel 2011 un evento di precipitazione estrema colpisce la città di Amburgo. Secondo i dati forniti dalla *Hamburg Wasser*, in 70 minuti cadono al suolo 48 mm di acqua, paragonabili al valore delle precipitazioni medie di Amburgo dell'intero mese di giugno, pari a 74 mm totali. I danni vengono in parte ricondotti ai sistemi di drenaggio stradali ostruiti dal fogliame e alla carenza di valvole per il troppopieno. La conformazione del distretto di Winterhude-Süd – profili stradali, posizione/densità degli edifici, presenza di cordoli

e muri di confine- ostacola il naturale deflusso delle acque meteoriche. I maggiori danni vengono arrecati alla Polchaukamp, alla Mühlenkamp e alla Gertigstraße, tracciati che attraversano la zona sud

di Winterhude. Lo studio evidenzia le funzioni vulnerabili del distretto quali asili infantili, residenze con seminterrati o usi piano terra con ingressi al di sotto della quota stradale e garage sotterranei e la prossimità ad avvallamenti o a vie di deflusso delle acque.

Misure adattive al pluvial flooding e al run-off. Per combattere gli effetti delle precipitazioni intense vengono studiate dalla HCU una serie di misure adattive da applicare in maniera estensiva sull'area, rivolte agli edifici e agli spazi aperti. Un fattore importante da diversificare è la condizione proprietaria (superfici private o pubbliche).

Per gli **edifici**, che occupano il 36% della superficie di Winterhude, le possibilità di *greening* delle coperture con ricorso a tetti verdi viene accertata a seguito dell'analisi storica del tessuto edilizio per classi d'età, in base alla quale viene associata una soluzione diversa (c.f.r. **tab.35**), dove per alcune fasce storiche l'intervento di *greening* viene consigliato previo accertamento statico

Classe d'età degli edifici	Intervento consigliato
1919-1948	Sconsigliati gli interventi di <i>greening</i>
1950	Tetto verde "leggero", h. strato vegetato 5 cm
1960	Tetto verde, h. strato vegetato 12 cm

Tab.35_ Intervento di *greening* delle coperture consigliato per classi di età degli edifici. Adattato e tradotto da: HCU, *Wissensdokument. Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren* 2017.

Come misure adattive sugli **spazi aperti privati**, quali corti interne degli edifici e aree pertinenziali, viene immaginata l'applicazione di due famiglie di soluzioni: trincee di superficie (**fig. 28**) e trincee sotterranee in plastica con fondo in ghiaia per la raccolta delle acque meteoriche. Per entrambe la HCU valuta l'applicabilità attraverso una mappatura del potenziale di infiltrazione delle superfici, condotta sulla base di tre indagini: 1-analisi geologica del suolo, 2- distanze della falda acquifera e 3- i valori delle pendenze stradali.

Per il ricorso alle trincee di superficie sulle superfici private, lo studio prende in considerazione quelle aree con una distanza sufficiente dagli edifici e dai confini proprietari, mentre per le trincee sotterranee vengono considerate "tutte le aree pavimentate e non con una distanza sufficiente da edifici, confini proprietari e dalla falda acquifera" (HCU, *Wissensdokument. Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren* 2017). Per l'applicazione di queste ultime, infatti, la metodologia prevede un'adeguata distanza dal bordo inferiore della trincea al bordo superiore della falda acquifera.

In base allo studio della Hafen City University l'applicazione diffusa e la combinazione di tetti verdi, trincee di superficie e trincee sotterranee su proprietà private contribuisce in modo decisivo a migliorare

la prevenzione delle inondazioni. I risultati delle simulazioni condotte nell'ambito degli studi della HCU infatti hanno dimostrato che "in caso di forti piogge, il deflusso delle acque di precipitazione si riduce di circa il 40%, rispetto allo stato di fatto, grazie alla combinazione delle misure. L'effetto combinato risulta maggiore rispetto a quello atteso dall'applicazione delle singole misure" (HCU Hafen City Universität, *Wissensdokument. Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren* 2017), a riprova della necessità di applicare tali soluzioni tecnico-spaziali in modo sistemico, integrato e interconnesso per amplificarne i risultati.

Per gli **spazi aperti di tipo pubblico** (strade, piazze, larghi e parcheggi) lo studio propone come strategie e famiglie di soluzioni tecnico-spaziali (HCU, 2017, p. 54):

- Sistemi di drenaggio delle acque meteoriche nelle strade maggiormente trafficate
- Piantumazione di alberature
- Trincee per la raccolta dell'acqua piovana
- Cisterne sotterranee per stoccaggio e riuso delle acque meteoriche e l'irrigazione delle alberature.

L'applicazione estesa e combinata delle soluzioni proposte mira a nel lungo termine a creare un distretto urbano verde e vivibile, basato su "un sistema coerente di precauzioni, tale che in caso di precipitazioni intense l'acqua in eccesso penetri nello spazio pubblico, venga temporaneamente trattenuta e, se necessario, dirottata il più lontano possibile nei canali adiacenti" (HCU Hafen City Universität, *Wissensdokument. Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren*).

A tal scopo la metodologia lavora su una classificazione dei tracciati che vengono dedicati a una specifica funzione adattiva o alla combinazione di massimo due funzioni principali, articolati in:

- A) *Green street*- strade verdi
- B) *Water-storage green areas*- aree verdi di stoccaggio dell'acqua
- C) *Water-storage/ water draining roads*- strade di stoccaggio e drenaggio dell'acqua.

A) Strade verdi. Nello studio della HCU le green street comprendono tutte le strade del distretto principalmente caratterizzate dalla presenza di alberature, già presenti o da implementare. In esse si prevede che gran parte delle acque meteoriche siano catturate dalle alberature e sottoposte a evapotraspirazione, e che l'afflusso in eccesso possa essere convogliato alla base delle alberature per trattenere l'acqua e scaricarla lentamente nella rete di drenaggio. Nelle green street lo studio prevede la sostituzione con trincee vegetate in caso la larghezza della strada non consenta la collocazione di alberature, alla luce del fatto che le sezioni trasversali del quartiere (intesa la distanza tra prospetti opposti) sono variabili tra i 15 e i 25 metri in base alla larghezza della carreggiata, dei marciapiedi e alla

presenza di eventuali parcheggi o giardini. Si prevede inoltre la possibilità di ricorrere a sistemi di greening integrato edificio-spazio aperto per la raccolta delle acqua meteoriche dalle coperture attraverso grondaie collegate ai pozzi di alloggiamento delle alberature, concepiti per aumentare la superficie di infiltrazione dell'acqua. Questa soluzione viene suggerita solo se le alberature rispettano una distanza opportuna dal margine degli edifici, per evitare eventuali danni da infiltrazione a cantine e vani seminterrati.

B) Aree verdi di stoccaggio dell'acqua. In base allo studio della HCU le *green areas* sono aree verdi deputate allo stoccaggio delle acqua meteoriche in caso di precipitazioni intense, e allo stesso tempo a prestarsi a usi multilivello (sport, gioco e relax) e concepite come zone di sacrificio, allagabili in maniera controllata in caso di precipitazioni estreme. A tale scopo, la HCU prevede di adattare la topografia urbana e di procedere all'abbassamento di alcune aree con funzione di playground, vasca d'acqua o area per lo sport. Come alternativa o come misura supplementare, tali aree verdi possono prestarsi allo stoccaggio sotterraneo dell'acqua piovana in apposite cisterne, da riutilizzare per l'irrigazione delle alberature durante il periodo estivo (HCU, 2017). A Winterhude-Sud, sulla Schinkelstrasse, è prevista una sperimentazione nella Schinkelplatz, piazza localizzata sull'area di un ex bunker e attualmente utilizzata per lo sport (fig. 29). Il volume del bunker influenza l'assetto dell'area e pertanto viene mantenuto nel concept di progetto, che vuole essere poco invasivo. A tal scopo viene previsto un leggero ribassamento della strada circoscritto alla sola zona nord della piazza, per consentire un allagamento controllato attraverso la raccolta dell'acqua in eccesso proveniente da strade e marciapiedi adiacenti. L'area è multifunzionale in quanto funge da playground per il basket, il pattinaggio in linea e lo skateboard e da bacino di ritenzione temporaneo durante le precipitazioni. Una cisterna sotterranea aggiuntiva viene prevista per lo stoccaggio dell'acqua piovana a sud-est della piazza per raccogliere l'acqua e irriga le alberature adiacenti, con un troppopieno di emergenza in caso di forte pioggia (HCU, 2017).

C) Strade di stoccaggio/ drenaggio dell'acqua. Nello studio della HCU le strade che non sono suscettibili di interventi di piantumazioni di alberature diffuse ed estese, e che quindi non ricadono nella tipologia A, sono progettate come strade di stoccaggio (*water storage roads*) e di drenaggio (*water draining roads*) delle acque piovane, in base all'altitudine, che lo studio adotta come requisito significativo. Qui l'approccio è a più alto grado di componente tecnologica e di trasformazione morfologica. Nelle prime si prevede la modifica del profilo e l'impostazione di cordoli alti in modo che l'acqua in eccesso venga direttamente convogliata verso i canali, consentendo alle prime acque di runoff portatrici di detriti e particelle inquinanti dopo l'impatto con l'asfalto, di essere raccolte dalla rete fognaria e successivamente inviate al principale impianto di trattamento delle acque reflue (impianto di Köhlbrandhöft). Solo il secondo runoff, meno compromesso, viene diretto nei canali adiacenti. Le *water draining roads* sono progettate in modo che possano trattenere l'acqua in caso di forti piogge attraverso

le superfici stradali e apposite aree captanti adibite a parcheggio. La metodologia applica, attraverso questa classificazione dei tracciati, il criterio di *first e second flush*, gestendo il runoff in due fasi.

L'applicazione combinata delle misure adattive prevede una trasformazione dell'area di Winterhude-Sud (fig. 24) complessa e a lungo termine, e rappresenta un caso metodologicamente significativo per un approccio sistemico che fa interagire strategie e soluzioni adattive tra loro connesse e multiscalari.

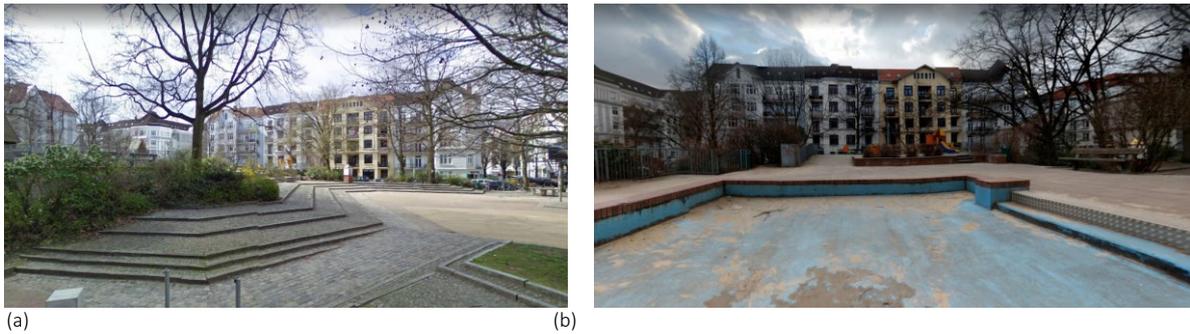


Fig. 29_ Intervento adattivo a Schinkelplatz. Stato di fatto (a- b, fonte immagini: Goole Earth

La metodologia affronta l'adattamento al flooding selezionando per esclusione le strade in base a dei requisiti principalmente dimensionali e spaziali, pone come prioritari gli interventi di greening in particolare tramite gli *street trees* e lascia per ultimo le modificazioni morfologiche, prevedendole dove non è possibile l'inserimento del verde.

Il caso del distretto di St. Georg. Lo studio condotto nel 2016 dalla Hafen City University sul quartiere di St. Georg risulta di interesse per la metodologia di analisi adottata e per le misure adattive proposte. Le analisi condotte nello studio segnalano che tra il giugno e luglio 2016 nel quartiere sono state registrate alte temperature sulle superfici urbane - fino a 40°C principalmente in aree con un grado di impermeabilizzazione pari al 80-100%- (HCU, 2017) e una conseguente condizione di *heat stress* diffusa.

Nello studio si riportano i valori relativi agli scenari climatici attesi a medio termine (2046-2055) con estati tendenzialmente più calde (25°C, un maggior numero di giorni di forte calura, almeno 30°C) e notti tropicali (con temperature minime di 20°C)⁵⁸, abbinate a venti a bassa velocità. Lo studio suppone che questa concomitanza di fattori renda meno efficace il potenziale di raffrescamento del vicino lago Alstor apprezzabile sulla parte nord del quartiere.

Il quartiere presenta un'alta densità demografica, ospedali, asili nido, scuole materne e strutture per anziani, (es. Heinrich-Sengelmann-Haus ad Alexanderstraße, casa di cura St. Bernhard sulla Mariendom),

⁵⁸ C.f.r. HCU Hafen City Universität, *Wissensdokument. Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren*, Tutech Verlag, Hamburg April 2017, p. 73

comportando un'ampia fascia di età a rischio e l'aumento dei fattori di esposizione. Sono presenti poche aree verdi significative per il raffrescamento dell'ambiente urbano: escludendo infatti il Lohmühlenpark a est, la piazza Carl-Legien e un'area gioco sulla Danzigerstraße non ci sono grandi parchi in grado di apportare un contributo al raffrescamento significativo (HCU, 2017), (fig. 30). Sul piano dell'analisi della quota verde, gli studi dell'Università di Hafen City prendono in esame le aree verdi a disposizione del quartiere in termini di estensione e distribuzione. Esse sono considerate scarse e posizionate in modo non uniforme perché concentrate a est, tutte condizioni per un effetto di raffrescamento non apprezzabile. Considera le alberature ai margini di strade principali, piazze e parcheggi, in termini di ampiezza della chioma, insieme ai materiali di pavimentazione. Prende in esame anche i fattori in grado di diminuire la funzionalità evapotraspirativa e di ombreggiamento delle alberature, quali gli spazi per gli apparati radicali, la presenza/assenza di sistemi di tubazioni sotto la quota stradale e la collocazione favorevole/sfavorevole rispetto alla superficie sigillata, che nel caso sfavorevole riduce l'adeguato apporto solare, di acqua e nutrienti.

Sul piano dell'analisi del tessuto urbano lo studio verifica:

- l'omogeneità nelle altezze degli edifici
- la continuità/discontinuità delle facciate, entrambe condizioni che determinano fronti compatti esposti all'irraggiamento,
- l'orientamento prevalente delle facciate (nel caso di specie sud-est)
- l'orientamento prevalente abbinato all'ampiezza delle strade (nel caso di specie est-ovest, 20 mt⁵⁹)
- la densità edilizia abbinata al grado di impermeabilizzazione delle superfici di spazi aperti e coperture
- la presenza di isolati a blocco con corte interna (*Hof*), come condizione che favorisce il canyon urbano

e considera l'insieme di tali fattori concorrenti al peggioramento delle condizioni di ventilazione (HCU, 2017).

⁵⁹ Ivi, p. 76

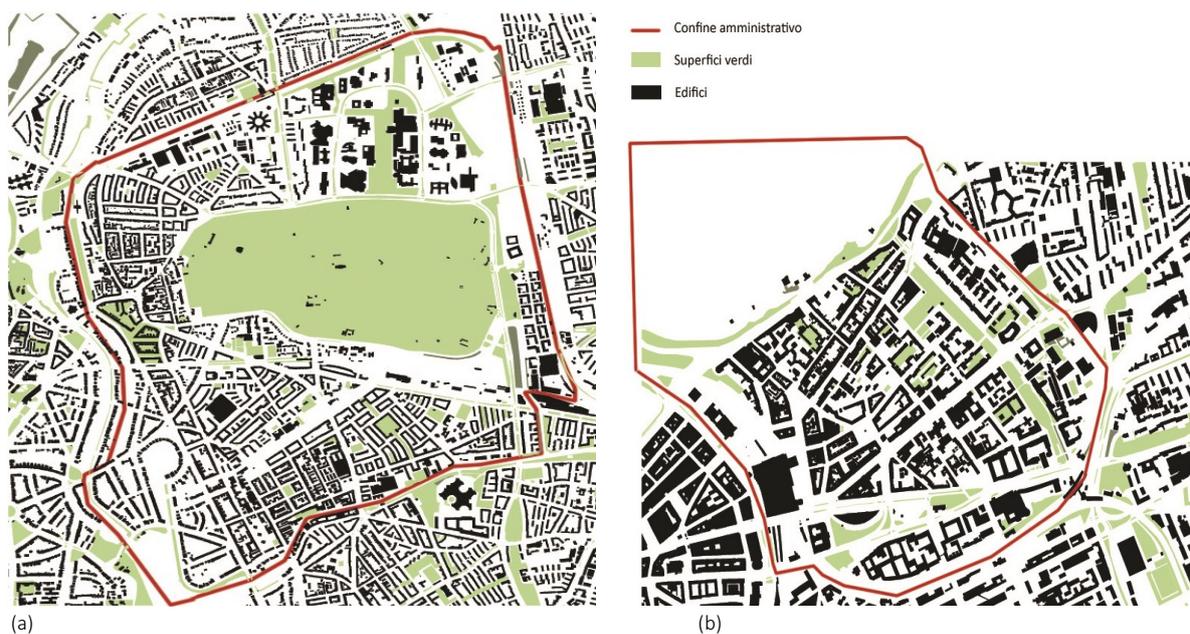


Fig.30_ I distretti di Winterhude- nella sua interezza- (a) e St. Georg (b) a confronto. Il primo è caratterizzato dalla presenza dello Stadtspark, parco di 148 ha di estensione, collocato in posizione centrale rispetto all'intero distretto. Il secondo presenta minori superfici verdi (Lohmühlen Park a est, Carl-Legien-Platz e August-Bebel-Par, a sud) collocate in maniera disomogenea e concentrate principalmente sul lato est. Fonte: elaborazione propria su base cartografica *Hamburg Schwarzplan* disponibile a <https://schwarzplan.eu/>)

Le misure adattive proposte dalla HCU per combattere i danni da *heat stress* si concentrano su tre tipi di superfici:

- superfici stradali
- coperture degli edifici
- superfici opache verticali degli edifici

Dagli studi condotti dalla HCU emerge l'approccio all'applicazione delle misure adattive a scala distrettuale. In essi infatti vengono distinte le misure adattive da applicare ai tessuti urbani omogenei da quelli non omogenei. **La tabella 3** mette in risalto le diversità tra le due tipologie e le relative misure consigliate.

	TESSUTO URBANO OMOGENEO	TESSUTO URBANO NON OMOGENEO
CARATTERISTICHE	Prevalenza di isolati a blocco con corte interna Orientamento prevalente delle strade est-ovest Media numero piani 6-7 Uso prevalentemente residenziale	Numero piani altamente variabile (1-15 piani) Tipologie edilizie variegata (magazzini, edifici a torre) Alto mix funzionale (uso residenziale/commerciale/uffici)
FATTORI CONCORRENTI L'HEAT STRESS	<ul style="list-style-type: none"> - Presenza di canyon urbani - Esposizione alla radiazione solare delle coperture per tempi prolungati causa altezza omogenea degli edifici - Carenza di alberi davanti ai prospetti sud e ovest - Materiali ad alta emissività / basso indice di albedo - Scarsa ventilazione causa canyon urbani 	<ul style="list-style-type: none"> - Grandi superfici di facciata esposte a radiazione solare diretta - Alto livello di impermeabilizzazione delle superfici (es. parcheggi) - Materiali altamente riflettenti sulle facciate - Strade scarsamente ombreggiate

MISURE ADATTIVE AL UHW	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemi FV in copertura per implementare l'ombreggiamento con inclinazione 15° esposizione E/W - Sistemi FV in copertura per implementare l'ombreggiamento con inclinazione 35° esposizione Sud - Tetti verdi con funzione di ritenzione - Per le strade orientate est-ovest, alberature a foglie caduche con corone ampie e dense che tollerano alte temperature e siccità (acero/ taglio invernale) 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemi di greening dell'involucro verticale degli edifici - Sistemi FV in copertura per implementare l'ombreggiamento con inclinazione 35° esposizione sud - Tetti verdi intensivi, praticabili e con elementi di ombreggiamento - Tetti verdi estensivi con funzione evapotraspirativa
---------------------------------------	--	---

Tab.36 Differenza tra tessuto urbano omogeneo e non omogeneo nel quartiere di St. Georg co relative misure adattive all'UHW consigliate dalla HCU Hafen City Universität. Testo tradotto da HCU Hafen City Universität, *Wissensdokument. Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren*, Tutech Verlag, Hamburg April 2017.

La **tabella 36** conferma i parametri adottati dallo studio per distinguere l'omogeneità dei tessuti ovvero:

- Orientamento dei tracciati
- Tipologie di isolati
- Tipologie edilizie
- Altezza degli edifici
- Destinazioni d'uso

e l'approccio fortemente integrato alle misure adattive, proposte sempre in combinazione. Infine mostra un'applicazione estensiva delle misure previste sugli edifici e sugli spazi aperti, soprattutto in riferimento alle corti interne degli edifici. Anche qui integrazione, combinazione ed estensione diffusa risultano i punti principali della strategia.



What's urban nature?

Pannelli fotografici, stazione U-Bahn U6 Hallesches Tor, Berlino
(foto: F. Dell'Acqua, 2018)

3.3.2 Urban nature based climate adaptation practice. Il caso di Copenhagen

Analogamente agli studi e alle esperienze elaborate su scala distrettuale ad Amburgo, la città di Copenhagen sta sperimentando misure adattive ad ampia scala, ponendo particolare attenzione alle soluzioni basate sul contributo adattivo del capitale naturale a disposizione della città.

Nell'ambito del Copenhagen Adaptation Plan la capitale danese ha puntato su un approccio di tipo ecosystem- based, che mette a sistema le misure programmatiche per l'adattamento con la natura urbana a disposizione. Nelle previsioni della pubblica amministrazione il capitale naturale viene visto

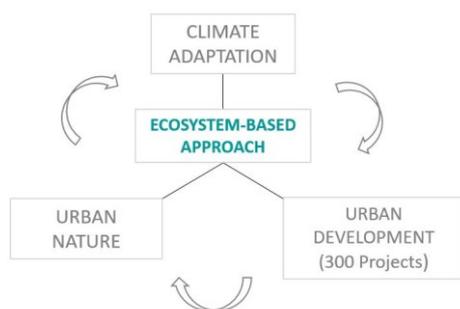


Fig. 31_ Copenhagen, urban nature climate adaptation practice. Fonte: elaborazione propria

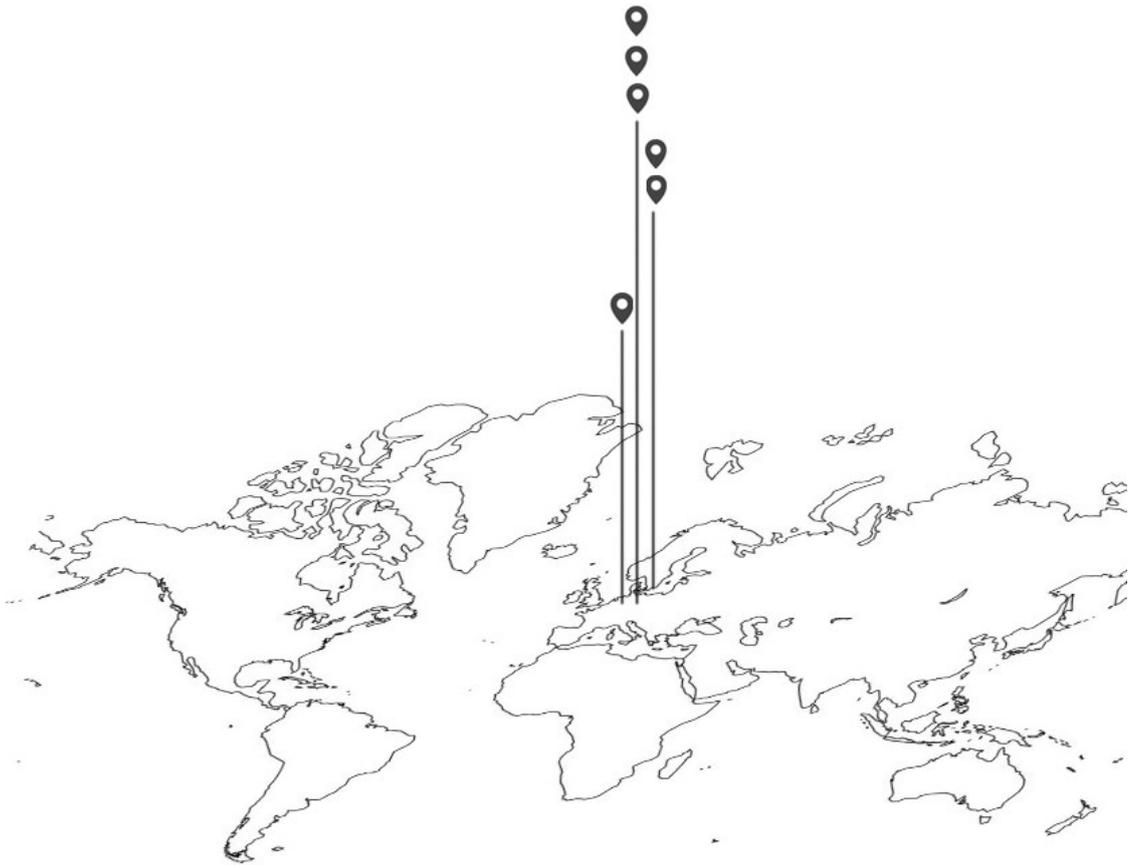
come un punto di partenza per un adattamento climatico che si dispiega attraverso **300 progetti** da realizzare in un orizzonte temporale di medio-breve termine di **20 anni**. Le scelte adattive sono affrontate con un **approccio olistico e omnicomprensivo** che mette la natura urbana alla base dei progetti e delle relative fasi (*planning, design, construction, operation*). Essa viene inserita sulla base di due gruppi di valori – e dei relativi servizi ecosistemici- che rappresenta, ovvero *amenity value* (in termini di benefici alla salute, senso di appartenenza al luogo, stimolo all'apprendimento, esperienza estetico-sensoriale) e di *utility value* (qualità e gestione delle acque, coltivazione, regolazione microclimatica, riduzione di CO2 e di inquinamento acustico, qualità dell'aria), in una “nuova pratica di sviluppo urbano [...] attraverso una serie di *nature based climate adaptation projects*” (SLA Studio, 2016, p.22). La relazione **adattamento climatico - natura urbana - sviluppo** (fig. 31) passa per la dimensione sociale: gli utenti sono inclusi attivamente nei progetti e sono invitati a trasformarsi da *consumers* a *co-creators* dell'ambiente urbano attraverso processi partecipativi e *co-creativi* e pratiche di uso dello spazio. Questo passaggio viene costruito in stretta relazione con gli *amenity values* e in particolare con il potenziale della natura urbana di generare senso di appartenenza della comunità al sito, ovvero di consentire agli utenti l'associazione tra l'identità del luogo e il tipo di natura in esso riconoscibile. Sulla

potenza di queste relazioni Copenhagen fa avanzare iniziative adattive che puntano sul rapporto **comunità locali- identità green- capitale naturale** (SLA Studio, 2016). Il caso danese si focalizza in particolare sulle misure di *stormwater management*, e mira a gestire i danni da flooding e runoff attraverso soluzioni *nature-based* sia di superficie che sottosuolo, applicate alla scala urbana e principalmente ai tracciati (tab. 37). L'investimento in questo tipo di sistemi genera di riflesso un'efficacia adattiva al UHW, che nel 2006 a Copenhagen ha determinato una differenza di temperatura di 12°C tra i quartieri interni alla città (ad es. Vesterbro, il più colpito dal heat stress) e le aree extraurbane (Bühler et al. 2010, citato da SLA Studio, 2017). Una corretta gestione in superficie e

reintegrazione in falda delle acque meteoriche consente alle alberature presenti nei contesti urbani un maggiore accesso all'acqua e di conseguenza una maggiore efficacia evapotraspirativa e di ombreggiamento, quest'ultimo legato alla dimensione delle chiome. Evapotraspirazione e ombreggiamento possono ridurre a livello locale le temperature medie di 2-8° C. Pertanto il ricorso agli elementi della natura urbana consente azioni di adattamento **sinergiche, simultanee e complementari**, che devono tenere conto la della dinamicità, ciclicità e del lungo termine dei processi naturali.

GERARCHIA DEI TRACCIATI		FUNZIONE	INTEGRAZIONE DI ELEMENTI DI NATURA URBANA
Stormwater roads	Grandi arterie stradali	Deviare/ incanalare le acque meteoriche attraverso la riconfigurazione di pendenze, profili e margini stradali	Basso livello di integrazione della natura urbana, ricorso a soluzioni di verde verticale
Detention roads	—	Detenzione, filtraggio e stoccaggio delle acque meteoriche tramite bacini, trincee e superfici permeabili. Regolazione microclimatica, riduzione dell'inquinamento acustico, miglioramento della qualità dell'acqua	Alto livello di integrazione della natura urbana, potenziali <i>stepping zone</i> per flora e fauna
Green roads	—	Detenzione, filtraggio e stoccaggio delle acque meteoriche tramite bacini, trincee e superfici permeabili. Regolazione microclimatica, riduzione dell'inquinamento acustico, miglioramento della qualità dell'acqua	Possibilità di integrazione della natura urbana sulle aree private
Detention areas	Aree urbane multifunzione (parchi, piazza, slarghi, corridoi verdi)	Detenzione, filtraggio e stoccaggio delle acque meteoriche tramite bacini, trincee e superfici permeabili. Regolazione microclimatica, riduzione dell'inquinamento acustico, miglioramento della qualità dell'acqua	Alto potenziale di integrazione della natura urbana come <i>stepping zones</i> per flora e fauna

Tab. 37_ Copenaghen, applicazione delle soluzioni *nature-based* di stormwater management alla gerarchia dei tracciati. Adattato e tradotto da City of Copenaghen- Technical and Environmental Administration, SLA Architects, *Climate adaptation and Urban Nature, development catalogue*, Copenhagen 2016, pp. 84-97



3.4 Progetti-pilota adattivi europei di scala sub-distrettuale. Analisi dei casi studio

A livello europeo numerosi sono i progetti, previsti o realizzati, di edifici e/o spazi aperti tra loro connessi che perseguono obiettivi di adattamento agli effetti del cambiamento climatico con particolare riferimento all'ondata di calore e ai fenomeni di pluvial flooding e runoff. Altrettanto diffusi sono gli interventi che mostrano ricadute o intenzioni rigenerative, significative per i quartieri in cui sono collocati.

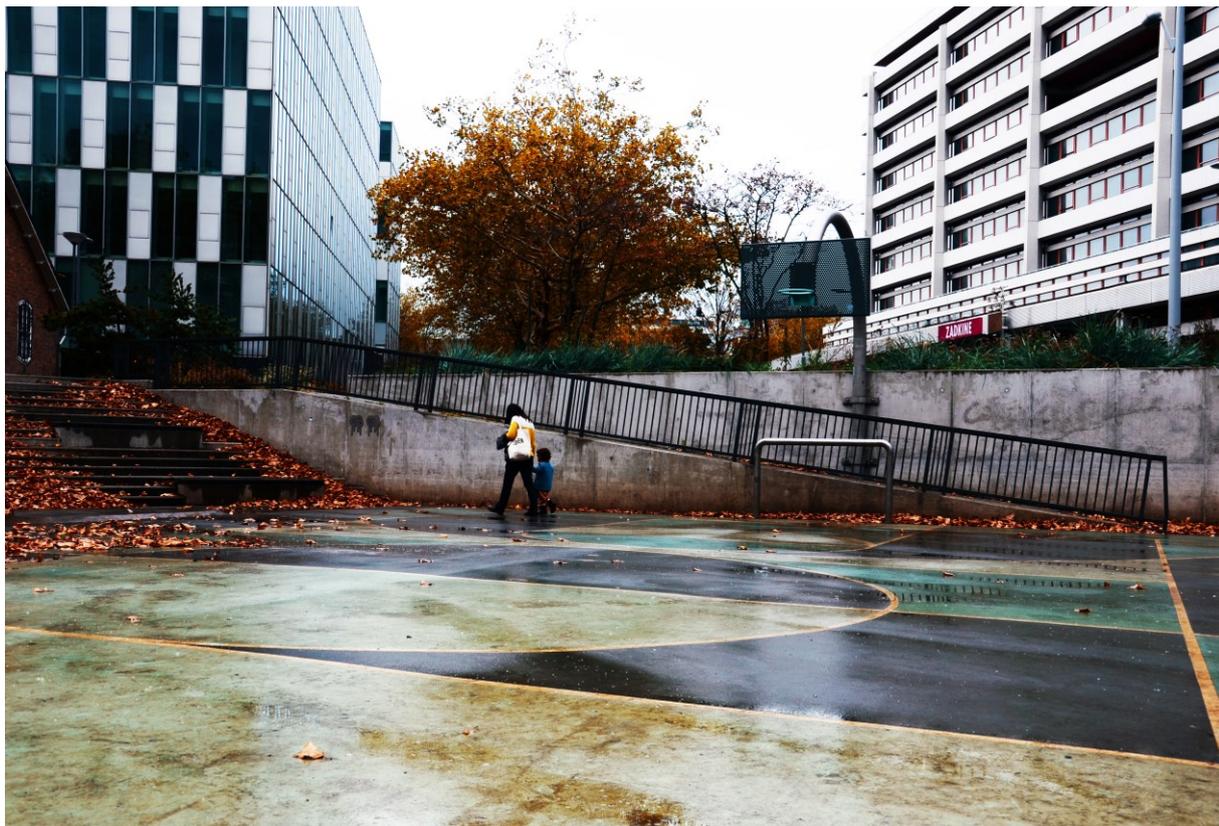


Fig.32_ Rotterdam, watersquare Benthemplein. La piazza, con funzioni ricreative e sportive, è allagabile durante le precipitazioni intense e consiste in un sistema di canalizzazione e bacini di raccolta delle acque meteoriche. Il progetto adattivo (2012) ha indotto processi rigenerativi nel quartiere di Zomerhofkwartier (Zoho). Foto: F. Dell'Acqua, 2018.

Essi sono nati o sono stati coltivati all'interno di forti politiche urbane programmate - come emerge dai piani di adattamento che ne sono il prodotto- per coniugare istanze di sostenibilità, obiettivi di riduzione del rischio, occasioni di crescita o investimento e opportunità di rilancio sociale.

