

Il volume *Transizioni. Conoscenza e progetto climate proof* affronta il tema del progetto di adattamento climatico secondo una visione multidisciplinare, individuando la scala del distretto urbano come dimensione di riferimento per un efficace contrasto degli impatti dovuti al cambiamento climatico. Il volume espone gli esiti di un percorso di ricerca approfondito a diverse scale di intervento, maturato in occasione di ricerche competitive e convegni internazionali svolti negli ultimi anni presso il DiARC - Dipartimento di Architettura dell'Università di Napoli Federico II, con partenariati nazionali e internazionali e con diversi gruppi di *stakeholder*. Queste attività hanno rappresentato l'opportunità di un passaggio graduale dall'esposizione di esiti intermedi di ricerca alla proposta di metodologie, strategie e soluzioni progettuali per interventi di adattamento climatico volti a contrastare le diverse tipologie di impatti e a stabilire le indispensabili coazioni con le strategie di mitigazione climatica e di sviluppo eco-sostenibile.

Il volume riporta un quadro di molteplici angolazioni culturali, operative e scientifiche teso a restituire riflessioni, consapevolezza, approcci e *best practice* che fanno comprendere da un lato la complessità costitutiva della nuova realtà climatica ma, dall'altro, la necessaria complessità interpretativa da sviluppare prevalentemente alla scala dei distretti urbani.

Le tesi-chiave esposte nel volume sono inquadrabili nella necessità di trasformare i distretti urbani esistenti in eco-distretti *climate proof* e resilienti, prefigurando programmi e progetti strategici che si caratterizzino attraverso processi aperti, approcci multidisciplinari interagenti e appropriate metodologie. Viene evidenziata l'incidenza dei processi di *downscaling* e *upscaling* in grado di fornire gli input per una progettazione progressivamente mirata alla scala locale, attenta ai processi di retroazione e capace di modificare contesti urbani non più adatti a un clima che cambia. Gli argomenti sono sviluppati per restituire un articolato panorama di conoscenze e progettualità per azioni di adattamento climatico finalizzate a sensibilizzare le comunità scientifiche dell'area del progetto, gli stakeholder istituzionali e imprenditoriali e gli abitanti sul ruolo innovativo e responsabile che l'approccio ambientale può assumere per una progettazione efficace rispetto alla sfida climatica.

a cura di Valeria D'Ambrosio, Marina Rigillo, Enza Tersigni

Transizioni

Conoscenza e progetto *climate proof*

Transizioni

Conoscenza e progetto *climate proof*

a cura di

Valeria D'Ambrosio

Marina Rigillo

Enza Tersigni



ISBN 978-88-8497-780-9



9 788884 977809



tecnologia e progetto
collana diretta da Mario Losasso

Transizioni

Conoscenza e progetto *climate proof*

a cura di

Valeria D'Ambrosio

Marina Rigillo

Enza Tersigni



Copyright © 2020 CLEAN
via Diodato Lioy 19, 80134 Napoli
tel. 0815524419
www.cleaneedizioni.it
info@cleaneedizioni.it

Tutti i diritti riservati / All rights reserved.
No part of this publication may be
reproduced in any form or by any means
without permission in writing from the
publisher.

ISBN 978-88-8497-780-9

Editing
Anna Maria Cafiero Cosenza

Graphic Design
Costanzo Marciano

La pubblicazione è stata realizzata in open access con il contributo dei fondi della ricerca PRIN 2015 "Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico", di cui è P. I. il prof. Mario Losasso, con la partecipazione delle seguenti U.R.: Politecnico di Milano (resp. scient. prof. Elena Mussinelli), Università di Firenze (resp. scient. prof. Roberto Bologna), Sapienza Università di Roma (resp. scient. prof. Fabrizio Tucci), Università di Napoli Federico II (resp. scient. prof. Mario Losasso), Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria (resp. scient. prof. Maria Teresa Lucarelli), Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli (resp. scient. prof. Renata Valente)

La presente pubblicazione restituisce l'elaborazione e la sistematizzazione di contributi multidisciplinari elaborati nel corso della ricerca PRIN 2015 "Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico" e sviluppati nel confronto culturale e scientifico con gli esiti delle ricerche METROPOLIS "Metodologie e Tecnologie integrate e sostenibili Per l'adattamento e La sicurezza di Sistemi urbani" e SIMMCITIES_NA "Scenario Impact Modelling Methodology for Climate change Induced hazards Tools for Integrated End-users Strategic planning and design_Napoli", anch'esse focalizzate sui temi del cambiamento climatico alla scala edilizia e urbana.

Collana
Tecnologia e progetto

Direttore
Mario Losasso

Comitato scientifico
Raymond J. Cole, Dora Francese, Maria Teresa Lucarelli, Massimo Majowiecki, Roberto Pagani, Mara Pinardi, Fabrizio Tucci, Henk J. Visscher

Comitato editoriale
Alessandro Claudi de Saint Mihiel Università di Napoli Federico II
Mattia Federico Leone Università di Napoli Federico II
Martino Milardi Università Mediterranea di Reggio Calabria
Sergio Russo Ermolli Università di Napoli Federico II
Ad Straub Delft University of Technology
Andrea Tartaglia Politecnico di Milano
Enza Tersigni Università di Napoli Federico II

Editorial Assistants
Federica Dell'Acqua Università di Napoli Federico II
Sara Verde Università di Napoli Federico II

Criteri di valutazione dei libri
La CLEAN Edizioni promuove le proprie pubblicazioni all'interno della comunità scientifica nazionale e internazionale utilizzando procedure di peer reviewing. Ogni opera proposta viene valutata in primo luogo dalla redazione della CLEAN Edizioni per la pertinenza con la produzione editoriale, con il catalogo e con gli standard qualitativi della casa editrice. Una volta superata la prima fase di validazione, il testo viene inviato in forma anonima dal Comitato scientifico della collana a due revisori esterni attraverso la compilazione di una apposita scheda di rilevazione che individua i criteri di significatività del tema nell'ambito disciplinare prescelto, di rilevanza e qualità scientifica, di originalità della trattazione, di chiarezza espositiva.



