

# Verde pensile: una strategia di adattamento al cambiamento climatico

Francesca Mosca, Katia Perini

Dipartimento di Architettura e Design, Università di Genova

## Cambiamento climatico e Nature-based Solutions: il ruolo della vegetazione

L'ambiente urbano è un sistema estremamente complesso ed in continua evoluzione: edifici, infrastrutture, stabilimenti produttivi sono solo alcuni tra i protagonisti della produzione e del consumo energetico, e della conseguente emissione di inquinanti in atmosfera (Sadatshojaie & Rahimpour, 2020, Fig. 1). A partire dagli anni Ottanta, dopo la pubblicazione del celebre Rapporto Bruntland (1987) si cominciò a porre l'accento su alcune problematiche emergenti: dal consumo di risorse non rinnovabili, alla necessità di uno 'sviluppo sostenibile', conseguenti alla consapevolezza che il sistema climatico stesse cambiando (Canepa, 2018). Una delle principali ambiguità legate a questa tematica è focalizzato sull'origine di questi cambiamenti: in particolare, l'interrogativo principale è stato se siano dovuti a dinamiche di origine naturale o se derivino da effetti legati all'attività antropica (Claussen, 2003).

Diversi studi hanno dimostrato che, nonostante i cambiamenti climatici siano caratteristici dell'atmosfera terrestre e che nella storia del pianeta si siano susseguite diverse oscillazioni, proprio l'attività antropica e l'utilizzo di fonti fossili, con conseguente aumento delle emissioni di gas serra, siano le cause scatenanti del cambiamento climatico (IPCC, 2022). Tale fenomeno, profondamente complesso, influisce negativamente sugli ecosistemi ambientali ed urbani, compromettendone gli equilibri (Groffman *et al.*, 2017).

Tra gli impatti causati dal cambiamento climatico più frequenti che interessano le città vi sono: l'aumento delle temperature ed il fenomeno isola di calore che consiste nel maggiore surriscaldamento delle aree urbane nei periodi estivi rispetto alle rispettive aree rurali limitrofe (Mohajerani *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2009), l'alterazione delle precipitazioni, con conseguente aumento dello scorrimento superficiale e del rischio di allagamento causati dall'impermeabilizzazione dei suoli (White, 2013), ma allo stesso

tempo anche aumento di periodi di estrema siccità, ed ancora l'aumento dell'inquinamento dell'aria e delle acque, con importanti conseguenze sia sull'ambiente sia sulla salute dei cittadini e sull'approvvigionamento di nutrienti (Sadatshojaie & Rahimpour, 2020, Fig. 2).

L'insieme degli effetti dovuti ai cambiamenti climatici e degli eventi estremi sempre più frequenti impongono la necessità di definire nuove strategie di gestioni di questi ultimi: in questo contesto, si collocano quindi le cosiddette misure di adattamento e mitigazione al cambiamento climatico (IPCC, 2022). Tali misure si pongono l'obiettivo di intervenire ora sulla riduzione dei rischi causati dagli effetti del cambiamento del clima, ora sulla riduzione delle azioni che comportano una alterazione del clima (primo tra tutte, l'emissione di gas serra in atmosfera) (Kundzewicz & Matczak, 2012; Marrone & Orsini, 2018, Fig. 3).



Fig. 1 Complessità e densità dell'ambiente urbano.

Tale categorizzazione delle misure di gestione degli effetti del cambiamento climatico non implica che queste ultime siano alternative, ma anzi, si auspica ad una integrazione di misure sia di mitigazione sia di adattamento per massimizzare le performance in termini di diminuzione del problema e dei suoi effetti (Rosenzweig *et al.*, 2018; Sharifi, 2021).

In questo contesto, tra le tante possibili soluzioni, si collocano le cosiddette ‘Nature-based Solutions (NBS)’, definite dall’Unione Europea come soluzioni di origine naturale o che siano supportate dalla natura, che offrono benefici in termini di sostenibilità ambientale, economica e sociale, e che contribu-

iscono ad aumentare la resilienza dell’ambiente (sia costruito che naturale) Osaka *et al.*, 2021; Seddon *et al.*, 2021).