Di seguito si procede a una selezione ragionata di tali casi con un metodo di lettura veloce finalizzato alla raccolta informazioni, all'interpretazione del contenuto di adaptive urban design rappresentato dal progetto e in ultima battuta all'individuazione di pochi ma significativi indicatori/indici a completamento dell'analisi, in grado di restituire qualitativamente l'adattamento rappresentato dalle

strategie e/o soluzioni previste. Per alcuni casi berlinesi (casi #05 Adlershof e #06 Flussbad) rispetto ai quali è stato possibile raccogliere informazioni in maniera diretta con sopralluoghi, colloqui con esperti locali e fonti documentali e fotografiche reperite in sito, si è scelto di restituire l'analisi per esteso e non in forma tabellare. Si è ritenuto infatti che la quantità e la natura delle informazioni raccolte non potesse essere adeguatamente restituita nella struttura rigida della schedatura.

Criteri di scelta dei casi studio. La scelta dei casi studio è stata eseguita sulla base di tre criteri (I- II- III), considerati tra loro paritetici, e ritenuti adatti al livello di analisi (liv. progetti pilota). Sono stati individuati progetti – realizzati, in fase di esecuzione o in previsione- che mostrassero:

	RIGENERAZIONE URBANA	APPROCCIO ECOSYSTEM-BASED	FLOODING+UHW
#01 ST KJELD QUARTER_ Copenhagen	***	***	•
#02 THE SOUL OF NØRREBRO_ Copenhagen	***	***	**
#03 BENTHEMPLEIN WATERSQUARE_ Rotterdam	***	**	•
#04 POTSDAMER PLATZ_ Berlin	•	***	**
#05 ADLERSHOF+ INSTUTUT FÜR PHYSIK_ Berlin	***	**	***
#06 FLUSSBAD BERLIN_ Berlin	***	***	•

Grado di rispondenza al criterio
 •basso **medio ***alto

Tab. 38_ Grado di rispondenza dei casi studio ai criteri di selezione

- I- strategie/ soluzioni di adaptive urban design che inducono **effetti rigenerativi**
- II- ricorso a un approccio progettuale di tipo **ecosystem-based**
- III- strategie/ soluzioni adattive agli effetti dell'**urban heat wave** (UHW) e del **pluvial flooding/ runoff**

I criteri intendono mettere in evidenza le potenzialità dei casi di fornire tramite la progettazione adattiva benefici multipli o multilivello, e di rappresentare un insieme di

strategie e soluzioni applicabili ad ampia scala. La **tabella 38** mostra in modo qualitativo il grado di rispondenza dei casi ai criteri di analisi. Quest'ultimo non è uniforme data l'eterogeneità dei criteri

PROGETTO	LOCALIZZAZIONE	ANNO	DESIGN STUDIO	COMMITTENTE	DATI DIMENSIONALI		
PIANO / INIZIATIVA DI APPARTENENZA					CARATTERISTICHE DELL'AREA		FASCIA 1 INFORMAZIONI GENERALI
OBIETTIVI			STRATEGIE E AZIONI				
SOLUZIONI TECNICHE PER IL PLUVIAL FLOODING			SOLUZIONI TECNICHE PER L'URBAN HEATWAVE			FASCIA 2 ADAPTIVE URBAN DESIGN	
INDICATORI / INDICI			INDICATORI / INDICI				
EFFETTI RIGENERATIVI							
REFERENCES						FASCIA 3 URBAN REGENERATION	
						FASCIA 4 RIFERIMENTI	

Tab. 39_ Scheda per la lettura veloce dei casi studio

adottati, delle politiche/programmi entro i quali i progetti sono collocati e la difficoltà di individuare esempi che focalizzino le soluzioni tecniche su entrambi gli effetti da cambiamento climatico contemporaneamente. A monte della selezione sono stati osservati come ulteriori criteri:

- l'individuazione di casi nord e centro-europei, in maniera concorde alla scelta dei piani di adattamento analizzati (c.f.r. [cap. 2, par. 2.2](#)) e alla significatività della parte della ricerca condotta all'estero presso la TU Berlin (c.f.r. [II- Metodologia](#))
- l'individuazione di casi alla scala del progetto urbano.

Lettura della scheda tipo di analisi del caso studio. Per agevolare l'analisi e la comparazione dei casi studio è stata messa a punto una scheda-tipo ([tab. 39](#)) che mette in risalto gli aspetti salienti dei progetti dal punto di vista delle strategie e delle soluzioni adattive, da cui desumere degli indicatori/indici rispetto ai fenomeni di UHW e pluvial flooding, e dal punto di vista delle potenziali ricadute o di fattori riconducibili ai processi di rigenerazione urbana che essi attivano. Le references riportate rappresentano la bibliografia essenziale.

PROGETTO	LOCALIZZAZIONE	ANNO	DESIGN STUDIO	COMMITTENTE	DATI DIMENSIONALI
SAINT KJELD'S KVARTER (TÅSINGE PLADS + BRYGGERVANGEN + SKT. KJELDS PLADS)	Copenhagen, Danimarca	Progetto: 2013	Tradje Natur Studio	PA Copenhagen	Area di Bryggervangen + Skt. Kjelds Plads: 34.900 mq Tåsinge Plads: 10.000 mq
PIANO / INIZIATIVA DI APPARTENENZA			CARATTERISTICHE DELL'AREA		
Copenhagen Climate Adaptive Plan			San Kjeld, storico quartiere operaio vicino al porto di Copenhagen, viene colpito il 2 luglio 2011 da un evento di precipitazione estrema che provoca 1 miliardo e 400 milioni di danni		
OBIETTIVI			STRATEGIE E AZIONI		
<p>Alleviare il carico dei sistemi fognari in presenza di precipitazioni forti e improvvise</p> <p>Inserire nuove aree ricreative e per la socializzazione</p> <p>Raffrescare lo spazio aperto durante i giorni di calura estiva</p> <p>Aumentare la biodiversità</p>			<p>Ottimizzazione delle infrastrutture</p> <p>Ottimizzazione delle superfici destinate a parcheggio</p> <p>Raddoppiamento la superficie urbana da destinare ad azioni/soluzioni adattive</p> <p>Creazione luoghi per la socializzazione e di punti di incontro</p> <p>Gestione in superficie del 30% delle acque piovane attraverso le aree verdi</p> <p>Metodo "First & Second Flush": la prima acqua piovana (maggiormente contaminata) cade sulle carreggiate e viene convogliata nelle fognature, la successiva (Second Flush) viene convogliata per percolazione nelle aree verdi</p> <p>Approccio integrato "Climate Resilient Block": sviluppare soluzioni da applicare sia nei cortili che negli edifici. Ciò determina soluzioni adattive ai cambiamenti climatici che gestiscono tutta l'acqua piovana che cade sulle superfici di un blocco. Questa gestione avviene attraverso il ritardo del deflusso e l'evaporazione, la raccolta e il riutilizzo. L'acqua piovana raccolta viene utilizzata per uso domestico e nelle aree ricreative dei cortili</p> <p>Approccio nature-based design</p> <p>Coinvolgimento dei residenti nel progetto</p>		
 <p>Tåsinge Plads, immagine: SLA Studio, disponibile a http://klimakvarter.dk/en/presse/</p>			 <p>Tåsinge Plads, piantumeazione di verde, fonte: SLA studio, immagine: Lagiya Ayoub Khatib, disponibile a http://klimakvarter.dk/en/presse/</p>		
SOLUZIONI TECNICHE PER IL PLUVIAL FLOODING			SOLUZIONI TECNICHE PER L'URBAN HEATWAVE		
<p>Vesche di raccolta dell'acqua piovana</p> <p>Water tower per la raccolta dell'acqua piovana</p> <p>Riduzione del 20% delle superfici impermeabili pari a 50.000 mq</p> <p>Vertical gardens</p> <p>Percorsi ciclabili con capacità di infiltrazione delle acque piovane</p> <p>Green roofs</p> <p>Urban gardens</p> <p>Raingardens</p> <p>Pavimentazioni permeabili e drenanti</p> <p>Sopraelevazione dei marciapiedi per il raccoglimento e il deflusso delle acque verso il porto</p>			<p>Sistema di nebulizzazione ad anello</p> <p>Vertical gardens</p> <p>Urban gardens</p>  <p>Tåsinge Plads, fonte: SLA studio, fotografo: Charlotte Brøndum, disponibile a http://klimakvarter.dk/en/presse/</p>		
INDICATORI / INDICI			INDICATORI / INDICI		
Rapporto sup. permeabile/sup. impermeabile		[adim.]	Rapporto sup. collinare/sup. piana		[adim.]
Rapporto sup. collinare/sup. piana		[adim.]	Num. di alberi presenti mantenuti		[n.]
Rapporto sup. pedonale/sup. carrabile		[adim.]	Num. di alberi di medio-fusto piantumati		[n.]
Num. di alberi presenti mantenuti		[n.]			
Num. di alberi di medio-fusto piantumati		[n.]			
Capacità di raccolta delle acque meteoriche		[mc]			
EFFETTI RIGENERATIVI					
Creazione di luoghi ricreativi e per la socializzazione / Incremento del valore economico dei suoli/ Incremento del comfort outdoor					
REFERENCES					
Pelizzaro, P., Mezzi, P., <i>La città resiliente. Strategie e azioni di resilienza urbana in Italia e nel mondo</i> , Altraeconomia, Milano 2016					
SLA Architects, <i>Climate adaptation and Urban Nature</i> , development catalogue, Copenhagen 2016					
http://tredjenatur.dk/portfolio/klimakvarter/					

PROGETTO	LOCALIZZAZIONE	ANNO	PROGETTISTI	COMMITTENTE	DATI DIMENSIONALI
THE SOUL OF NØRREBRO – CLIMATE ADAPTATION & RENAWAL OF HANS TAVSENS PARK & KORSGADE	Copenhagen, Nørrebro, Danimarca	Progetto: 2016 Inizio lavori: 2019 Fine lavori: 2022	TEAM: SLA Studio (lead consultant) Ramboll, Arki_Lab, Gadeidræt, Aydin Soei, Social Action, Saunders Architecture	PA Copenhagen	Area tot.: 85.000 m2 Costo: 18 mill. Euro
PIANO / INIZIATIVA DI APPARTENENZA			CARATTERISTICHE DELL'AREA		
Copenhagen Climate Adaptive Plan			Hans Tavsens Park viene convertito nel 1907-08 da area cimiteriale per le vittime della pestilenza in un parco cittadino. Si estende da Jagtvej a Kapelvej		
OBIETTIVI			STRATEGIE E AZIONI		
<p>Gestire gli effetti legati agli eventi di precipitazione estrema fino a una capacità di 18.000 m3 di acqua</p> <p>Gestire il flusso di acqua piovana in regime di piovosità standard</p> <p>Trattamento e depurazione delle acque meteoriche e del lago Peblinge attraverso il ricorso a biotopi locali</p> <p>Migliorare il microclima urbano locale sul lato soleggiato della Korsgade</p> <p>Creare nuovi spazi pubblici verdi e blu</p>			<p>Approccio integrato: lavorare su tre circuiti contemporaneamente (circuiti idrologico, biologico, sociale)</p> <p>Coinvolgimento di residenti, istituti scolastici (Blågårds School + Det Frie Gymnasium) e organizzazioni locali nel progetto (<i>co-creation strategy</i>) Previsione di spazi non programmati, per eventi sia spontanei e temporanei che permanenti</p> <p>Rimodellazione a V della Hans Tavsens Street e Korsgade per favorire il deflusso delle acque meteoriche verso il lago Peblinge.</p> <p>Gestione delle acque meteoriche in regime di precipitazione standard Raccolta delle acque meteoriche dalle coperture e convogliamento in appositi serbatoi. L'acqua può essere utilizzata dai residenti e dalle scuole per l'irrigazione, dal comune per la pulizia delle strade o l'irrigazione, dai privati anche al di fuori dell'area di progetto per l'irrigazione sui balconi o nelle corti degli edifici. L'acqua piovana raccolta dalle coperture degli edifici tetto direttamente prospicienti Hans Tavsens park viene convogliata in letti (<i>rainbeds</i>) previsti nel parco, dove è soggetta ad infiltrazione ed evaporazione. L'acqua piovana catturata dalle coperture degli edifici lungo Korsgade che non sono vicini a un serbatoio di raccolta, viene diretta per quanto possibile a un elemento longitudinale di raccolta delle acque meteoriche a Korsgade, che allontana l'acqua dalla strada e dai marciapiedi (SLA Architects, n.d.)</p> <p>Metodo "First & Second Flush": la prima acqua piovana (maggiormente contaminata) cade sulle carreggiate e viene convogliata nelle fognature, la successiva (Second Flush) viene convogliata in un sistema di canali e pozzi (SLA Architects, n.d.)</p> <p>Gestione delle acque meteoriche in regime di precipitazioni estreme Re-indirizzamento dell'acqua piovana durante gli eventi estremi: l'acqua piovana in eccesso viene condotta attraverso Korsgade nel lago Peblinge. Sulla superficie stradale l'acqua viene purificata biologicamente dal verde urbano alloggiato lungo Korsgade; essa contribuisce inoltre all'irrigazione del verde inserito.</p>		

SOLUZIONI TECNICHE PER IL PLUVIAL FLOODING		SOLUZIONI TECNICHE PER L'URBAN HEATWAVE
PRECIPITAZIONI STANDARD	PRECIPITAZIONI ESTREME	
<p>Cisterne per la raccolta dell'acqua piovana proveniente dalle coperture degli edifici (SLA Architects, n.d.)</p> <p>Superfici di ciottoli lungo Korsgade per rallentare il deflusso delle acque meteoriche (SLA Architects, n.d.)</p> <p><i>Rainbeds</i> nel Hans Tavsens park per infiltrazione ed evaporazione delle acque meteoriche (SLA Architects, n.d.)</p> <p>Vasca longitudinale di raccolta dell'acqua piovana su Korsgade per la raccolta delle acque provenienti dalle coperture degli edifici e dai marciapiedi</p> <p>10 serbatoi per la raccolta dell'acqua piovana, capacità 20-40 m³/ cad. (SLA Architects, n.d.)</p> <p>Sistemi di scarico, protetti da griglie per ridurre le operazioni di manutenzione, intercettano le aree piantumate a verde con i biotopi che purificano l'acqua prima che venga riversata nel lago Peblinge (SLA Architects, n.d.)</p> <p>In tutto c'è un ritardo di 150 m³ d'acqua che consente il mantenimento di un basso tasso di scarico nel lago Peblinge pari a 1 L/s per ettaro (SLA Architects, n.d.)</p> <p>Sistema di canali e pozzi di acqua piovana, che possono regolare da 1 a 10 L/s per ettaro (SLA Architects, n.d.)</p>	<p>Abbassamento e modellazione della superficie del Hans Tavsens park per favorire l'allagamento di alcune zone del parco con relativo assorbimento dell'acqua piovana (SLA Architects, n.d.)</p> <p>Abbassamento e rimodellazione di Jagtvej street e Hans Egedes Gade (SLA Architects, n.d.)</p> <p>In totale possono essere convogliati 1000 L / s verso il a Hans Tavsens Park attraverso le operazioni di abbassamento e rimodellazione di Jagtvej Street e Hans Egedes Gade (SLA Architects, n.d.)</p> <p>Il bacino del parco viene svuotato di acqua dopo le piogge attraverso un tubo di scarico ø400 mm, che conduce l'acqua lungo Korsgade verso i laghi, dove può essere trattata prima dello scarico. Ciò assicura che anche dopo una precipitazione che riempie completamente il bacino, questo torna operativo in 24 ore (SLA Architects, n.d.)</p> <p>Elemento di trattamento sul lago Peblinge: penisola artificiale dove l'acqua piovana viene direzionata, trattata e pompata nel lago.</p> <p>L'acqua può essere immagazzinata nel terreno della penisola artificiale. Una valvola di rilascio assicura il trabocco gravitazionale al lago quando il livello dell'acqua è sufficiente basso. Una pompa ad elica è in grado di indirizzare l'acqua al lago in caso il livello sia troppo alto per il trabocco gravitazionale (SLA Architects, n.d.)</p>	<p>Soluzioni di urban greening e inserimento di parchi urbani</p> <p>Indisponibilità di immagini per copyright</p>
INDICATORI / INDICI		INDICATORI / INDICI
Capacità di raccolta delle acque meteoriche	[mc]	Num. di alberi piantumati [n.]
EFFETTI RIGENERATIVI		
<p>Incremento della sicurezza e dell'accessibilità sulla Jagtvej Street</p> <p>Incremento della qualità ambientale attraverso la depurazione delle acque</p>		
REFERENCES		
<p><i>The Soul of Nørrebro. Hans Tavsens park, Blågård school and Korsgade.</i> Nordic Built Cities Challenge, Copenhagen 2016, available at http://www.landezine.com/index.php/2016/11/nature-based-climate-adaptation-wins-scandinavia-biggest-architecture-award</p> <p><i>The Soul of Nørrebro. Climate Adaptation Copenhagen</i>, SLA, Copenhagen 2016</p> <p>SLA Architects, <i>Climate adaptation and Urban Nature</i>, development catalogue, Copenhagen 2016</p>		

PROGETTO	LOCALIZZAZIONE	ANNO	PROGETTISTI	COMMITTENTE	DATI DIMENSIONALI
BENTHEMPLEIN WATERSQUARE	Rotterdam, Quartiere Agniesbuurt, Netherlands	2011-2013	DE URBANISTEN	PA Rotterdam	Area: 9.500 m² Area watersquares: 5.500 m² Capacità watersquares: 1800 mc
PIANO / INIZIATIVA DI APPARTENENZA			CARATTERISTICHE DELL'AREA		
Rotterdam Climate Adaptation Plan Rotterdam Climate Proofing			—		
OBIETTIVI			STRATEGIE E AZIONI		
Creare uno spazio multifunzionale (roller, soccer, basketball, danza, skating, relax, incontro e aggregazione sociale) Migliorare la qualità delle acque di falda Riutilizzare le acque meteoriche per l'irrigazione del verde inserito nel progetto			Archiviare le acque meteoriche a breve termine (per una tempo max. di 36 h) Infiltrare le acque meteoriche Implementare le falde acquifere Abbinare soluzioni di <i>stormwater management</i> con obiettivi di rigenerazione del quartiere Separare il sistema di smaltimento delle acque meteoriche dal sistema fognario misto (acque grigie)		
SOLUZIONI TECNICHE PER IL PLUVIAL FLOODING			SOLUZIONI TECNICHE PER L'URBAN HEATWAVE		
PRECIPITAZIONI STANDARD		PRECIPITAZIONI ESTREME	Le soluzioni tecniche per il pluvial flooding (<i>watersquares, rainwell e waterwall</i>) contribuiscono in parte alla riduzione degli effetti dell' <i>urban heat island</i> mantenendo il bilancio idrico delle acque sotterranee e fornendo una riserva per l'irrigazione delle piante delle alberature circostanti. I processi evapotraspirativi compiuti da questi ultimi contribuiscono alla riduzione dell' <i>heat stress</i>		
Sistema di grondaie maxi in acciaio inox in elementi customizzati con duplice funzione: trasporto dell'acqua piovana ai bacini e uso gioco in assenza di precipitazioni Watersquare 1 con funzione di bacino per la raccolta dell'acqua piovana: capacità 360 mc Watersquare 2 con funzione di bacino per la raccolta dell'acqua piovana: capacità 85 mc		<i>Waterwall</i> : sistema di raccolta, trasporto alla watersquare 3 e infine drenaggio delle acque meteoriche tramite cascate dall'intensità variabile in base all'intensità delle precipitazioni Watersquare 3 con funzione di bacino per la raccolta dell'acqua piovana: capacità 1150 mc			
<i>Rainwell</i> : sistema di trasporto dell'acqua piovana dalle superfici di raccolta (coperture degli edifici adiacenti) alle maxi grondaie		 <p>(a) (b) (c) (d)</p>			
			(a-vista degli edifici captanti, b- sistema di canalizzazione per il trasporto dell'acqua alla piazza, c-d, sistema di grondaie customizzate, Foto: F. Dell'Acqua, 2018)		
INDICATORI / INDICI			INDICATORI / INDICI		
Capacità di archiviazione delle acque meteoriche [mc] Tempi di infiltrazione/smaltimento acque meteoriche [h]			—		
EFFETTI RIGENERATIVI					
Riqualificazione della piazza Benthemplein Creazione di un luogo di aggregazione sociale Rilancio del quartiere Agniesbuurt tramite il conferimento di una nuova identità alla piazza Ricorso a un processo partecipativo attraverso 3 design workshop (coinvolgimento di studenti/insegnanti dello Zadkine College e del Grapic Liceum, comunità della chiesa di quartiere, utenti della David Lloyd Gym, residenti del quartiere Agniesbuurt) Produzione di valore aggiunto attraverso investimenti in <i>water storage facilities</i>					
REFERENCES					
Pelizzaro, P., Mezzi, P., <i>La città resiliente. Strategie e azioni di resilienza urbana in Italia e nel mondo</i> , Altraeconomia, Milano 2016 Wright, M., (Ed.), <i>Rainwater Park. Stormwater Management and Utilization in Landscape Design</i> , images Publishing, Melbourne 2015, pp. 100-117 Schubert, H. <i>Floodig square, Rotterdam</i> in "A10", No. 56, Mar/Apr 2014, pp. 35-36 <i>De Urbanisten. Progetti resilienti per Rotterdam e il New Jersey</i> in "IoArch" No. 62, Jan/Feb 2016, pp. 22-27 Bokern, A., <i>Temporär geflutet</i> in „db deutsche bauzeitung“, 04.2011, pp. 39-43 http://www.urbanisten.nl					

CASO STUDIO #04

#04 POTSDAMER PLATZ_Berlin

Grado di rispondenza al criterio
 • basso •• medio ••• alto

PROGETTO	LOCALIZZAZIONE	ANNO	DESIGN STUDIO	COMMITTENTE	DATI DIMENSIONALI
RIQUALIFICAZIONE DEL DISTRETTO URBANO DI POTSDAMER PLATZ	Berlino, Germania	1998	C. Kohlbecker, A. Isozaki, H. Kollhoff, J.R. Moneo, R. Rogers R. Piano B. Kruger, H. Mohrle Atelier Dreiseitl	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin	
PIANO / INIZIATIVA DI APPARTENENZA			CARATTERISTICHE DELL'AREA		
Politiche di Rainwater management			L'area, inizialmente attraversata dal muro e simbolo della divisione, confina a sud con il Landwehrkanal. Presenta alta densità, attività residenziali e commerciali, uffici. Oggi rappresenta un importante hub commerciale e legato al business.		
OBIETTIVI			STRATEGIE E AZIONI		
Gestire in modo razionale la risorsa acqua Ridurre il carico fognario Incrementare il benessere microclimatico outdoor Ridurre i consumi energetici			Recupero e depurazione delle acque meteoriche Stoccaggio e riutilizzo delle acque meteoriche per alimentazione delle fontane pubbliche, irrigazione dei giardini, uso domestico.		
SOLUZIONI TECNICHE PER IL PLUVIAL FLOODING			SOLUZIONI TECNICHE PER L'URBAN HEATWAVE		
Tetti verdi filtranti 3 bacini per la ritenzione dell'acqua piovana e per attivare processi di evaporazione (pari al 19% dell'area di intervento) Aree verdi per la fitodepurazione			Bacini superficiali per il miglioramento del comfort outdoor		
 <p>(foto pannello esplicativo: F., Dell'Acqua, 2018)</p>					
 <p>(foto pannello esplicativo: F. Dell'Acqua, 2018)</p>					
 <p>(fonte immagine: Google maps, 2018)</p>			 <p>(foto: F. Dell'Acqua, 2018)</p>		

INDICATORI / INDICI		INDICATORI / INDICI	
Tasso di evaporazione delle acque raccolte	[mc] opp. [%]	Tasso di evaporazione delle acque raccolte	[mc]
Volume di acque piovane recuperate	[mc]	opp. [%]	
Volume di acque piovane stoccate	[mc]		
Capacità di filtraggio delle acque piovane	[mc/h]		
EFFETTI RIGENERATIVI			
Inserimento di aree ricreative e di aggregazione			
Miglioramento della qualità urbana nello spazio aperto attraverso l'introduzione di specchi d'acqua			
REFERENCES			
D'Ambrosio, V., <i>Strategie e soluzioni tecniche per il rainwater management: il caso studio di Berlino</i> in Palestino M. F. (a cura di) "Spazi spugna. Esperienze di pianificazione e progetto sensibili alle acque", Clean, Napoli 2014, pp. 96-107.			
Teschner, K., Schmidt, M., <i>Kombination von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen: Ergebnisse der Voruntersuchungen für das Projekt Potsdamer Platz. Teil 1. Stoffrückhalt extensiver Dachbegrünung</i> in "Wasser Abwasser", No. 10, 2000, pp. 670-675			
Teschner, K., Schmidt, M., <i>Kombination von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen: Ergebnisse der Voruntersuchungen für das Projekt Potsdamer Platz. Teil 2. Regenwasserregierung über ein Reinigungsbiotop</i> in "Wasser Abwasser", No. 11, 2000, pp. 773-779			

CASO STUDIO #05

Il Physik Institut ad Adlershof, Berlino. Applicazione di strategie e soluzioni ecosystem-based

L'istituto di Fisica della Humboldt Universität nel quartiere Adlershof a sud-est di Berlino rappresenta un caso significativo di approccio progettuale ecosistemico e di applicazione di soluzioni adattive *nature-based* alla scala dell'edificio, la cui logica viene estesa al quartiere. Questa sperimentazione, i cui risultati sono misurati e monitorati dall'Istituto di Fisica della Humboldt Universität (figg. 33a, b) si colloca all'interno delle politiche di *Rainwater Management* adottate dal Senato di Berlino negli ultimi venti anni. Costruito tra il 1999 e il 2003 su progetto degli architetti berlinesi Georg Augustin e Ute Frank mette a sistema i seguenti topics:

- gestione decentralizzata delle acque meteoriche (*decentralised rainwater management*)
- riduzione del fabbisogno energetico dell'edificio
- riuso delle acque meteoriche per attivare processi evapotraspirativi
- raffrescamento passivo dell'edificio durante il periodo estivo
- ombreggiamento attraverso l'uso di sistemi di greening verticale
- miglioramento del microclima urbano in prossimità dell'edificio con una serie di soluzioni tecniche concepite per funzionare in maniera integrata e sinergica. Secondo i criteri della gestione decentralizzata delle acqua piovane, gli accorgimenti adottati nell'edificio mirano a recuperare le acqua meteoriche e ad alleggerire il carico dei sistemi fognari attraverso il riutilizzo o la dispersione nel suolo

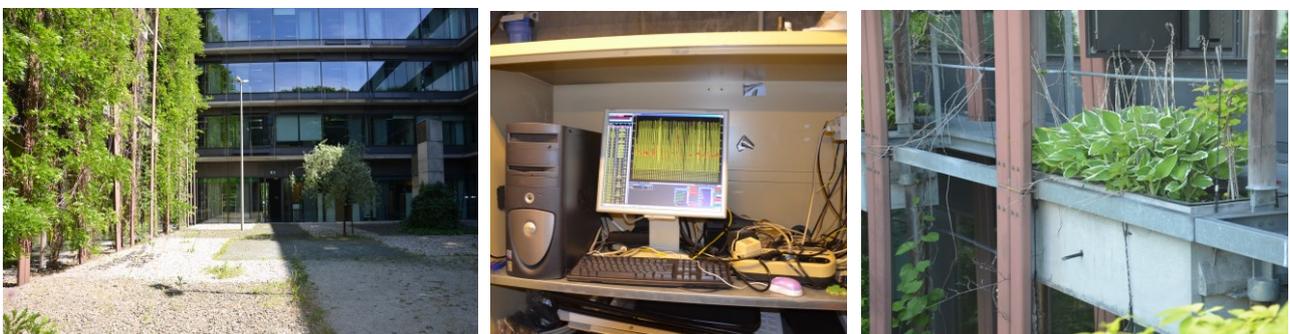
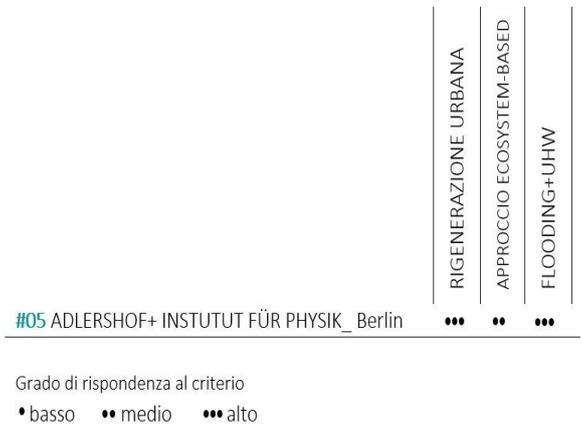


Fig.33_ (a)

(b)

(c)

a- L'edificio del *Physik Institut*, b- Monitoraggio dell'acqua raccolta e reimpiegata per l'irrigazione o tramite evapotraspirazione del sistema di greening orizzontale (tetto verde estensivo) e verticale (in facciata) della *Physik Institut Gebäude*, c- Vasche per la piantumazione del verde verticale e sistema di collegamento alla struttura in acciaio (foto: Dell'Acqua, F. 2018)

per infiltrazione. Le acque meteoriche vengono raccolte dai tetti verdi estensivi in copertura e immagazzinate in 5 cisterne sotterranee per irrigare le 10 specie di piante che compongono il materiale



Fig. 34_ (a) Misurazione di una foglia di *Aristolochia spp.*, (b) effetto di ombreggiamento del verde verticale durante la primavera e l'estate (foto: Dell'Acqua, F. maggio 2018).

vegetale del sistema di greening verticale sulle facciate. Questo si articola in 150 vasche che ospitano le piante (**fig. 33c**) e di una sottostruttura leggera in cavi per consentirne la salita. L'involucro dell'edificio, una doppia pelle in pannelli di vetro con moduli apribili, presenta un ballatoio di servizio per la manutenzione con ruolo di buffer termico e una struttura in acciaio deputata a sostenere le vasche per la piantumazione e la salita delle piante (**fig. 34b**).

Le specie vegetali forniscono ombreggiamento alle facciate in vetro durante l'estate, riducendo così i fabbisogni energetici legati al condizionamento estivo, e pertanto sono state selezionate, tra i criteri, in base alla dimensione del fogliame (**fig. 34a**).

Le piante prevedono per la maggior parte la perdita del fogliame durante l'inverno per consentire il passaggio della luce necessaria durante le ore lavorative. In caso di precipitazioni intense uno stagno,

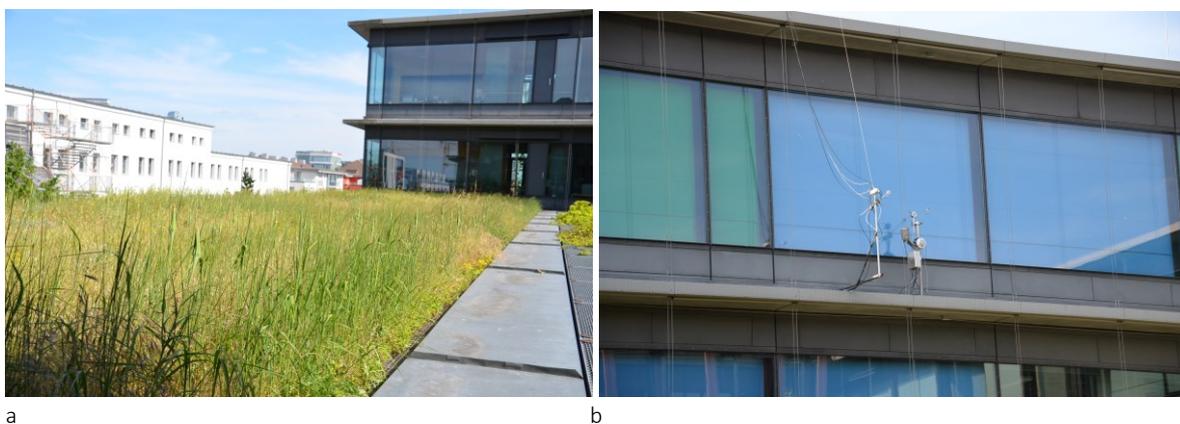


Fig. 35_ a) tetto verde estensivo e b) lisometri in copertura per il monitoraggio dei livelli evapotraspirativi. Foto: F. Dell'Acqua, 2018

presente all'interno di una delle cinque corti, consente la raccolta delle acque meteoriche. Questo



Fig. 36_ Una delle corte centrali con lo stagno per la raccolta delle acque meteoriche e il raffrescamento, foto: F. Dell'Acqua, 2018

sistema è studiato per permettere l'evaporazione e l'infiltrazione dell'acqua nel suolo. L'evaporazione delle acque dello stagno (fig. 36) consente un raffrescamento passivo degli ambienti di lavoro che si affacciano sulla corte interna e una conseguente riduzione del fabbisogno energetico dell'edificio grazie al raffrescamento ottenuto con i sistemi convenzionali.

Il processo evapotraspirativo viene implementato dal verde verticale, che provoca un abbassamento delle temperature superficiali delle facciate su cui è distribuito. Il monitoraggio della sua efficacia, eseguito con lisometri a varia altezza posti sui prospetti e in copertura (fig. 35 b), ha registrato un tasso medio di evapotraspirazione tra luglio e agosto compreso tra 5,4 e 11,3 mm di acqua al giorno, con un valore medio di raffrescamento che può essere corrisposto a un consumo di 157 kWh al giorno (Schmidt, 2005).