Indice

- 9 **Presentazione**
Mario Losasso
- Introduzione**
- 11 **Orizzonti della ricerca ambientale e nuovi perimetri culturali per il progetto *climate proof***
Valeria D'Ambrosio, Marina Rigillo, Enza Tersigni
- 1. Dai distretti agli eco-distretti: scenari di transizione**
- 33 **Dai distretti urbani agli eco-distretti: metodologie progettuali e approcci interscalari**
Mario Losasso
- 41 **Resilienza e rigenerazione urbana: un percorso metodologico e di sperimentazione progettuale nella Città Metropolitana di Firenze**
Roberto Bologna
- 51 **Un approccio all'analisi urbana per la rigenerazione "resiliente"**
Francesco Alberti
- 57 **Progetto e valutazione delle *Nature Based Solution* per la rigenerazione dello spazio pubblico**
Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia, Davide Cerati
- 69 **La "resilienza" come opportunità di ricerca e sperimentazione**
Maria Teresa Lucarelli
- 73 **Adattamento climatico e misurabilità. Un'esperienza di Reggio Calabria**
Martino Milardi
- 81 **Sperimentare il progetto tecnologico ambientale dell'adattamento climatico**
Fabrizio Tucci
- 91 **Visioni integrate per progetti di *green street mediterranea***
Renata Valente
- 99 **Il ruolo degli studi morfoclimatici nel progetto adattivo per un sistema urbano**
Carlo Donadio
- 103 ***Stormwater management through vegetation / La gestione delle acque meteoriche attraverso la vegetazione***
Daniela Corduan, Norbert Kühn

2. Modelli di conoscenza e indirizzi per gli interventi di adattamento al climate change

- 123 **Il cambiamento climatico di natura antropica e metodi per la sua valutazione a scala locale**
Paola Mercogliano
- 129 **Impatto sociale, modelli organizzativi e ruolo della collaborazione per il governo del cambiamento climatico**
Stefano Consiglio
- 135 **La dimensione sociale del cambiamento climatico**
Anna Maria Zaccaria
- 145 ***Poner el cuerpo... en el centro de las politicas públicas / Prendere posizione... nel cuore delle politiche pubbliche***
Josep Bohigas
- 159 **Approcci di rigenerazione *place-based* per innescare processi adattivi complessi**
Gabiella Esposito De Vita
- 169 **La metodologia della ricerca-azione nella progettazione a più voci dell'adattamento territoriale**
Maria Federica Palestino
- 177 **Rigenerazione urbana e allarme climatico**
Dora Francese
- 191 **Politiche di indirizzo per modelli progettuali sostenibili e resilienti in ambito urbano**
Andrea Boeri
- 199 **Cambiamento climatico e spazio pubblico contemporaneo**
Paola Scala
- 205 **Le *Nature Based Solutions* (NBSs) per l'adattamento delle aree urbane alle *flash floods***
Maurizio Giugni
- 213 ***Pluvial flooding management*: il ruolo delle infrastrutture verdi e blu**
Alessandro Sgobbo

3. Progetto urbano resiliente e climate proof

- 229 **Resilienza e ricerca per lo sviluppo sostenibile**
Michelangelo Russo
- 237 **Distretti per l'abitare degli uomini**
Federica Visconti
- 243 **Il progetto urbano resiliente nei paesaggi costieri vulnerabili**
Pasquale Miano
- 253 **Per una transizione ecologica**
Carmine Piscopo
- 259 **Nuovi sguardi per il progetto di architettura**
Francesco Rispoli
- 265 **Servizi Climatici per il supporto allo sviluppo di strategie di adattamento climatico urbano: l'approccio del progetto H2020 CLARITY**
Giulio Zuccaro, Mattia Federico Leone
- 277 **Progettare per la resilienza in chiave multidimensionale apprendendo dalle esperienze di rischio climatico in Cile e Italia**
Renato D'Alençon, Roberto Moris, Cristina Visconti



Fig. 5. Simulazione degli interventi praticabili sulle superfici dell'area campione ai fini della mitigazione dell'effetto "isola di calore" (elaborazione: Giulia Guerri).

References

- Ali-Toudert, F. & Mayer, J.H. (2006), "Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate", in *Building and Environment*, Vol. 41, pp. 94-108.
- Altobelli, A., Napolitano, R., Bressan, E., Mignozzi, K., Hubina, T. & Feoli, E. (2007), *Prodotti Modis per lo studio della vegetazione: teoria, applicazione pratica e problemi di scala*, Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Trieste.
- Asaeda, T. & Wake, A. (1996), "Heat storage of pavement and its effect on the lower atmosphere", in *Atmospheric Environment*, Vol. 30, pp. 413-27.
- Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (2016), *Piano di Gestione del Rischio Alluvioni*.
- Cao, A., Li, Q. & Meng, Q. (2015), "Effects of orientation of urban roads on the local thermal environment in Guangzhou city", in *Procedia Engineering*, Vol. 121, pp. 2075-82.
- De Abreu-Harbach, L.V., Labaki, L.C. & Matzarakis, A. (2015), "Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics", in *Landscape and Urban Planning*, Vol. 138, pp. 99-109.
- EEA - European Environment Agency (2018), *National climate change vulnerability and risk assessments in Europe*.
- ISTAT Istituto Nazionale di Statistica, (2017), *Annuario Statistico Italiano*.
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2017), *Gli indicatori del CLIMA in Italia nel 2016*.
- Lin, B.S. & Lin, Y.J. (2010), "Cooling effect of shade trees with different characteristics in a subtropical urban park", in *Hort Science*, Vol. 45, pp. 83-86.
- Lohr, V.I., Pearson-Mims C.H., Tarnai, J. & Dillman, D.A. (2004), "How urban residents rate and rank the benefits and problems associated with trees in cities", in *Journal of Arboriculture*, Vol. 30, pp. 28-35.
- Shashua-Bara, L., & Hoffman, M.E. (2000), "Geometry and orientation aspects in passive cooling of canyon streets with trees", in *Energy and Buildings*, Vol. 31, pp. 221-235.
- Wong, N.H., Jusuf, S., Syafii, N., Chen, Y., Hajadi, N., Sathyanarayanan, H., & Manickavasagam, Y.V. (2011), "Evaluation of the impact of the surrounding urban morphology on building energy consumption", in *Solar Energy*, Vol. 85, pp. 57-71.