All’interno della moltitudine delle NbS sono considerate soluzioni di natura molto diversa tra loro ed allo stesso tempo caratterizzate da espansione ed effetti a scale molto diverse. Per esempio, coperture e facciate verdi hanno un grado di artificializzazione molto elevato, seppur siano considerate comunque a tutti gli effetti soluzioni naturali; in parallelo, tra le soluzioni meno artificializzate, sono considerate sia soluzioni ‘terrestri’ come alberi, giardini, parchi, sia soluzioni ‘acquatiche’ come stagni, specchi d’acqua (Fig. 4).

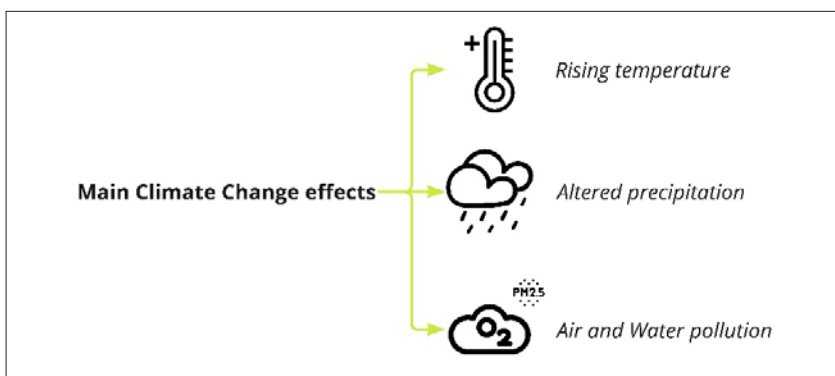


Fig. 2 Principali effetti del cambiamento climatico.

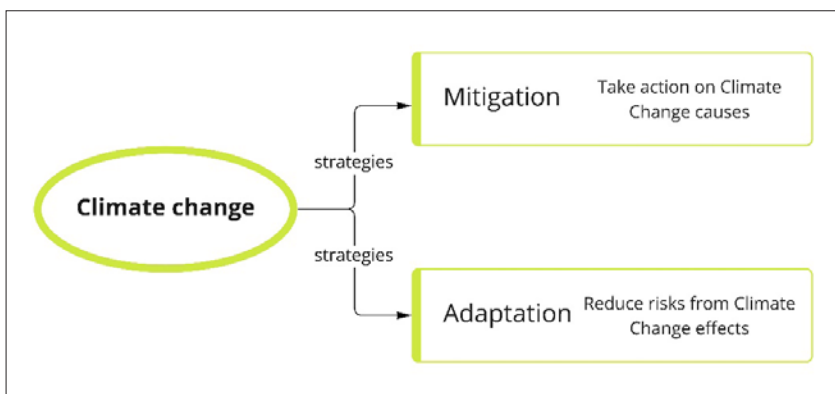


Fig. 3 Misure di adattamento e mitigazione al cambiamento climatico.

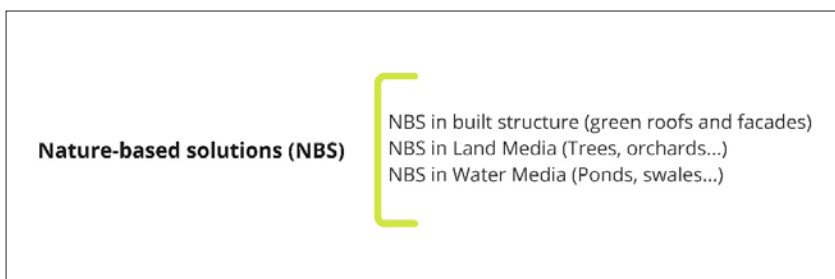


Fig. 4 Categorizzazione delle nature-based solutions (rielaborazione da © Babì Almenar *et al.*, 2021).