La climatizzazione passiva dell'edificio, che ha una superficie netta complessiva pari a 9.700 m², avviene attraverso un processo adiabatico che recupera l'acqua piovana e la riutilizza immettendola nei condizionatori durante il periodo estivo. Ciò consente di raffrescare l'aria in ingresso dell'edificio portandola a 21 - 22 ° C- una temperatura prossima a quella di comfort- anche quando la temperatura

esterna raggiunge 30 ° C (Schmidt, 2005). La presenza dei tetti verdi estensivi (fig. 35a) contribuisce, oltre alla raccolta dell'acqua piovana, all'isolamento dell'edificio e al miglioramento del microclima urbano nelle immediate prossimità. Un tetto verde è in grado convertire una parte della radiazione solare incidente in



Adlershof nuovo complesso residenziale, della scienza e della formazione
Landschaftspark Johannisthal

Fig. 37_ Vicinanza del Landschaftspark Johannisthal al complesso multifunzionale di Adlershof. Fonte immagine: Google Maps

evapotraspirazione⁶⁰, contribuendo a ridurre gli effetti dei fenomeni di *heat stress*, al contrario di una copertura non inverdita con trattamenti superficiali a basso indice di albedo e alta emissività che possono restituire anche il 90% della radiazione solare. I criteri di infiltrazione e ritenzione dell'acqua osservati nel progetto dell'edificio vengono ripresi e applicati alla scala del quartiere. Qui infatti il progetto Berlin- Adlershof, concepito come un distretto multifunzionale per la scienza, la tecnologia, la formazione e l'abitare, contempla negli spazi aperti una serie di soluzioni adattive che includono verde pertinenziale e di quartiere, quale corti, playground e giardini privati (fig. 37 a-b) e soluzioni di trincea ai margini dei marciapiedi e delle piste ciclabili per l'infiltrazione delle acque meteoriche (fig. 37 d-e-f). Il vicino Landschaftspark Johannisthal/ Adlershof, progettato dall'architetto berlinese Gabriele G. Kiefer e aperto nel 2002 come area naturale protetta, di implementazione dell'habitat locale e della biodiversità oltre che di conservazione paesaggistica, costituisce un ulteriore apporto microclimatico. In termini di riduzione dell'*heat stress* esso contribuisce attraverso i circa 26 ettari di prato centrale (fig. 37) al raffrescamento notturno. Alla scala del quartiere verde inserito svolge il duplice ruolo adattivo e



Fig. 38_ Berlino, quartiere multifunzionale di Adlershof. (a-b) Complesso residenziale, (c) Landschafts Johannisthal Park, (d) uso della vegetazione urbana ai fini adattivo-estetici, (e) superfici permeabili negli spazi pertinenziali, (f) uso di trincee a cielo aperto ai fini adattivi, (foto: Dell'Acqua, F. 2018)

⁶⁰ Alcuni dati di misurazione raccolti dall' Istituto *Ufa Fabrik* a Berlino- Tempelhof hanno rilevato su due tetti verdi nel quartiere di Tempelhof una capacità di conversione della radiazione solare in evapotraspirazione pari al 58% durante i mesi estivi. C.f. r. Schmidt, M. *The interaction between water and energy of greened roofs*, conference paper, Basel 2005, Switzerland.

aggregativo sul piano sociale (fig. 38 a-b): gli edifici residenziali si articolano intorno agli spazi verdi favorendo l'incontro dei residenti e contribuendo alla qualità abitativa.



(g)

Fig. 38 g_ Berlino, quartiere multifunzionale di Adlershof. (a-b) Complesso residenziale, (c) Landschafts Johannisthal Park, (d) uso della vegetazione urbana ai fini adattivo-estetici, (e) superfici permeabili negli spazi pertinenziali, (f) uso di trincee a cielo aperto ai fini adattivi, (g) Landschafts Johannisthal Park (foto: Dell'Acqua, F. 2018)

CASO STUDIO #06 Il progetto *Flussbad Berlin*.

Per una rigenerazione ecosistemica a scala urbana

Il progetto Flussbad costituisce un caso studio significativo di **rigenerazione ecosistemica**, applicata alla scala di ambito urbano quale l'Isola dei Musei a Berlino, importante per la storia e il simbolismo che rappresenta per la città, attualmente interessata da importanti interventi (fig. 40). Il progetto si inquadra nella radicata cultura delle misure di *Water Management* applicate da tempo dall'amministrazione berlinese e si allinea alle direttive della European Water Framework Directive. Si rivolge al miglioramento della qualità delle acqua dello

Spreekanal, braccio della Sprea che lambisce la riva sud della Museuminsel, attraverso una riattivazione in chiave *nature-based* del canale, chiuso al traffico fluviale dalla fine dell'Ottocento e attualmente sottoutilizzato. Molte delle grandi trasformazioni che hanno interessato la città negli ultimi trenta anni si sono concentrate e continuano a interessare le aree che si affacciano sulla Sprea, sulle cui rive si

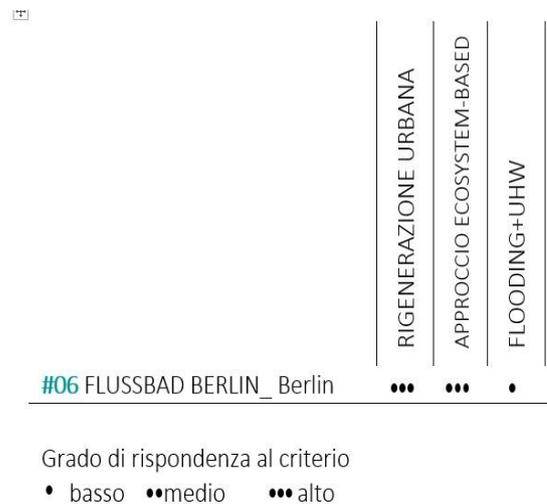


Fig. 39_ Berlino, tratto di Sprea nel quartiere governativo. Un momento quotidiano di uso della riva del fiume. (Foto: F. Dell'Acqua, 2018).

articolano molti momenti di vita quotidiana legati al tempo libero (fig. 39) che scandiscono un complesso uso degli spazi pubblici.

Il caso Flussbad è osservabile secondo un **approccio ecosistemico, processuale, prestazionale e sperimentale**. Dal progetto inoltre emergono ricadute rigenerative e il ricorso a trasformazioni multi-obiettivo e multifunzionali.



Fig. 40_ Cantiere del Berliner Schloss attualmente in costruzione sull'Isola dei Musei (foto: Dell'Acqua, 2018)

Flussbad nasce nel 1997 dagli architetti Jan e Tim Edler, solleva quesiti e attira l'attenzione pubblica fino al 2012, anno della fondazione dell'associazione no-profit *Flussbad Berlin e.V.*, attualmente sostenitrice del progetto⁶¹. Quest'ultimo prevede la trasformazione di tre tratti dello Spreekanal distinti per **funzione, uso e tecnologia applicata (fig. 41a)**. Il primo tratto –dalla Fischerinsel al Gertradbrücke- mira al

ripristino dell'equilibrio del fiume ed è concepito come una zona di rigenerazione ecologica eseguita tramite la creazione di aree riproduttive per la flora e la fauna fluviale. Il secondo tratto – fino al Federal Foreign Office- è destinato all'installazione di un **sistema di filtraggio nature-based**, concepito come una **tecnologia** di tipo **soft engineering** di ghiaia e canne di fiume funzionante per sola gravità, in grado di depurare le acque del canale in ingresso.



(a)



(b)

Fig. 41_ Assonometria del progetto (a) (realities:united/Flussbad Berlin e.V., 2015), rendering della sezione rinaturalizzata con flora e fauna (b), (realities: united/Flussbad Berlin e.V., 2015)

A valle del trattamento l'acqua entra nell'ultimo segmento di fiume- 850 m di lunghezza fino al Bode Museum- che diventa una corsia balneabile nel periodo estivo.

⁶¹ Il progetto è attualmente sostenuto dal governo federale e dal *Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen*

Approccio ecosistemico, tecnologia *nature-based*. L'uso balneare recupera la tradizione storica del *Bad* – stabilimenti balneari lungo il fiume o i laghi berlinesi- diventando strumento di riattivazione in chiave naturale di un'area attualmente interessata da grandi interventi urbani (fig. 40).

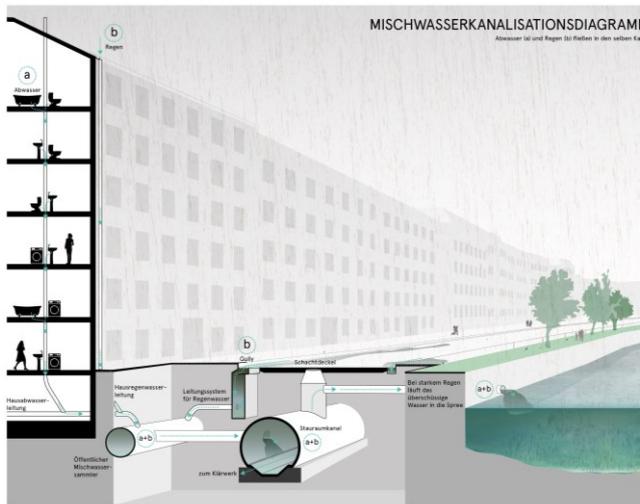


Fig. 42_ Immissione delle acque domestiche, reflue e meteoriche dalle superfici urbane nella Sprea attraverso il sistema di canalizzazione e smaltimento misto (realities: united, 2015)

Al tempo stesso attraverso il progetto, oggi socialmente condiviso, si genera un interesse collettivo sostenuto dalla scelta dell'applicazione di una tecnologia e di un uso interamente allineato alla naturalità fluviale. Interesse dell'iniziativa è infatti promuovere un uso sportivo del canale ma soprattutto basato sull'esperienza– ovvero nuotare tra gli edifici storici dell'isola- restituendolo ai cittadini secondo uno dei suoi impieghi più antichi. Ciò prevede la riconfigurazione delle rive con l'articolazione di un sistema di gradonate, passerelle, rampe e spazi verdi

pubblici per la sosta e il relax, concepiti per un utilizzo preferibilmente ***nature-oriented*** dell'area piuttosto che commerciale e per aumentare l'accessibilità all'acqua. L'attuale stato di salute del fiume non raggiunge soglie critiche rispetto a quello di altri corsi d'acqua paragonabili per portata, ma periodicamente si aggrava minacciato dalle fasi di **overflow** del sistema fognario combinato (*Mischwassersystem*) durante gli eventi di **precipitazione intensa**, frequenti in estate.

Il **trabocco** del sistema misto avviene a Berlino da **20 a 30** volte all'anno, mediamente in modo bisettimanale, in particolare durante le piogge in estate (Sieker, 2015). Il sistema di smaltimento nei distretti centrali della capitale tedesca prevede una rete di canalizzazioni sotterranee in cui convergono acqua di scarico domestiche, acque reflue e meteoriche dirette agli impianti di trattamento (fig. 42). Le acque meteoriche, impattando e scorrendo sulle superfici urbane sigillate, sono responsabili del dilavamento e del trasporto di micro-particelle (sostanze oleose provenienti dai veicoli, residui di abrasione dell'asfalto, rifiuti organici, metalli pesanti) dirette verso il canale della Sprea (Sieker, 2015). L'aumento del tasso batteriologico nelle acque della Sprea legato all'overflow fognario conseguente le precipitazioni improvvise o violente induce processi di decomposizione responsabili del calo di ossigeno e della morte della fauna locale. (Seiker, 2015), con tempi di recupero medio-lunghi per l'ecosistema fluviale. Si evince in modo evidente il rapporto tra gli effetti degli eventi di *heavy rain* combinati ai danni da **runoff**, la configurazione delle superfici urbane e la necessità di rispondere con soluzioni di

stormwater management in termini adattivi, intesi anche rispetto a livelli altamente variabili di contaminazione delle acque fluviali (fig. 42).

Il filtro naturale, alloggiato nel secondo tratto del fiume, consiste in un letto di ghiaia intervallata a vegetazione (canne), in grado di processare il flusso d'acqua che scorre verticalmente per gravità attraverso i microrganismi presenti negli interstizi tra la base granulosa e le piante. Queste ultime svolgono una duplice funzione, da un lato **microrganica** di erogazione dell'ossigeno necessario alla depurazione, dall'altro **meccanica** nel contribuire a mantenere in movimento il materiale in sospensione nel filtro prevenendo eventuali otturazioni. In caso di trabocco a seguito di una precipitazione improvvisa o di piogge prolungate, un sistema di cassoni apribili al di sotto del letto del filtro permette lo scorrimento del volume d'acqua in eccesso mantenendo in efficienza il sistema (fig. 43). Trasferendo lo stesso principio a una scala più ampia il progetto prevede la realizzazione di un volume di stoccaggio sotterraneo delle acque di 4.300 mc di capacità posizionato all'altezza dell'EMST Berlin (European School of Management and Technology), attivabile in caso di straripamento del sistema di smaltimento. La soluzione del filtro *nature-based*, a basso contenuto ingegneristico ma ad alto livello di complessità per i numerosi fattori concorrenti al suo funzionamento (altezza incostante del livello del fiume, livello di tossicità variabile delle acque, tipologia di materiale organico filtrante, velocità di corrente) è **integrabile** con soluzioni di urban greening alla scala urbana. L'efficienza del sistema beneficerebbe infatti di eventuali interventi di depavimentazione e de-impermeabilizzazione delle superfici urbane (coperture degli edifici, strade e spazi aperti) capaci di infiltrare/ recuperare le acque meteoriche

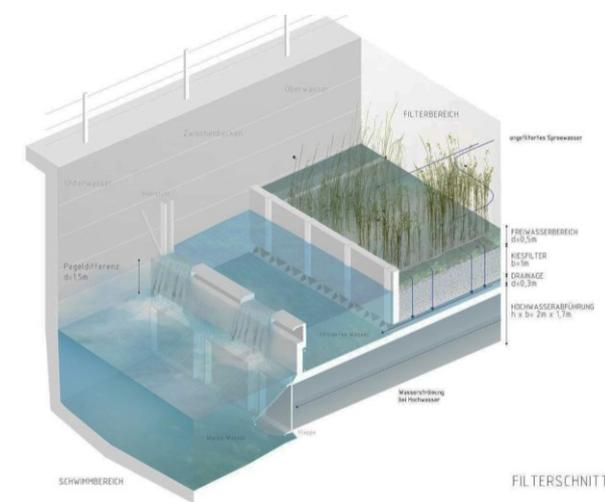


Fig. 43 Sezione della soluzione tecnica per il filtraggio dell'acqua. (realities: united/Flussbad Berlin e.V., 2015)

intercettandole prima di essere riversate nella Sprea (Sieker, 2016).

L'applicazione a scala estesa del filtro e la rinaturalizzazione del primo tratto del canale configura il sistema-Flussbad come una *ecological stepping zone* e un *ecological water landscape* (Flussbad Berlin e.V., 2018), un'infrastruttura intorno alla quale potenzialmente ruota un modello di sviluppo del distretto in chiave eco-sostenibile.

Un approccio processuale. L'antico ruolo della Sprea come elemento fruibile dalla città è parte integrante del processo progettuale, che punta sul coinvolgimento pubblico e sul recupero del significato storico del fiume. Il portare all'attenzione collettiva il caso del fiume sposta il recupero delle sue acque ad un livello di compito sociale. In questo gioca un ruolo importante il **trasferimento di conoscenza** tramite i risultati del processo progettuale, di filtraggio e di monitoraggio della qualità



Fig. 44_ “Exkursion: Flussbad Berlin Testfilter”, 07 giugno 2018. Gli studenti della Technische Universität Berlin- Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung- Fachgebiet Vegetationstechnik und Pflanzenverwendung, incontrano i responsabili del prototipo di filtro per una dimostrazione tecnica (foto: Dell’Acqua, 2018)

dell’acqua che avviene ad opera della *Flussbad Berlin e.V.* attraverso momenti di incontro, visite guidate con spiegazioni da parte di tecnici addetti e volontari (**fig. 44**), eventi pubblici nello spazio dedicato del *Flussbad- Garten*, oltre che con pubblicazioni annuali sullo stato di avanzamento del progetto.

Un approccio sperimentale. L’efficacia di tale tecnologia di filtraggio *soft* è comprovata, e normalmente diffusa in casi dallo scopo analogo, quali realizzazioni di piscine naturali o conversioni nell’uso di zone fluviali. L’apporto innovativo del caso risiede nell’applicazione a scala estesa e in regime dinamico (la corrente del fiume) di una tecnologia normalmente dall’uso localizzato e in regime statico (laghi, stagni) (Dolata, 2018), tramite la quale si ricerca un impatto non solo ecosistemico ma più ampio e alla scala di distretto. Si prevede infatti che la conversione del canale in zona balneabile abbia ricadute significative anche in termini logistici, contribuendo ad alleggerire i flussi di utenti che in estate si spostano verso i



Fig. 45_ il prototipo di filtro a bordo dell’imbarcazione *Hans-Wilhelm*. (a) i filtri 1 e 2 a base argillosa, (b) il filtro 3 a base di piante acquatiche, (c) il filtro 4” reagente” a base di molluschi d’acqua dolce, (foto: Dell’Acqua, 2018)

laghi cittadini, urbani e periurbani (Flussbad Berlin e.V., 2018), stressando le arterie veicolari principali. L'approccio sperimentale si configura attraverso **misurazione** e **monitoraggio dell'efficacia della soluzione tecnica**, da tempo eseguiti dai tecnici della *Flussbad Berlin e.V.* su un **prototipo in scala** del sistema di filtraggio.

Il prototipo, allestito su un'imbarcazione fluviale, **simula direttamente in sito** il processo e i relativi passaggi, comparando tecnologie NBS e materiali di filtraggio diversi (**fig. 45**). Sono stati messi a punto infatti 4 filtri differenti (1 e 2- filtri a base argillosa, 2- filtro a base di ghiaia e canne, 3- "filtro-reattore" a base di molluschi d'acqua dolce) contemporaneamente in esercizio, per produrre più dati possibili a breve distanza di tempo e comparare i risultati così da individuare, in una logica **site specific**, la soluzione preferibile per il canale in cui operano. Il prototipo misura e raccoglie una serie di dati basati su circa 30 parametri, e può calcolare velocità di flusso e volume d'acqua ottimale per il funzionamento del filtro, oltre che la quantità d'acqua depurata che sarà possibile ricambiare nel tratto balneabile una volta applicata la tecnologia all'intero tratto, guidando il progetto. L'associazione immagina un uso pubblico dei dati raccolti dal prototipo del filtro (**fig. 45**) sulla qualità dell'acqua prima e dopo la depurazione, e la possibilità di creare banche dati di libero accesso (Dolata, 2018). Il test diventa così **strumento processuale** di sensibilizzazione per i berlinesi, mirato a coinvolgere la partecipazione collettiva sollecitando la consapevolezza sullo stato di salute delle acque della Sprea. La sperimentazione consiste anche in fasi di **prove empiriche**: gli eventi della *Berliner Flussbad Pokal*, competizione annuale di nuoto e **uso temporaneo** del canale, sono un mezzo di dimostrazione delle condizioni di partenza delle acque del fiume (in alcuni momenti dell'anno già accettabile per gli standard richiesti), un esame del livello di accoglienza da parte dell'utenza e contemporaneamente un'occasione di inclusione di cittadini e stakeholders durante la quale suscitare attrattività e promuovere l'iniziativa.

Adattamento e approccio prestazionale. Il caso *Flussbad* non interagisce in maniera strettamente diretta con il rischio di *flooding* o di *urban heat wave*. Tuttavia la relazione tra i danni del *runoff* e lo stato periodico di minaccia alla salute delle acque è diretta e tangibile, e mette in tensione i fenomeni riconducibili al cambiamento climatico con la configurazione degli spazi urbani e di natura, quale il sistema-fiume e l'habitat ad esso appartenente. La sperimentazione del *Flussbad project* contiene inoltre importanti punti di contatto con i principi della progettazione ambientale adattiva. Esso intravede infatti possibilità di sviluppo rigenerativo nella necessità di adattarsi a condizioni ambientali variabili- in questo caso il grado di tossicità delle acque e il regime dinamico del fiume - e periodicamente aggravate dai fenomeni di climate change. L'intervento, che risulta multi-obiettivo (implementare gli usi del canale, riavvicinare gli utenti alla natura, migliorare i livelli di benessere del distretto, recuperare il significato storico-culturale del luogo) e multifunzione (come area balneabile in estate ed

eventualmente per lo sport sul ghiaccio in inverno) è in grado di erogare attraverso la sua tecnologia prestazioni ecosistemiche (filtraggio, depurazione e riuso delle acque), estetiche, e di qualità ambientale, con ricadute positive alla scala distrettuale.

Risultati delle analisi. I casi studio esaminati sono diversi per localizzazione geografica, collocazione cronologica, politiche di *climate protection* di nascita e contesto culturale di appartenenza, ma presentano aspetti simili. I casi mostrano in maniera paritetica:

- un **approccio integrato** che mette a sistema la gestione dei sistemi idrologico e biologico con le forze sociali, permettendo l'attivazione di processi rigenerativi. In tali casi infatti sono presenti i fattori tipici rigenerativi, quali una programmazione rivolta agli aspetti socio- economici, il ricorso a strumenti di governance e della comunicazione, obiettivi di incremento della qualità dello spazio pubblico, ricorso a mixità tipo-morfologica, miglioramento infrastrutturale e della mobilità (c.f.r. [tab. 9, par. 2.1.5](#))
- ricorso agli strumenti della **partecipazione** e del coinvolgimento attivo dei destinatari finali del progetto attraverso fasi di consultazione e di workshop (c.f.r. caso [#01, #02, #06](#))
- strategie per **spazi aperti flessibili** attraverso il ricorso a **pratiche** di uso **temporanee** (c.f.r. caso [#01, #02](#))
- **strategie** comuni o tra loro associabili quali metodi di gestione delle acque meteoriche secondo il criterio del *first & second flush*, del rallentamento dei flussi di calore, energetici e delle acque in entrata e uscita dai sistemi (c.f.r. caso [#01, #02](#))
- **azioni morfologiche** di ri-modellazione dei profili stradali (c.f.r. caso [#01, #02](#))
- **azioni morfologiche** di ri-modellazione dei suoli, estendendo e movimentando le superfici così da aumentare la captazione delle acque meteoriche (c.f.r. caso [#01, #02](#))
- previsione di **soluzioni tecnico-morfologiche** funzionanti in **regimi climatici doppi**, ovvero standard (*rainfall*) e in condizioni di hazard (*heavy rainfall*), in modo coerente con la definizione di adattamento come comportamento da assumere in forma sia emergenziale che ordinaria (c.f.r. caso [#03, #06](#))
- principio di **separazione dei sistemi hard**: disaccoppiando gli impianti di smaltimento delle acque meteoriche dal sistema fognario misto (acque grigie) (c.f.r. caso [#03, #06](#))
- applicazione di una politica e/o cultura radicata nel paese di appartenenza (*rainwater sustainable management* in Germania, dello *stormwater management* in Olanda e del *urban nature based climate adaptation* in Danimarca), (c.f.r. caso [#05](#))
- **approccio sperimentale** e con ricorso a fasi di **testing e monitoraggio** dei risultati (c.f.r. caso [#04, #05, #06](#))

- **scalabilità** delle soluzioni tecniche (es. *climate resilient block strategy*), (c.f.r. caso #01, #05, #06)
- principio di **uso multiplo, temporaneo e flessibile** delle superfici (c.f.r. caso #03), talvolta lasciate intenzionalmente alla libera interpretazione da parte degli utenti in una logica di uso spontaneo ma controllato dello spazio
- ruolo del **parco** pubblico come sistema di verde **tecnologicamente adattivo** per il quartiere

Allo stesso tempo l'analisi mette in luce un'evoluzione degli approcci e uno sviluppo della progettazione adattiva nel tempo. Il caso di Potsdamer Platz (1994) applica politiche di *Rainwater Management* berlinesi inserendole in un programma di riqualificazione di una porzione urbana lasciata a se stessa sul confine del muro e carica di significato storico. Il ricorso a soluzioni tecnologiche *ecosystem-based* che lavorano con il fattore acqua sono applicate in modo esteso e in maniera sistemica, ma senza una logica di uso multiplo delle superfici, dai bacini per la raccolta e la fitodepurazione dell'acqua piovana ai tetti verdi sulle coperture degli edifici abitativi o per uffici. Da qui, nel corso di venti anni gli approcci si evolvono e passano dalla riqualificazione alla rigenerazione urbana, così come l'approccio ecosistemico passa ad uno *nature-based* sperimentale (c.f.r. caso #06 Flussbad Berlin), fino al considerare la *natura urbana* una base e un materiale di progetto sulla quale impostare l'adattamento a scala città (c.f.r. casi #01, #02). Il caso Flussbad (#06) in particolare descrive un ulteriore passaggio in tale evoluzione sperimentando una rigenerazione ecosistemica che si configura come un **Ecological Water Landscape**, un paesaggio-macchina che recupera/riattiva le funzioni ecosistemiche del luogo e ne distribuisce a cascata benefici diversificati sull'ambito urbano.

3.4.1 Strategie e sistemi di soluzioni tecniche per la progettazione adattiva

Allo scopo di affrontare le disposizioni contenute nella manualistica sulla progettazione adattiva è necessario fare chiarezza sulle strategie e le azioni alla base della cultura tecnica e progettuale in questo campo.

Soprattutto l'analisi dei documenti di politica tecnica permette di estrapolare e raccogliere le più diffuse strategie e azioni adattive agli effetti di pluvial flooding, UHW e runoff e di individuare le relazioni reciproche (c.f.r. **Tab. 40**). Le politiche tecniche, in quanto tattico-strategiche, offrono una base di partenza intermedia tra il livello culturale e quello tecnico alla quale attingere per capire attraverso quale azione specifica si può applicare una data strategia adattiva. La logica transcalare suggerisce un avvicinamento progressivo alle strategie e azioni nel passare da quelle di area vasta a quelle operative della manualistica. Pertanto si è scelto di esprimere questo avvicinamento attraverso gli studi svolti in materia dalla Hafen City Universität (*Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren. Wissendokument, Hafen City Universität, Tutech Verlag Hamburg, April 2017*), sviluppati nell'ambito dell'iniziativa *KLIQ- Klimafolgenanpassung innerstädtischer hochverdichteter Quartiere in Hamburg*. Attraverso essi si riportano di seguito le principali strategie e azioni adattive in forma tabellare individuate dallo studio, e le raccomandazioni per l'applicazione di queste ultime al sistema-edificio e degli spazi aperti (cf.r. **Tab. 41a e b**). Successivamente si distinguono in maniera sistemica edifici- e relativi sub-sistemi- dagli elementi degli spazi aperti.

Per quanto le indicazioni delle seguenti tabelle siano state elaborate in un contesto centro-europeo, esse per il livello di dettaglio intermedio possono essere considerate esportabili in contesti diversi, anche mediterranei (**tab.40**), mentre le **tabb. 41a-c**, che presentano alcune indicazioni maggiormente legate all'orientamento, avranno una trasferibilità parziale perché più legate alla collocazione geografica.

Questa fase ha uno scopo meno informativo e maggiormente teso alla costruzione della transcalarità delle strategie e azioni adattive.



STRATEGIE ADATTIVE

AZIONI ADATTIVE	FLOODING							URBAN HEAT WAVE				
	IMPIEDIRE IL FLUSSO	DISPERDERE IL FLUSSO	TRATTENERE IL FLUSSO	RALLENTARE IL FLUSSO	INDIRIZZARE IL FLUSSO	RENDERE LE SUPERFICI MULTUSO	PROTEGGERE GLI EDIFICI	RAFFRESCARE PER EVAPOTRANSPIRAZIONE	OMBREGGIARE EDIFICI / SUPERFICI	CONTROLLARE L'IRRAGGIAMENTO SOLARE	ADATTAMENTO DEGLI EDIFICI	MICROVENTILAZIONE
DE-IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE SUPERFICI	x	x						x		x		x
INFILTRAZIONE SUPERFICIALE		x	x	x				x		x		x
INFILTRAZIONE PROFONDA		x	x	x								
RITENZIONE PROFONDA IN SPECCHI D'ACQUA, TRINCEE, BACINI DI RITENZIONE			x	x				x		x		x
RITENZIONE PROFONDA IN CISTERNE			x	x								
RITENZIONE TEMPORANEA IN SUPERFICI A USO VEICOLARE (STRADE, PIAZZE, PARCHEGGI)			x	x	x	x	x					
RITENZIONE TEMPORANEA IN SUPERFICI VERDI		x	x		x	x	x	x				
STRATEGIE WET / DRY FLOOD-PROOFING SUGLI EDIFICI					x		x					
SPECCHI D'ACQUA (FONTANE, GIOCHI D'ACQUA)								x				x
GREENING ORIZZONTALE (COPERTURE DEGLI EDIFICI)	x		x	x				x	x	x	x	x
GREENING VERTICALE (FACCIAE VERDI)								x	x	x	x	x
URBAN GREENING SULLO SPAZIO APERTO (PIANTUMAZIONE DI ALBERI)		x	x	x				x	x	x		x
OMBREGGIAMENTO DI EDIFICI E SPAZI APERTI									x		x	
AGGIORNAMENTO DEI SISTEMI DI CLIMATIZZAZIONE											x	

CLIMATIZZAZIONE DEGLI EDIFICI TRAMITE ACQUA PIOVANA								X				
SCELTA CLIMATE ORIENTED DEI MATERIALI SUPERFICIALI										X	X	X
ORIENTAMENTO DELL'EDIFICIO									X	X	X	X
MANTENIMENTO DEI CORRIDOI DI ARIA FREDDA											X	X
MANTENIMENTO DLELE SUPERFICI VERDI	X	X				X	X	X	X			

Tab. 40_ Corrispondenza tra strategie e azioni adattive agli effetti dei fenomeni di pluvial flooding e di urban heat wave. Rieditato graficamente e testo tradotto da *Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren. Wissendokument*, Hafen City Universität, Tutech Verlag Hamburg, Aprile 2017, pp. 28-29, traduzione propria.

AZIONI DI ADATTAMENTO PER IL SISTEMA DEGLI SPAZI APERTI					
	AZIONE	RACCOMANDAZIONI E CATEGORIE DI SOLUZIONI	CONTRIBUTO ADATTIVO	EFFICACIA AL FLOODING	EFFICACIA AL UHW
 STRADE ORIENTATE E-W	URBAN GREENING SULLO SPAZIO APERTO (PIANTUMAZIONE DI ALBERI)	<ul style="list-style-type: none"> – piantumazione di alberature con chioma ampia – eventuale ricollocazione dei posti auto – prediligere vegetazione con ampio fogliame 	Evapotraspirazione	X	X
			Ombreggiamento		X
			Biodiversità		
			Riduzione del <i>heatstress</i>		X
			Miglioramento microclimatico		X
			Riduzione dell'effetto isola di calore		X
STRADE ORIENTATE N-S	URBAN GREENING SULLO SPAZIO APERTO (PIANTUMAZIONE DI ALBERI)	<ul style="list-style-type: none"> – Piantumazione di alberature con chioma ampia – eventuale ricollocazione dei posti auto – prediligere vegetazione con ampio fogliame 	Evapotraspirazione		X
			Ombreggiamento		X
			Biodiversità		
			Riduzione del <i>heatstress</i>		X
			Miglioramento microclimatico		X
			Riduzione dell'effetto isola di calore		X
STRADE SENZA SPAZIO PER AZIONI DI URBAN GREENING	ELEMENTI DI SCHERMATURA PER LO SPAZIO APERTO	<ul style="list-style-type: none"> – Strade esposte a forte irraggiamento prive di alberature: prevedere elementi di schermatura anche temporanei (es. sono nel periodo estivo) 	Ombreggiamento		X
			Riduzione del <i>heatstress</i>		X

SEDI STRADALI E PARCHEGGI POCO TRAFFICATI	DE- IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE SUPERFICI + URBAN GREENING SULLO SPAZIO APERTO (PIANTUMAZIONE DI ALBERI)	<ul style="list-style-type: none"> - De-impermeabilizzazione delle superfici - Sostituzione dei materiali di pavimentazione con superfici chiare - Piantumazione di alberature in luoghi con diverse ore di esposizione alla luce solare diretta 	Evapotraspirazione	x	x
			Ombreggiamento		x
			Biodiversità		
			Infiltrazione/ captazione delle acque meteoriche	x	
			Miglioramento microclimatico		x
			Riduzione dell'effetto isola di calore		x
PARCHEGGI MOLTO TRAFFICATI	USO DI PAVIMENTAZIONI CHIARE+ SCHERMATURE	<ul style="list-style-type: none"> - Sostituzione dei materiali di pavimentazione con superfici chiare - Installazione di schermature (pensiline con FV integrato, pergolati invernati, alberature) 	Evapotraspirazione (in caso di tecniche di greening)		x
			Ombreggiamento		x
			Biodiversità (in caso di tecniche di greening)		
			Riduzione dell'effetto isola di calore		x
STRADE PEDONALI	APPLICAZIONE DI SISTEMI INTEGRATI DI MATERIALI <i>CLIMATE RESPONSIVE</i> , ELEMENTI D'ACQUA E SCHERMATURE	<ul style="list-style-type: none"> - Sostituzione dei materiali di pavimentazione con superfici chiare - Installazione di elementi d'acqua (fontane, giochi d'acqua, specchi d'acqua, nebulizzazioni) - Installazione di elementi di schermatura (alberature, pergole, pergole, schermature con FV integrato) 	Evaporazione		x
			Ombreggiamento		x
			Biodiversità (in caso di tecniche di greening)		
			Riduzione dell'effetto isola di calore		x
			Miglioramento microclimatico		x
SUPERFICI SENZA USO SPECIFICO	DE- IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE SUPERFICI + URBAN GREENING SULLO SPAZIO APERTO (PIANTUMAZIONE DI ALBERI)	<ul style="list-style-type: none"> Per superfici a uso - uffici/ commerciale: greening con alberature - residenziale: greening con superfici verdi, es. prato - misto: combinazione di superfici verdi e alberature 	Evaporazione		x
			Ombreggiamento		x
			Biodiversità		
			Infiltrazione/ captazione delle acque meteoriche	x	
			Riduzione dell'effetto isola di calore		x

Tab. 41a_ Azioni di adattamento per il sistema degli spazi aperti. La tabella mostra il contributo adattivo delle azioni di adaptive urban design e le raccomandazioni per la relativa applicazione negli spazi aperti. Rieditato graficamente, adattato e con testo tradotto da: *Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren. Wissendokument*, Hafen City Universität, Tutech Verlag Hamburg, Aprile 2017, pp. 34-37, traduzione propria.