Progetto e valutazione delle *Nature Based Solution* per la rigenerazione dello spazio pubblico

Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia, Davide Cerati

Scenario della ricerca

Nell'ambito del progetto di ricerca PRIN 2015 - *Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico*, l'attività condotta dal gruppo di ricerca del Politecnico di Milano si focalizza sui temi della mitigazione e dell'adattamento attraverso l'implementazione di *Green Infrastructure* (GI) e l'applicazione di *Nature Based Solutions* (NBS), con particolare riferimento alla riqualificazione degli spazi aperti.

Tale attività è articolata su tre fronti:

- analisi della letteratura scientifica e di casi studio realizzati;
- definizione di soluzioni tecniche e di correlati metodi e set di indicatori finalizzati alla valutazione dei benefici;
- sperimentazioni progettuali nel contesto di interventi di rigenerazione di spazi pubblici significativi individuati all'interno del quadrante urbano sud-est della città di Milano.

Si tratta di un programma di lavoro di indubbia rilevanza, in quanto l'impiego di NBS e GI con obiettivi di incremento della resilienza urbana rappresenta un tema di grande attualità, che è stato posto al centro di numerose *policies* e raccomandazioni di organi istituzionali e della comunità scientifica internazionale, anche con molteplici iniziative di programmazione e indirizzo promosse dall'Unione Europea e, non da ultimo, con la messa in campo di un ampio *panel* di azioni e intervento a livello locale da parte di molte città e territori (Antonini & Tucci, 2017).

A fronte di questo evidente interesse, al quale corrisponde anche una crescita di sensibilità e attenzione da parte delle comunità locali, l'analisi della letteratura scientifica e di oltre 150 casi studio realizzati ha evidenziato come i benefici ambientali generati dall'uso di NBS e GI - riferibili sia all'incremento della resilienza e della qualità ecosistemica dello spazio urbano, sia al miglioramento delle condizioni di salute e benessere individuale e collettivo - non risultino sempre adeguatamente misurati o correttamente quantificati, né monitorati lungo il ciclo di vita delle opere realizzate. In altri termini, sembra spesso prevalere una enunciazione programmatica anche

“forte” e ambiziosa, con la formulazione di stime basate su parametri “standard”, che sottolinea l’entità e la rilevanza degli impatti positivi generati, soprattutto alla macroscala della qualità ambientale urbana complessiva, in assenza di più attente valutazioni in ordine alla complessità intrinseca di un utilizzo efficace ed efficiente delle NBS, anche in rapporto ai maggiori costi di realizzazione da queste comportati rispetto alle prassi e soluzioni tecniche ordinariamente attuate per la sistemazione degli spazi aperti.

In generale è ormai pienamente riconosciuto dalla comunità scientifica che la formazione di bio-bacini e zone umide, l’incremento delle superfici verdi e permeabili, la realizzazione di aree con consistente copertura arborea e la messa in opera di coperture e pareti verdi possano supportare le strategie di adattamento e mitigazione rispetto alle grandi criticità dell’ambiente urbano (isola di calore urbana, eventi meteorologici estremi, inquinamento atmosferico, perdita di biodiversità e alterazione degli ecosistemi) (Directorate General for Research and Innovation-European Commission, 2015). Le masse verdi, ad esempio, possono contribuire allo stoccaggio diretto e indiretto del carbonio, all’assorbimento degli inquinanti aerei e alla regolazione del microclima urbano attraverso l’ombreggiamento e l’evapotraspirazione, e sono ormai disponibili sistemi parametrici che consentono di valutare i valori medi di tali benefici. D’altra parte, occorre considerare che il comportamento reale della vegetazione è correlato a una molteplicità di fattori *site specific*, che possono non solo condizionare fortemente l’entità dei benefici conseguibili ma anche determinare effetti negativi indesiderati (come nel caso di viali alberati lungo i quali la massa verde delle chiome può contribuire a incrementare il comfort termico percepito, ma al tempo stesso può trattenere gli inquinanti negli strati aerei più bassi, determinandone una maggior concentrazione proprio dove la fruizione è più intensa). A partire da queste considerazioni è maturato l’obiettivo specifico della ricerca, rivolto a delineare i metodi, gli strumenti (anche informativi), le basi di dati, gli indicatori (di stato, di impatto e di risposta) e i correlati sistemi di valutazione che possono supportare il processo decisionale del progetto nelle fasi ex ante, in itinere ed ex post, consentendo di misurare in modo *site specific* i benefici ambientali derivabili dall’applicazione delle NBS.

Il caso milanese

Il contesto milanese rappresenta un caso interessante per la elaborazione di simili analisi, simulazioni e verifiche sperimentali, anche operando comparazioni tra i benefici stimati dall’attuazione delle *polices* promosse dalla pubblica amministrazione e le evidenze risultanti dagli esiti della ricerca (Mussinelli et al., 2018).