### Opportunità del verde pensile nella gestione del cambiamento climatico

Il verde pensile presenta una vasta gamma di benefici in termini di adattamento al cambiamento climatico. Uno degli effetti maggiormente conosciuti del verde pensile è sicuramente quello della riduzione delle temperature superficiali in ambito urbano e quindi la conseguente mitigazione del fenomeno isola di calore, che risulta essere una delle problematiche più comuni ma anche più frequenti e critiche per l'ambiente urbano, compromettendo anche talvolta la salute dei cittadini, in caso di vere e proprie 'ondate di calore' (Mutani & Tedeschi, 2020). Tale effetto è dovuto a diverse caratteristiche delle coperture verdi: innanzitutto, la presenza di vegetazione ed il relativo processo di fotosintesi aumentano l'umidità relativa locale, inoltre, queste soluzioni sono caratterizzate da un'albedo (la capacità di un materiale di assorbire la radiazione solare) molto più elevata rispetto ai materiali da costruzione, e, di conseguenza, la superficie di copertura che ospita vegetazione si surriscalda molto meno rispetto ad una copertura tradizionale (Li *et al.*, 2014; Susca *et al.*, 2011).

Inoltre, il verde pensile, andando a ridurre la percentuale di superfici impermeabili sul suolo urbano, aumenta il quantitativo di superfici di raccolta dell'acqua piovana ed in parallelo può ridurre la velocità di confluenza nelle vie di canalizzazione urbane. Tale soluzione gioca quindi un ruolo fondamentale non solo nella riduzione di rischi legati a possibili allagamenti, ma aumenta anche la resilienza del sistema in caso di periodi più o meno lunghi di siccità, in quanto lo strato di terreno posto in copertura è in grado di assorbire, in funzione delle sue caratteristiche l'acqua piovana e di rilasciarla in tempi prolungati in ambiente (Palla & Gnecco, 2018). Il buon funzionamento di un sistema dipende anche dalla scelta delle specie vegetali, fondamentale per garantire non solo un aumento della resilienza del tessuto urbano, ma anche la resilienza del sistema di copertura: è necessario quindi individuare piante resistenti alle specifiche criticità del sito in cui si introducono, e che sopravvivano a periodi di forte siccità e/o di grande umidità.

Infine, un'altra grande opportunità del verde pensile è la riduzione di concentrazione di inquinanti presenti nell'aria: tale caratteristica è direttamente legata ad un processo vitale fondamentale delle specie vegetali, ovvero il processo di fotosintesi. Attraverso tale processo, la vegetazione assorbe anidride

carbonica dall'atmosfera e rilascia vapore acqueo (Rowe, 2018). Similarmente allo scenario precedente riguardo alla gestione delle acque meteoriche, anche in questo caso la scelta delle specie vegetali risulta fondamentale per massimizzarne le performance: sono infatti presenti in natura diversi tipi di piante che hanno una capacità molto elevata di catturare non solo CO<sub>2</sub> ma anche polveri sottili ed altri inquinanti dall'atmosfera, come, per esempio, *Hedera helix*, ovvero la pianta rampicante edera (Fig. 5).

Una caratteristica che accomuna le performance elencate precedentemente è che il verde pensile non permette solo di migliorare la qualità urbana del sito in cui viene introdotto e la sua resilienza, ma anche le condizioni sociali di questo, grazie ai processi di rigenerazione urbana, e la salute dei cittadini (Colleony & Schwartz, 2019; Nesshöver *et al.*, 2017).

### Differenti approcci metodologici per la gestione del cambiamento climatico

Le metodologie disponibili per la valutazione delle performance del verde pensile in ambiente urbano, in particolare in relazione alle tre tematiche elencate precedentemente, sono molteplici, e possono, talvolta, essere integrate per ottenere risultati il più attendibili possibile.