AZIONI DI ADATTAMENTO PER IL SISTEMA EDIFICIO

UNITÀ TECNOLOGICA: A: Chiusura superiore	AZIONE	RACCOMANDAZIONI E CATEGORIE DI SOLUZIONI	CONTRIBUTO ADATTIVO	EFFICACIA AL PLUVIAL FLOODING	EFFICACIA AL UHW
COPERTURA PRATICABILE	GREENING DELLA COPERTURA		Evaporazione		x
			Captazione delle acque meteoriche	x	
			Riduzione dell'effetto isola di calore		x
COPERTURA ESPOSTA AI VENTI	TRATTAMENTI SUPERFICIALI CON FUNZIONE EVAPOTRASPIRATIVA	- Per coperture esposte ai venti e/o con sfavorevoli condizioni di crescita delle piante, prevedere superfici d'acqua per favorire la funzione evaporativa	Evaporazione		x
			Captazione delle acque meteoriche	x	
			Riduzione dell'effetto isola di calore		x
COPERTURA PRATICABILE + EDIFICIO CON ALTO FABBISOGNO ENERGETICO	ELEMENTI DI OMBREGGIAMENTO GENERATORI DI ENERGIA (PANNELLI FV, COLLETTORI SOLARI)	- In edifici con alto fabbisogno energetico e coperture con capacità di sovraccarico, prevedere elementi di schermatura con pannelli FV o collettori solari integrati	Ombreggiamento		x
COPERTURA CON SCARSA CAPACITÀ DI SOVRACCARICO	USO DI MATERIALI CHIARI	-	Riduzione dell'effetto isola di calore		x

Tab. 41b Azioni di adattamento per il sistema edificio. La tabella mostra il contributo adattivo delle azioni di *adaptive urban design* e le raccomandazioni per la relativa applicazione sulla chiusura superiore. Rieditato graficamente, adattato e con testo tradotto da *Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren. Wissendokument*, Hafen City Universität, Tutech Verlag Hamburg, Aprile 2017, p. 38-39, traduzione propria



AZIONI DI ADATTAMENTO PER IL SISTEMA EDIFICIO

UNITÀ TECNOLOGICA: A: Chiusura verticale	AZIONE	RACCOMANDAZIONI E CATEGORIE DI SOLUZIONI	CONTRIBUTO ADATTIVO	EFFICACIA AL PLUVIAL FLOODING	EFFICACIA AL UHW
CLASSE DI ELEMENTI TECNICI: Pareti perimetrali verticali	FACCIATE ESPOSTE A OVEST E A SUD ADATTE AL GREENING VERTICALE	GREENING VERTICALE	Inverdimento delle chiusure verticali opache, in particolare di se prospicienti gli spazi aperti che necessitano un miglioramento microclimatico puntuale e non sono suscettibili di piantumazioni di alberature (es. sezioni stradali strette)	Evaporazione	x
				Ombreggiamento	x
				Riduzione dell'effetto isola di calore	x
				Miglioramento microclimatico	x
				Miglioramento del comfort indoor	X
FACCIATE SOTTOPOSTE A VINCOLO	APPLICAZIONE DI MATERIALI E COLORAZIONI SUPERFICIALI DI TIPO <i>CLIMATE ORIENTED</i>	Per chiusure perimetrali verticali molto chiare o molto scure esposte a irraggiamento solare scegliere toni cromatici medio-chiari. Raccomandato anche per involucri con bassa capacità di sovraccarico	Riduzione del <i>heat stress</i>		x

Tab. 41c _ Azioni di adattamento per il sistema edificio. La tabella mostra il contributo adattivo delle azioni di climate adaptive design e le raccomandazioni per la relativa applicazione sulle chiusure verticali. Rieditato graficamente, adattaTo e tradotto da: *Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren. Wissendokument*, Hafen City Universität, Tutech Verlag Hamburg, April 2017, p. 38-39, traduzione propria



AZIONI DI ADATTAMENTO PER IL SISTEMA EDIFICIO					
UNITÀ TECNOLOGICA : Chiusura verticale	AZIONE	RACCOMANDAZIONI	CONTRIBUTO ADATTIVO	EFFICACIA AL PLUVIAL FLOODING	EFFICACIA AL UHW
CLASSE DI ELEMENTI TECNICI: Infissi esterni verticali	INFISSI ESPOSTI A SUD	USO DI SCHERMATURE ORIZZONTALI	Applicazione di schermature orizzontali esterne (ombra a 35°), (lamelle o avvolgibili) e schermature interne (tende)	Ombreggiamento	x
				Miglioramento del comfort indoor	x
INFISSI ESPOSTI A OVEST	USO DI SCHERMATURE VERTICALI	Applicazione di schermature verticali esterne (lamelle, pannelli scorrevoli, avvolgibili) e schermature interne (tende)	Ombreggiamento	x	
			Miglioramento del comfort indoor	x	

Tab. 41d _ Azioni di adattamento per il sistema edificio. La tabella mostra il contributo adattivo delle azioni di adaptive design e le raccomandazioni per la relativa applicazione sugli infissi esterni verticali. Rieditato graficamente, adattato e con testo tradotto da: *Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren. Wissendokument*, Hafen City Universität, Tutech Verlag Hamburg, April 2017, p. 38-39, traduzione propria.

Risultati delle analisi. Obiettivo del paragrafo è ancorare il livello strategico alla dimensione degli elementi fisici urbani. A tal riguardo si desumono alcune considerazioni:

- Le strategie si concentrano sul principio del lento scorrimento dei flussi energetici e della risorsa acqua, agendo sul **fattore tempo**
- Nell'ambito del fattore tempo si differenziano le strategie di infiltrazione da quelle di ritenzione delle acque meteoriche, che prevedono **fasi di accumulo, ristagno e attesa** delle acque
- Strategie e azioni si focalizzano sul **fattore controllo** dei flussi (della radiazione solare sulle superfici di edifici e spazi aperti, dei guadagni termici, delle acque in ingresso attraverso le superfici e in fase di scorrimento)
- Le strategie lavorano sulla **profondità** di infiltrazione delle acque, alle quale corrisponderanno soluzioni tecniche diverse
- Si mira il più possibile a rendere le **superfici multiuso**, coerentemente con la caratteristica della progettazione adattiva di essere multi-obiettivo e perseguire utilità o benefici contestuali
- Si **include la componente hard** ovvero impiantistica dell'edificio, alla quale si associa un contributo adattivo nella misura in cui essa viene migliorata e aggiornata
- Si riconosce l'importanza del **mantenimento** della quota di verde lì dove presente in una logica di protezione e conservativa del **capitale naturale** a disposizione dei contesti urbani

- La **tassonomia** riveste grande importanza **metodologica**: l'uso dei tracciati limita o amplia il margine di applicabilità delle soluzioni adattive (es. le strade pedonali offrono maggiori margini di impiego di soluzioni *green* e *blue*)
- Le soluzioni **evapotraspirative** sono considerabili **multi-contributo** nel ridurre l'*heat stress* e contemporaneamente gestire il fenomeno *flood* restituendo al piccolo ciclo dell'acqua la quota di precipitazione captata o infiltrata dalle superfici permeabili e semi-permeabili
- Le strategie dello studio prese in esame puntano a rendere le superfici multiuso, in maniera coerente con i principi della progettazione adattiva che mira ad essere multi-obiettivo
- Anche qui l'esame di uno studio consente l'osservazione di una metodologia, che già di per se ben si allinea alla classificazione degli elementi urbani e architettonici come concepiti nella cultura della Tecnologia dell'Architettura.

3.4.2 La manualistica tecnico-progettuale

Nell'ambito della progettazione adattiva, una ricca manualistica tecnica, che risulta essere principalmente di origine statunitense, adotta un approccio ecosistemico all'analisi delle criticità di edifici e spazi aperti e delle soluzioni applicabili ai fini adattivi. Il sistema edificio- spazio aperto viene osservato come un "ecosistema urbano" nel quale è possibile operare una reintroduzione dei processi ecologici orientata alla resilienza. Edifici, strade, larghi, piazze, percorsi ciclabili e pedonali vengono osservati nelle proprie funzioni non solo legate alla mobilità ma anche ecosistemiche, come elementi di riconnessione tra le risorse - ad esempio le acque meteoriche- e l'ambiente antropizzato, capaci di erogare attraverso le proprie superfici nuovi servizi per la città ed esprimere prestazioni adattive. La superficie diventa, concettualmente e operativamente, un interfaccia resiliente che funziona in modo ecosistemico. I benefici riconosciuti dalla manualistica alle soluzioni adattive su scala urbana sono molteplici. Allo stesso tempo gli usi multilivello cui sono destinati gli spazi aperti rendono complessa l'associazione tra questi ultimi e i sistemi di soluzioni adattive di tipo *ecosystem-based*. Si riporta un prospetto schematico dei benefici delle soluzioni *ecosystem-based* abbinati alle principali categorie d'uso degli spazi aperti.

PRINCIPALI CATEGORIE D'USO DELLO SPAZIO APERTO	BENEFICI DELLE SOLUZIONI ECOSYSTEM-BASED
Uso veicolare (mezzi privati)	Incremento delle condizioni di sicurezza attraverso il drenaggio delle superfici delle carreggiate Incremento delle condizioni di sicurezza attraverso la riduzione della velocità del traffico veicolare
Uso veicolare (mobilità pubblica)	Aumento del comfort degli utenti nelle zone di attesa (pensiline/piattaforme/ banchine per bus, tram) Facilità di integrazione delle soluzioni <i>ecosystem-based</i> nelle zone di attesa
Uso ciclopedonale	Aumento del comfort microclimatico outdoor degli utenti attraverso interventi di greening Miglioramento del comfort acustico attraverso l'attenuazione dei rumori Miglioramento della qualità dell'aria Incremento delle condizioni di sicurezza attraverso il drenaggio delle superfici adibite ad uso ciclabile Incremento delle condizioni di sicurezza attraverso la riduzione della velocità del traffico veicolare Creazione di luoghi di incontro/ aggregazione sociale
Uso commerciale	Aumento dell'attrattività Riduzione del rischio di danni da flooding e run-off
Uso residenziale	Incremento del valore commerciale delle proprietà Incremento delle attività ricreative in corrispondenza di aree verdi e/o corpi d'acqua Riduzione del rischio di danni da flooding e run-off Miglioramento delle condizioni sanitarie legate all'aumento della qualità dell'aria e dell'acqua

Tab.42 _Categorie d'uso degli spazi aperti e benefici delle soluzioni ecosystem-based per lo spazio aperto. Rieditato e con testo tradotto da NACTO National Association of City Transportation Officials, *Urban Street Stormwater Guide*, Island Press NYC, 2017, pp. 8-9.

Di seguito si analizzano tramite schedatura tre manuali, *Urban Street Stormwater Guide*, (c.f.r. scheda 1), *LID – Low Impact Development Manual* (c.f.r. scheda 2) e *Philadelphia Street Manual* (c.f.r. scheda 3), selezionati in base ai seguenti criteri:

- ✓ Ricorso a un **approccio ecosistemico**
- ✓ Adozione di **soluzioni tecniche** adattive di tipo **sistemico** (multipli, integrabili, scalabili)
- ✓ Adozione di **soluzioni** adattive di tipo **nature-based**

	TASSONOMIA DA MANUALISTICA		
	LID- LOW IMPACT DEVELOPMENT MANUAL 2010	PHILADELPHIA GREEN STREET DESIGN MANUAL 2014	NACTO MANUAL 2017
<i>Building</i>	<i>roof</i> <i>wall</i> <i>ground</i>	<i>High-volume pedestrian</i> <i>Walkable commercial corridor</i>	<i>Ultra urban green street</i> <i>Green transitway</i>
<i>Property</i>	<i>lawn</i> <i>parking lots</i>	<i>Urban arterial</i> <i>Auto-Oriented commercial / industrial</i>	<i>Stormwater greenway</i> <i>Boulevard</i>
<i>Streets</i>	<i>skinny street</i> <i>green street</i> <i>shared street</i> <i>eco- boulevards</i> <i>parkways</i>	<i>Park road</i> <i>Scenic drive</i> <i>City neighborhood street</i>	<i>Neighborhood Main Street</i> <i>Commercial shared street</i> <i>Residential shared street</i>
<i>Open space</i>	<i>treatment parks</i> <i>water harvesting parks</i> <i>green ways</i>	<i>Low density residential</i> <i>Shared narrow</i>	<i>Reclaimed intersection</i>
CRITERI TASSONOMICI PREVALENTI	- Edificio - Spazio aperto - Parco	- Uso prevalente (residenziale, commerciale, misto etc.) - Velocità veicolare	- Uso prevalente (residenziale, commerciale, misto etc.) - Velocità veicolare

Tab.43 _Tassonomia da manualistica US

Per ogni manuale sono stati analizzati:

- gli **obiettivi** di progettazione adattiva perseguiti
- le **strategie** adottate
- i **sistemi di soluzioni tecniche** proposti e le relative **funzioni**
- dove possibile, l'applicazione delle soluzioni raccomandate rispetto alla **tassonomia** di edifici e spazi aperti

Si sceglie di mettere in evidenza le funzioni di detenzione, infiltrazione, filtraggio, trattamento, riduzione del volume del runoff, evapotraspirazione e ombreggiamento, perché ritenute comuni ai tre manuali esaminati e significativi nel definire l'efficacia adattiva al flooding e all'UHW.

Per limiti di traduzione della terminologia tecnica le schede riportano la nomenclatura originale anglosassone e pertanto le soluzioni indicate sono accompagnate da una breve descrizione esplicativa.

SCHEDA #01_LID Low Impact Development Manual, 2010

OBIETTIVI											
Riduzione del <i>runoff</i> delle acque meteoriche	Sviluppare un regime idrologico <i>in situ</i> e di gestione locale delle acque meteoriche										
Trattamento delle acque meteoriche											
Rigenerazione urbana	Sviluppare sistemi urbani rigenerativi basati sul rinnovamento continuo delle funzioni ecosistemiche fornite dalle soluzioni LID										
Integrazione delle soluzioni tecniche	Integrare soluzioni <i>hard</i> e <i>soft engineering</i>										
STRATEGIE/AZIONI											
Ridondanza	Rete distribuita e capillare di sistemi LID										
Resiliency	Uso di soluzioni multipli e tra loro integrate, anziché singole e localizzate										
Distribuzione	Piccole e numerose unità di soluzioni LID anziché grandi unità concentrate										
Detenzione	Stoccaggio temporaneo delle acque di runoff per ridurre i carichi fognari										
Ritenzione	Stoccaggio delle acque di runoff per la sedimentazione delle sostanze in sospensione										
Infiltrazione	Trasporto verticale delle acque di runoff per ricaricare la falda acquifera										
Filtraggio	Filtraggio dei sedimenti presenti nelle acque di runoff attraverso strati porosi (sabbia, radici)										
Trattamento	Fitodepurazione per processare le sostanze inquinanti presenti nelle acque di runoff										
SISTEMI DI SOLUZIONI TECNICHE											
SISTEMI DI SOLUZIONI TECNICHE			FUNZIONE							EFFICACIA al FLOODING	EFFICACIA al UHW
			DETEZIONE TEMPORANEA DELLE ACQUE DI RUNOFF	INFILTRAZIONE DELLE ACQUE DI RUNOFF	FILTRAGGIO DELLE ACQUE DI RUNOFF	TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI RUNOFF	RIDUZIONE DEL VOLUME DEL RUNOFF	EVAPOTRASPIRAZIONE	OMBREGGIAMENTO		
A	Filtro di sabbia superficiale o bacino di filtraggio	Letto in sabbia filtrante			X	X	X			X	
B	Sistema di filtraggio in sabbia sotterraneo	Sistema a tre camere di pretrattamento, filtraggio e archiviazione temporanea del primo flusso di acqua piovana	X		X	X	X			X	
C	Filter strip	Pendenza che attenua il deflusso delle acque piovane, parallela ad una superficie impermeabile (es. strade o parcheggi)			X		X			X	
D	Tetto verde	Copertura vegetata intensiva o estensiva					X	X			
E	Parete verde	<i>Living o green walls</i>				X		X	X	X	X
F	Trincea di infiltrazione	Scavi a doppia camera rivestiti in tessuto		X	X		X			X	
G	Pavimentazione permeabile	Asfalto drenante, pavimentazioni a giunto aperto, pavimentazioni in ghiaia, pavimentazioni in blocchi inerbita, <i>turf pavers</i>		X			X			X	
H	Riparian buffer	Buffer parallelo a fiumi/ ruscelli caratterizzate da comunità vegetali locali				X	X			X	X
I	Rain garden	Depressione piantumata con vegetazione preferibilmente nativa		X		X				X	

		per il trattamento delle acque di runoff tramite infiltrazione									
L	Tree box filter	Pozzo di terreno con piantumazione di alberature, strato in ghiaia e paccame		X			X	X	X	X	X
M	Constructed wetland	Bacini di acqua stagnante	X	X	X	X				X	
N	Bacini di infiltrazione	Depressioni poco profonde con suoli altamente permeabili per la detenzione e infiltrazione temporanea delle acque di runoff	X	X		X				X	
O	Bioswale	Trincea vegetata lievemente inclinata con funzione di trattamento e trasporto delle acque di runoff	X			X				X	

SCHEDA #02_Philadelphia Green Street Design Manual, Arkansas 2014, USA

OBIETTIVI												
Riduzione del <i>runoff</i> delle acque meteoriche		Gestione del piccolo ciclo dell'acqua										
Trattamento delle acque meteoriche		Recupero delle acque meteoriche										
STRATEGIE/AZIONI												
Ritenzione- infiltrazione - trattamento- evapotraspirazione												
SISTEMI DI SOLUZIONI TECNICHE												
SISTEMI DI SOLUZIONI TECNICHE			FUNZIONE							EFFICACIA al FLOODING	EFFICACIA al UHW	
			DETEZIONE TEMPORANEA DELLE ACQUE DI RUNOFF	INFILTRAZIONE DELLE ACQUE DI RUNOFF	FILTRAGGIO DELLE ACQUE DI RUNOFF	TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI RUNOFF	RIDUZIONE DEL VOLUME DEL RUNOFF	EVAPOTRASPIRAZIONE	OMBREGGIAMENTO			
A	Storm water trees	Pozzo di terreno con piantumazione di alberature		X	X			X	X	X	X	X
B	Storm water tree trenches	Trincee abbinate ad alberature. La trincea raccoglie le acque di runoff e tramite tubi perforati e strati in pietrisco irriga le alberature che restituiscono l'acqua per evapotraspirazione	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C	Storm water planters	Vasca piantumata con vegetazione con fondo filtrante in ghiaia installata ai margini del marciapiede		X	X			X	X		X	
D	Permeable pavement	Asfalto drenante, pavimentazioni a giunto aperto, pavimentazioni in ghiaia, pavimentazioni in blocchi inerbite, <i>turf pavers</i>	X	X				X			X	
E	Storm water bump-outs	Estensione del cordolo del marciapiede all'interno della carreggiata, piantumato con vegetazione con letto sotterraneo in pietrisco	X	X	X			X	X		X	
F	Green gutter	Striscia stretta e poco profonda lungo il cordolo stradale o del marciapiede con vegetazione piantumata	X	X				X			X	
G	Storm water drainage well	Cilindro sotterraneo per la distribuzione delle acque di runoff al sottosuolo circostante		X				X			X	
APPLICAZIONE ALLA TASSONOMIA												
TASSONOMIA			SISTEMA DI SOLUZIONI TECNICHE									
High-volume pedestrian	Uso commerciale prevalente Alto traffico pedonale		A-B-C-F-G									
Walkable commercial corridor	Uso commerciale prevalente Volume di traffico pedonale intermedio tra High-volume pedestrian e Auto-Oriented commercial / industrial street		A-B-C-D-E-G									
Urban arterial	Uso misto (commerciale-residenziale-amministrativo) Intenso traffico veicolare											
Auto-Oriented commercial / industrial	Uso commerciale-industriale Solo traffico veicolare		A-B-E-G									
Park road	Arterie minori e strade locali di servizio ai parchi e alle aree verdi Uso veicolare e pedonale		B-D-E-F									
Scenic drive	Uso veicolare e pedonale Presenza di piste ciclabili Prossimità a parchi e vie d'acqua		D-E-F									
City neighborhood street	Uso residenziale prevalente		A-B-D-E-G									

Low density residential		A-B-C-D-E-F-G
Shared narrow	Strade locali di accesso alle residenze	D-G

OBIETTIVI											
Riduzione del <i>runoff</i> delle acque meteoriche	Tramite infiltrazione delle acque meteoriche nel suolo										
Riduzione dei danni da precipitazioni intense	Riduzione dei danni provocati da effetti combinati prodotti da precipitazioni intense, quali sovraccarico dei sistemi fognari e allagamento delle superfici urbane (sedi stradali, parcheggi, proprietà private, basamenti e piani terra di edifici)										
Incremento della qualità dell'acqua	Intercettazione delle sostanze inquinanti (metalli pesanti, residui di olio provenienti dai motori, residui provenienti dai pneumatici)										
Riduzione degli impatti del sistema della mobilità sull'ambiente urbano											
STRATEGIE/AZIONI											
Detenzione	Raccolta e detenzione in vasche di stoccaggio temporanee o in sistemi vegetati prima del lento rilascio in fognatura										
Ritenzione	Captazione e detenzione dell'acqua piovana in sito per ridurre il run-off in fognatura. Successivamente l'acqua evapora o viene infiltrata attraverso il terreno										
Bio- filtraggio	Rimozione di particolato o altri inquinanti tramite filtraggio delle acque di deflusso superficiale attraverso sabbia, suolo etc.										
Infiltrazione	Assorbimento delle acque meteoriche tramite il suolo										
SISTEMI DI SOLUZIONI TECNICHE											
SISTEMI DI SOLUZIONI TECNICHE		FUNZIONE							EFFICACIA al FLOODING	EFFICACIA al UHW	
		DETEZIONE TEMPORANEA DELLE ACQUE DI RUNOFF	INFILTRAZIONE DELLE ACQUE DI RUNOFF	CAPTAZIONE DELLE ACQUE DI RUNOFF	TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI RUNOFF	RIDUZIONE DEL VOLUME DEL RUNOFF	EVAPOTRASPIRAZIONE	OMBREGGIAMENTO			
A	Vasche di bio-ritenzione	Vasche con pareti cementate, vegetazione, ampia superficie di captazione e trattamento delle acque di run-off	X	X						X	
B	Vasche di bio-filtraggio	Vasche con pareti cementate, vegetazione e base impermeabile a supporto della fognatura. Filtrano le acque del runoff tramite il suolo e lo incanalano nella fognatura attraverso tubature forate			X	X	X			X	
C	Trincee per la bio-ritenzione	Trincee naturali con vegetazione e lati in pendenza			X	X	X			X	
D	Combinazioni di vasche e trincee per la bio-ritenzione	Sistema ibrido con un lato cementato e un lato in pendenza. Aumenta l'area vegetata e la superficie di infiltrazione			X	X				X	
E	Alberature				X		X	X	X		X
F	Pavimentazioni permeabili	Asfalto e cemento permeabile, lastre a incastro in cemento		X						X	

	permeabile e pavimentazioni a giunto aperto									
APPLICAZIONE ALLA TASSONOMIA										
TASSONOMIA						SISTEMA DI SOLUZIONI TECNICHE				
Ultra urban green street	Marciapiede					A- C- E- F				
Green Transitway	Cordolo stradale					A				
	Pista ciclabile/ Parcheggi ai margini della sede stradale					F				
Stormwater greenway	Sede stradale dedicata (bus, tram, BRT)					D				
Boulevard	Sede stradale					F				
Neighborhood Main Street	Percorso pedonale					C				
	Estensione del cordolo/ cordoli angolari					D				
Commercial shared street										
Residential shared street	Piazze, larghi, intersezioni stradali					D				
Reclaimed intersection										

Box 9. The National Association of City Transportation Officials

NACTO- *National Association of City Transportation Officials* è un'associazione di 62 città del Nord America e dieci agenzie dei trasporti, che promuove obiettivi di sviluppo di mobilità sostenibile. Tra questi:

- Promuovere sistemi di trasporto sicuri
- Promuovere un equo accesso ai sistemi di trasporto
- Ridurre gli impatti dei sistemi di mobilità rispetto agli effetti del cambiamento climatico
- Sostenere finanziamenti per progetti nel settore della mobilità

Fonte: www.nacto.org; www.guidestar.org/profile/20-1874085. Per approfondimenti c.fr. NACTO Policy 2018, *Creating safe, sustainable, multi-modal urban transportation*, NYC

Risultati delle analisi

o La manualistica adotta obiettivi e strategie comuni, basate sui seguenti principi:

- abbinamento degli obiettivi di riduzione dei danni da **hazard** (es. riduzione del carico fognario durante le precipitazioni intense) a ulteriori **benefici** (incremento della qualità dell'acqua attraverso azioni di fitodepurazione);
- abbinamento degli obiettivi di **adattamento** ai danni da runoff a quelli di **sicurezza** veicolare e ciclopedonale;
- riuso della risorsa acqua tramite **reintegrazione nell'ambiente urbano** anziché smaltimento come rifiuto;
- **rallentamento dei flussi** di risorse (es. controllo dell'adduzione nel sistema fognario) e **incremento dello stock** di acqua tramite implementazione delle falde;
- gestione **decentralizzata** e **locale** delle acque meteoriche (trattenere le acque di runoff il più possibile vicine all'origine)

- **metabolizzazione** e **pretrattamento *in situ*** delle acque di runoff attraverso l'uso della **vegetazione** e/o di strati filtranti porosi;
 - moltiplicazione e **distribuzione** capillare dei sistemi di soluzioni tecniche nature-based, piuttosto che grandi sistemi di captazione, incanalamento e trattamento delle acque centralizzati;
 - uso della **tassonomia** per applicare le soluzioni in maniera **scalabile** (la stessa soluzione può essere usata su tracciati di ordine diverso rispettando dimensioni appropriate);
 - **integrazione di grado flessibile** tra soluzioni di tipo *hard engineering* e *soft engineering*. La manualistica sconsiglia un approccio esclusivamente *nature-oriented*, e rivela che le soluzioni risultano potenziate ed efficaci quando integrano **processi biologici** a processi meccanici;
 - riduzione degli **impatti dei sistemi per la mobilità** sull'ambiente urbano attraverso una conversione in chiave ecologica.
- **Sistemi diversi** di soluzioni tecniche erogano livelli di **servizio diversi** (es. i sistemi di raccolta dell'acqua piovana in copertura possono fornire un semplice servizio di riuso per l'irrigazione, ma se abbinati a un unità di trattamento per l'acqua aggiungono il riuso per uso domestico e se integrati con un sistema di depurazione/disinfezione aggiungono all'uso privato la disponibilità di acqua potabile). Pertanto **soluzioni integrate** erogano **servizi multilivello**.
 - La manualistica tecnico- progettuale risulta prevalentemente di origine statunitense e associa i sistemi di soluzioni adattive a una tassonomia, in particolare degli spazi aperti, non direttamente importabile in un contesto sud- europeo. Contempla infatti alcuni tracciati, (es. *residential street* o *green alley*) riferibili a strade di servizio ad abitazioni unifamiliari tipiche di contesti peri- o extraurbani statunitensi. Pertanto l'analisi ha escluso le soluzioni ritenute meno trasferibili in una tassonomia degli spazi aperti locale.
 - Le soluzioni di tipo ***soil-water-plant systems*** (Philadelphia GSDM, 2014) sono focalizzate sulla gestione ecosistemica delle acque meteoriche e di runoff, ma sono studiate per incrementare allo stesso tempo la qualità dell'acqua/ aria, fornire habitat, ridurre gli effetti da *heat stress* e aumentare il valore delle aree in una logica **multiobiettivo**.
 - I processi biologici della natura diventano sia uno strumento che un **modello**, da applicare a monte dei fenomeni di pluvial e di runoff, per la gestione dei flussi di acqua piovana, che è vista come una risorsa piuttosto che come rifiuto del ciclo metabolico urbano.

- I manuali suggeriscono inoltre le corrette operazioni di manutenzione e programmi di educazione/sensibilizzazione pubblica alle tematiche della gestione sostenibile della risorsa acqua.
- La manualistica si concentra principalmente sulle possibilità di conversione dei tracciati urbani in sistemi complessi per la gestione delle acque meteoriche. Solo la manualistica LID adotta un approccio integrato tra edificio e spazio aperto, considerando le superfici del primo come soluzioni principalmente captanti.

GLOSSARIO

BRT Bus Rapid Transit. Sistema di trasporto pubblico su gomma su corsie preferenziali. Combina la velocità dei sistemi su rotaie garantita dalla corsia dedicata con i minori costi di costruzione e manutenzione del trasporto su gomma

Detenzione. Azione di captazione e accumulo temporaneo delle acque meteoriche prima del lento rilascio nel sistema di smaltimento

Evapotraspirazione. Azione congiunta di evaporazione e traspirazione, costituita dal passaggio dell'acqua dallo stato liquido allo stato di vapore dalle piante e dal terreno, esprimibile in mm o in m³/ha

Infiltrazione. Azione di assorbimento delle acque meteoriche attraverso gli strati di terreno

Ritenzione. Azione di captazione e accumulo delle acque meteoriche che vengono successivamente smaltite per evaporazione, traspirazione o infiltrazione

BIBLIOGRAFIA

Distretto urbano adattivo

Brook, R., Dunn, N., *Urban Maps. Instruments of Narrative and Interpretation in the city*, Ashgate Publishing, 2011,

Fuy, A., Hansing, A., Reckschwardt, R., IBA Hamburg Reiner Müller (Eds), *Towards a new city. A guide to the Elbe Islands and the projects of the IBA Hamburg*, IBA GmbH, Hamburg 2012

IBA Hamburg GmbH, *Bieterverfahren zur Veräußerung eines Grundstücks zum beispielhaften Bauen mit und auf dem Wasser*, Wettbewerb, Hamburg Nov. 2010

IBA Hamburg GmbH, Geschäftsführerin Pein, K., *Building the city anew. Stadt neu Bauen. Unternehmensportrait*, Hamburg, Jun. 2016

IBA Hamburg GmbH, Geschäftsführerin Pein, K., *Building the city anew. Stadt neu Bauen. Unternehmensportrait*, Hamburg, Sept. 2017

IBA Hamburg GmbH, *IBA Strukturmonitoring 2013*, Hamburg, Okt. 2013

IBA Hamburg GmbH, *International Building Exhibition Hamburg. World Commercial Park*, Hamburg November 2014

Lynch, K., *The image of the city*, The M.I.T. Press, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, 1960

Klum, M., Rockström, J., *Grande mondo, piccolo pianeta. La prosperità entro i confini planetari*, Edizioni Ambiente, Milano 2015

Splitterwerk, Arup, *Splitterwerk & Arup: The algae house*, Niggli Verlag, Salenstein 2014, Switzerland

Tagliagambe, S., *Epistemologia del confine*, Il Saggiatore, Milano 1997

Technische Universität Braunschweig, IGS Institut für Gebäude- und Solartechnik, *Abschlussbericht Forschungsprojekt. EnEff:Stadt IBA Hamburg. Konzeption, Qualitätsbewertung und Wissenschaftliches Messprogramm für das Energie-Monitoring der Internationalen Bauausstellung Hamburg 2013*, Dez. 2016

Casi studio

Becker, C. W., *Stadtstruktur - Von der Vision zur Realität, Stadtentwicklung Berlin Adlershof*, BAAG als Treuhänder des Landes Berlin, Berlin 2003

Bokern, A., *Temporär geflutet* in „db deutsche bauzeitung“, 04.2011, pp. 39-43

D'Ambrosio, V., *Strategie e soluzioni tecniche per il rainwater management: il caso studio di Berlino* in Palestino M. F. (a cura di) "Spazi spugna. Esperienze di pianificazione e progetto sensibili alle acque", Clean, Napoli 2014, pp. 96-107.

De Urbanisten. Progetti resilienti per Rotterdam e il New Jersey in "IoArch" No. 62, Jan/Feb 2016, pp. 22-27

- Dolata, K., *Pionierunternehmen Testfilter- Wege zum transparenten Fluss* in „Flussbad Berlin“, Jahresheft Num.3, Flussbad Berlin e.V., Berlin 2018, pp. 42-45
- Hiller von Gaertringen, H. G., Edler, T., *Lassen Sie uns übers Spreewasser reden. Ein Gespräch mit dem Hydrologen Heiko Sieker* in „Flussbad Berlin“, Jahresheft Num.1, Flussbad Berlin e.V., Herbst 2015, pp. 30-35
- Köhler, M., Schmidt, M., Laar, M., *Green roofs as a contribution to reduce urban heat islands*, RIO 3 - World Climate & Energy Event, Rio de Janeiro, Brazil, 1-5 December 2003
- Marotta, I., *Strategie di rigenerazione urbana per la città storica: Flussbad Berlin* in “Agathón. International Journal of Architecture”, Art and Design, Num. 01, 2017, pp. 41-46
- Pelizzaro, P., Mezzi, P., *La città resiliente. Strategie e azioni di resilienza urbana in Italia e nel mondo*, Altraeconomia, Milano 2016
- Schmidt, M. *The interaction between water and energy of greened roofs*, conference paper, Basel 2005
- Schmidt, M., B. Reichmann, C. Steffan, *Rainwater harvesting and evaporation for stormwater management and energy conservation*, in Kenneweg, Hartmut (Hrsg.), International Congress on Environmental Planning and Management - Visions, Implementations, TU Berlin 2007
- Schmidt, M., *The evapotranspiration of greened roofs and façades*, Fourth Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities, Conference, Awards and Trade Show in Boston, USA, 11-12 Mai 2006
- Schubert, H. *Floodig square, Rotterdam* in “A10”, No. 56, Mar/Apr 2014, pp. 35-36
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, *Berlin Adlershof Stadt für Wissenschaft, Wirtschaft und Medien*, Berlin 2013
- Sieker, H., *Fragen zum Fluss* in „Flussbad Berlin“, Jahresheft Num.2, Flussbad Berlin e.V., Berlin Winter 2016-17, pp. 26-31
- Sieker, H., *Wie wird die Spree sauber? Zur Funktionsweise der Filteranlage* in „Flussbad Berlin“, Jahresheft Num.1, Flussbad Berlin e.V., Berlin Herbst 2015, pp. 36-39
- SLA Architects, *Climate adaptation and Urban Nature*, development catalogue, Copenhagen 2016
- Teschner, K., Schmidt, M., *Kombination von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen: Ergebnisse der Voruntersuchungen für das Projekt Potsdamer Platz. Teil 1. Stoffrückhalt extensiver Dachbegrünung* in “Wasser Abwasser”, No. 10, 2000, pp. 670-675
- Teschner, K., Schmidt, M., *Kombination von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen: Ergebnisse der Voruntersuchungen für das Projekt Potsdamer Platz. Teil 2. Regenwasserregierung über ein Reinigungsbiotop* in “Wasser Abwasser”, No. 11, 2000, pp. 773-779
- The Soul of Nørrebro. Climate Adaptation Copenhagen*, SLA, Copenhagen 2016
- The Soul of Nørrebro. Hans Tavsens park, Blågård school and Korsgade*. Nordic Built Cities Challenge, Copenhagen 2016, available at <http://www.landezine.com/index.php/2016/11/nature-based-climate-adaptation-wins-scandinavias-biggest-architecture-award>

Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren. Wissendokument, Hafen City Universität, Tutech Verlag Hamburg, April 2017.