Il Comune di Milano, attraverso il PGT e diversi progetti a varie scale, sta infatti promuovendo in modo forte i temi della sostenibilità e della resilienza urbana. Presso

la municipalità è stata istituita una Direzione Città Resilienti, guidata da un Chief Resilience Officer¹ che coordina l’attuazione del progetto internazionale “100 Resilient Cities” di The Rockefeller Foundation. In questo contesto è stato lanciato il bando internazionale “Reinventing Cities” per progetti urbani resilienti e a zero emissioni di carbonio, che ha interessato cinque siti della città (Via Doria, Via Serio, Gorla, Greco e le Scuderie de Montel). A breve dovrebbero essere inoltre resi pubblici gli esiti della ricerca sviluppata dal Politecnico di Milano sotto la responsabilità scientifica dell’architetto Stefano Boeri, per un piano finalizzato a migliorare la qualità dell’aria e degli spazi verdi attraverso un intervento di forestazione urbana - il progetto “ForestaMi” - che prevede la piantumazione di tre milioni di nuovi alberi entro il 2030, con un incremento pari al 30% del patrimonio arboreo metropolitano (da 10 a 13 milioni).

Il progetto “CLEVER Cities”, inoltre, con un finanziamento Horizon di circa un milione di euro, è specificatamente finalizzato a promuovere la rigenerazione urbana attraverso soluzioni sperimentali e innovative e l’impiego delle NBS, da definirsi mediante percorsi di co-creazione (Clever Action Labs-CAL) partecipati dalla comunità locale e da stakeholder; con l’impegno al monitoraggio degli impatti e dell’effettivo raggiungimento degli obiettivi, nella prospettiva di una possibile replicabilità in altri contesti della città. I tre CAL attivati concernono: 1) la sperimentazione di tetti e pareti verdi innovativi in edifici privati e/o pubblici; 2) gli interventi nel giardino condiviso del quartiere Giambellino (area verde tampone, recupero acque e loro gestione automatizzata mediante sensoristica open source e sistemi accessibili a basso costo); 3) la partecipazione attiva della cittadinanza nella manutenzione del verde in ambiti esterni ma funzionali alla ferrovia lungo viale Tibaldi, attraverso convenzioni tra RFI e Comune di Milano.

Se non sono al momento reperibili indicazioni dettagliate circa i metodi e gli indicatori impiegati per valutare i benefici dalle azioni del Progetto Clever Cities, un recente documento dell’amministrazione comunale² esplicita invece i risultati attesi dall’attuazione del Progetto “ForestaMI” in termini di: assimilazione di CO₂ (5 milioni ton/anno, pari a 4/5 della CO₂ totale prodotta dal Comune di Milano all’anno); abbattimento delle polveri sottili (3.000 ton PM10 assimilate in 10 anni); riduzione dell’effetto isola di calore (UHI) (-2 °C in aree urbane); aumento della *tree canopy cover* della Città Metropolitana (+ 8%); aumento della permeabilità dei suoli e diminuzione del rischio idrogeologico; aumento della biodiversità e delle infrastrutture verdi e blu.

A scala metropolitana, i benefici derivanti dalla forestazione enunciati vengono riferiti a otto grandi ambiti di criticità, sia ambientali che sociali: riduzione dell’effetto “isola di calore”; rimozione degli inquinanti atmosferici e riduzione dell’inquinamento acustico; assorbimento di CO₂ e mitigazione del cambiamento climatico; riduzione dei

consumi energetici attraverso l'ombreggiamento e la creazione di un microclima (evapotraspirazione); riduzione del ruscellamento e dei rischi di allagamento; incremento della biodiversità e delle superfici permeabili della città; creazione di nuovi posti di lavoro; miglioramento della salute mentale e fisica dei cittadini. La quantificazione di tali benefici si fonda sull'assunzione che un albero adulto sia in grado di assorbire 0,4 t CO₂/anno, di produrre ossigeno tale da coprire il fabbisogno annuo di 10 persone, di traspirare fino a 450 litri di acqua al giorno e di generare un beneficio economico di 4,7 € per ogni euro investito in piantumazione e manutenzione; e inoltre, che boschi e foreste contribuiscano a diminuire la temperatura da 2°C a 5° C³. Anche da queste fonti non è possibile evincere i metodi e gli indicatori alla base delle stime effettuate. In ogni caso, le valutazioni analitiche derivanti dalle simulazioni elaborate per i casi pilota oggetto della ricerca PRIN, di seguito sintetizzate, consentono di formulare qualche considerazione. In primis per quanto concerne il fatto che la città non sembra oggettivamente disporre di superfici sufficientemente ampie per accogliere applicazioni estensive delle NBS; e che il loro inserimento debba viceversa considerare in modo puntuale sia le effettive compatibilità di contesto (quali, ad esempio, la presenza di sottoservizi), sia fattori quali l'orientamento, le condizioni locali climatiche e di ventilazione, le modalità, l'intensità e i tempi della fruizione) che ne condizionano significativamente l'efficacia. Inoltre, non sempre vi è una correlazione diretta tra le azioni a scala territoriale e il miglioramento della qualità ambientale e fruitiva degli spazi pubblici: la scalabilità della valutazione dei benefici - dal locale all'area vasta, e viceversa - rappresenta infatti un ulteriore elemento di complessità del processo analitico e progettuale.

La valutazione degli impatti

All'interno di questo scenario, la ricerca ha riguardato in particolare l'individuazione e la verifica degli strumenti più adatti per valutare l'efficacia degli interventi che prevedono l'utilizzo di NBS. A tale scopo sono stati selezionati degli indicatori appropriati e successivamente messi alla prova su casi applicativi individuati e sviluppati nella città di Milano.

Gli indicatori sono stati suddivisi in quattro macro-classi di impatto (ecologico ambientale, salute e benessere, socioculturale ed economico) ma l'attenzione è stata posta principalmente sugli indicatori di carattere ambientale. Infatti, per le restanti classi di indicatori sono stati individuati dei metodi e dei modelli per la loro applicazione, ma non sono stati utilizzati all'interno dei casi studio.

Sulla base dei criteri individuati all'interno della ricerca PRIN 2015, sono state anche selezionate delle *best practice* particolarmente significative per l'uso di *nature based solutions* e di *green e blue infrastructure (GBI)* e la valutazione dei loro impatti. Sono stati selezionati quei casi che esprimevano in forma esplicita gli obiettivi alla

base dei progetti stessi, i benefici perseguiti e le metodologie e gli indicatori per la relativa verifica e monitoraggio. Di 166 casi mappati, 72 presentavano tale requisito e sono stati oggetto di un'analisi più approfondita. Si trattava in particolare di progetti inerenti spazi aperti e spazi pubblici con funzioni differenziate e l'applicazione di metodologie ricorrenti.