Innanzitutto, una delle metodologie più ampiamente utilizzate prevede l'utilizzo di strumenti di simulazione fluido-dinamica computazionale (CFD): tali strumenti permettono, appunto, di simulare il contesto in cui il verde pensile viene collocato, sia dal punto di vista geometrico, sia dal punto di vista delle caratteristiche climatiche. Uno tra i software CFD maggiormente utilizzati è Envi-met, che permette di simulare le condizioni climatiche e gli effetti della vegetazione in ambito urbano ora per ora, per uno specifico giorno dell'anno, non solo in termini di miglioramento del comfort termico (attraverso la valutazione di specifici indici di comfort come (UTCI) Universal thermal climate index o (PET) Physiological equivalent temperature), ma anche in termini di riduzione delle sostanze inquinanti presenti nell'aria (Bisson, 2010; Di Napoli *et al.*, 2018).

I dati climatici vengono generalmente forniti come input per la simulazione, e, in parallelo, il software permette di definire (ed eventualmente personalizzare) le caratteristiche del verde pensile che deve essere inserito all'interno del contesto. L'introduzione di tali parametri permette al software

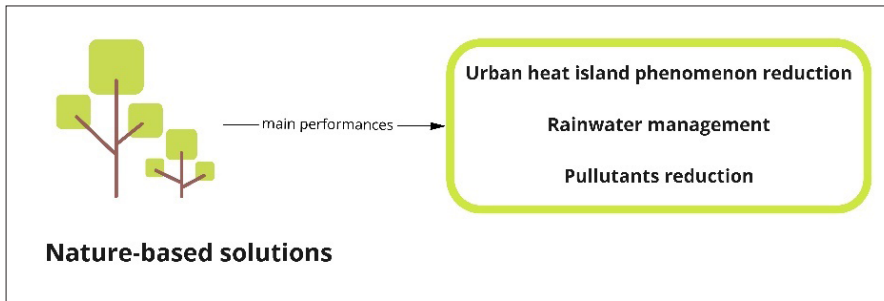


Fig. 5 Principali benefici ambientali del verde pensile.

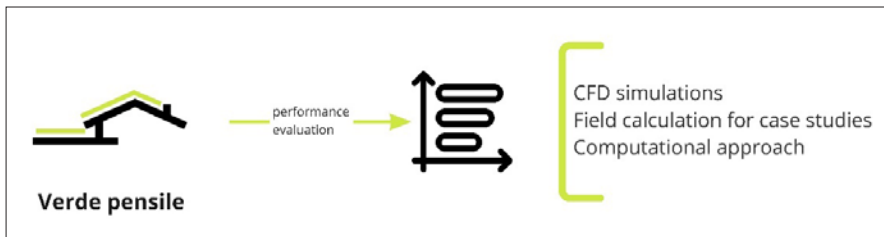


Fig. 6 Metodologie di valutazione dei benefici ambientali del verde pensile.

di simulare le performance della copertura verde e di valutare quindi quale soluzione sia migliore per quello specifico intervento. Uno degli aspetti più positivi di questo tipo di approccio è che permette ai progettisti di avere una previsione (più o meno accurata) delle future performance dell'intervento, ed aiuta quindi, in fase di progettazione, alla definizione delle caratteristiche migliori per il sito specifico in cui si interviene.

Un altro approccio metodologico è quello delle misurazioni sul campo: tale procedura prevede il monitoraggio degli interventi e la misurazione di specifici dati per valutare le performance del verde pensile. Questo tipo di procedura viene molto spesso combinata alle simulazioni software precedentemente illustrate, in modo tale da valutare se e in che misura vi siano discrepanze tra i dati simulati attraverso l'utilizzo di software informati ed invece i dati reali estratti sul campo (Jebeile, 2017).

Infine, un ulteriore strumento per la valutazione degli effetti del verde pensile sono gli strumenti di disegno e progettazione parametrica, che permettono di combinare l'accuratezza delle previsioni simulate attraverso gli strumenti di analisi fluidodinamica con la possibilità di variare in maniera efficace gli

output di progetto in funzione di specifici parametri definiti in fase di progettazione preliminare. Tale approccio permette infatti di modificare in tempo reale una o più variabili legate, per esempio, alla geometria della copertura o alle condizioni climatiche di esposizione, e di comparare i risultati ed ottenere quindi un progetto definitivo che sia ottimizzato in funzione dei parametri ritenuti maggiormente rilevanti. Per esempio, in questo caso, il verde pensile può essere ottimizzato in termini di riduzione del fenomeno isola di calore, o in termini di riduzione della concentrazione di inquinanti, in funzione delle specifiche problematiche del sito (Fig. 6).