Wright, M., (Ed.), *Rainwater Park. Stormwater Management and Utilization in Landscape Design*, images Publishing, Melbourne 2015, pp. 100-117

SITOGRAFIA

<http://www.biq-wilhelmsburg.de/die-fassade/biologie.html>

<http://www.biq-wilhelmsburg.de/die-fassade/funktionalitaeten.html>

<http://www.biq-wilhelmsburg.de/die-fassade/anwendung.html>

<http://www.biq-wilhelmsburg.de/energiekreislauf/energiezentrale.html>

<http://www.biq-wilhelmsburg.de/energiekreislauf/energiekonzept.html>

<https://www.iba-hamburg.de/en/projects/the-building-exhibition-within-the-building-exhibition/waterhouses/projekt/waterhouses-living-at-inselpark.html>

<https://www.schenk-waiblinger.de/iba-waterhouses/>

www.tredjenatur.dk/portfolio/klimakvarter

www.adlershof.de

www.gebaeudekuehlung.de

www.flussbad-berlin.de

www.landezine.com/index.php/2016/11/nature-based-climate-adaptation-wins-scandinavias-biggest-architecture-award

www.urbanisten.nl

www.realities-united.de

www.sla.dk/dk

Manualistica tecnico-progettuale

Contech Engineered Solutions LLC, *Low Impact Development Application Guide*, USA, 2015

LID *Low Impact Development Manual*, 2010

NACTO- National Association of City Transportation Officials, *Urban Street Stormwater Guide*, Island Press NYC, 2017

Norma UNI 8290-1/1981 - Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Classificazione e terminologia
Philadelphia Green Street Design Manual, Arkansas 2014, USA

UACDC, University of Arkansas Community Design Center, *LID - Low Impact Development Manual. A design manual for urban areas*, Fayetteville, Arkansas 2010

Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren. Wissendokument, Hafen City Universität, Tutech Verlag Hamburg, April 2017

SITOGRAFIA

www.contechES.com

www.nacto.org

www.uacdc.uark.edu

04

Vegetazione, spazi verdi e adaptive urban design



Berlino, quartiere Wilmersdorf, Cicerostrasse, playground Hochmeisterplatz.
(foto: F. Dell'Acqua, 2018)

4.1 Le funzioni della vegetazione per l'ambiente urbano

In un'analisi della progettazione adattiva *nature-based*, va data rilevanza alla vegetazione come materiale di progetto, di cui analizzare funzionalità e prestazioni erogabili nel e per l'ambiente urbano. Queste ultime sono molteplici, trasversali, multiscala e la loro efficacia si ripercuote a vari livelli, spaziando dal contributo ecologico, a quello ingegneristico, al sociale, al paesaggistico, al tecnico-progettuale, a quello igienico. Pertanto si cerca di sistematizzare tali capacità per successivamente individuare quelle adattive. In accordo con Florineth (2004) le principali capacità riconosciute alla vegetazione in ambito urbano sono:

- **Protezione dall'erosione.** Le piante svolgono una funzione di protezione del suolo in quanto lo ricoprono e lo isolano riducendo l'effetto delle precipitazioni. La protezione viene favorita inoltre nel ritardare il deflusso e l'accumulo delle acqua meteoriche tramite le funzioni di captazione e assorbimento che avvengono all'altezza dell'apparato radicale e del fogliame. In particolare ciò vale per i margini inclinati di strade, fiumi, torrenti, zone di riva e versanti maggiormente problematici sul piano della sicurezza all'erosione, dilavamento e smottamento. A tal riguardo "una diminuzione dell'umidità del terreno causa una continua coesione delle particelle del terreno, una crescente resistenza all'attrito e minore pressione interstiziale e minore peso, così da aumentare la resistenza a taglio di argini e versanti" (Florineth 2004, p. 15).
- **Capacità evapotraspirativa.** Le piante svolgono la funzione di evapotraspirazione- in base alla specie di appartenenza - restituendo al ciclo parte dell'acqua meteorica in ingresso. A ciò si aggiungono i microrganismi in decomposizione, utili al nutrimento delle piante, che stabilizzano il suolo e rendono possibile attraverso la propria attività un maggiore assorbimento dell'acqua, l'aumento dell'evapotraspirazione conseguente e la riduzione dei fenomeni di ristagno.
- **Capacità di adattamento.** In termini adattivi, le piante possono assumere strategie e tattiche comportamentali che ne permettono la sopravvivenza o la diffusione al cambiare delle condizioni ambientali e atmosferiche le quali possono rappresentare per il materiale vegetale un regime di sollecitazione variabile (es. carico da neve, forza orizzontale del vento). Il comportamento di risposta viene esercitato ad esempio dall'apparato radicale, che si attiva nella direzione opposta rispetto ai carichi cui è sottoposto.

- **Capacità ecologiche.** Gli studi di Florineth (2012) pongono sotto la terminologia di *capacità ecologiche* le seguenti funzioni della vegetazione:
 - aumento dell'umidità e raffrescamento per evapotraspirazione
 - produzione di ossigeno
 - ombreggiamento attraverso fogliame e rami
 - protezione meccanica di facciate di manufatti muri, muretti stradali e di confine
 - funzione di filtraggio contro polveri e micro-particelle in sospensione nell'aria
 - protezione dal rumore
 - funzioni progettuali a fini estetici per forma ed effetto cromatico di fiori, frutti e fogliame, variabile stagionalmente
 - funzione ludico-educativa per i bambini e di relax per gli adulti
 - funzione di sostentamento per animali ed esseri umani
 - fornitura di habitat per specie animali

Particolare rilevanza rivestono le alberature e gli arbusti, per la loro efficacia evapotraspirativa, di captazione, drenaggio e infiltrazione dell'acqua. Ma quelle adattive non sono le uniche funzionalità: in una logica olistica e secondo un approccio ecosistemico, più vasti sono i benefici erogati dalla quota di vegetazione in contesto urbano. La **tabella 44** mostra specificamente, divise per ambiti, le principali funzionalità di alberature e arbusti in ambiente urbano riconosciute da letteratura.

		Principali funzioni di alberature e arbusti	
DESIGN	Funzioni progettuali	Progettazione di superfici e spazi aperti	
		Suddivisione di proprietà, aree e lotti	
		Schermatura visiva (rispetto alla luce o dalla vista di altri edifici)	
		Materiale progettuale per edifici (facciate verdi, giardini verticali, elementi rampicanti)	
		Punto di riferimento per identificare proprietà o ingressi	
	Funzioni paesaggistiche	Strutturazione del paesaggio	
		Schermatura e protezione dalla vista	Formazione di zone protette dalla vista
			Protezione dall'introspezione rispetto ad aree industriali, commerciali, strade, linee ferroviarie etc.
	Funzioni legate al traffico veicolare	Guida visiva, separazione dei percorsi stradali, progettazione dei margini stradali	
		Riduzione della velocità di marcia	
		Riconoscibilità dei punti di incroci stradali	
		Protezione dall'abbagliamento	
Protezione dagli impatti da incidente tramite gli arbusti			
Protezione dal vento			
BIOLOGICHE	Funzioni biologico-ingegneristiche	Protezione dall'erosione di argini e versanti	
		Protezione dallo scivolamento/ smottamento di argini e versanti	
		Protezione contro le valanghe	

		Drenaggio dell'acqua e riduzione del runoff
MICROCLIMA	Funzioni microclimatiche	Compensazione delle temperature attraverso ombreggiamento ed evapotraspirazione
		Aumento dell'umidità dell'aria
		Protezione dal vento, riduzione dell'effetto jet/ tunnel tra gli edifici
		Isolamento termico attraverso greening di coperture e involucri
		Riduzione della riflessione dei raggi solari
IGIENE	Funzioni legate all'igiene dell'aria	Riduzione dalla formazione/diffusione di polveri, micro-particelle, particolato e sostanze inquinanti
SOCIAL	Funzioni sociali	Spazi di gioco per i bambini, spazi di relax per adulti
		Elementi estetici dalla variabilità cromatica durante l'anno tramite fiori e frutti
		Sostentamento dell'essere umano
		Funzione psicologica: riduzione del disturbo da rumore, effetto rassicurante legato alla contemplazione della natura
ECOLOGICHE	Funzioni ecologiche	Fornitura di habitat per gli animali
		Fornitura di habitat per altre piante
		Rinnovamento e rigenerazione della struttura del suolo

Tab.44_ Principali funzioni di alberature e arbusti, testo estratto e tradotto da Florineth, F., *Pflanzen statt Beton. Sichern und Gestalten mit Pflanzen*, Patzer Verlag Berlin-Hannover 2012, pp.62-64.

Emerge dalla tabella la varietà dei benefici riconosciuti alla vegetazione come componente e materiale di design in ambito urbano, dimostrando come la vegetazione impiegata in azioni tutte riconducibili alla sfera progettuale attraversa campi gnoseologici e dimensioni diverse, quale quella ambientale, antropica, biologica, ecologica e sociale.

4.2 Il ruolo adattivo degli spazi verdi nei contesti urbani. L'efficacia della rete

Il rapporto di interdipendenza tra le configurazioni morfologiche degli spazi urbani, lo scarso equipaggiamento di verde nelle città e le attuali criticità climatiche è intuitivamente riconoscibile e molte sono le ricerche che ne indagano le relazioni reciproche. Tuttavia data la complessità dei temi e i risultati altamente site-specific, un forte margine di esplorazione resta alla misurazione degli effetti che la vegetazione produce sugli ambienti antropizzati.

Gli spazi verdi forniscono "servizi di bilanciamento climatico" (Herberg, Kube 2013, p. 258) e possono attenuare significativamente gli effetti dei fenomeni da climate change nei contesti urbani. Risulta pertanto importante provare a descrivere il ruolo, accertato ma ancora difficile da quantificare in termini assoluti, degli spazi verdi in città indagati prima in termini singoli e poi come sistema di elementi sinergici e in collaborazione reciproca. Gli spazi verdi nei contesti densamente costruiti sono importanti

soprattutto alla luce delle differenze nei fenomeni e nelle dinamiche microclimatiche tra città e periurbano, e rappresentano sia “a livello di pianificazione regionale, che urbano e di quartiere [...] pietre miliari per le strategie di adattamento” (Herberg, Kube 2013, p. 258).

Herberg e Kube (2013, p. 258) mettono in relazione microclimatica gli spazi verdi e la loro dislocazione rispetto al tessuto urbano in termini di prossimità due funzionalità principali: il **raffrescamento locale** e il **deflusso del volume d'aria a bassa temperatura**. Si definisce **volume d'aria di raffrescamento** un volume d'aria agente al livello del suolo, che in virtù di una significativa capacità di trasmissione notturna da parte dello strato superficiale del terreno presenta un potenziale di raffrescamento dell'aria circostante. Quest'ultima in presenza di determinate condizioni topografiche quali divari o pendenze, tende a circolare e infine a defluire (VDI, 2002).

Specchi d'acqua e superfici vegetate- in misura diversa in base ad altezza, tipologia e qualità della vegetazione- mostrano un'alta capacità di raffrescamento generando percorsi per la trasmissione e il trasporto dell'aria a temperature mitigate. La capacità di scambio e circolazione dell'aria dipende anche dall'assenza di barriere e ostacoli fisici ivi comprese alte alberature e arbusti i quali, per quanto dotati di un'alta capacità evapotraspirativa, possono fare da ostacolo alla trasmissione delle masse di aria fredda; infatti “in prossimità di zone boschive e forestali risultano di norma grandi masse di aria fresca, anche se l'alta rugosità della vegetazione può alterare la circolazione e il deflusso” (Mathey et al., 2012, citati da Herberg e Kube 2013, p. 258)

In termini areali la letteratura riconosce agli spazi verdi le seguenti funzioni (Herberg, Kube, 2013), riconducibili alla mitigazione microclimatica e all'igiene dell'aria:

- riduzione delle temperature medie
- aumento dell'umidità dell'aria
- influenza sulla circolazione dell'aria
- filtraggio e trattamento dell'aria e relativa riduzione della concentrazione di sostanze inquinanti

La relativa efficacia di tali funzioni dipende però da lacui parametri riassumibili secondo Herberg e Kube, (2013, p. 259) in:

- Volume specifico di verde [mc/mq]
- Altezza della vegetazione
- Grado di copertura vegetale
- Tipologia di copertura vegetale

L'efficacia microclimatica della vegetazione urbana è dinamica e non costante, e pertanto può variare stagionalmente e nell'arco anche della singola giornata. Di giorno, con le alte temperature, l'effetto di ombreggiamento è particolarmente importante, mentre di notte le superfici vegetate rivelano il proprio

contributo mitigativo delle temperature tramite il raffrescamento, perchè rispetto alle superfici sigillate hanno un basso potere di immagazzinamento del calore abbinato a convenienti prestazioni di rifrazione.

Le differenze di temperatura tra i parchi cittadini di livello urbano e le aree densamente costruite interne alla città possono superare i 6°C (Mathey et al., 2011, citato da Herberg, Kube, 2013). Comparando una superficie sigillata a una vegetata, la prima favorisce la formazione di correnti di convezione⁶² responsabili dell'aumento e della distribuzione nell'aria di polveri e micro-particelle dannose alle vie respiratorie, le seconda genera invece correnti convettive ridotte o nulle (Dunnet, Kingsbury, 2004).



Fig. 46_ Berlino, Wilmersdorf, Cicerostrasse, playground Hochmeisterplatz. Superficie a prato ondulata, (foto: Dell'Acqua, 2018)

Di medesima importanza tra le prestazioni ecologiche è il ruolo nel bilancio e nell'approvvigionamento idrico, essenziale durante i periodi di siccità estiva, in quanto le superfici vegetate o trattate a prato asciutte o le alberature prive di fogliame non possono attivare il proprio potenziale evapotraspirativo. Il ruolo del verde infatti si espleta **chiudendo**

il processo captazione- infiltrazione- evapotraspirazione, tramite il quale il flusso in entrata viene restituito al piccolo e grande ciclo dell'acqua. Ciò implica per la progettazione adattiva *nature-based* la ricerca di una fattibilità e di un compromesso accettabile tra il ricorso a specie vegetali resistenti alla siccità da un lato e la necessità di assicurarne la sopravvivenza attraverso un'adeguata irrigazione nei periodi di maggiore calura dall'altro. L'incremento delle superfici vegetate finalizzate all'infiltrazione delle acqua meteoriche può essere raggiunto anche aumentando entro lo stesso perimetro l'area captante (c.f.r. caso Saint Kjeld's kvarter, **cap. 3, par.3.2.2**, caso studio **#01**) attraverso conformazioni ondulate della superficie vegetata (**Fig. 46**), oppure tramite depressioni o aree di raccolta dell'acqua lievemente sottoposte al piano di campagna.

L'uso della vegetazione negli spazi aperti apre a una complessità di design, di gestione, di manutenzione e di usi multipli e valori sociali per gli utenti che attraverso questi spazi vivono l'esperienza della natura. Il ruolo adattivo microclimatico delle piante nella progettazione adattiva urbana outdoor impone sfide

⁶² Modalità di trasmissione del calore in cui un fluido a una data temperatura (t_1), ad es. l'aria, entra in contatto con un corpo a temperatura maggiore (t_2). A seguito del contatto il fluido si espande e diminuisce di densità, spostandosi verso l'alto e generando moti convettivi.

“The aspects of the role of green spaces in cities that will become more important than ever will be their function as a compensatory climate buffer, their use by different groups of people and the opportunity to experience nature. For this reason future public spaces should not be degraded to sterile patches of green. Landscape architecture in an age of waning prosperity and higher temperatures should be understood as a challenge to imaginatively make the best out of necessity. The diversity of nature and how it appears in contact with people are part of this”.

[...] “Such varied vegetation structures seem to contradict the problem of the ongoing maintenance [...]. But it is possible to incorporate an ecosystemic viewpoint in the planning of planting in order to increase the variety of experience”

(Kühn, 2010, p.238)

progettuali ed economiche non di poco peso, affrontate nella ricerca accademica e nella pratica soprattutto dai professionisti del Landscape Design. L'importanza del ruolo adattivo va messa a sistema con le condizioni di fattibilità incerte dell'uso di un materiale, quello vegetale, vivente, dinamico, ciclico e dalle risposte imprevedibili. Il problema della manutenzione, in termini di costi e di efficacia degli interventi, gioca a sua volta un ruolo importante nel definire le prestazioni adattive della vegetazione e nel garantire la fattibilità. Allo stesso tempo la sostenibilità finanziaria dei progetti di landscape e di greening è condizione necessaria per incoraggiare investitori e pubbliche amministrazioni a vedere la natura come vero materiale di progetto, piuttosto che come deterrente economico alla trasformazione. Le linee di

ricerca estere in materia e in particolare in Germania sono sempre più orientate a indagare sistemi nature-based innovativi che attraverso l'uso della **vegetazione spontanea** garantiscano modelli progettuali, manutentivi e gestionali di tipo *low-term* e *low-budget*. In questa direzione la vegetazione spontanea “[...] intesa come tutte le piante che si sviluppano senza input orticoli, è un elemento caratteristico dell'ambiente urbano” (Kühn, 2012, p.47), che si configura come una soluzione NBS estremamente site-specific, in grado di raccontare la storia di un luogo (Kühn, 2012), di essere identitarie e di offrire soluzioni progettuali personalizzate rispetto al sito, che entrano a pieno sia nella valutazione delle condizioni di vulnerabilità che del potenziale adattivo del sistema urbano.

Adeguati approcci tecnici al design con la vegetazione spontanea possono essere individuati essenzialmente in:

1. “mantenere lo stato corrente attraverso misure appropriate (es, mantenere il prato attraverso falciatura)”
2. “permettere il succedersi di processi naturali (creazione di un nuovo tipo di wildness)”
3. “provocare dei cambiamenti attraverso interventi (es. creando effetti di apertura rimuovendo arbusti e rami a uno stadio maturo)”
4. “aumentare il valore estetico cambiando la composizione delle specie” (Kühn, 2012, p. 48)

Tutti richiedono dunque un uso attento e appropriato di tecniche che favoriscono il procedere della natura in base ai propri meccanismi. In una logica di progettazione ecosystem-based ed integrata dunque, la vegetazione spontanea così applicata si inserisce come elemento di progetto che riavvicina

l'utente al luogo in modo più autentico e apre prospettive di trasformazione paesaggistica mirate al pieno ricorso ai processi e ai fenomeni di crescita e modificazione naturale della vegetazione locale.

4.2 Ruolo adattivo del sistema degli spazi verdi urbani. L'efficacia della rete

L'efficacia del sistema degli spazi verdi in città dipende principalmente da (Schrere et al. 1999, Mathey et al. 2011, citati da Herberg, Kube, 2013,):

- Estensione
- Distribuzione
- Collegamento reciproco
- Quota di superfici vegetate rispetto alla superficie urbana totale

La letteratura tende a mettere in relazione proporzionale l'efficacia microclimatica con l'estensione di superficie vegetata (Herberg, Kube, 2013), ma il riverbero degli effetti di mitigazione microclimatica non dipendono solo dall'estensione, e possono essere alterati o inficiati da altri fattori concomitanti.

Herberg e Kube (2013) riportano che "spazi aperti verdi urbani con una superficie maggiore di 40 ha hanno un pronunciato effetto climatico, ma quelli con un'area di circa 10 ha possono influenzare climaticamente in modo positivo circa il doppio dell'ambiente per un periodo di tempo più lungo "(Bongardt, 2006, citato da Herberg e Kube 2013), e che i maggiori interventi adattivi in cui sia stata riscontrata un'efficacia microclimatica presentano estensioni comprese tra i 5 e i 15 ha (Herberg, Kube 2013). A riprova della difficoltà di individuare un'intervallo di efficacia univoco in relazione al solo parametro di estensione, "riduzioni di temperatura sensibili possono essere registrate anche all'interno di un singolo spazio trattato a verde con un'estensione entro 1 ha" (Mathey et al., 2011 citati da (Herberg, Kube 2013, p. 258).

Alcuni studi eseguiti sull'area metropolitana di Manchester sull'efficacia microclimatica del verde dimostrano che in determinate condizioni anche un "incremento degli spazi verdi del " 10% nelle aree più dense della città possono produrre un effetto buffer e di contenimento sull'aumento delle temperature medie" (Gill et al., 2007, cit. da Herberg, Kube, 2013). L'effetto microclimatico delle aree ricoperte di vegetazione inoltre può essere ridotto se l'area in oggetto si trova a una quota più bassa rispetto alle zone limitrofe che possono beneficiarne, o è circondata da ostacoli (es. muri) o da ulteriori alberature, provocando l'effetto noto come *urban park cool island effect*, (Spronken-Smith, Oke, 1998, cit. da Dunnet, Kingsbury, 2004).

Si vince che, **distribuzione**, **posizione** e **collegamento** reciproco degli spazi verdi in città sono altrettanto significativi rispetto all'estensione, e che l'efficacia contro l'heat stress va considerata anche in termini di **durata**. A tal scopo un **sistema** o una **rete** di spazi verdi **densamente strutturata** e **integrata** con percorsi verdi può sortire effetti climatici positivi, apprezzabili a livello locale. Ulteriore parametro da rispettare

è il rapporto verde- abitanti: insieme a un opportuna disposizione della rete di spazi vegetati, è necessario che questa sia messa a servizio del maggior numero di utenti possibile, così da ottenere una più efficiente ripartizione dei benefici.

Il piano di adattamento di Berlino *StEP Klima 2016* propone uno schema di **ottimizzazione** delle superfici verdi adattive che dimostra l'attuale tendenza degli studi ad integrare i fattori di **distribuzione** e **prosemica** degli spazi verdi nella progettazione urbana adattiva. Il fine è ottenere configurazioni migliorate del verde, preferibili a grandi estensioni di verde puntualmente concentrato la cui efficacia di mitigazione microclimatica, per quanto notevole se considerata in relazione all'area, può sortire effetti limitati sulle zone limitrofe. Da questo nasce una riflessione sulla necessità di separare concettualmente l'efficacia mitigativa dell'heat stress fornita **per estensione** da una superficie vegetata, dalla **distribuzione dell'efficacia** medesima. L'ottimizzazione proposta dallo *StEP Klima* riporta un "esteso effetto di raffrescamento a partire da 1-2 ha di estensione della superficie verde adattiva" per un "efficacia di circa 250 m". Inoltre un'adeguata progettazione può amplificare l'efficacia di raffrescamento del sistema di spazi verdi osservando i seguenti principi:

- Margini aperti e privi di ostacoli fisici per consentire la circolazione e il deflusso dell'aria
- Strade limitrofe come via di trasmissione dell'aria fredda
- Integrazione di elementi per la ritenzione/ recupero delle acque meteoriche provenienti dalle superfici stradali (es. bacini di ritenzione, trincee a cielo aperto, superfici di raccolta dell'acqua piovana) per amplificare l'effetto di raffrescamento e contemporaneamente ritenere l'acqua piovana.

4.3 Misurare l'efficacia adattiva dei sistemi di soluzioni *nature-based*

Alla luce del principio di transcalarità delle soluzioni progettuali dell'adaptive urban design, l'efficacia adattiva a flooding, runoff e heat stress degli spazi verdi in contesto urbano può essere incrementata grazie alla progettazione su scala ampia di sistemi più o meno complessi di soluzioni tecniche *nature-based*. La logica di queste soluzioni è tendenzialmente:

sistemica: le soluzioni possono essere parte di un sistema tecnico-spaziale più ampio (es. camminamenti e coperture degli edifici, playground e spazi per la sosta o lo sport nei parchi [fig. 43](#)), o connesse tra loro



Fig.47 (a)

(b)

(c)

a-b) Berlino, Charlottenburg, Bikini House Mall. Camminamento tra gli edifici del centro commerciale con sistema di tetti verdi.
c) Berlino, Gleisdreieck Park. Superficie *water-bound* tra uno dei percorsi principali e il playground, (foto: Dell'Acqua, 2018)

(es. i rain gardens⁶³ possono essere progettati **in serie** ed eventualmente comunicanti per amplificare l'effetto di recupero delle acque meteoriche, c.f.r. [Tab. 45](#), *Sistemi di infiltrazione/ ritenzione*, D); un sistema esteso di tetti verdi può erogare prestazioni microclimatiche più efficaci);

integrata: le soluzioni di ritenzione e infiltrazione (c.f.r. [Tab.4](#) e [Tab. 5](#)) possono essere integrate e applicate nei giardini privati, nei parchi pubblici ([Fig. 48-49](#)), ai margini delle sede stradali, nelle reti infrastrutturali. Il grado di componente naturale varia a seconda della soluzione, e può prevedere parti *hard* (ingegneristiche) che consentono l'immissione dell'acqua nella rete di smaltimento, o l'uso combinato di materiali/componenti naturali e artificiali (es. pavimentazioni semi-permeabili con giunto

⁶³ Al termine anglosassone *rain garden* è possibile trovare associati anche *infiltration basin*, *swale*, *bioswale*, *earthwork*. In generale il termine in letteratura indica una depressione del terreno sotto forma di bacino con la principale funzione di infiltrazione (Woelfle-Erskin, Uncaphel, 2012), a cui si può abbinare anche la funzione di ritenzione.

aperto o inerbato, sistemi di ritenzione a trincea a cielo aperto abbinati a trincee chiuse interrate, superfici compattate di tipo *water-bound*⁶⁴, Fig. 47c).



Fig. 48_ Amburgo, Pflanzen und Blumen Stadtpark. Sistemi e bacini di ritenzione delle acque meteoriche a protezione dal rischio flooding cui sono soggetti i canali (foto: M. Losasso, 2018)



Fig. 49_ Kronsberg, Hannover, (2000), progetto residenziale che ha previsto l'introduzione di un sistema di superfici e trincee di ritenzione integrate a formare un parco lineare a nord-ovest del quartiere, tangente la linea ferroviaria. Immagine di base: Google Maps, elaborazione grafica propria

⁶⁴ Si specifica che, per limiti di traducibilità dal tedesco all'italiano, si è scelto il termine "superficie *water-bound*", tradotto da *wassergebunde Flächen*. Questo indica superfici sottoposte a un processo di compattazione con uno strato finale a base d'acqua.

Nella valutazione dell'efficacia adattiva di una soluzione, è importante anche tenere conto della progressione delle prestazioni erogate (Fig. 51): in una logica di riduzione di flooding e runoff e allo stesso tempo di gestione sostenibile delle acque meteoriche, si procede dall'evitare il deflusso fino allo smaltimento nel sistema fognario come ultima opzione (Fig. 50).

La tabella 4 riporta le caratteristiche tecniche dei principali sistemi di soluzioni *nature-based* di ritenzione e infiltrazione, e ne specifica le funzionalità principali.



Fig.50_ Azioni di adattamento a flooding e runoff in progressione secondo i principi di una gestione sostenibile delle acque meteoriche. Evitare il deflusso delle acque meteoriche può essere posto come prioritario perché da un lato equivale a una dispersione di acque potenzialmente recuperabili, dall'altro le acque di runoff impattando con le superfici sigillate possono veicolare microparticelle e sostanze inquinanti. Evaporazione ed infiltrazione possono considerarsi di analoga priorità nella logica della restituzione dell'acqua al proprio ciclo e comunque in base alle necessità microclimatiche del luogo e della relativa vegetazione. I sistemi di ritenzione temporanea aggiungono prestazioni di accumulo e di disponibilità di acqua, oltre che di ritardo, prima di procedere allo smaltimento nel sistema fognario da lasciare preferibilmente come ultima opzione.

La tabella 46 compone un repertorio ragionato dei principali sistemi di NBS e associa ad essi una quantificazione di massima del contributo adattivo. I sistemi di soluzioni sono stati selezionati in base ai criteri:

- soluzioni diffuse nei contesti urbani (ad es. si escludono le soluzioni di *urban wetland* perché, pur ampiamente adottate nelle strategie dei piani di adattamento, necessitano lo studio di casi peri- o extra-urbani, (c.f.r glossario);
- reperibilità in letteratura dell'efficacia adattiva o attraverso sperimentazioni documentate;
- reperibilità di formule di calcolo per descrivere il contributo adattivo specifico.

Sistemi di soluzioni nature-based di ritenzione / infiltrazione

<p>Superficie <i>water-bound</i></p>	<p>Superfici compatte semi permeabili, con strato di copertura a base d'acqua e strati in ghiaia di diversa granulometria, che non ricorrono a leganti idraulici o bituminosi, adatti alla progettazione di percorsi e sentieri privati o in parchi pubblici, a ridosso delle aree vegetate o a prato. Comunemente la stratigrafia prevede dal basso: substrato di terreno compatto, strato di supporto sp. 20-30 cm in ghiaia ϕ 32 mm a seconda del carico (verticale e taglio) previsto (traffico veicolare leggero o pedonale), strato di livellamento sp. 6-8 cm in ghiaia ϕ 16 mm, strato compatto in ghiaia ϕ 8 mm e infine strato di copertura a base d'acqua sp. 3 cm compatto con rullo quando ancora umido. Se paragonata alle coperture bituminose la stratigrafia <i>nature-based</i> in ghiaia permette di ridurre del 50% il runoff, ma necessita di opportuna manutenzione perché la superficie a base d'acqua è soggetta all'usura, all'azione di neve e ghiaccio e all'erosione in caso di pendenze</p>
<p>Trincea a cielo aperto</p>	<p>Sistemi aperti di ritenzione dell'acqua meteorica e di runoff temperaneo (max. 1-2 gg), con sponde laterali di h. media 30 cm e fondo orizzontale per consentire una distribuzione uniforme dell'acqua durante la ritenzione. Comunemente presentano una profondità media di 30 cm, sponde laterali min. 50 cm di larghezza e una distanza dagli edifici di min. 1.20 m. e di 1,50 m dalla falda acquifera sottostante per consentire l'infiltrazione. In caso raccolgano le acque di runoff provenienti da strade adiacenti, possono necessitare di un pretrattamento, da espletare anche attraverso l'uso della vegetazione (trincee vegetate). Particolarmente adatti alla progettazione di parchi e spazi aperti pertinenziali alle residenze per la duplice funzione, adattiva e ludica per i bambini in fase asciutta. Queste soluzioni, sia con letto vegetato che non, sono interamente nature-based e non presentano strati o componenti con materiali di origine artificiale</p>
<p>Trincea interrata</p>	<p>Sistemi chiusi o aperti, interrati, di stoccaggio delle acque meteoriche e di runoff. Lo spazio di archiviazione consiste in una fossa in ghiaia rivestita in materiale geotessile. In base alla permeabilità del suolo sottostante e laterale alla fossa, avvengono infiltrazione dell'acqua e ritardo di runoff. Tali sistemi non erogano prestazioni di trattamento o purificazione delle acque; possono essere abbinati a un sistema di tubazioni di scarico</p>
<p>Combinazione trincea a cielo aperto-interrata</p>	<p>La combinazione abbinata le prestazioni di infiltrazione della trincea a cielo aperto, con quelle di stoccaggio della soluzione interrata e di trattamento delle acque in caso di letto vegetato. Il maggiore vantaggio si ottiene nell'applicare tale soluzione ai terreni con ridotta capacità di infiltrazione</p>
<p>Rain garden</p>	<p>I rain gardens si dividono principalmente in due famiglie di soluzioni tecniche: A) diversion swale - sistemi di deviazione; dirottano e convogliano le acque provenienti da altre superfici captanti quali tetti, patii, marciapiedi, sedi stradali, aree parcheggio, aree a prato - e B) contour swales - più rain gardens che giacciono sulle curve di livello di pendii o declivi, con funzione di ritenzione e successivamente di infiltrazione dell'acqua. Entrambe le famiglie consentono una gestione <i>in situ</i> delle acque meteoriche per infiltrazione. Il tipo A può essere piantumato con piante, arbusti, prato, o foderato con ciottoli e sassi di fiume. Il ruolo della vegetazione si espleta principalmente attraverso le radici, che aumentano la capacità di infiltrazione creando spazi interstiziali nel suolo. Il tipo B è consigliabile in caso di terreni scoscesi perché la distribuzione di più punti di raccolta dell'acqua evita di concentrare l'infiltrazione in un'unica zona e relative frane o smottamenti. Entrambe presentano forma circolare- migliore rispetto a quella rettangolare o quadrata perché essendo priva di angoli ottimizza la superficie di raccolta- o stretta e longitudinale. Comunemente la stratigrafia del bacino di raccolta prevede dal basso: fondo in pietrisco, tubazione perforata in PVC ϕ 10-12 cm, strato in ghiaia, strato in sabbia, strato in terreno, paccime, piante e/ o arbusti. Sulle sponde laterali, dai margini interni del bacino verso l'esterno: paccime in corteccia, strato in pietrisco o frammenti di cartone di risulta. Il tipo A necessita di runnel -elementi di connessione tra il rain garden e la superficie di captazione delle acque piovane funzionanti per gravità- quali: rainchains (catene metalliche che trasportano l'acqua dalle coperture al bacino), tubi corrugati o tubi perforati alloggiati sotto il marciapiede o la quota stradale, grondaie e pluviali</p>
<p>Sistemi con pozzetto di infiltrazione</p>	<p>Sistemi con pozzetto in ghiaia per la raccolta delle acque piovane o di runoff con strato superiore filtrante sp. medio 50 cm, eventuali aperture laterali a o tubi di adduzione. Il sistema può essere integrato agli edifici per immagazzinare e smaltire le acque captate al livello delle coperture</p>

Tab. 45_ Sistemi di soluzioni nature-based di ritenzione / infiltrazione



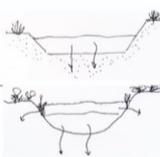
Fig.51_ Funzioni dei sistemi di soluzioni adattive. Adattato da DWA Regelwerk, Arbeitsblatt DWA-A-138, *Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagwasser. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Hennef, 2005, p. 24.*
Traduzione propria



Fig. 52_ Superficie permeabile in ciottoli per il rallentamento delle acque meteoriche provenienti dalla copertura e convogliate in pluviale. Berlino, Fasanenstrasse (foto: F. dell'Acqua, 2018)

Dare una misura unica dell'efficacia adattiva presenta limiti e criticità. Per alcune soluzioni non è possibile reperire, attraverso letteratura, sperimentazioni documentate o casi studio, misurazioni sufficienti a descriverne in modo univoco il comportamento. In particolare i sistemi che offrono prestazioni di captazione, ritenzione e infiltrazione delle acque meteoriche (**Fig. 51**) hanno un'efficacia diversa in base a un grande numero di variabili, e la loro capacità di contribuire all'adattamento varia in accordo ai dati di progetto. Pertanto si sceglie di descrivere l'esito adattivo di una serie di sistemi di soluzioni, selezionati in base alla reperibilità delle **misurazioni**, anche attraverso le **formule** che ne permettono il calcolo. Infine per ogni famiglia di soluzione tecnica si descrivono le **variabili** che maggiormente incidono sulla capacità adattiva, e il sistema di applicazione indicato come segue:

-  Sistema edificio_copertura
-  Sistema spazio aperto_strade/larghi/piazze
-  Sistema integrato edificio-spazio aperto
-  Sistema spazio aperto_parco