La fig. 1 riassume le diverse soluzioni tecniche che possono essere ritrovate nei casi analizzati ed evidenzia come alle pure NBS in molti casi si affiancano soluzioni costruttive complementari che permettono di aumentare la resilienza degli interventi e la multifunzionalità delle infrastrutture.

Attualmente le diverse progettualità sembrano concentrarsi prioritariamente sul problema della gestione delle acque e del sequestro di carbonio, con potenziali benefici anche in termini economici, e sulle ricadute sociali degli interventi (Fig. 2).

Le sperimentazioni

Le esperienze accumulate nei casi studiati e l'analisi della reale efficacia e applicabilità delle soluzioni e degli indicatori utilizzati hanno costituito una significativa base di conoscenza utile a meglio declinare le scelte necessarie per l'individuazione dei casi sperimentali.

In coerenza con i criteri usati all'interno della ricerca PRIN 2015 per l'identificazione di distretti e mega-distretti urbani, si è riconosciuta come di interesse per le applicazioni sperimentali l'area sud-est di Milano, un'area caratterizzata da molti interventi di trasformazione e oggetto di operazioni rigenerative e di riqualificazione urbana progettate e in essere (Schiaffonati, 2017).

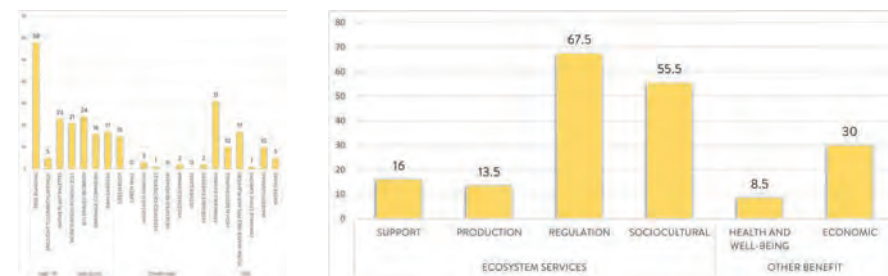


Fig. 1. Uso delle diverse NBS nei 72 casi studio analizzati (fonte: ricerca PRIN 2015).

Fig. 2. Benefici/servizi ecosistemici (SE) ricercati nei 72 casi studio analizzati. La somma di ogni singola colonna è il risultato di valori pesati di ciascuna categoria di SE (supporto, produzione, regolazione, etc.). Il valore 1 è stato attribuito quando la categoria di SE è stata misurata rispetto a due o più indicatori, il valore 0,5 per le misurazioni riferite a un solo indicatore (fonte: ricerca PRIN 2015).

Il mega-distretto sud-est di Milano può essere strutturato secondo dodici distretti urbani, tra loro congruenti per dimensioni, numero di abitanti e corrispondenti ai dodici nuclei di identità locale (NIL) mappati dal servizio anagrafe della città.

Sono stati eseguiti alcuni approfondimenti analitici sintetizzati in carte tematiche (elaborazione di analisi morfologiche tramite il ricorso a banche dati già disponibili quale il database del Comune di Milano, con accesso a dati sia di tipo riservato che di tipo *open access*).

L'attività del gruppo di ricerca del Politecnico di Milano è stata quindi finalizzata a valutare la reale efficacia delle NBS e delle GBI, intercettando i temi legati alla verifica dell'applicabilità in termini di scalabilità, di sistematicità dell'impiego, di adeguatezza, di compatibilità rispetto a contesti differenziati.

A tale scopo sono stati utilizzati alcuni indicatori specifici, ad esempio, quelli sviluppati sui temi del *tree planting*, alla scala di dettaglio. I modelli messi a punto considerano le 70 principali tipologie di essenze arboree presenti sul territorio di Milano⁴, differenziando per ogni essenza i valori relativi alle dimensioni e all'età della pianta in esame. Tali parametri implicano differenze significative in termini di impatti. Le criticità già percepibili legate al *climate change* nella realtà di Milano sono riferibili alle ondate di calore e al *pluvial flooding*. I dati raccolti dall'Osservatorio astronomico di Brera permettono di evidenziare come dal 1901 al 2018 la città si caratterizzi per un incremento della temperatura media annuale di circa 2.2 °C (Fig. 3).

Un'ulteriore criticità su cui intervenire con le NBS è relativa alla qualità dell'aria; qualità che, come le ondate di calore, ha delle rilevanti implicazioni anche dal punto di vista della salute.

I dati pubblicati dal Ministero della salute sull'ondata di calore del 2015 conferma-

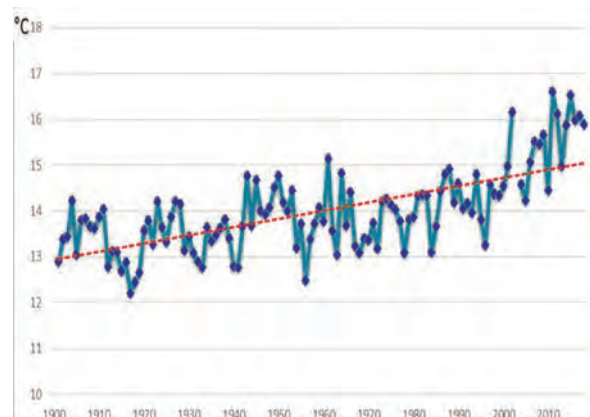


Fig. 3. Andamento della temperatura media annua nella città di Milano (dati dell'Osservatorio astronomico di Brera. Immagine elaborata da ARPA Lombardia - Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente).

no anche nel caso della città di Milano e con maggiore incidenza per le categorie più deboli la stretta correlazione tra l'aumento percentuale dei ricoveri ospedalieri d'emergenza e dei decessi e le giornate e le ore di picco delle temperature (DEP Lazio, 2016).