#### Note conclusive

Le Nature-based Solutions ed in particolare il verde pensile hanno dimostrato negli ultimi decenni di essere un valido strumento non solo per la rigenerazione urbana ma anche per la gestione del cambiamento climatico, soprattutto in termini di adattamento. Analizzando tali potenzialità in termini di sostenibilità, risulta necessario un riferimento anche alla sostenibilità sociale, ed al ruolo della vegetazione nel miglioramento del benessere fisico e mentale. Studi pubblicati da ricercatori provenienti da formazioni

molto diverse (da medicina, psicologia, architettura) hanno dimostrato come la vegetazione contribuisca positivamente non solo al miglioramento dell'umore e del benessere psicologico, ma anche alla riduzione dello stress e di patologie ad esso legate (Williams, 2017; Neonato *et al.*, 2019).

Infine, con riferimento ai tre pilastri della sostenibilità (United Nations, 2015) è utile un breve riferimento anche alla sostenibilità economica dell'introduzione di vegetazione in ambito urbano. L'Unione Europea ha infatti decretato come il cambiamento climatico ed i suoi effetti, in particolare gli eventi estremi che risultano essere sempre più frequenti,

comportino un aumento della spesa pubblica non irrilevante. In questo contesto, risulta evidente come l'introduzione di strategie di adattamento al cambiamento climatico, il cui ruolo è proprio quello di ridurre i rischi legati agli eventi estremi, possano contribuire positivamente alla riduzione dei costi legati agli interventi di risoluzione di problematiche dovute a questi ultimi (Kopsieker *et al.*, 2021).

Il verde pensile risulta essere, quindi, uno strumento molto promettente nella gestione di problematiche di natura diversa e che, grazie alla sua adattabilità, può essere introdotto in contesti molto differenti tra loro.