SISTEMA DI SOLUZIONI TECNICHE	VARIABILI CHE INFLUENZANO L'EFFICACIA ADATTIVA	MISURA DELLA FUNZIONE ADATTIVA	MISURAZIONE	Fonte	
 Tetto verde	 Estensivo  Intensivo	Estensione del tetto verde (area di captazione), spessore del substrato, angolo di inclinazione della copertura, proprietà fisiche del terreno di crescita, specie vegetale, periodo invernale o estivo	Intensivi, con sp. del substrato (cm) 2-4 40 % > 4-6 45 % > 6-10 50 % > 10-15 55 % > 15-20 60 % Estensivi, con sp. del substrato(cm) 15-25 60 % > 25-50 70 % > 50 >= 90 %	Coeff. di deflusso ψ 0,60 0,55 0,50 0,45 0,40 0,40 0,30 <= 0,10	FLL, 2018
			Rallentamento del deflusso Riduzione della temperatura Evapotraspirazione	6 h 1°- 2°C 70-100% in inverno, 40-50% in estate	Köhler et al., 2011 Bass et al., 2002 Peck et al., 1999
 Superfici permeabili e semipermeabili	 Superfici a prato  Superfici water-bound  C1, C2 Pavimentazioni impermeabili con giunto aperto/masselli drenanti grigliati  D Pavimentazioni impermeabili con giunti in sabbia	Tipologia di vegetazione, porosità degli strati sottostanti alla pavimentazione (sabbia, ghiaia, ciottoli) ampiezza delle fughe, ampiezza delle cavità tra i masselli	Valore di runoff Capacità di infiltrazione [mq]	30 % d.d.s.f. $As = Au / [k \cdot ((10^{-7})/2) \cdot Pn] - 1$ As = area di infiltrazione Au = superficie da infiltrare x ψ coeff di deflusso (in base al tipo di superficie, tabellato) k coefficiente di permeabilità Pn Valore nominale di precipitazione	Geiger & Dreiseitl, 2001
			Valore di runoff Capacità di infiltrazione [mq]	50 % d.d.s.f. $As = Au / [k \cdot ((10^{-7})/2) \cdot Pn] - 1$	Geiger & Dreiseitl, 2001
			Valore di runoff Capacità di infiltrazione [mq]	60 % d.d.s.f. $As = Au / [k \cdot ((10^{-7})/2) \cdot Pn] - 1$	Geiger & Dreiseitl, 2001
			Valore di runoff Capacità di infiltrazione [mq]	70 % d.d.s.f. $As = Au / [k \cdot ((10^{-7})/2) \cdot Pn] - 1$	Geiger & Dreiseitl, 2001
 Sistemi di infiltrazione/ ritenzione	 A Trincea a cielo aperto  B Trincea chiusa interrata con fondo permeabile  C Trincea aperta interrata con fondo permeabile  A+B Combinazione trincea a cielo aperto - trincea chiusa interrata  D Rain garden  E Sistema con pozzetto di infiltrazione	Permeabilità degli strati di terreno, altezza dello strato di humus sottostante la trincea (max 30 cm) dimensioni geometriche della trincea interrata, granulometria dello strato in ghiaia, permeabilità del terreno sottostante la trincea dimensioni geometriche della trincea interrata, altezza strato di humus (30 cm), altezza dello strato di sabbia granulosa sottostante all'humus (10 cm) granulometria dello strato in ghiaia, permeabilità del terreno sottostante la trincea Pendenza delle spalle di terreno laterali, tipologia di suolo alla base del bacino, area di captazione e coefficiente di runoff della copertura cui il rain garden è collegato Spessore dello strato filtrante, dimensioni del pozzetto	Capacità di infiltrazione (Vol.) Capacità di ritenzione (Vol.)	d.d.s.f. $[(Ai \cdot As) \cdot (10^{-7}) \cdot Pn - As \cdot K/2] \cdot D \cdot 60 \cdot fm$ Ai area di infiltrazione [mq] x ψ coeff. di deflusso (valore tabellato); As = (Ai x 0.1) [mq] con substrato di sabbia medio-fine opp. = (Ai x 0.2) [mq] con substrato di sabbia limacciosa Pn valore nominale di precipitazione [l/s ha] K coefficiente di permeabilità D durata della precipitazione [min] fm fattore di maggiorazione = 1.2	DWA, 2015 Zimmermann, 2014
			Rallentamento del deflusso	1-2 gg	
			Capacità di ritenzione (Vol.)	d.d.s.f. $larch. [m] \times h [m] \times llongh. [m] \times \text{coeff. materiale di riempimento} (=0.35 \text{ per la ghiaia})$	DWA, 2015 Zimmermann, 2014
			Capacità di infiltrazione (Vol.) Capacità di ritenzione (Vol.)	d.d.s.f. $[(Ai + At) \cdot (10^{-7}) \cdot Pn - larch_{gr} \cdot K/2] \cdot D \cdot 60 \cdot fm$ Ai area di infiltrazione [mq] x ψ coeff. di deflusso (valore tabellato); At = Area trincea a cielo aperto Pn valore nominale di precipitazione [l/s ha] $larch_{gr}$ = larghezza trincea interrata K coefficiente di permeabilità ; D durata della precipitazione [min]; fm fattore di maggiorazione = 1.2	DWA, 2015 Zimmermann, 2014
			Capacità di infiltrazione (Vol.)	d.d.s.f. $Ac \text{ area di captazione [mq]} \times [\text{intensità della precipitazione [mm/h]} \times (1\text{m}/100\text{mm})] \times \text{durata evento di precipitazione [h]}$	Woeffle-Erskine & Unchapher, 2012
Capacità di infiltrazione [mq]	d.d.s.f. $[Au \cdot (10^{-7}) \cdot Pn - (\pi \cdot d_p^2/4 \cdot k/2)] / [(d_p^2 \cdot \pi) / (4 \cdot D \cdot 60 \cdot fm) + (d_p \cdot \pi \cdot k) / 4]$ d_p diametro interno del pozzetto [m] d_e diametro esterno del pozzetto [m]	DWA, 2015 Zimmermann, 2014			

d.d.s.f._da determinare secondo formula

Tab. 46_ Efficacia adattiva dei sistemi di soluzioni NBS

Dalla letteratura emergono particolari limiti sulla quantificazione della riduzione dell'heat stress tramite evapotraspirazione da parte di più tetti verdi messi a sistema⁶⁵. A differenza della capacità di ritenzione e di decremento di runoff, maggiormente misurabili, ricondurre la riduzione delle temperature medie all'azione di una rete di tetti verdi presenta grandi difficoltà. Dunnet e Kingsbury (2004) riportano che uno studio di modellazione dell'influenza esercitata da un sistema di coperture vegetate sull'urban heat island è stato compiuto da Boss et al. nel 2002 a Toronto, dimostrando che una conversione del 50% delle coperture degli edifici nel centro cittadino in tetti verdi riduce potenzialmente solo di 0.5 °C le temperature medie, ma che con un'adeguata irrigazione – da ottenere tramite tecniche di rainwater management- il valore aumenta fino a 2°C, incrementando anche l'area in cui il raffrescamento è percepibile⁶⁶. Stulpnagel et al. (1990) affermano che un raffrescamento apprezzabile per evapotraspirazione a livello delle coperture verdi avviene solo in estate e in superfici opportunamente fornite d'acqua⁶⁷. Si evince che 1) il fattore acqua, abbinato alla vegetazione, ne potenzia l'efficacia adattiva e che 2) ritenzione e stoccaggio delle acque piovane non sono solo opzioni contro flooding e runoff, ma possono contribuire alla riduzione dell'heat stress. Le soluzioni adattive si rivelano multi-contributo se integrate tra loro.

In merito alla capacità di captare e ritenere acqua piovana, i tetti verdi presentano un'efficacia crescente procedendo dagli estensivi (**Tab. 46, Tetti verdi A1-A2**) agli intensivi, all'aumentare dello strato del terreno di crescita (**Tab. 46, Tetti verdi B1-B2**); analogamente l'efficacia evapotraspirativa è maggiore in presenza di specie arboree dal folto fogliame. In termini di runoff, le misurazioni dimostrano che un tetto verde può ridurre il fenomeno sia in termini di abbassamento dei picchi (Dunnet, Kingsbury, 2004) che provocando un ritardo del deflusso (c.f.r. **Tab. 46, Tetti verdi A1-B2**).

Rispetto alla capacità di infiltrare le acque meteoriche, la permeabilità degli strati di terreno della soluzione tecnica in esame è una variabile importante, da tenere in conto in base alla tipologia di suolo e alla relativo coefficiente di permeabilità (k). Una buona permeabilità vede il coefficiente k – che normalmente viaggia tra 1×10^0 e 1×10^{-10} (m/s) - compreso tra 1×10^{-3} e 1×10^{-6} (m/s) (DWA-A 138, 2005, p.15). L'efficienza va messa in relazione anche con il grado di componente *hard*: opzioni come le trincee a cielo aperto o i rain gardens, che minimizzano il ricorso alle tubazioni interrato, consentono minori costi di messa in opera e di manutenzione.

⁶⁵ Si consideri che la percezione del raffrescamento è minore alla quota delle coperture rispetto alla quota stradale.

⁶⁶ C.f.r. Dunnet, N., Kingsbury, N., *Planting Green Roofs and Living Walls*, Timber Press, Portland, Oregon 2004, p. 52

⁶⁷ Ivi

Per riscontrate difficoltà di misurazione, la **tabella 46 non include** le soluzioni di greening dell'involucro degli edifici⁶⁸. Queste ultime forniscono un contributo adattivo evidente, ma difficilmente quantificabile. Le soluzioni di *facade greening* hanno un'incidenza adattiva sul comfort indoor e outdoor che si espleta attraverso tre azioni principali: I- ombreggiamento, II- raffrescamento per evapotraspirazione, III- isolamento termico; che a propria volta influenzano IV- la distribuzione del calore outdoor in particolare in condizioni di canyon urbano e V- il raffrescamento delle masse d'aria prossime alla parete verde⁶⁹.

Uno studio condotto da Hoelscher, Nehls, Janicke e Wessolek nel 2015 presso il Dipartimento di Ecologia della Technische Universität Berlin sull'efficacia microclimatica di una facciata verde installata e monitorata nel campus universitario riporta le misurazioni relative alle suddette azioni, espresse attraverso i seguenti parametri: a) tasso evapotraspirativo in relazione alla quantità di acqua di irrigazione, b) radiazione solare accumulata e restituita durante le ore notturne, c) raffrescamento per ombreggiamento. Lo studio della TU Berlin ha concluso che è possibile misurare la riduzione di temperatura superficiale di una facciata verde sia sul lato interno che sul lato esterno dell'involucro inverdito, che l'efficacia adattiva in termini di diminuzione dell'*heat stress indoor* è maggiore durante le ore notturne, ma che non è possibile quantificare in modo univoco la riduzione delle temperature medie dell'aria prossima alla superficie vegetata. Gli autori concludono inoltre che il raffrescamento outdoor è più avvertibile in condizioni di canyon urbano, e che durante le ore diurne dei giorni estivi il raffrescamento risulta prodotto maggiormente dall'ombreggiamento che dall'evapotraspirazione. La ricerca riporta inoltre come parametro significativo l'indice WLAI- *Wall Leaf Area Index* (area di fogliame corrispondente all'area di parete coperta).

Si deduce che le variabili concorrenti alla quantificazione dell'efficacia adattiva degli interventi di *facade greening* sono molteplici e dipendenti da numerosi fattori dei quali i principali sono: la specie vegetata osservata e la relativa area di fogliame, l'esposizione all'irraggiamento, il fabbisogno di acqua di irrigazione, le condizioni microclimatiche del sito, la morfologia urbana (larghezza della strada- altezza della facciata inverdita). Pertanto non è possibile dare un range univoco o una metodologia per una valutazione dell'incidenza adattiva, a meno di misurazioni locali e specifiche sperimentazioni.

⁶⁸ Fonti immagini tab. 5: tetto verde A1-2, B1-2) elaborazione propria; superfici permeabili e semipermeabili A, B, C1, C2, D: Berlino, soluzioni adattive, foto: F. Dell'Acqua, 2018; sistemi di infiltrazione/ritenzione A) elaborazione propria sulla base di ATV A-138, p.19, B) elaborazione propria sulla base di Mahabadi, Rohlfing, I.M., 2001, p.114, A+B) elaborazione propria sulla base di Mahabadi Rohlfing, I.M. 2001, p.128, C) elaborazione propria sulla base di Mahabadi Rohlfing, I.M. 2001, p.113, D) elaborazione propria sulla base di Woefle-Erskine, C., Uncapher, A., *Creating rain gardens. Capturing the Rain for Your Own Water-Efficient Garden*, Timber Press, Portland-London 2012, pp. 22-23; 81, E) elaborazione propria.

⁶⁹ C.f.r Hoelscher, M-T., Nehls, T., Janicke, B., Wessolek, G., *Quantifying cooling effects of facade greening: Shading, transpiration and insulation*, in "Energy and Buildings", n. 114, 2016, pp. 283-290

GLOSSARIO

Pacciame. Strato superficiale di copertura del terreno a protezione delle piante dalle seguenti funzioni: impedire la crescita indesiderata di altre piante, mantenere l'umidità del suolo, proteggere da erosione e pioggia battente, mitigare la temperatura del suolo, consentire una distribuzione più omogenea dell'acqua di irrigazione e ritardarne la penetrazione nel terreno. L'operazione di pacciamatura può essere eseguita con frammenti di corteccia o cartone, paglia, erba di sfalcio, fibre naturali (es. juta o canapa), fogliame secco.

BIBLIOGRAFIA

- Dreiseitl, H., Geiger, W., *Neue Wege für das Regenwasser. Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten*, Oldenbourg Industrieverlag, 2001
- Dunnet, N., Kingsbury, N., *Planting Green Roofs and Living Walls*, Timber Press, Portland, Oregon 2004
- DWA Regelwerk Arbeitsblatt DWA-A-138, *Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Hennef*, 2005
- DWA-Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., *Regelwerk, Arbeitsblatt DWA-A138, Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser*, April 2005
- FLL Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V., *Dachbegrünungsrichtlinien – Richtlinien für die Planung, Bau und Instandhaltungen von Dachbegrünungen*, 2018
- Florineth, F., *Pflanzen statt Beton. Handbuch zur Ingenieurbiologie und Vegetationstechnik*, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 2004
- Florineth, F., *Pflanzen statt Beton. Sichern und Gestalten mit Pflanzen*, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 2012
- Herberg, A., Kube, A., *Klimawandel und Städte: Naturschutz und Lebensqualität*, in Essl, F., Rabitsch, W., (Eds), „Biodiversität und Klimawandel“, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg 2013, pp. 254-263
- Hoelscher, M-T., Nehls, T., Jänicke, B., Wessolek, G., *Quantifying cooling effects of facade greening: Shading, transpiration and insulation*, in “Energy and Buildings”, 114, 2016, pp. 283–290
- Kühn, N., *Intentions for the Unintentional. Spontaneous Vegetation as the Basis for Innovative Planting Design in Urban Areas*, in Journal of Landscape Architecture, 1:2, 2006, pp. 46-53
- Kühn, N., *Grün (Weiter)Entwickeln!* In: Stadtgrün. Europäische Landschaftsarchitektur im 21. Jahrhundert. Annette Becker, Perter Cachola Schmal (Hrsg.). Basel: Birkhäuser GmbH, 2010, pp. 236-

239 / *The Upkeep of Urban Green!* In: Urban Green. European Landscape Design for the 21st century. Annette Becker, Perter Cachola Schmal (Hrsg.). Basel: Birkhäuser GmbH, 2010, pp. 236-239.

Kühn, N., Köpplera, M., Kowarika, I., von der Lippe, M., *Enhancing wasteland vegetation by adding ornamentals: Opportunities and constraints for establishing steppe and prairie species on urban demolition sites*, in Landscape and Urban Planning 126, 2014, pp. 1– 9

Kühn, N., Pflanzen zwischen Ökologie, Technik und Design. In: Event Landscape. Zeitgenössische Deutsche Landschaftsarchitektur. Bund Deutscher Landschaftsarchitekten (Ed.). Basel: Birkhäuser, Kühn, N., 2003: Pflanzen zwischen Ökologie, Technik und Design. In: Event Landscape. Zeitgenössische Deutsche Landschaftsarchitektur. Bund Deutscher Landschaftsarchitekten (Ed.). Basel: Birkhäuser, 120-131

Mathey, J., Rößler, S., Lehmann, I., Bräuer, A., Goldberg, V., Kurbjuhn, C. & Westbeld, A., *Noch wärmer, noch trockener? Stadtnatur und Freiraumstrukturen im Klimawandel*. Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben "Noch wärmer, noch trockener? Stadtnatur und Freiraumstrukturen im Klimawandel", Bonn-Bad Godesberg, Bundesamt für Naturschutz, „Naturschutz und Biologische Vielfalt“, Heft 111, 2011

Mahabadi, M., Rohlfing, I.M., Regenwasserversickerung. Planungsgrundsätze und Bauweisen, Thalacker Medien, Braunschweig 2001

Roloff, A., *Bäume in der Stadt*, Ulmer KG, Stuttgart 2013

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, *StadtentwicklungsPlan Klima- KONKRET. Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt*, Berlin 2016, pp.76-77

VDI Umweltmeteorologie - Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene in räumlichen Planungen, 3787 Blatt 9, Dusseldorf 2002

Woefle-Erskine, C., Uncapher, A., *Creating rain gardens. Capturing the Rain for Your Own Water-Efficient Garden*, Timber Press, Portland-London 2012

Zimmermann, A., *Landschaft planen. Dimensionen, Elemente, Typologien*, Birkhauser Verlag, Basel, Boston, Berlin 2014

von Birgelen, A., Böhmer, M., Bornholdt, H., Brunsch, T., Funke, B., Heck, G., Heimanns, K., Klapka, A., Loidl-Reisch, C., Mommsen, M., Richter, E., Rieper, E., Rolka, C., Zadel-Sodtke, P., Zimmermann, A., *Landschaft konstruieren. Materialien, Elemente, Techniken, Bauelemente*, Birkhauser Verlag, Basel, Boston, Berlin 2014

SITOGRAFIA

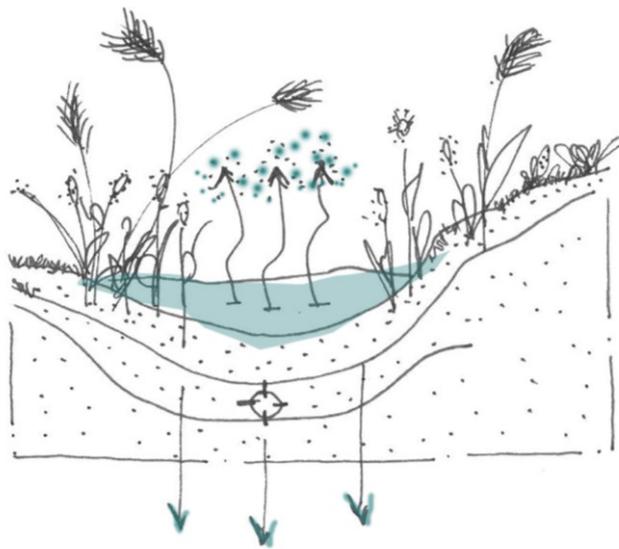
<http://www.berlinerwasser.de>

<http://www.climateapp.nl/>

<https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/suds-components.html>

05

Strategie e sistemi di soluzioni NBS:
indirizzi per gli interventi di adattamento



5.1 Lettura critica della ricerca: le NBS come dispositivo tecnologico transcalare

Obiettivo del capitolo finale è trasferire i risultati ottenuti nel corpo della tesi (**cap.01- cap.04**) ed esportare le conoscenze acquisite dai contesti europei, proponendo un quadro di indirizzi per finalizzare gli interventi di adattamento basati sul ricorso a un approccio ecosistemico e sull'applicazione dei sistemi di soluzioni NBS in una logica di **innovazione di processo** per il progetto.

Per raggiungere l'obiettivo si procede a desumere dall'analisi delle politiche e dei casi studio una metodologia finalizzata a trasformare l'esame di esperienze progettuali caratterizzate prevalentemente da un approccio design-based in un processo potenzialmente replicabile, che segua la sequenza strategie- azioni- sistemi di soluzioni NBS. Gli **output** che di seguito saranno descritti sono:

- un **processo logico per il progetto adattivo** che includa l'approccio ecosystem-based alla progettazione e le NBS come dispositivi tecnici adattivi transcalari;
- un **quadro di indirizzi per l'applicazione delle NBS ai fini dell'adattamento**.

Nel corso della tesi l'approccio ecosistemico e la transcalarità sono criteri di selezione e punti di vista dai quali osservare i casi studio. Si riprendono entrambi nella parte conclusiva della tesi. Esponendo come le NBS sono in grado di attraversare le scale.

“Utilizzare le NBS significa dare una valenza operativa e applicativa alle diverse strategie e politiche che individuano nel “capitale naturale” e nei servizi ecosistemici gli elementi fondativi dei nuovi modelli urbani” (Mussinelli, Tartaglia, Bisogni, Malcevschi 2018, p. 116). La conversione in chiave ecologica delle trasformazioni dei luoghi del vivere e dell'abitare è un processo da tempo in atto, che oggi si declina in termini di adattamento dei sistemi urbani, di messa in sicurezza dei territori e di gestione proattiva del rischio. “La via ecologica allo sviluppo e le linee strategiche della *green economy* costituiranno sempre più il riferimento generale per le azioni legate alla sostenibilità, alla riduzione dei rischi, all'incremento della resilienza urbana” (Losasso, 2017, p.201).

In questo spazio culturale le soluzioni *nature-based* si rivelano potenziali acceleratori di resilienza e attivatori di processi di trasformazione sostenibile. Ma soprattutto presentano una convenienza nell'applicabilità transcalare, dalla macro- alla micro- dimensione e viceversa. Le NBS intese come soluzioni portatrici di benefici multipli e multilivello possono trovare spazio nelle varie declinazioni del progetto urbano, che interagisce oggi con “i campi dell'economia urbana, della mobilità, della dimensione processuale e della programmazione temporale, con riferimenti all'identità dei luoghi, alla

gestione razionale delle risorse, alla sicurezza, all'accessibilità, al benessere" (Losasso, 2017), con condizioni di applicazione in down e upscaling.

La collocazione delle NBS nell'ambito culturale delle *green infrastructure*, queste ultime intese come strategie multifunzionali, dotate di massa critica e multiscalarità, è un riscontro sulla loro capacità di attraversare le varie scale del progetto.

A livello territoriale le NBS trovano impiego in importanti processi di recupero e rigenerazione di brownfields, suoli contaminati, luoghi dello scarto e dell'abbandono, ex- infrastrutture, aree industriale



Figg. 53_ Berlino, Landschaftspark Wartenberger, ex area di scarico delle acque reflue urbane provenienti dal sistema di canalizzazione misto, dal 2001 parco pubblico. Il processo di rinaturalizzazione ha visto tra i vari interventi il reinserimento degli animali a scopo educativo per i più piccoli e manutenzione delle superfici lasciate a erba. Foto: F. Dell'Acqua, 2018

dismesse, cave di stoccaggio dei rifiuti e siti di raccolta delle acque reflue urbane (figg. 53). Oggi in Europa molte di queste applicazioni hanno trasformato aree di marginalità territoriale compromesse da importanti squilibri ecologici in spazi di vivibile campagna. Qui, oltre al recupero o alla riattivazione dei cicli ecologici, può avvenire la rieducazione dell'uomo alla natura e il superamento, sociale e culturale, della dicotomia artificio-natura, *Stadt-Land*, città-campagna. Qui si sperimenta la natura come riappropriazione di un diritto a uno spazio fisico e mentale.

La transcalarità delle NBS si pone dunque in termini fisici e immateriali, come potenziali dispensatrici di benefici non solo ambientali, ma anche economici e sociali. La caratteristica di aggregabilità in "sistemi

multifunzionali in grado di generare significativi valori aggiunti superiori alla semplice sommatoria delle parti” (Mussinelli, Tartaglia, Bisogni, Malcevschi 2018, p. 116) rende le NBS disponibili ad essere annesse, connesse o integrate tra di loro o in sistemi di natura diversa, e spendibili su più scale. Una watersquare per la ritenzione, integrata con vegetazione locale o spontanea capace di trattenerne e purificare le acque meteoriche, è al tempo stesso una strategia rigenerativa per il quartiere (es. il quartiere Zoho, Rotterdam) e una soluzione tecnico-spaziale che si avvale del contributo vegetale NB in grado di assolvere a più compiti (ritenzione, stoccaggio, rallentamento dei flussi, purificazione). Fa contemporaneamente da aggregatore sociale, da elemento fisico di riqualificazione urbana per lo spazio aperto, da generatore di uno spazio pubblico, e sul piano processuale da catalizzatore per il progetto e stimolo a iniziative laterali o future. I benefici attraversano verticalmente le scale spaziali e orizzontalmente gli aspetti processuali.

Alla scala dell’edificio la NBS si pone come soluzione tecnico-spaziale che implementa le prestazioni del costruito, introduce performance adattivo-mitigative originariamente non presenti o non previste e amplifica il patrimonio di superficie urbana disponibile all’adattamento. Dal micro al macro, l’intervento con le NBS sull’edificio può avere riflessi significativi sull’intorno (c.f.r. Berlino, Adlershof; Potsdamer Platz) nel miglioramento microclimatico e nella gestione del rischio.

Gli strumenti valutativi delle NBS, quali i green factor e gli indici di qualità ambientale come il BAF- Biotope Area Factor, il Seattle Green Factor, o in Italia il RIE- indice di riduzione dell’impatto edilizio, sono allineati alla necessità di percorrere le scale.

Il BAF, strumento alla base della cultura dei green factor, valuta la funzionalità ecosistemica dell’ambiente costruito. Adottato nel 1994 a Berlino nell’ambito del *La Pro- Landschaftsprogramm*, allo scopo di valutare la qualità e salubrità dell’habitat urbano e di gestire ecologicamente l’uso dei suoli, è oggetto di studio da parte della P.A. locale a partire dagli anni Ottanta. La sua applicabilità, estendibile dalla scala della corte degli isolati a blocco tipicamente berlinesi fino alla scala dei comparti urbani, come accade a nord della *Frankfurter Allee*, si rivela al tempo stesso strumento di valutazione e incentivo a una trasformazione diffusa del tessuto urbano, visto come porzione della città in sé ecologicamente efficiente.

Le interazioni che si instaurano tra le NBS, le numerose possibilità di combinazione delle soluzioni tecniche e le ricadute ambientali, sociali ed economiche che ne derivano con le annesse valutazioni rende necessaria conoscenze specialistiche appartenenti a più discipline. L’apporto richiesto chiama a sé sforzi di collaborazione da diversi campi scientifici.

La caratteristica riconoscibile alle NBS di attraversare dimensioni multiple si dispiega allora diagonalmente, tra le scale e tra i saperi. Nelle NBS la scala diventa un'oggetto del mondo fisico, ma anche immateriale e disciplinare, da percorrere in più direzioni.

5.2 Imparare dai casi studio. Trasferibilità e applicabilità delle NBS nel progetto adattivo

Il presente paragrafo estrae e trasferisce gli elementi di scientificità desumibili dalle analisi delle politiche tecniche europee e dei casi studio in un **processo decisionale per il progetto adattivo** (fig. 54). Quest'ultimo viene costruito riprendendo i risultati e le osservazioni espresse a chiusura del background scientifico e delle buone pratiche analizzate, ovvero piani di adattamento, casi studio di livello distrettuale, casi di scala su-distrettuale con progetti-pilota e manualistica.

L'obiettivo è estrapolare e trasportare le conoscenze provenienti da esperienze ed approcci principalmente design-based in un processo logico per il progetto, mettendo in evidenza il ruolo delle NBS e la loro collocazione nelle fasi del processo. Di questo si individuano le strategie e le relative tattiche emerse dall'analisi dei casi studio.

Va sottolineato che i casi osservati appartengono a contesti tra loro diversi per aspetti culturali, socio-economici e politiche tecniche adottate. I risultati delle analisi possono trovare pertanto una trasferibilità legata alle caratteristiche del contesto di applicazione.

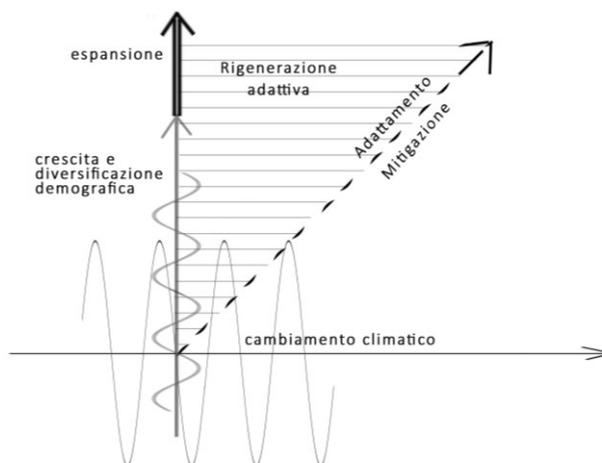


Grafico 4_ Problem setting: città e cambiamento climatico

L'analisi del background scientifico e delle politiche tecniche mette in luce le condizioni al contorno per la definizione del problema (Grafico 4- problem setting): i fenomeni da cambiamento climatico, intesi come eventi di variabilità climatica ed estremi, determinano una prima necessità di adattamento. Parimenti la crescita e la diversificazione nella composizione demografica che interessa molte delle principali città europee pone una seconda esigenza di espansione o comunque di accoglienza di una rinnovata domanda

residenziale e sociale. Adattamento e mitigazione rappresentano il terzo stato di necessità e al tempo stesso approcci culturali al perseguimento della resilienza dei sistemi urbani, da sviluppare in posizione intermedia tra le due condizioni.

Pertanto i modelli di crescita urbana si trovano a fronteggiare il secondo stato di necessità attraverso logiche di rigenerazione adattiva (**Grafico 4**) tese a ridurre gli assetti dispersivi di sprawl urbano.

Il **problem setting** (**fig. 54, START**) indirizza la **scelta degli gli approcci** progettuali. Un approccio ecosistemico, olistico e integrato accomuna le politiche e le esperienze progettuali adattive attualmente in atto nei contesti europei, dove l’EbA supporta la logica olistica e integrata attraverso la messa a sistema di topics diversificati (ambientali, economici, sociali). I principali dispositivi strategici che nelle politiche europee traducono tali approcci possono essere individuati in:

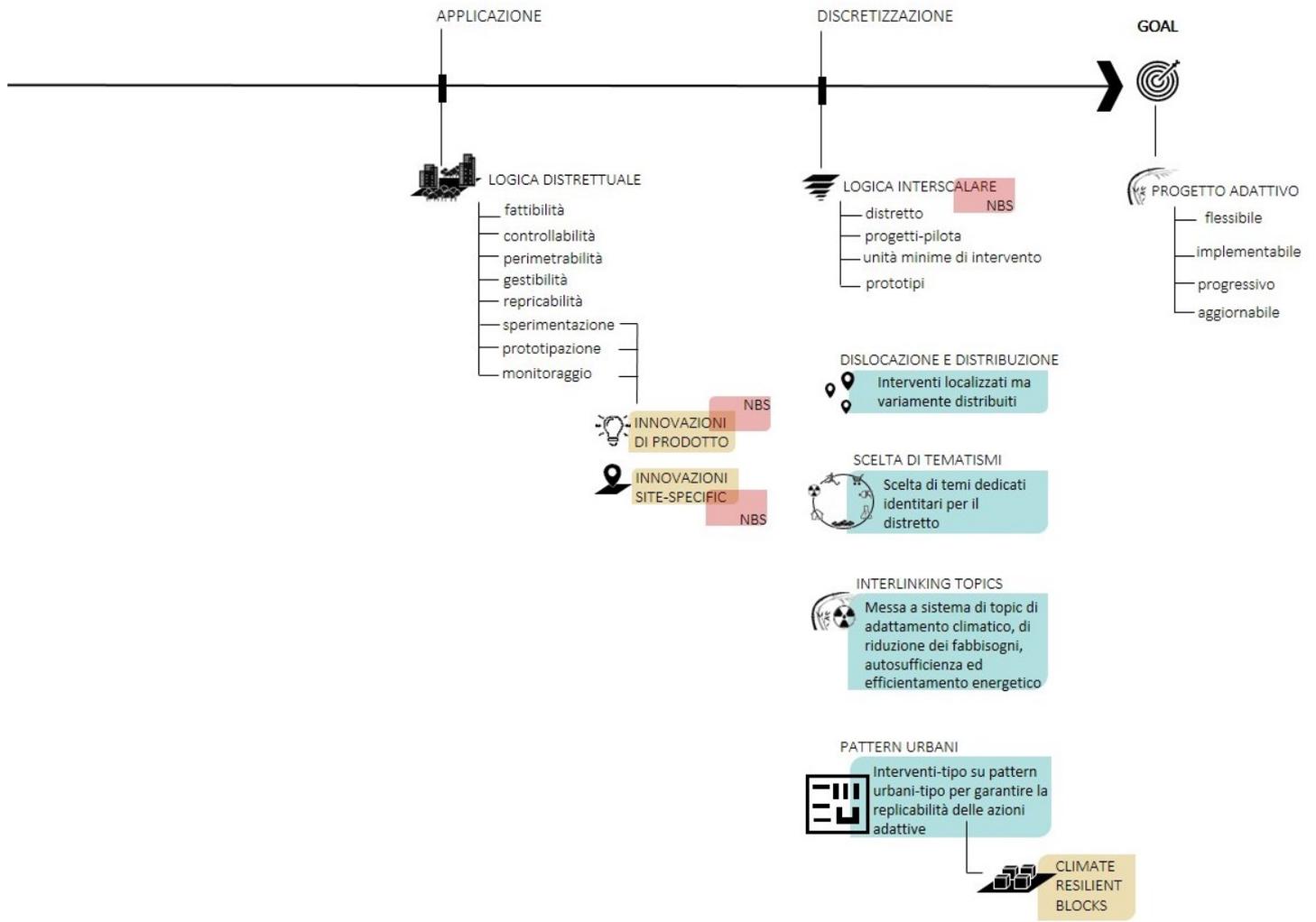
- Holistic district development: la strategia procede per interventi distrettuali, definendo modelli di sviluppo olistici inclusivi di misure adattive, espansione rigenerativa e perseguimento della qualità ambientale e abitativa. (es. casi distrettuali amburghesi)
- Holistic energy concept: strategie progettuali di messa a sistema di processi e dispositivi diversi per la produzione, l’autoproduzione energetica e la distribuzione del surplus prodotto, integrati a misure adattive, a conferma che queste ultime e le misure mitigative sono complementari e di mutua efficacia (es. casi distrettuali amburghesi)
- Rigenerazione ecosistemica: strategie di applicazione delle NBS che svolgono un ruolo rigenerativo e adattivo con ricadute sociali ed economiche positive (es. caso watersquare Rotterdam, Flussbad Berlino)
- Ecological landscapes: come tattica per la rigenerazione ecosistemica, dove l’intervento consiste nella costruzione di un “paesaggio-macchina” in cui l’applicazione diffusa delle NBS riattiva le funzioni ecosistemiche dell’area e contemporaneamente produce benefici multipli (es. caso Flussbad Berlino).