Analogamente i dati elaborati da ARPA Lombardia sottolineano come i periodi di siccità, sempre più frequenti e progressivamente più lunghi e problematici, stiano prendendo il posto dei fenomeni di pioggia fondamentali per l'abbattimento degli inquinanti aerei.

Questi trend climatici vanno indagati e risolti con strategie progettuali adeguate poiché è sempre più bassa la qualità della vita degli abitanti che usufruiscono soprattutto dello spazio pubblico. Anche il ricorso alle NBS deve essere opportunamente calibrato rispetto al tema del benessere percepito che deriva dalla qualità dell'aria e dalle condizioni igrotermiche e di irraggiamento. Soprattutto per quanto concerne lo spazio pubblico, l'efficacia delle scelte deve anche essere valutata in termini di ampliamento quantitativo e qualitativo della fruibilità.

I tre progetti pilota (Fig. 4) qui sintetizzati si inquadrano in una più ampia proposta sviluppata in un processo bottom-up in cui i ricercatori del Politecnico hanno partecipato fornendo conoscenze teoriche e applicative all'interno del percorso partecipativo coordinato dall'associazione culturale Urban Curator TAT⁵. Si è attivato quindi un processo collaborativo con docenti e ricercatori che è diventato anche occasione per far esercitare studenti del Politecnico di Milano attraverso lo sviluppo di tesi di laurea.

Il primo caso applicativo riguarda la riqualificazione di un brownfield dell'ex Scalo ferroviario di Rogoredo, di 12 ha di estensione, caratterizzato dalla presenza di ex

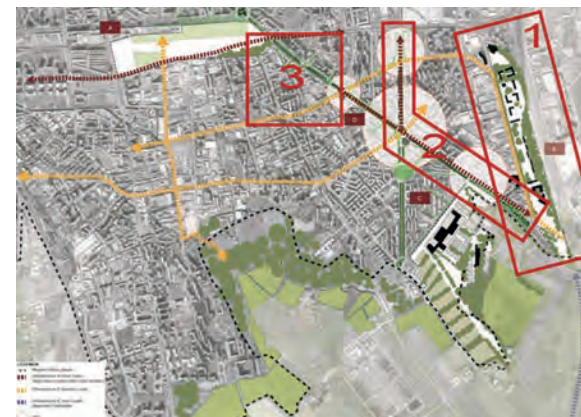


Fig. 4. Individuazione dei tre progetti pilota all'interno del contesto urbano del sud-est Milano (fonte: ricerca PRIN 2015).

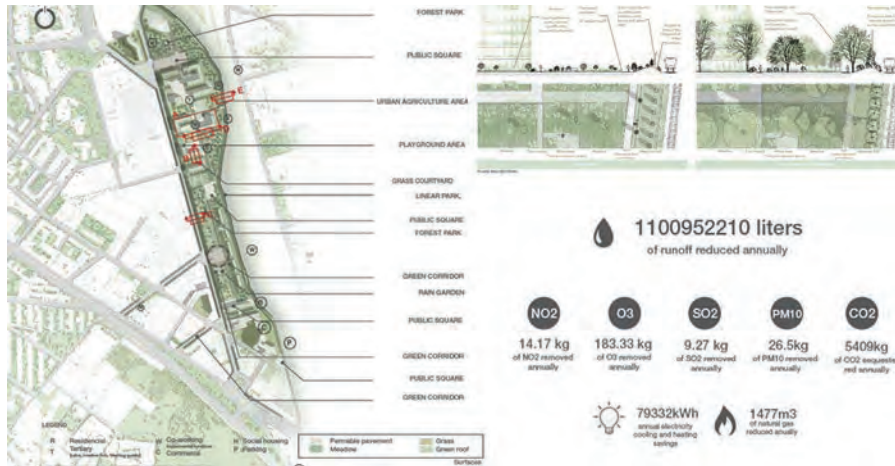


Fig. 5. Sintesi delle strategie ambientali e dei benefici ottenuti nel progetto inerente l'ambito di trasformazione di via Toffetti (elaborazioni di Nora Oquendo).

edifici produttivi in gran parte dismessi. La verifica degli indici ambientali rispetto ai Piani Regolatori è stata di fondamentale importanza. Nell'area si prevede il 60% di superficie verde, di cui il 30% di "verde profondo" e una forestazione di 3 ha nella fascia nord.

La proposta di masterplan per l'area è stata implementata in termini di strategie ambientali rese operative dall'applicazione di soluzioni basate sulla natura e dalla quantificazione delle relative prestazioni ottenibili in un contesto edificato.

Sono stati analizzati gli aspetti di frangia e i confini a est e a ovest dell'area. In merito all'applicazione delle soluzioni NBS sono state considerate le alberature, quasi tutte decidue, come elementi importanti per l'ombreggiamento e per il guadagno termico invernali. Sono state individuate 22 specie rispetto a 10 generi mediamente presenti nell'area di Milano. Grazie a simulazioni condotte con il software I-Tree Design, sono state posizionate le alberature, scelte di tre anni di età con un diametro del tronco di 10 cm, in differenti contesti urbani, quali parco e strada, esposte al sole o all'ombra. Sono state simulate la capacità delle piante di intercettare l'acqua piovana, la possibilità di rimuovere attraverso le chiome i principali inquinanti aerei, la capacità di assorbimento espletata attraverso l'apparato radicale, e l'aumento dei benefici rispetto alla crescita della pianta. Quest'ultimo aspetto è importante in quanto la relazione tra benefici e crescita della vegetazione è dinamica e variabile.