### Riferimenti bibliografici

- Bisson, M., 2010. *Simulazione del microclima urbano di Milano mediante il software ENVI-met. Studio degli effetti dell'inserimento di aree verdi sulla sollecitazione termica degli edifici*.
- Canepa, M., 2018. *Riflessioni sullo sviluppo sostenibile in architettura: a trent'anni dal rapporto Brundtland*, Architettura. Mimesis, Milano.
- Claussen, M., 2003. Climate change: Origins in the past and the future, in *UWSF - Z Umweltchem Ökotox* 15, pp. 21-30. <https://doi.org/10.1007/BF03038671>
- Colléony, A., Shwartz, A., 2019. Beyond Assuming Co-Benefits in Nature-Based Solutions: A Human-Centered Approach to Optimize Social and Ecological Outcomes for Advancing Sustainable Urban Planning, in *Sustainability*, 11, 4924. <https://doi.org/10.3390/su11184924>
- Di Napoli, C., Pappenberger, F., Cloke, H.L., 2018. Assessing heat-related health risk in Europe via the Universal Thermal Climate Index (UTCI), in *International journal of biometeorology*, 62, pp. 1155-1165.
- Groffman, P.M. *et al.*, 2017. Ecological homogenization of residential macrosystems, in *Nat. Ecol. Evol.*, 1, 0191. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0191>
- Intergovernmental Panel on Climate Change, n.d., in *IPCC Report 2022 - Impact, adaptation and Vulnerability Summary for PolicyMakers*.
- Jebeile, J., 2017. Computer Simulation, Experiment, and Novelty, in *International Studies in the Philosophy of Science*, Taylor & Francis (Routledge), 31 (4), pp. 379-395.
- Kopsieker, L. *et al.*, 2021. Nature-based solutions and their socio-economic benefits for Europe's recovery: Enhancing the uptake of nature-based solutions across EU policies, in *Policy briefing by the Institute for European Environmental Policy (IEEP) and the Ecologic Institute*.
- Kundzewicz, Z.W., Matczak, P., 2012. Natural risks: mitigation and adaptation, in *Ecohydrology & Hydrobiology*, 12, pp. 3-8. <https://doi.org/10.2478/v10104-012-0005-3>
- Li, D., Bou-Zeid, E., Oppenheimer, M., 2014. The effectiveness of cool and green roofs as urban heat island mitigation strategies, in *Environ. Res. Lett.* 9, 055002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/5/055002>
- Marrone, P., Orsini, F., 2018. Resilience and open urban environments. Comparing adaptation and mitigation measures, in *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, 348-357 Pages. <https://doi.org/10.13128/TECHNE-22099>
- Mohajerani, A., Bakaric, J., Jeffrey-Bailey, T., 2017. The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete, in *Journal of environmental management*, 197, pp. 522-538.
- Mutani, G., Todeschi, V., 2020. The effects of green roofs on outdoor thermal comfort, urban heat island mitigation and energy savings, in *Atmosphere*, 11, p. 123.
- Neonato, F., Tomasini, F., Colaninno, B., 2019. *Oro Verde: Quanto vale la natura in città*. Milano, Il Verde Editoriale.
- Nesshöver, C. *et al.*, 2017. The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective, in *Science of The Total Environment*, 579, pp. 1215-1227. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.106>
- Osaka, S., Bellamy, R., Castree, N., 2021. Framing "nature-based" solutions to climate change. *WIREs Climate Change* 12. <https://doi.org/10.1002/wcc.729>
- Palla, A., Gnecco, I., 2018. Green Roofs to Improve Water Management, in *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. Elsevier, pp. 203-213.
- Rosenzweig, C., Urban Climate Change Research Network (eds.), 2018. *Climate change and cities: second assessment report of the Urban Climate Change Research Network*. Cambridge University Press, United Kingdom; New York, NY.

- Rowe, B., 2018. Green Roofs for Pollutants' Reduction, in *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. Elsevier, pp. 141-148. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00013-6>
- Sadatshojaie, A., Rahimpour, M.R., 2020. CO2 emission and air pollution (volatile organic compounds, etc.)-related problems causing climate change, in *Current Trends and Future Developments on (Bio-) Membranes*. Elsevier, pp. 1-30. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816778-6.00001-1>
- Seddon, N., Smith, A., Smith, P., Key, I., Chausson, A., Girardin, C., House, J., Srivastava, S., Turner, B., 2021. Getting the message right on nature-based solutions to climate change, in *Glob. Change Biol.* 27, pp. 1518-1546. <https://doi.org/10.1111/gcb.15513>
- Sharifi, A. (2021). Co-benefits and synergies between urban climate change mitigation and adaptation measures: A literature review, in *Science of the total environment*, 750, 141642.
- Susca, T., Gaffin, S.R., Dell'Osso, G.R., 2011. Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs, in *Environmental Pollution*, 159, pp. 2119-2126. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.03.007>
- White, I., 2013. *Water and the city: risk, resilience and planning for a sustainable future, The natural and built environment series*. Routledge, New York.
- Williams, F., 2017. *The nature fix: Why nature makes us happier, healthier, and more creative*. New-York, W.W. Norton & Company.
- Zhang, D.-L., Shou, Y.-X., Dickerson, R.R., 2009. Upstream urbanization exacerbates urban heat island effects, in *Geophysical Research Letters*, 36.

### Sitografia

[https://policy.trade.ec.europa.eu/development-and-sustainability/sustainable-development\\_en#:~:text=Sustainable%20development%20means%20meeting%20the,together%20and%20support%20each%20other](https://policy.trade.ec.europa.eu/development-and-sustainability/sustainable-development_en#:~:text=Sustainable%20development%20means%20meeting%20the,together%20and%20support%20each%20other)