L’adozione degli approcci volge all’**individuazione di strategie adattive di livello macro**, che possono essere viste in

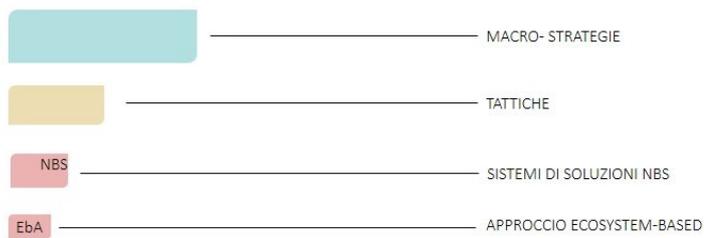
- Abbinamento e ibridazione: uso simultaneo e integrato di sistemi di soluzioni tecniche a diverso grado di ingegnerizzazione, dalle soft alle hard, e di sistemi di soluzioni di origini diverse del tipo grigio, verdi e blu. Qui le NBS trovano ampia applicazione nelle componenti soft, green e blue, con le dovute integrazioni e compatibilità con i sistemi “grigi” e altamente tecnologici
- Disaccoppiamento e separazione: induzione di una divergenza tra crescita urbana e impatti dei fenomeni da cambiamento climatico, e separazione nella gestione dei flussi di risorse, energetici, di materiali in entrata e in uscita. Questi ultimi sono perseguibili attraverso tattiche di gestione delle acque meteoriche separate per ondate (FSF_First & second Flush, es. caso riqualificazione del quartiere Saint Kjeld, Copenaghen) e per intensità dell’evento (regime di precipitazione standard, regime estremo, es. casi Saint Kjeld; The Soul of Nørrebro, Copenaghen).

- Ridondanza e sostituzione: nell’approccio ecosistemico vale il principio della ridondanza, secondo cui l’accoppiamento di più sistemi consente la sostituzione con un sistema successivo al fallire del precedente, così come la sovrapposizione di sistemi robusti a flessibili, di rigidi a morbidi (es. caso piano di adattamento di Rotterdam), dove le NBS trovano spazio sotto forma di componente flessibile e morbida
- Selezione: strategie di selezione areale e dell’hazard. Non è possibile proteggere un’intera superficie da tutti gli impatti, da cui la necessità di selezionare il livello di impatto affrontabile (es. piano di adattamento di Rotterdam) e le aree da rendere adatte (distretti e sub-distretti, progetti e sub-progetti nelle politiche rispettivamente di Amburgo, Copenaghen e Rotterdam). Ciò permette di tarare l’adattamento per livelli successivi, appropriati all’impatto atteso.
- Interdipendenza: strategie di connessione reciproca degli interventi. Un sistema di soluzioni tecnico-spaziali viene progettato all’origine in connessione funzionale con il successivo, così da rendere ogni sistema indispensabile all’altro, assicurando un approccio progettuale diffuso con “soluzioni continue”.
- Compensazione: elementi destinati al sacrificio (allagamento da flooding, carico termico da irraggiamento, es. caso watersquare Rotterdam, blocchi residenziali storici nel piano di adattamento di Berlino) compensano gli elementi robusti non adattabili
- Estensione: propagazione delle soluzioni tecnico-spaziali (dall’edificio al lotto, dal lotto al blocco, dal blocco ai tracciati limitrofi e viceversa, es. Piano di adattamento StEP Klima di Berlino, quartiere Adlershof, Berlino)
- Combinazione: unione di sistemi mitigativi e adattivi. In questo le NBS trovano applicazione come soluzioni portatrici di benefici di riduzione di CO2 e contemporaneamente di efficacia adattiva (es. la Copenaghen urban nature climate adaptation practice).

Le macro-strategie si rivelano efficaci tramite un’**applicazione** con logica distrettuale. Attraverso la perimetrazione delle aree di intervento essa può favorire la fattibilità dei programmi, la replicabilità delle soluzioni, la gestibilità degli effetti del progetto, il monitoraggio, la controllabilità di eventuali insuccessi circoscrivibili al distretto e può fornire un confine noto entro cui fare sperimentazione, innovazione e prototipazione (es. distretti di Wilhelmsburg Central e Veddel, Amburgo; quartiere Adlershof, Berlino). Qui le NBS trovano spazio nel campo delle innovazioni di progetto e prodotto (es. Adlershof Physik Institute, Berlino; Water e BiQ Houses, Amburgo) e come soluzioni site-specific.



LEGENDA



La logica distrettuale può essere applicata in modo transcalare, per suddivisione in porzioni areali più piccole ma tra loro collegate. I casi di Amburgo e Copenaghen portano alla luce il metodo di porzionare il distretto, **discretizzando** i progetti fino all'unità minima di intervento e al prototipo rappresentato dal singolo edificio, in una logica di **up e downscaling** (es. la suddivisione del progetto dell'IBA in 6 eco-distretti ad Amburgo con annessa prototipazione delle Green, Soft, Water e BIQ House; la successione *catchment areas- cloudburst management projects-cloudburst branch* a Copenaghen). Qui le NBS trovano operatività alle varie scale e "porzioni" progettuali (c.f.r [cap. 04 parr. 4.2.1 - 4.3](#); [cap. 05 par. 5.1](#)).

Per percorrere le scale i casi esaminati adottano macro-strategie ricorrenti, quali:

- Dislocazione e distribuzione: la programmazione dispone interventi puntuali ma variamente diffusi e distribuiti (es. casi di distretti amburghesi)
- Scelta di tematismi: l'assegnazione al distretto o a una sua porzione di temi dedicati ma con mixitè funzionale configura o rinsalda l'identità del distretto come parte del processo rigenerativo (es. casi amburghesi)
- Topics correlati (*interlinking topics*): messa a sistema nella progettazione dei topic di adattamento climatico, di riduzione dei fabbisogni, di autosufficienza/ efficientamento energetico
- "Pattern urbani": disposizione degli interventi su porzioni urbane-tipo tra loro omogenee per garantire la replicabilità e la diffusione delle azioni adattive. Per queste ultime la tattica può essere individuata nella progettazione di *Climate Resilient Blocks*- blocchi urbani resilienti che rispondono in maniera adattiva agli stimoli climatici (es. piano di adattamento di Berlino StEP Klima, casi distretto St. Georg, Amburgo e quartiere Saint Kjeld, Copenaghen).

Il processo per il progetto così definito mira a perseguire un adattamento (**GOAL**) caratterizzato dai requisiti di flessibilità, implementabilità, attitudine al raggiungimento progressivo dei livelli di resilienza (es. piano di adattamento di Rotterdam) e possibilità di aggiornamento al sorgere di nuove condizioni (climatiche, ambientali, demografiche, di disponibilità di conoscenza e tecnologiche) e quindi di nuove esigenze (economiche e sociali), in maniera aderente alla necessità di progettare in condizioni dinamiche e rispetto ad apparati esigenziali in cambiamento.

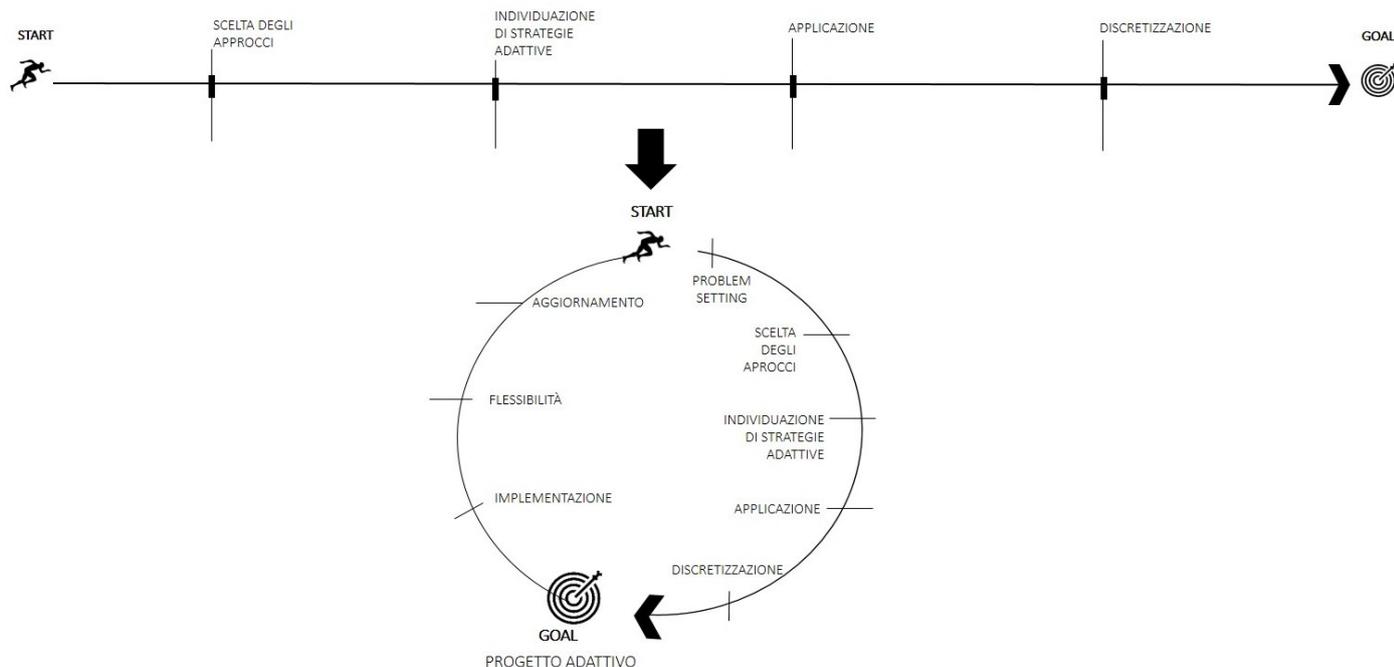


Fig. 55_ Passaggio dal modello di processo lineare a circolare nel progetto adattivo

Il **processo per il progetto adattivo basato su approccio EbA e soluzioni NBS** può allora essere trasferito da una forma lineare a una circolare, in quanto ricorsivo e fondato su un adattamento graduale che si può auto-implementare ripartendo dalla definizione del problema (fig.55).

5.3 Quadro di indirizzi per l'applicazione delle NBS

Sulla base delle riflessioni maturate nel paragrafo 5.2, si propone un quadro di **indirizzi** sotto forma di schede per l'utilizzo delle NBS in contesti urbani. L'analisi a cascata delle politiche tecniche, dei casi

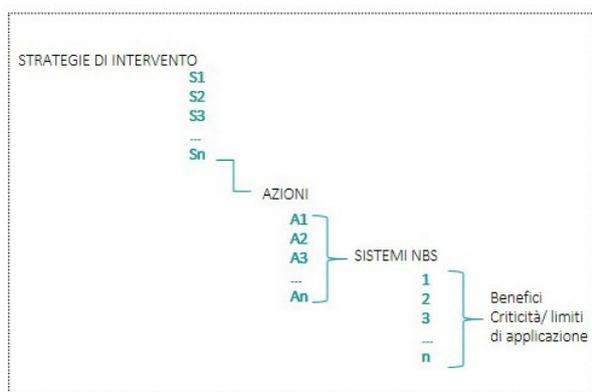


Fig. 56_ Struttura degli indirizzi per l'applicazione delle NBS

studio e dell'efficacia adattiva delle NBS confluisce in:

- individuazione di strategie adattive ai fenomeni di pluvial flooding e UHW
- individuazione di azioni adattive
- raccomandazioni per la scelta di sistemi di soluzioni NBS, secondo lo schema in fig. 56.

Dal confronto dei piani di adattamento è atteso un pacchetto di **strategie adattive di intervento**, da inserire negli indirizzi. Per estrarre queste

ultime si procede a:

- individuare le strategie ricorrenti
- trarre un'eventuale successione nell'applicazione delle strategie

Dall'analisi dei casi studio (c.f.r. [cap. 03, par. 3.3](#)) si maturano delle riflessioni per abbinare le azioni adattive alle strategie.

Dalla manualistica e dall'approfondimento sull'efficacia delle soluzioni NBS ([cap. 04](#)) sono attese conoscenze finalizzate all'individuazione, all'interno degli indirizzi, delle soluzioni tecniche NBS e la definizione di benefici e limiti di applicazione o di efficacia delle soluzioni in contesti urbani. Benefici e criticità sono in parte derivati anche da quei piani di adattamento (es. Berlino StEP Klima) che oltrepassano il livello strategico e maggiormente si concentrano sulle famiglie di soluzioni tecnico-spaziali. Obiettivo principale degli indirizzi è rendere in una **forma fruibile** e immediata quanto raccolto e sistematizzato nel corso della tesi tramite una schedatura, di seguito riportata, che mette in relazione le strategie adattive di intervento con azioni operative, espletabili attraverso l'applicazione di sistemi NBS, quest'ultima corredata dove possibile da indicazioni sui **principali benefici e/o criticità** (limiti di efficacia o di applicazione, svantaggi) **ritenuti significativi rispetto a un'azione specifica**.

STRATEGIA DI INTERVENTO S1	Gestione superficiale delle acque di runoff (second flush)	 SISTEMI DI SOLUZIONI NBS	
		SISTEMI DI SOLUZIONI NBS	BENEFICI B_ / CRITICITÀ C_
AZIONE A1.1	Rallentare il flusso delle acque di runoff	Filter strip Green gutter Superfici di ciottoli	B_ Semplicità di realizzazione e di manutenzione, economicità, efficacia nella funzione, possibilità di realizzazione <i>do-it-yourself</i> nei giardini privati, possibilità di integrazione con aree di sosta o carreggiate stradali
AZIONE A1.2	Captare le acque di runoff	Superfici vegetate e a prato Superfici permeabili e semipermeabili	B_ Possibilità di aumentare l'area captante modellando la superficie con rilievi/dune C_ necessità di manutenzione e di irrigazione durante i periodi estivi o di siccità C_ Riduzione dell'efficacia di captazione in base al materiale
AZIONE A1.3	Convogliare le acque di runoff	Urban wetlands, laghi e specchi d'acqua con eventuale piantumazione di vegetazione Diversion swale	B_ Possibilità di usi multilivello, ricreativi e finalizzabili all'aggregazione sociale C_ Necessità di interventi morfologici di modellazione e trasformazione dei profili stradali per convogliare le acque da trattare B_ Possibilità di dirottare e convogliare le acque provenienti da altre superfici captanti, alta integrabilità in sistemi più complessi

Scheda 1

STRATEGIA DI INTERVENTO S2	Gestione sotterranea delle acque di runoff (second flush)		
		SISTEMI DI SOLUZIONI NBS	BENEFICI B_ / CRITICITÀ C_
AZIONE A2.1	Trasportare le acque di runoff al di sotto del livello stradale	Vasca per il bio-filtraggio con tubo di drenaggio perforato	B_ Possibilità di pretrattamento delle acque di runoff prima dello smaltimento e di alleggerimento del carico dei sistemi fognari
AZIONE A2.2	Infiltrare nel terreno le acque di runoff	Alberature	B_ Possibilità di integrazione in sistemi complessi C_ Necessità di assicurare adeguato spazio per le radici, di selezionare accuratamente la specie arborea in base al contesto climatico e geografico, necessità di manutenzione
		Vasca di bio - ritenzione con fondo aperto filtrante in ghiaia	B_ Adattabilità alle dimensioni stradali, connettività e integrabilità in sistemi lineari, tempi rapidi di deflusso. C_ Necessità di un'accurata progettazione delle sponde laterali per evitare il rischio di danni alle strutture adiacenti la vasca causa migrazioni laterali di flussi d'acqua. Necessità di un'accurata progettazione dei bordi superiori e di eventuali cordoli per la sicurezza pedonale
		Trincea di bio-ritenzione piantumata con vegetazione	B_ Integrabilità con piante e vegetazione anche spontanea, bassa manutenzione dei bordi e delle sponde della trincea, maggiore accessibilità agli strati sottostanti per operazioni di manutenzione. Possibilità di creare elementi paesaggistici. C_ Necessità di un'accurata progettazione delle sponde naturali laterali per garantire la durabilità del sistema e l'ancoraggio delle piante. Difficoltà di integrazione a causa delle sponde laterali inclinate che richiedono adeguati spazi.
		Combinazione vasca-trincea	B_ Adattabilità alle dimensioni stradali, in caso non consentano l'alloggiamento di una trincea a causa delle sponde estese
		Superficie <i>water-bound</i>	B_ Alta integrabilità con superfici a prato C_ Necessità di manutenzione causa usura superficiale
		Sistema con pozzetto di infiltrazione	B_ Alta integrabilità con gli edifici

Scheda 2

STRATEGIA DI INTERVENTO S3		Trattamento delle acque di runoff (second flush) 	
		SISTEMI DI SOLUZIONI NBS	BENEFICI B_ / CRITICITÀ C_
AZIONE A3.1	Filtrare le acque di runoff	Trincee abbinata ad alberature	B_ Massimizzazione dell'efficacia di filtraggio della trincea attraverso l'abbinamento dei due sistemi
		Vasche di bio-filtraggio	B_ Possibilità di pretrattare le acque di runoff prima che raggiungano i sistemi di smaltimento fognari. Applicabilità in caso di suoli dalle capacità di infiltrazione limitate o compromesse. C_ Necessità di inserire tubi di drenaggio sotterranei con relativa manutenzione.
		Filtro di sabbia superficiale	-
AZIONE A3.2	Purificare le acque di runoff	Sistema di filtraggio combinato di canne, ghiaia e molluschi	B_ Applicabilità in fiumi, specchi d'acqua o piscine naturali, sperimentabilità in regimi dinamici, sperimentabilità in sito, monitorabilità. C_ Dipendenza da fattori altamente variabili e non sempre prevedibili (velocità di corrente, piovosità, livello delle acque, livelli di tossicità delle acque).

Scheda 3

STRATEGIA DI INTERVENTO S4		Riduzione dei danni da pluvial flooding 	
		SISTEMI DI SOLUZIONI NBS	BENEFICI B_ / CRITICITÀ C_
AZIONE A4.1	Aumentare la superficie di assorbimento delle acque meteoriche	Tetti verdi	-
		Prati e superfici vegetate variabili e ondulate	
AZIONE A4.2	Ritenere temporaneamente le acque meteoriche	Contour swales	B_ Efficacia su terreni scoscesi, possibilità di sviluppo in serie per massimizzare l'effetto.
		Trincee a cielo aperto	B_ Efficacia duplice di ritenzione e di riduzione dell'heat stress tramite contributo evaporativo. Duplice funzione, adattiva durante le precipitazioni e ludica all'asciutto.
		Constructed wetland	B_ Possibilità di favorire l'aumento della biodiversità in contesti urbani.
AZIONE A4.3	Immagazzinare le acque meteoriche	Trincee interrata	C_ Necessità di scaricare le acque e di evitare il troppopieno.

Scheda 4

STRATEGIA DI INTERVENTO S5	Protezione da overflow di canali e margini fluviali		
		SISTEMI DI SOLUZIONI NBS	BENEFICI B_ / CRITICITÀ C_
AZIONE A5.1	Inverdire i margini dei corsi d'acqua	Sponde vegetate Riparian buffer	B_ Possibilità di favorire l'aumento della biodiversità in contesti urbani.

Scheda 5

STRATEGIA DI INTERVENTO S6	Riduzione dell'heat stress in ambienti indoor		
		SISTEMI DI SOLUZIONI NBS	BENEFICI B_ / CRITICITÀ C_
AZIONE A6.1	Schermare dalla radiazione solare	Materiale vegetale integrato in pannelli ed elementi di facciata, bio-pelli tecnologiche	B_ Alta sperimentabilità, possibilità di espressioni e risultati estetici. C_ Necessità di ricorrere ad un alto contenuto tecnologico e ibridazione ingegneristica.
		Pareti verdi	B_ Alti risultati estetici con ricadute sulla qualità degli spazi outdoor. Forte dipendenza dalla specie vegetale e dalle dimensioni/densità del fogliame. C_ Necessità di irrigazione e di manutenzione.
AZIONE A6.2	Proteggere dal carico termico per irraggiamento	Pareti verdi	C_ Necessità di irrigazione e di manutenzione

Scheda 6

STRATEGIA DI INTERVENTO S7	Riduzione dell'heat stress negli spazi aperti		
		SISTEMI DI SOLUZIONI NBS	BENEFICI B_ / CRITICITÀ C_
AZIONE A7.1	Aumentare l'evapotraspirazione	Alberature a chioma ampia a e largo fogliame	-
		Trincee vegetate	B_ Massimizzazione dell'efficacia evapotraspirativa tramite l'aggiunta di piante.
		Trincee vegetate abbinare ad alberature	B_ Massimizzazione dell'efficacia di filtraggio della trincea attraverso l'abbinamento dei due sistemi.
		Pareti verdi	C_ Necessità di irrigazione e di manutenzione.
AZIONE A7.2	Assicurare la connessione tra superfici verdi raffrescanti e aree da raffrescare	Superfici a prato, vegetazione con ampio fogliame, superfici alberate	B_ Massimizzazione dell'efficacia attraverso la progettazione di passaggi e aperture che mettono in collegamento la superficie raffrescante con l'area che ne beneficia. C_ necessità di una progettazione attenta nella disposizione delle

			alberature, evitando che facciano da ostacolo alla circolazione e allo scambio dei flussi d'aria e alle condizioni di ventilazione.
AZIONE A7.3	Favorire l'abbinamento carico - scarico termico delle superfici	Superfici a prato, vegetazione con ampio fogliame, superfici alberate	-
AZIONE A7.4	Posizionare elementi blu di raffrescamento	Urban wetlands, bacini di ritenzione, specchi e vasche d'acqua	B_ Applicabilità nelle corti interne degli edifici o tra edifici in linea.
AZIONE A7.5	Ombreggiare le aree termicamente caricate	Alberature	-
AZIONE A7.6	Accoppiare elementi blu e verdi	Aree verdi o a prato e bacini di ritenzione	B_ Massimizzazione dell'efficacia di raffrescamento tramite accoppiamento di bacini o specchi d'acqua per l'irrigazione delle superfici verdi raffrescanti.
AZIONE A7.7	Ottimizzare la disposizione delle superfici verdi	Parchi, superfici verdi e a prato	-

Scheda 7

La strategie d'intervento sono proposte in base ai criteri:

1) si affronta lo smaltimento delle acque di runoff di secondo flusso (*second flush*) supponendo come appreso dai casi studio che il primo flusso, maggiormente contaminato, sia destinato allo smaltimento in fognatura; si procede quindi a I- una strategia di gestione superficiale (**S1**) di rallentamento-captazione e convogliamento e a II- una gestione sotterranea (**S2**) di trasporto e infiltrazione considerabili anche simultanee, e infine III- di trattamento e purificazione delle acque di runoff (**S3**). Tale fenomeno infatti, dato l'impatto con le superfici urbane artificiali, si accompagna spesso alla necessità di migliorare la qualità delle acque.

2) si propongono soluzioni per la riduzione degli effetti di pluvial flooding attraverso assorbimento, ritenzione e stoccaggio (**S4**). Qui l'assorbimento da parte di superfici vegetate e a prato viene selezionato per primo perché è auspicabile che si abbinati a un effetto evapotraspirativo e quindi efficace anche all'heat stress. I secondi possono essere accompagnarsi a strategie di recupero e riutilizzo delle acque piovane;

3) le soluzioni NBS possono contribuire con successo alla protezione di argini e sponde interessate dal rischio di overflow. Tuttavia questa scheda non approfondisce le soluzioni e i relativi benefici/criticità in quanto la strategia **S5**, che richiede una categoria e uno studio propri, deriva dai piani di adattamento ma non è contemplata da casi studio che riportino esempi di applicazione esemplificativi;

4) la riduzione dell'heat stress viene divisa per ambienti indoor e spazi aperti e (**S6, S7**). Per i secondi le strategie non sono da considerarsi in una specifica successione, ma sono opzioni da valutare in base alla configurazione e alla morfologia degli spazi aperti e degli edifici. Tuttavia si può osservare che sarebbe opportuna l'azione A7.2 sequenziale alla A7.1, in quanto creare superfici verdi evapotraspirative senza assicurare la ventilazione e lo scambio di aria tra queste e le aree da raffrescare può ridurre o inficiare il contributo adattivo (cfr. [cap. 04](#), par. [4.2.1](#)).

Osservazioni. Che a strategie e azioni diverse corrispondano stesse o analoghe soluzioni, o che alcuni benefici ricorrono in schede diverse, dimostra la natura multi-contributo e multifunzione delle NBS.

Per l'azione A.1.1 si propongono *filter streep* e *green gutter*. Indicano soluzioni nature-based filtranti dalla forma longitudinale, eventualmente sotto forma di grondaie lineari inverdite.

Si sceglie di non riportare benefici e criticità per la strategia S7-Azione A7.1, in quanto non è possibile esprimere in forma sintetica vantaggi e svantaggi delle alberature come generica soluzione adattiva. In merito si rimanda al cap.04, par. 4.1, tab. 1. Analogamente per la strategia S4, azione A4.2, e per la strategia S7- Azione A7.3 e A7.5, dove si rimanda cap. 03, par. 2.2.4, p. 103, in merito al principio di carico e scarico termico.

Per l'azione A7.7 si rimanda infine al cap. 04, par. 4.2.1.

L'assenza di una voce "benefici" e/o "criticità" nelle schede non vuole affermare che la soluzione sia in assoluto esente da vantaggi o svantaggi, convenienze o limiti nell'applicazione, ma si vuole mettere in risalto quei principali benefici o elementi di criticità considerati significativi rispetto all'azione indicata e in line con ciò che è emerso dalla ricerca.

Il quadro di indirizzi fin qui esposto è un'esportazione di quanto elaborato nel presente lavoro. Per poterlo importare in modo appropriato in un contesto locale sarebbe necessario, data la natura segnatamente site-specific delle NBS, disporre di dati relativi alla specie, alla tipologia, alla qualità del materiale vegetale diffuso o proprio del contesto mediterraneo, oltre ai dati climatici specifici dell'area, così da particolarizzare le soluzioni NBS e la loro efficacia adattiva rispetto al luogo di applicazione.

GLOSSARIO

Filter streep / green gutter. Soluzioni NBS filtranti dalla figura longitudinale, eventualmente sotto forma di grondaie lineari inverdite.

BIBLIOGRAFIA

Losasso, M., Progettazione ambientale e progetto urbano in EWT Eco Web Town, n°16 , Vol. II, 2017, pp. 7-16

Mussinelli, E., Tartaglia. A., Bisogni, L., Malcevschi, S., Il ruolo delle Nature-Based Solutions nel progetto architettonico e urbano, in in Techne - Journal of Technology for Architecture and Environment, No.15, Architectural resilience, pp. 116-123, FU Press, Firenze 2018

SITOGRAFIA

www.berlin.de/senuvk/umwelt/landschaftsplanung/bff

Conclusioni

Gli squilibri ambientali, climatici e sociali pongono nuovi interrogativi sul rapporto tra l'uomo e l'ambiente che abita, tra artificio e natura, tra necessità di nuova espansione e bisogno di preservare quanto di intrasformato permane. Adattamento a climate change e a mutamenti di più ampio significato, e rigenerazione dei tessuti urbani, rappresentano i nuovi approcci al cambiamento. La messa in campo di processi rigenerativi, strategie e soluzioni adattive può beneficiare di un approccio ecosistemico al progetto e dell'uso della natura sia come processo che come vero e proprio materiale progettuale.

Partendo da queste considerazioni la ricerca sistematizza un bagaglio di conoscenze relative all'adaptive urban design come scenario di ricerca per la Progettazione ambientale. Mette a sistema tali conoscenze con i temi della rigenerazione urbana, l'approccio EbA e la dimensione delle NBS. Individua e analizza i casi studio che mettono in tensione adaptive urban design, urban regeneration, EbA ed NBS, attraverso le scale del progetto. Approfondisce l'efficacia di alcune sistemi di soluzioni con particolare attenzione alla componente green e vegetale, esportando infine i risultati delle analisi in due macro-prodotti principali: un processo logico per il progetto adattivo e un quadro di indirizzi per l'applicazione di soluzioni NBS in base a una selezione di strategie e azioni.

Discussione dei risultati, grado di conseguimento dell'obiettivo principale e degli obiettivi specifici di ricerca. La ricerca ha raggiunto l'individuazione di strategie e soluzioni NBS, esprimendo dove possibile il contributo adattivo. Quest'ultimo è stato definito per alcune soluzioni e in forma quanti/qualitativa. Contemporaneamente ha potuto costruire un bagaglio di conoscenza sull'Adaptive urban design collocabile nel campo disciplinare della Progettazione ambientale e degli studi sul cambiamento climatico. Attraverso i casi è emerso come ulteriore risultato la transcalarità delle soluzioni NBS.

La ricerca ha esaminato saperi, progetti ed esperienze dei contesti centro e nord-europei. L'analisi della manualistica elude tale regola, in quanto rivelatasi consistente nel panorama statunitense. Pur divergendo dal criterio geografico, può essere considerato anch'esso parte dei risultati di ricerca e in ogni caso la sua analisi non ha contraddetto quanto emerso dai casi europei.

La tesi individua due livelli di strategie e azioni adattive, il primo nell'analisi dei piani di adattamento, il secondo come introduzione e avvicinamento alla scala della manualistica. Quest'ultimo si differenzia dal primo in quanto maggiormente tecnico e meno strategico.

Il quadro di indirizzi proposto non pretende di esaurire le numerose possibilità di combinazione delle NBS, ma di presentare le principali in associazione alle strategie adattive di intervento.

Limiti delle analisi eseguite e dei dati raccolti. L'indagine ha selezionato dei casi - e di conseguenza escluso altri- oltre ai criteri dichiarati, anche in base alla reperibilità dei dati e in accordo con la possibilità, rappresentata dal periodo di mobilità a Berlino e parte integrante della ricerca, di entrare in contatto diretto con progetti tedeschi. I casi di progetti non ancora realizzati o parte di programmi di trasformazione particolarmente estesi (es. casi distrettuali rilevati ad Amburgo) presenta i limiti di raccolta informazioni dovuti al reperimento dei dati solo tramite fonti web e pubblicazioni preliminari, impossibilità di produrre materiale fotografico - al quale si è scelto di fare ampio ricorso nella tesi- e tutte le restrizioni legate all'analisi di progetti non ancora o solo in parte eseguiti (es. casi rilevati a Copenaghen).

La matrice che esprime il grado di rispondenza dei casi studio (liv. sub-distrettuale) ai criteri è qualitativa. Per renderla in forma quantitativa sarebbe necessario individuare dei sotto-criteri che richiederebbero ulteriori dati. I limiti nella raccolta dati non ha permesso questo secondo livello.

Il caso Flussbad Berlin (#06) in particolare è un'iniziativa socialmente condivisa ma anche oggetto di dibattito e in piena evoluzione, suscettibile di svolte e di approfondimenti futuri. Alcune resistenze poste recentemente dalle amministrazioni locali e la sfida di operare sull'isola dei musei, luogo simbolico per la capitale tedesca, inducono avanzamenti cauti e aggiustamenti continui nel progetto. Seguirne gli sviluppi può essere importante per indagare nuovi modelli di rigenerazione ecosistemica sperimentati in corso d'opera. La rinaturalizzazione del primo tratto fluviale è una fase attualmente solo in agenda e ciò non ha permesso la raccolta informazioni sul ruolo adattivo, in termini di rischio inondazione o miglioramento della qualità delle acque di runoff, delle piante e dei biotopi previsti nel progetto.

Impatti della ricerca e target group di destinazione. Gli impatti auspicabili dal presente lavoro possono essere descritti in termini di:

- ricaduta scientifica: i contenuti sono destinati all'implementazione e alla sistematizzazione del bagaglio di conoscenza relativo all'adaptive urban design e all'approccio ecosistemico alla progettazione adattiva;
- ricaduta didattica: i contenuti possono trovare impiego nella didattica del settore della Tecnologia dell'Architettura e della Progettazione ambientale;
- ricaduta pratica: la metodologia, espressa a livello processuale nel diagramma per il progetto adattivo e a livello operativo nel quadro di indirizzi proposto, è a disposizione del tecnico nella pratica progettuale.

Dagli impatti attesi scaturiscono due possibili target group cui destinare il contenuto della ricerca:

- soggetti operanti nell'ambito universitario e della formazione della figura del tecnico, ai quali destinare il contenuto culturale, la sistematizzazione di conoscenze, i dati, il materiale fotografico e le informazioni sui casi studio;

- tecnici impegnati nella redazione e validazione dei piani di adattamento ai quali destinare dati, analisi e osservazioni sui piani di protezione climatica centro e nord-europei qui osservati come buone pratiche. A questi sono potenzialmente rivolte le schede degli indirizzi, allo scopo di creare nei futuri piani uno spazio dedicato per i sistemi di soluzioni nature-based da trasferire negli strumenti normativi con un determinato livello di coerenza. In questa direzione alcuni comuni hanno già accolto la logica delle soluzioni NBS o ibride tramite l'adozione dei green factor- si vedano i regolamenti edilizi dei comuni di Bolzano, Firenze e Bologna⁷⁰, che adottano il RIE- Indice di Riduzione dell'Impatto Edilizio, come strumento di incoraggiamento all'impiego e di verifica dell'efficacia di soluzioni per l'assorbimento e la gestione delle acque piovane. Un quadro di indirizzi per l'uso delle NBS, adattato alle esigenze della specifica PA e declinato in base al piano o al regolamento edilizio locale, potrebbe aprire la strada a un'applicazione più estensiva e articolata di sistemi complessi di NBS tra loro integrati.

A entrambi i target group è possibile immaginare di rivolgere il diagramma di processo adattivo, per i primi ai fini didattico-formativi e di costruzione di cultura, per i secondi allo scopo di sensibilizzare le pubbliche amministrazioni sull'adozione di un approccio ecosistemico alla pianificazione di realtà urbane più resilienti. Qui il processo vale come framework procedurale entro il quale elaborare piani e progetti, diversamente in base alla scala. Un'amministrazione potrebbe beneficiare del processo come percorso procedurale entro cui collocare e organizzare strumenti operativi per pianificare l'adattamento.

Limiti di trasferibilità dei risultati. Data la natura segnatamente site-specific delle soluzioni NBS, successive indagini sull'importazione di queste in contesti climatici mediterranei pone oggettive difficoltà e apre a interessanti quesiti di ricerca; così come il trasferimento in contesti locali di processi da casi tedeschi o olandesi, attualmente paesi in possesso di strumenti economici e di governance consistenti e relativamente saldi, offre lo spunto per maturare ulteriori osservazioni.