Tale tema si sovrappone alla individuazione di soluzioni tecnologiche e ambientali NBS o *bioswales* che al contrario possono presentare benefici più vicini nel tempo in funzione delle modalità di costruzione del dispositivo tecnologico. Sono state condotte pertanto delle simulazioni al momento 0, e dopo 5 anni dall'intervento per comprendere l'andamento dei benefici nel tempo. Rispetto a tale arco temporale sono state fatte alcune considerazioni in merito alla quantificazione dei benefici sulla base della metodologia indicata dal *Center for Neighborhood Technology* di Chicago, dove i benefici sono distinti in diretti ambientali (es. la quantità di acqua intercettata da una pianta o da un bacino di raccolta), indiretti ed economici. Sono state fatte considerazioni sul valore economico di tali benefici, aspetto interessante anche per il dialogo con le amministrazioni.

Un secondo ambito di sperimentazione è stato un asse ad alto scorrimento di Milano, scelto in relazione al ruolo significativo rivestito della Stazione di Rogore-

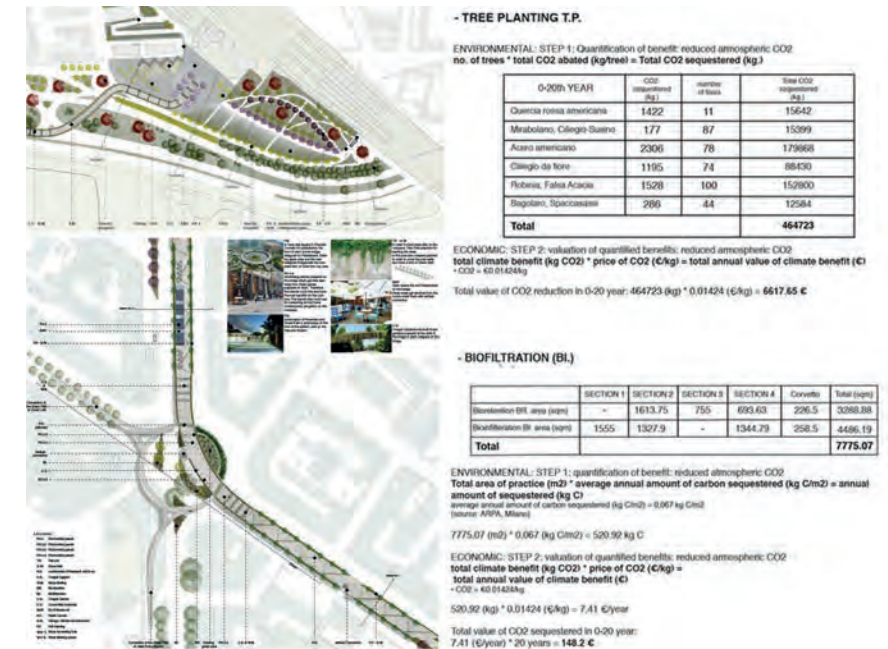


Fig. 6. Sintesi delle strategie ambientali e dei benefici ottenuti nel progetto inerente l'asse stradale Rogoredo-Lucania (elaborazioni di Ala Firouzan).

do, infrastruttura sempre più importante per l'alta velocità e al centro di importanti trasformazioni direzionali e commerciali e che giocherà un ruolo centrale rispetto ai flussi che si genereranno durante le prossime Olimpiadi invernali del 2026. L'asse offre l'occasione di sottrarre il sedime stradale alle auto, in coerenza con quanto previsto nei documenti programmatici per l'evoluzione della mobilità in Milano. Alcune analisi fatte sul tema della riconnessione degli spazi verdi della città hanno permesso di individuare tale asse come strategico dal punto di vista ciclopedonale e della mobilità dolce. Anche in questo caso sono state individuate soluzioni di tipo NBS e impianti per la produzione di energia da fonte rinnovabile.

Per ogni tipologia di soluzione naturale sono state fatte delle valutazioni di efficacia commisurate al posizionamento delle componenti verdi e delle quantità applicate. Il terzo approfondimento ha riguardato invece il quartiere San Luigi a vocazione prettamente residenziale. Ambito urbano privo di verde ad eccezione di ridotte aree interstiziali legate all'arretramento di alcuni edifici. Sono state eseguite alcune analisi termografiche relative al periodo estivo da cui emerge l'incidenza termica delle au-



Fig. 7. Sintesi delle strategie ambientali per i canyon urbani del quartiere San Luigi (elaborazioni di Federica Donadoni).

tomobili parcheggiate che aggrava le condizioni ambientali delle vie già fortemente irraggiate durante le ore pomeridiane, con conseguente discomfort per il pedone. In questo caso sono state individuate in tetti e facciate verdi delle soluzioni adatte e performanti per il miglioramento della qualità ambientale dello spazio pubblico, soprattutto in situazioni in cui il sistema costruito si configura come canyon urbano. Sono state mappate nel quartiere diverse condizioni di canyon urbano e analizzate le direzioni dei venti. In questo caso non è stata misurata l'efficacia delle soluzioni in termini di assorbimenti, ma sono state valutate le diverse incidenze delle alternative. Si sono così individuate le soluzioni più appropriate che sono state sistematizzate all'interno di un modello metaprogettuale.

Conclusioni

L'esigenza di innescare o rigenerare servizi ecosistemici con l'introduzione delle NBS sta assumendo un peso sempre crescente sia nei processi di pianificazione territoriale e urbanistica che nella definizione degli interventi alla scala architettonica. In tale scenario, che progressivamente modificherà l'immagine delle città, la progettazione ambientale costituisce un importante strumento per la ricerca di una relazione appropriata e consapevole tra l'introduzione delle componenti naturali e la qualità degli spazi pubblici. Gli approfondimenti hanno confermato la grande variabilità in termini di efficacia ed efficienza delle NBS a seconda delle modalità di applicazione, delle specifiche caratteristiche del contesto di inserimento e degli obiettivi alla base degli interventi. Si evidenzia l'esigenza di sviluppare strumenti più precisi, ma anche di facile applicazione, per la valutazione ex-ante delle alternative e di attuare in modo diffuso il monitoraggio degli interventi quale imprescindibile momento di verifica della appropriatezza delle soluzioni. Le NBS evidenziano infatti una significativa sensibilità alla modifica delle condizioni al contorno rendendo indispensabile un approccio *place-based* basato sulla previsione degli impatti e la loro verifica con l'uso di indicatori appositamente identificati rispetto alla scala e agli obiettivi del singolo intervento.