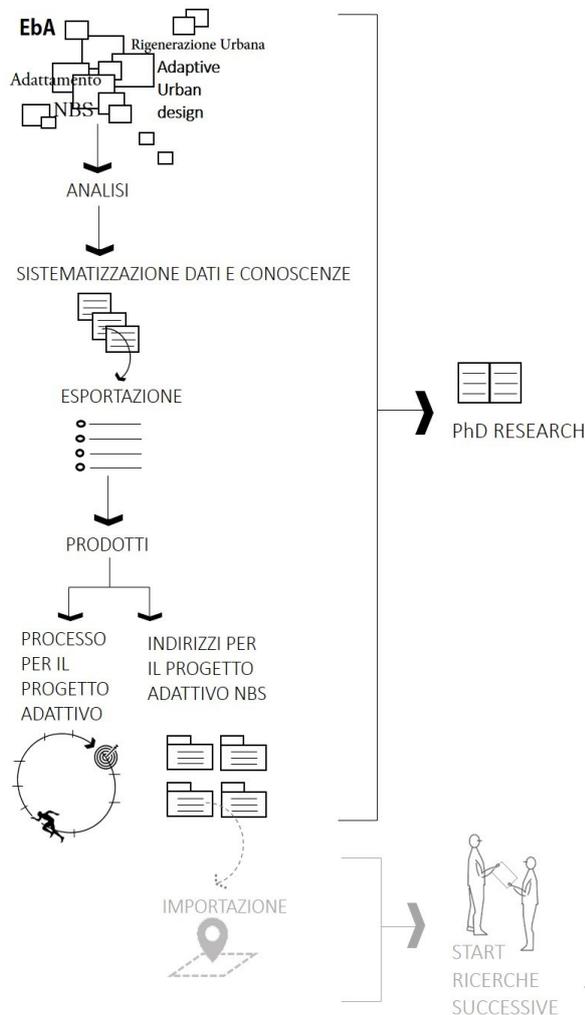
⁷⁰ C.f.r. Regolamento Edilizio Comune di Firenze, approvato con delibera del Consiglio Comunale n. 442 del 19 Aprile 1999, modificato con delibera del Consiglio Comunale n. 346 del 26 giugno 2000 all' art. 3 All. D; c.f.r. altresì R.E. Comune di Bolzano, art. 19 bis, artt. 2 e 6 comma 1 All. A; R.U.E. Comune di Bologna, scheda tecnica dE 8.4

Quesiti aperti: aspetti suscettibili di approfondimento e punti di partenza per ricerche successive.

Gli indici e gli indicatori a chiusura delle schede dei casi studio rappresentano un input per analisi successive, ed eventualmente per schede particolareggiate che associno a ogni aspetto esaminato - rigenerativo, ecosistemico, identità nature-based- indicatori in grado di esprimerne la consistenza. Il capitolo 04 fa un primo passo verso un repertorio ragionato dei sistemi di soluzioni NBS e della relativa efficacia. Tale risultato è estensibile:

- a ulteriori sistemi NBS
- a sistemi a vari livelli di ibridazione NBS- grigi ed NBS- *high technology*
- a sistemi di indicatori che quantifichino il valore adattivo della singola soluzione o di più soluzioni combinate.

I casi di Nørrebro e St. Kjeld a Copenaghen, così come Rotterdam Zoho, sono attualmente in corso e i risultati sono da seguire in ricerche seguenti.



Le schede che esprimono gli indirizzi sono il risultato di un processo di astrazione e di esportazione delle conoscenze acquisite. Tuttavia sono implementabili e si potrebbe prendere in considerazione, come successivo passo di ricerca, l'importazione e l'applicazione degli indirizzi in un contesto locale diverso da quello centro e nord europeo (fig.57).

La successione delle strategie è da considerarsi una proposta che non esclude certamente possibilità di applicazione simultanea delle stesse. Ulteriore step di ricerca può essere uno studio comparato sulle diverse combinazioni di NBS, finalizzato a disporle secondo una scala di efficacia, quest'ultima da inserire nelle schede per:

- implementare gli indirizzi;
- includere la scala nella successione delle azioni;

Fig. 57_ Diagramma finale del percorso di ricerca

Infine potrebbero essere individuate ulteriori fasi per:

- indagare il ruolo adattativo combinato al risultato estetico-formale delle piante, adottate in quelle NBS che meglio si prestano ad alloggiare il materiale vegetale, quali bioswale, rain garden, diversion swale;
- indagare gli aspetti tecnici delle piante come materiali di design, sul piano delle prestazioni, in termini di durabilità e manutenibilità;
- individuare le specie vegetali che meglio assolvono alle funzioni di ombreggiamento ed evapotraspirazione, secondo le caratteristiche climatiche mediterrene;

In particolare gli ultimi tre punti possono esprimere in futuro il passaggio dall'indagine di soluzioni **NBS** alle **PBS- *plant-based solutions***, come dispositivi dalle prestazioni estetiche e di resilienza che supportano e valorizzano il progetto resiliente.

I temi scelti, i dati e i risultati raggiunti non hanno la pretesa di ridurre la complessità degli argomenti, di esaurire la vastità delle informazioni reperibili, o di definire un processo o una metodologia univoci e ovunque applicabili.

Ciò che si è voluto proporre è un punto di vista **sistemico** con il quale approcciare allo studio della progettazione adattiva nell'ambito della Progettazione ambientale.

Ciò che si è voluto dimostrare è la possibilità di collocare all'interno di essa il contributo delle soluzioni nature-based come dispositivi tecnologici **transcalari**, nella convinzione che sempre più l'inclusione e la riproduzione delle funzioni della natura a tutte le scale saranno necessari nel progetto adattivo per equipaggiarsi ai futuri, grandi cambiamenti che ci attendono.

A1_Elenco delle figure

Fig.1_ *Research outline*, p. 13

Fig. 2_ Collocazione disciplinare della Progettazione adattiva nel quadro della TdA, p. 25

Fig. 3_ Adattamento e campi scientifici di studio. Il concetto di *adaptation* occupa settori circoscritti e specifici dell'architettura, sviluppandosi nell'ambito dell'*urban planning* e di recente della progettazione tecnologica, p. 41

Fig. 4- Relazione tra servizi ecosistemici e benessere umano. Fonte: MEA- Millenium Ecosystem Assessment, *Living Beyond Our Means. Natural Assets and Human Well-Being. Statement from the Board*, marzo 2005, p.68

Fig. 5_ framework analitico delle misure EbA. Fonte: Olivier, J., Probst, K., Renner, I., Riha, K., *Ecosystem-based Adaptation (EbA) A new approach to advance natural solutions for climate change adaptation across different sectors*, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Aug. 2012, p. 77

Fig. 6_ Opzioni di infrastrutture adattive, Grimm et. al 2016, citati da Depietri, Y., McPhearson, 2017, p. 79

Fig.7_ *Anpassung ist Vorsorge*. "L'adattamento è una precauzione". Le politiche amburghesi di protezione climatica hanno introiettato l'adattamento come una forma preventiva di lotta al *climate change* piuttosto che emergenziale o contestuale al verificarsi degli eventi di hazard, (Immagine: *Das Hamburger Klimaschutzkonzept*, 2011, pp. 28-29, fotografia: Holger Weitzel), p.89

Fig.8_ Percorso delle politiche di sostenibilità (1997-2011) intrapreso dalla municipalità amburghese antecedente al piano di adattamento *Hamburger Klimaschutzkonzept 2011*. 1997), p. 89

Fig.9_ Topics di sviluppo e protezione climatica cui ha puntato l'amministrazione amburghese a partire dal 2007. Fonte: rielaborazione propria sulla base del *Hamburg Schwarzplan* disponibile a <https://schwarzplan.eu/>, p.90

Fig. 10_ Processo di pianificazione adattiva di Copenaghen, fonte: *Copenhagen Climate Adaptation Plan*, 2011, p. 92

Fig.11_ *Cloudburst branch* di Nørrebro, rieditato da: *Climate Change Adaptation and Investment Statement*, part 2, oct. 2015, p.212, p.95

Fig.12_ Rotterdam, Olanda. Edifici in costruzione sulla sponda fluviale. Foto: F. Dell'Acqua, 2018, p.97

Fig. 13_ Rotterdam, orti galleggianti in contenitori di plastica riciclata. La città include il fattore natura urbana ed esplora la fattibilità di alcune pratiche sull'acqua come parte di nuovi, possibili modelli di vita adattivi da adottare in futuro. (foto: A. di Francesco, 2018), p. 99

Fig.14_ Schema concettuale dei sistemi interni ed esterni alla città di protezione climatica robusta. Fonte: Rotterdam Climate Change Adaptation Strategy 2013, p. 15, **p.99**

Fig. 15_ Rotterdam, sistemi adattivi robusti con chiuse fluviali nella *inner dike area*, foto: F. Dell'Acqua, 2018, **p.101**

Fig. 16_ (a) Rotterdam, canalizzazioni artificiali nella *inner dike area* con dispositivi ad alimentazione fotovoltaica per il monitoraggio del livello delle acque (foto: F. Dell'Acqua, 2018); (b) prototipi di padiglioni adattivi galleggianti ed energeticamente autosufficienti, sperimentazioni nate all'interno della *Climate Initiative Rotterdam* (foto: A. di Francesco, 2018), **p. 102**

Fig. 17_ Rotterdam, sistemazioni spondali nella *inner dike area*, foto: F. Dell'Acqua, 2018, **p.102**

Fig.18_ Paul, U. *Berlin baut auf*, „Berlino costruisce“ in „Berliner Zeitung“, n. 114, ven. 18 maggio 2018, Foto: F. Dell'Acqua, 2018, **p. 103**

Fig.19_A.G., *Autobahn gesperrt A100 unter Wasser*, “Autostrada A100 chiusa per inondazione” in „Tagesspiegel-Berlin“, n. 23, 327, ven. 18 luglio 2018, p.9. Foto: F. Dell'Acqua, 2018, **p.105**

Fig. 20_ Da sinistra: *Möbliertes Wohnen auf Zeit. Für eine Kulturstadt, die beweglich bleibt*, “Abitare in appartamenti ammobiliati in tempo. Per una città della cultura, che resta flessibile”, a destra: *Für eine Stadt, die Platz für Entscheider macht*, “per una città che fa spazio ai decisori”. Cartelloni pubblicitari diffusi nelle U-Bahn, suggeriscono la crescita del numero di appartamenti in costruzione e una richiesta per una città flessibile, destinata ad un'utenza variegata. (foto: F. Dell'Acqua, 2018, U-Bahn U7-Adenauerplatz station), **p.105**

Fig.21_*Hallo Berlin, hier sit deine Chance auf Wohneigentum. Jetzt neue Häuser und Wohnungen entdecken / „Ciao Berlino, qui c'è la tua chance di proprietà. Scopri adesso nuovi appartamenti e case unifamiliari”*. La città investe sulla crescita immobiliare. Metropolitana U3, stazione Spichernstrasse (foto: F. Dell'Acqua, 2018), **p.107**

Fig.22_ Prospetto riassuntivo del *Holistic district development approach* dell'IBA Hamburg. Fonte: elaborazione propria, **p.125**

Fig.23_ Amburgo, Schwarzplan, Isola di Wilhelmsburg- Veddel con suddivisione in eco-distretti. Fonte: elaborazione propria su base cartografica del *Hamburg Schwarzplan* disponibile a <https://schwarzplan.eu/>, **p.126**

Fig.24_ (a) area del distretto Wilhelmsburg Zentral, (b) il progetto *BIQ House* (1) vista aerea. Fonti: immagine (a)- rielaborazione propria su base cartografica del *Hamburg Schwarzplan* disponibile a <https://schwarzplan.eu/>, immagine (b)- rielaborazione propria sulla base di foto satellitare Google Maps, **p.128**

Fig.25_BIQ House, vista fronte sud-est della facciata in pannelli bioreattori (foto: Anita Bianco, aprile 2018), **p.130**

Fig.26_ BIQ House, dettaglio del pannello bioreattore sul fronte sud-est (foto: Anita Bianco, aprile 2018), **p.131**

Fig. 27_ Amburgo. Localizzazione dei distretti di Winterhude (n.1) e di St. Georg (n. 2). Elaborazione propria su base cartografica del *Hamburg Schwarzplan* disponibile a <https://schwarzplan.eu/>, **p.133**

Fig.28_ Immagine esemplificativa di una trincea per la raccolta delle acque meteoriche. Fonte: elaborazione propria, **p.134**

Fig. 29_ Intervento adattivo a Schinkelplatz. Stato di fatto (a- b), fonte immagini: Goole Earth, **p.138**

Fig.30_ I distretti di Winterhude- nella sua interezza- (a) e St. Georg (b) a confronto. Il primo è caratterizzato dalla presenza dello Stadtpark, parco di 148 ha di estensione, collocato in posizione centrale rispetto all'intero distretto. Il secondo presenta minori superfici verdi (Lohmühlen Park a est, Carl-Legien-Platz e August-Bebel-Par, a sud) collocate in maniera disomogenea e concentrate principalmente sul lato est. Fonte: elaborazione propria), **p.140**

Fig. 31_ Copenaghen, *urban nature climate adaptation practice*. Fonte: elaborazione propria, **p. 143**

Fig.32_ Rotterdam, watersquare Bentemplein. La piazza, con funzioni ricreative e sportive, è allagabile durante le precipitazioni intense e consiste in un sistema di canalizzazione e bacini di raccolta delle acque meteoriche. Il progetto adattivo (2012) ha indotto processi rigenerativi nel quartiere di Zomerhofkwartier (Zoho). Foto: F. Dell'Acqua, 2018, **p.146**

Fig.33_ a- L'edificio del *Physik Institut*, b- Monitoraggio dell'acqua raccolta e reimpiegata per l'irrigazione o tramite evapotraspirazione del sistema di greening orizzontale (tetto verde estensivo) e verticale (in facciata) della Physik Institut Gebäude, c- Vasche per la piantumazione del verde verticale e sistema di collegamento alla struttura in acciaio (foto: Dell'Acqua, F. 2018), **p.155**

Fig. 34_ (a) Misurazione di una foglia di *Aristolochia spp.*, (b) effetto di ombreggiamento del verde verticale durante la primavera e l'estate (foto: Dell'Acqua, F. maggio 2018), **p.156**

Fig. 35_a) tetto verde estensivo e b) lisometri in copertura per il monitoraggio dei livelli evapotraspirativi. Foto: F. Dell'Acqua, 2018, **p.156**

Fig. 36_ Una delle corte centrali con lo stagno per la raccolta delle acque meteoriche e il raffrescamento, foto: F. Dell'Acqua, 2018, **p.157**

Fig.37_ Vicinanza del Landschaftspark Johannisthal al complesso multifunzionale di Adlershof. Fonte immagine: Google Maps, **p.157**

Fig.38_ Berlino, quartiere multifunzionale di Adlershof. (a-b) Complesso residenziale, (c) Landschafts Johannisthal Park, (d) uso della vegetazione urbana ai fini adattivo-estetici, (e) superfici permeabili negli spazi pertinenziali, (f) uso di trincee a cielo aperto ai fini adattivi, (foto: Dell'Acqua, F. 2018), **p.158**

Fig.38 g_ Berlino, quartiere multifunzionale di Adlershof. (a-b) Complesso residenziale, (c) Landschafts Johannisthal Park, (d) uso della vegetazione urbana ai fini adattivo-estetici, (e) superfici permeabili negli

spazi pertinenziali, (f) uso di trincee a cielo aperto ai fini adattivi, (g) Landschafts Johannisthal Park (foto: Dell'Acqua, F. 2018), **p.159**

Fig. 39_ Berlino, tratto di Sprea nel quartiere governativo. Un momento quotidiano di uso della riva del fiume. (Foto: F. Dell'Acqua, 2018), **p.160**

Fig. 40_ Cantiere del Berliner Schloss attualmente in costruzione sull'Isola dei Musei (foto: Dell'Acqua, 2018), **p.161**

Fig. 41_ Assonometria del progetto (a) (realities: united/Flussbad Berlin e.V, 2015), rendering della sezione rinaturalizzata con flora e fauna (b), (realities: united/Flussbad Berlin e.V., 2015), **p.161**

Fig. 42_ Immissione delle acque domestiche, reflue e meteoriche dalle superfici urbane nella Sprea attraverso il sistema di canalizzazione e smaltimento misto (realities: united, 2015), **p.162**

Fig. 43_ Sezione della soluzione tecnica per il filtraggio dell'acqua. (realities: united/Flussbad Berlin e.V., 2015), **p.163**

Fig. 44_ "Exkursion: Flussbad Berlin Testfilter", 07 giugno 2018. Gli studenti della Technische Universität Berlin- Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung- Fachgebiet Vegetationstechnik und Pflanzenverwendung, incontrano i responsabili del prototipo di filtro per una dimostrazione tecnica (foto: Dell'Acqua, 2018, **p.164**

Fig. 45_ il prototipo di filtro a bordo dell'imbarcazione *Hans-Wilhelm*. (a) i filtri 1 e 2 a base argillosa, (b) il filtro 3 a base di piante acquatiche, (c) il filtro 4" reagente" a base di molluschi d'acqua dolce, (foto: Dell'Acqua, 2018), **p.164**

Fig. 46_ Berlino, Wilmersdorf, Cicerostrasse, playground Hochmeisterplatz. Superficie a prato ondulata, (foto: Dell'Acqua, 2018), **p.196**

Fig.47 a-b) Berlino, Charlottenburg, Bikini House Mall. Camminamento tra gli edifici del centro commerciale con sistema di tetti verdi. c) Berlino, Gleisdreieck Park. Superficie *water-bound* tra uno dei percorsi principali e il playground, (foto: Dell'Acqua, 2018), **p.200**

Fig. 48_ Amburgo, Planten und Blumen Stadtpark. Sistemi e bacini di ritenzione delle acque meteoriche a protezione dal rischio flooding cui sono soggetti i canali (foto: M. Losasso, 2018), **p.201**

Fig. 49_ Kronsberg, Hannover, (2000), progetto residenziale che ha previsto l'introduzione di un sistema di superfici e trincee di ritenzione integrate a formare un parco lineare a nord-ovest del quartiere, tangente la linea ferroviaria. Immagine di base: Google Maps, elaborazione grafica propria, **p.201**

Fig.50_ Azioni di adattamento a flooding e runoff in progressione secondo i principi di una gestione sostenibile delle acque meteoriche, **p.201**

Fig.51_ Funzioni dei sistemi di soluzioni adattive. Adattato da DWA Regelwerk, Arbeitsblatt DWA-A-138, *Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagwasser. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Hennef*, 2005, p. 24. Traduzione propria, **p.204**

Fig.52_ Superficie permeabile in ciottoli per il rallentamento delle acque meteoriche provenienti dalla copertura e convogliate in pluviale. Berlino, Fasanenstrasse (foto: F. dell'Acqua, 2018), **p.204**

Figg. 53_ Berlino, Landschaftspark Wartenberger, ex area di scarico delle acque reflue urbane provenienti dal sistema di canalizzazione misto, dal 2001 parco pubblico. Il processo di rinaturalizzazione ha visto tra i vari interventi il reinserimento degli animali a scopo educativo per i più piccoli e manutentivo delle superficie lasciate a erba. Foto: F. Dell'Acqua, 2018, **p.213**

Fig. 54_ Processo decisionale per il progetto adattivo, **p.218-219**

Fig. 55_ Passaggio dal modello di processo lineare a circolare nel progetto adattivo, **p.221**

Fig. 56_ Struttura degli indirizzi per l'applicazione delle NBS, **p.221**

Fig. 57_ Diagramma finale del percorso di ricerca, **p.232**

Immagini di copertina dei capitoli

Introduzione

Fuchs G., Wahle C., 2004, Berlino Uhlandstraße, murales. Un polpo stringe la città minacciando la popolazione, l'equilibrio ambientale e urbano
foto: F. Dell'Acqua, F. 2018, **p. 5**

Capitolo 01

Was wir zerstören, zerstört auch uns. Tu was gegen die Klimakrise/ 'Quello che distruggiamo, distrugge noi stessi. Fa' qualcosa contro la crisi climatica'. Berlino, stazione S- Bahn Charlottenburg
foto: F. Dell'Acqua, 2018, **p. 19**

Capitolo 02

Berlino, Friedrichstraße. Superfici orizzontali e verticali sigillate nel centro cittadino
foto: F. Dell'Acqua, 2018, **p. 63**

Die Natur braucht uns nicht/ aber wir brauchen die Natur. La Natura non ha bisogno di noi / ma noi abbiamo bisogno della Natura. Berlino, stazione S-Bahn- Savignyplatz foto: F. Dell'Acqua, 2018, **p. 76**

Berlino, edilizia residenziale in costruzione tra i quartieri di Mitte e Moabit. La crescita della città impone modelli di sviluppo compatibili con le necessità di espansione e contemporaneamente di adattamento climatico
foto: F. Dell'Acqua, 2018, **p. 87**

Capitolo 03

Berlino, sistemi di soluzioni tecniche adattive per gli spazi aperti
foto: F. Dell'Acqua, 2018, **p.11**

What's urban nature? Rappresentazioni della natura nei luoghi metropolitani. Pannelli fotografici, stazione U-Bahn U6 Hallesches Tor, Berlino
foto: F. Dell'Acqua, 2018, **p. 142**

Capitolo 04

Berlino, Wilmersdorf, Cicerostrasse, playground Hochmeisterplatz
foto: F. Dell'Acqua, 2018, **p. 191**

A2_Elenco dei grafici

Grafico 1_ Framework concettuale di importazione dell'adattamento in campo progettuale, p.39

Grafico 2_ Evoluzione delle definizioni in materia di *adaptation*, presenti nella letteratura internazionale nel campo di studio sul *climate change*, p.42

Grafico. 3_ Evoluzione delle definizioni in materia di adattamento, presenti nella letteratura internazionale nel campo di studio sul *climate change*, p. 44

Grafico 4_ Problem setting: città e cambiamento climatico, p.215

A3_Elenco delle tabelle

Tab. 1a_ Definizioni di vulnerabilità associate alla sensitività nella letteratura scientifica sul climate changep.29

Tab. 1b- Definizioni di vulnerabilità associate alla sensitività nella letteratura tecnica sul climate changep.29

Tab. 2a_ Definizioni di sensitività nella letteratura scientifica sul climate change.....p.30

Tab. 2 b. Definizioni di sensitività nella letteratura tecnica sul *climate change*.....p.30

Tab. 3 a. Definizioni di capacità adattiva nella letteratura scientifica sul *climate change*.....p.35

Tab. 3 b. Definizioni di capacità adattiva nella letteratura tecnica sul *climate change*.....p.35

Tab.4_ Evoluzione delle definizioni in materia di *adattamento* presenti nella letteratura internazionale nel campo degli studi sul *climate change*, basata sugli studi di Smith et al. (2000) p.42

Tab.5- Quadro sinottico delle scuole di pensiero in materia di *adaptation*, presenti nella letteratura internazionale nel campo di studio del *climate change*. Fonte: Smit, Wandel, 2006..... p.44

Tab. 6- Quadro sinottico sull'adaptive urban design. Principi e approcci fondamentali.....p.49

Tab. 7a_ Definizioni di resilienza nella letteratura scientifica, fonte: Folke, 2006p.50

Tab. 7b- Definizioni di resilienza nella letteratura tecnica sul *climate change*p.51

Tab.8_ Categorie di processi riscontrabili nelle interazioni clima-città sulla base degli studi di T. Georgiadis (Fonte: Georgiadis, T., *REBUS2. RENovation of public Buildings Spaces. Cambiamenti climatici ed effetti sulle città*, Dispensa 1.3, Regione Emilia Romagna, 2015.....p.64

Tab. 9 _ Definizioni principali di *ecosystem services* presenti nella letteratura tecnica e scientificap.67

Tab.10_ Quadro sinottico relativo a definizioni e caratteristiche principali delle GI definite in letteraturap.70

Tab. 11_ Ruolo delle GI nella mitigazione e nell'adattamento ai cambiamenti climatici. Estratto e tradotto da: Malcevski, Bisogni, 2016.....p.72

Tab.12 - Benefici delle *green infrastructure* rispetto alla mitigazione e all'adattamento al *climate change* Estratto e tradotto da: *Green infrastructure and territorial cohesion. The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems*, EEA Technical report No. 18, 2011, p. 36, tab. 2.4..... p.74

Tab.13 _ Famiglie di soluzioni NBS e relativa funzione, fonte: Woods Ballard et al. 2015, citati da Davis, M., Naumann, S., 2017, p. 125.....	p.79
Tab.14 _ Quadro sinottico di principi, strategie e soluzioni adottate nei processi di rigenerazione urbana	p.83
Tab.15 _ Quadro sinottico sui termini <i>urban regeneration, urban renewal, urban redevelopment</i> e <i>urban retrofit</i>	p.84
Tab.16 _ Quadro riassuntivo dei tratti comuni individuabili tra i termini <i>urban regeneration, urban retrofit, urban renewal, urban redevelopment e adaptive urban design</i>	p.85
Tab.17 _ Scenario demografico e climatico della città di Amburgo a confronto	p.90
Tab. 18 _ Obiettivi e relative azioni di protezione climatica stabiliti dal <i>Hamburger Klimaschutzkonzept 2011</i>	p.91
Tab. 19 _ Obiettivi, strategie e azioni adattive del Copenaghen Climate Adaptation Plan 2011. Elaborazione: A. Zucconi, V. Miraglia	p.93
Tab. 20 _ Obiettivi e principali azioni adattive del <i>Copenaghen Climate Adaptation Plan 2011</i> al flooding in base alla scala. Elaborazione: A. Zucconi, V. Miraglia, adattato e testo tradotto da: <i>Copenaghen Climate Adaptation Plan 2011</i> , p. 27	p.94
Tab. 21 _ Obiettivi e i azioni adattive del <i>Copenaghen Climate Adaptation Plan 2011</i> al UHI effect in base alla scala. Adattato e tradotto da: <i>Copenaghen Climate Adaptation Plan 2011</i> , p. 44.....	p.96
Tab. 22 _ Scenario climatico di Rotterdam al 2100, con anno zero al 1990. Adattato da: Rotterdam Resilience Strategy, 2013, p. 14.....	p.98
Tab. 23 _ Obiettivi, strategie e azioni adottate dalla Rotterdam Climate Strategy 2013, in base alla scala.....	p.100
Tab. 24 _ Rotterdam, strategie e azioni al flooding previste dal piano.....	p.101
Tab. 25 _ Rotterdam, strategie e azioni al UHW previste dal piano.....	p.101
Tab.26 _ Scenario demografico e climatico della città di Berlino a confronto. Adattata da AFOK, 2016.....	p.104
Tab. 27 _ Strategie adattive individuate dal piano di adattamento di Berlino. Fonte: testo tradotto da Senats-verwaltung fur Stadtentwicklung und Umwekl, <i>StEP Klima – Stadtentwicklungsplanklima. KONKRET. Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt</i> , Berlino, giugno 2016, p. 27.....	p.108
Tab. 28 _ Misure adattive associate agli elementi urbani complessi della città di Berlino. Testo tradotto da: Senatsverwaltung fur Stadtentwicklung und Umwekl, <i>StEP Klima – Stadtentwicklungsplanklima. KONKRET. Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt</i> , Berlino, giugno 2016, pp. 52-72.....	p.119
Tab. 29 _ Efficacia delle famiglie di soluzioni secondo il piano di adattamento di Berlino. Tradotto da: Senatsverwaltung fur Stadtentwicklung und Umwekl, <i>StEP Klima – Stadtentwicklungsplanklima. KONKRET. Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt</i> , Berlino, giugno 2016, pp. 30, 34 e 40.....	p.111
Tab. 30 _ Obiettivi/strategie/ azioni del <i>Holistic district development</i> IBA Hamburg, prospetto riassuntivo.....	p.125
Tab.31 _ Il programma dell'IBA Hamburg, prospetto riassuntivo. Per ciascun eco-distretto sono riportate le aree di progetto, le superfici in base alla funzione, le tempistiche previste per l'ultimazione e i <i>main topic</i> , ovvero le funzioni principali che definiscono la vocazione e i caratteri prevalenti dell'area. Fonte	

immagine: elaborazione propria. Fonte dati: IBA Hamburg GmbH, *Stadt neu Bauen. Unternehmensportrait*, Hamburg, Sept. 2017..... p.127

Tab. 32_ Progetti sperimentali dell'IBA Hamburg a Wilhelmsburg Central, Amburgo, dati tecnici e descrizione. Fonte dati: Fuy, A., Hansing, A., Reckschwardt, R., IBA Hamburg Reiner Müller (Eds), *Towards a new city. A guide to the Elbe Islands and the projects of the IBA Hamburg*, IBA GmbH, Hamburg 2012, pp. 99; 103; 105; 114, foto: Anita Bianco, 2018..... p.129

Tab. 33_ Amburgo, i quartieri di Winterhude-Sud e St. Georg a confronto. Rieditato graficamente e testo tradotto da HCU Hafen City Universität, *Wissensdokument. Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren*, Tutech Verlag, Hamburg April 2017, p.44, traduzione propria..... p.134

Tab.35_ Intervento di *greening* delle coperture consigliato per classi di età degli edifici. Adattato e tradotto da: HCU, *Wissensdokument. Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren* 2017..... p.135

Tab.36_ Differenza tra tessuto urbano omogeneo e non omogeneo nel quartiere di St. Georg co relative misure adattive all'UHW consigliate dalla HCU Hafen City Universität. Testo tradotto da HCU Hafen City Universität, *Wissensdokument. Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren*, Tutech Verlag, Hamburg April 2017..... p.140

Tab. 37_ Copenaghen, applicazione delle soluzioni *nature-based* di stormwater management alla gerarchia dei tracciati. Adattato e tradotto da City of Copenaghen- Technical and Environmental Administration, SLA Architects, *Climate adaptation and Urban Nature, development catalogue*, Copenhagen 2016, pp. 84-97..... p.144

Tab. 38_ Grado di rispondenza dei casi studio ai criteri di selezione..... p.147

Tab. 39_ Scheda per la lettura veloce dei casi studio..... p.147

Tab. 40_ Corrispondenza tra strategie e azioni adattive agli effetti dei fenomeni di pluvial flooding e di urban heat wave. Rieditato graficamente e testo tradotto da *Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren. Wissensdokument*, Hafen City Universität, Tutech Verlag Hamburg, Aprile 2017, pp. 28-29, traduzione propria..... p.169

Tab. 41a_ *Azioni di adattamento per il sistema degli spazi aperti*. La tabella mostra il contributo adattivo delle azioni di adaptive urban design e le raccomandazioni per la relativa applicazione negli spazi aperti. Rieditato graficamente, adattato e con testo tradotto da: *Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren. Wissensdokument*, Hafen City Universität, Tutech Verlag Hamburg, Aprile 2017, pp. 34-37, traduzione propria.....p.170

Tab. 41b_ *Azioni di adattamento per il sistema edificio*. La tabella mostra il contributo adattivo delle azioni di *adaptive urban design* e le raccomandazioni per la relativa applicazione sulla chiusura superiore. Rieditato graficamente, adattato e con testo tradotto da *Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren. Wissensdokument*, Hafen City Universität, Tutech Verlag Hamburg, Aprile 2017, p. 38-39, traduzione propria..... p.172

Tab. 41c_ *Azioni di adattamento per il sistema edificio*. La tabella mostra il contributo adattivo delle azioni di climate adaptive design e le raccomandazioni per la relativa applicazione sulle chiusure verticali. Rieditato graficamente, adattaTo e tradotto da: *Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren. Wissensdokument*, Hafen City Universität, Tutech Verlag Hamburg, April 2017, p. 38-39, traduzione propriap.173

Tab. 41d_ *Azioni di adattamento per il sistema edificio*. La tabella mostra il contributo adattivo delle azioni di adaptive design e le raccomandazioni per la relativa applicazione sugli infissi esterni verticali.

Rieditato graficamente, adattato e con testo tradotto da: *Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren. Wissendokument*, Hafen City Universität, Tutech Verlag Hamburg, April 2017, p. 38-39, traduzione propria..... **p.174**

Tab.42_ Categorie d'uso degli spazi aperti e benefici delle soluzioni ecosystem-based per lo spazio aperto. Rieditato e con testo tradotto da NACTO National Association of City Transportation Officials, *Urban Street Stormwater Guide*, Island Press NYC, 2017, pp. 8-9..... **p.176**

Tab.43_ Tassonomia da manualistica US.....**p.176**

Tab.44_ Principali funzioni di alberature e arbusti, testo estratto e tradotto da Florineth, F., *Pflanzen statt Beton. Sichern und Gestalten mit Pflanzen*, Patzer Verlag Berlin-Hannover 2012, pp.62-64..... **p.193**

Tab. 45_ Sistemi di soluzioni nature-based di ritenzione / infiltrazione.....**p.203**

Tab. 46_ Efficacia adattiva dei sistemi di soluzioni NBS..... **p.205**

A4_ Elenco dei box

Box. 1 Flusso aereo giornaliero da e verso l'Inghilterra registrato alle ore 15.00 del giorno 30/11/2018 dalla NATS (UK), **p.8**

Box 2. Definizioni: morfologia urbana; intervento di adattamento del sistema urbano, **p.47**

Box 3. Terminologie relative alle GI, **p.71**

Box 4. Rigenerazione urbana. Evoluzione del termine, **p.82**

Box 5. Amburgo, Germania. Dati e dettagli, **p.91**

Box 6. La resilienza nella Rotterdam Resilience Strategy 2013, **p.98**

Box 7. Berlino, Germania. Dati e dettagli, **p.103**

Box 8. Berlino, Germania. Espansione residenziale prevista. Dati e dettagli, **p.106**

Box 9. *The National Association of City Transportation Officials*, **p.183**

A5_ Elenco acronimi e abbreviazioni

AFOK_ Anpassung an die Folgen des Klimawandels

BEK_ Berlin Energy and Climate Protection Programme

CC_ Climate Change o Cambiamenti Climatici

DKK_ Dansk kroner

EbA_ Ecosystem based Approach

EEA_ European Environmental Agency

ESs_ Ecosystem Services

GI_ Green Infrastructure

ICT_ information and communications technology

IPCC_ Intergovernmental Panel on Climate Change

MEA_ Millennium Ecosystem Assessment

NACTO_ National Association of City Transportation Officials

NBS_ Nature Based Solution

NB_ Nature Based

PNACC_ Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici

PRIN_ Progetti di Ricerca di Rilevante Interesse Nazionale

SenStadtUm_ Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin

SSE_ Social-Ecological Systems

StEP Klima_ Stadtentwicklungsplan Klima

SuDS_ Sustainable Drainage Systems

UNISDR_ United Nations International Strategy for Disaster Reduction

UHI_ Urban Heat Island

UHIE_ Urban Heat Island Effect

UHW_ Urban Heat Wave