1. La figura del Chief Resilience Officer (CRO) è stata introdotta nello organigramma dell'amministrazione comunale di Milano verso la fine del 2017 con la nomina di Piero Pelizzaro. Tale posizione è stata finanziata attraverso il programma 100 Resilient cities lanciato da The Rockefeller Foundation. Il compito del CRO è di costruire, guidare e comunicare innovative strategie di resilienza nei confronti delle criticità ambientali e sociali che Milano dovrà affrontare in questo secolo.
2. Piero Pelizzaro, e Francesca Putignano, "Resilienza, Forestazione Urbana e NBS a Milano. Strategie, azioni e progetti in corso", Milano, 23.05.2019 (http://www.cittametropolitana.milano.it/export/sites/default/ambiente/SVILUPPO-SOSTENIBILE/FESTIVAL-2019/Presentazioni/N4C/07_Pelizzaro_NBS_VEG-GAP_Milano_230519.pdf).
3. Comune di Milano, "Verso un parco metropolitano. Una strategia verde per l'area metropolitana milanese", ([http://download.comune.milano.it/28_05_2018/Verso%20un%20parco%20metropolitano%20\(1527505863631\).pdf](http://download.comune.milano.it/28_05_2018/Verso%20un%20parco%20metropolitano%20(1527505863631).pdf)).

4. L'analisi del database predisposto dall'amministrazione comunale evidenzia tuttavia come i 10 generi più diffusi da soli costituiscono più del 60% del patrimonio arboreo cittadino.
5. Si tratta di un'Associazione presieduta da Fabrizio Schiaffonati e nata su un comune interesse per la città di Milano di docenti universitari, architetti, professionisti, urbanisti e studiosi di problemi economico-sociali, per promuovere studi, progetti, pubblicazioni, confronti e azioni per la qualificazione dello spazio pubblico. L'Associazione attraverso una serie di Workshop operativi anche a carattere progettuale organizzati con i Municipi 4 e 5 di Milano ha costruito un quadro di insieme di azioni necessarie a risolvere alcune delle più evidenti criticità del quadrante sud-est di Milano.

References

- Antonini, E. & Tucci, F. (Eds.) (2017), *Architettura, città e territorio verso la Green Economy. La costruzione di un manifesto della Green economy per l'architettura e la città del futuro*, Edizioni Ambiente, Milano.
- DEP Lazio Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale Regione Lazio (2016), *Ondate di calore ed effetti sulla salute estate 2015 - sintesi dei risultati*, Ministero della Salute.
- Directorate General for Research and Innovation-European Commission (2015), *Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities*, Publications Office of the European Union.
- Mussinelli, E., Tartaglia, A., Bisogni, L. & Malcevschi, S. (2018), "The role of Nature-Based Solutions in architectural and urban design", in *TECHNE Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol.15, pp. 116-23.
- Mussinelli, E., Tartaglia, A., Cerati, D. & Castaldo, G. (2018), "Qualità e resilienza ambientale nelle proposte di intervento per il sud Milano: un'analisi quanti-qualitativa delle infrastrutture verdi", *Le Valutazioni Ambientali. Valutare la rigenerazione urbana*, Vol. 2, pp. 79-98.
- Schiaffonati, F. (2017), "Le sfide del sud-est: una città nella città", in Associazione Culturale UCTAT (Ed.), *Proposte e progetti per il sud Milano. Il ruolo dei Municipi*, Municipio Vol. 4, Notizie dal Comune Editore, pp. 21-25.

La "resilienza" come opportunità di ricerca e sperimentazione

Maria Teresa Lucarelli

Di cambiamento climatico si parla da diversi anni e, da qualche anno, di *adattamento* e *mitigazione* in relazione all'incremento di eventi meteorologici estremi che stanno interessando sempre più le aree urbanizzate, ormai caratterizzate dal diffuso e improprio consumo di suolo, dall'inquinamento di fondo prodotto dalle attività antropiche e dal conseguente riscaldamento urbano.

Si rileva, a tal proposito, che nonostante i numerosi documenti strategici emanati a vari livelli a partire dagli anni Ottanta, nel nostro Paese gli obiettivi di prevenzione e controllo sull'ambiente e sul territorio non sembrano essere stati adeguatamente raggiunti: ne deriva una emergenza ambientale grave che, sommandosi a quelle altrettanto preoccupanti di tipo sociale ed economico, impone azioni forti e immediate nel ridurre le emissioni in prospettiva del 2030 e contestualmente una maggiore concretezza e lungimiranza nella pianificazione degli interventi, in considerazione delle previsioni di aumento certo delle temperature superficiali. Ed è proprio nelle aree urbanizzate che si manifestano gli effetti più gravi del *climate change*: alluvioni, piogge torrenzie, ondate di calore e crescente siccità rappresentano gli elementi di maggiore problematicità per la vivibilità delle città, luoghi artificiali che presentano limitata capacità di resistenza agli shock ambientali, dimostrando allo stato attuale scarsa resilienza.

In particolare, nelle aree fragili soprattutto quelle periferiche e marginali, la bassa qualità edilizia e ambientale, la scarsità di servizi e il tessuto sociale spesso degradato, accrescono le criticità del luogo divenendo moltiplicatori di eventi e, come tali, elementi di "vulnerabilità" e "fragilità" al pari dei più gravi fenomeni sismici e dei dissesti idrogeologici.

L'approccio resiliente adattivo si propone quindi come una soluzione possibile, un "ritorno a uno stato di equilibrio in termini di conquista di una nuova stabilità, non necessariamente identica alla precedente", come affermano alcuni studiosi del fenomeno (Davoudi et al., 2012).

La natura multidimensionale della resilienza (umana, economica, ambientale, politica, di sicurezza e sociale) impone una lettura articolata del fenomeno; allo stesso