

Verde tecnologico, biomimetica e Nature-based Solutions per città più accoglienti e resilienti

Original

Verde tecnologico, biomimetica e Nature-based Solutions per città più accoglienti e resilienti / Mele, Caterina (STUDI E RICERCHE SUL PAESAGGIO). - In: Atti del Convegno Nuove forme di Natura Il verde pensile per rigenerare le città/Conference Proceedings New forms of Nature Green roof for regenerating cities / Gherzi A., Melli S.. - ELETTRONICO. - Genova : GUP (Genova University Press), 2023. - ISBN 978-88-3618-199-5. - pp. 172-177

Availability:

This version is available at: 11583/2979069 since: 2023-12-06T15:09:51Z

Publisher:

GUP (Genova University Press)

Published

DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

Verde tecnologico, biomimetica e Nature-based Solutions per città più accoglienti e resilienti

Caterina Mele

Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali, Politecnico di Torino

Introduzione

Da un punto di vista generale tutte le città contemporanee hanno un'impronta ecologica¹ estremamente elevata e influenzano in vari modi, direttamente o indirettamente, le relazioni tra le componenti biologiche e biofisiche dell'ambiente. A livello globale negli ultimi decenni, la superficie edificata urbanizzata è aumentata per intensità e dimensioni con modalità differenti nei diversi Paesi, ma ha comportato ovunque delle significative compromissioni di funzioni ecosistemiche di enorme valore ecologico e ambientale. Questo fenomeno è infatti accompagnato dalla distruzione di vaste porzioni di suolo vergine, di perdita della biodiversità, per numero e tipo di specie nella fauna e nella flora, e dall'alterazione dei meccanismi evapo-trasporativi dei suoli e della vegetazione². Nonostante la curva della crescita demografica a livello globale stia ora rallentando, la crescita delle aree urbane continua la sua espansione, anche nei Paesi di antica industrializzazione come il nostro, dove la dispersione dell'edificato ha dato vita a città diffuse sul territorio in cui non è più riconoscibile una netta divisione tra città e campagna e dove il paesaggio si diluisce in un continuo urbanizzato privo di identità e qualità. Le città contemporanee si connotano dunque come le principali consumatrici di tutte le risorse ambientali, secondo un flusso lineare di materia ed energia in entrata e in uscita, e sono responsabili di circa l'80% delle emissioni di CO₂ nell'atmosfera. La superficie ecosistemica richiesta per sostenere oggi una grande città del

pianeta può arrivare ad essere di centinaia di volte più grande della sua dimensione fisica³. Per quanto riguarda l'Italia, l'insieme delle principali realtà urbane occupa attualmente una superficie di circa 27.000 km² che corrisponde all'8,8% della superficie nazionale. I dati ISTAT indicano che dal 2001 al 2015 la crescita dell'edificato urbano è continuata senza interruzioni e che tra i 21 centri urbani italiani più importanti la crescita media dell'edificato si è attestata intorno all'8%. Per quanto riguarda la popolazione, gli abitanti delle principali città in Italia corrispondono al 36,3% di tutta la popolazione nazionale⁴. Una delle conseguenze più rilevanti della crescita delle aree urbanizzate è il consumo di suolo libero o agricolo che viene ad essere sostituito da una copertura superficiale artificiale, legata alle dinamiche insediative di natura antropica (Land Cover, Direttiva 2007/2/CE). La copertura artificiale del terreno per la costruzione di edifici o strade comporta in genere l'impermeabilizzazione del suolo con la conseguente grave compromissione dei servizi ecosistemici che il suolo libero normalmente svolge. La perdita della permeabilità in particolare, rappresenta una delle principali cause di degrado dei suoli a livello globale, incrementando il rischio di inondazioni, concorrendo al cambiamento climatico, minacciando la biodiversità e la qualità del paesaggio⁵. Per queste ragioni nel 2015 l'Agenda Globale 2030 per lo Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite ha indicato il *land degradation neutral world* tra gli obiettivi fondamentali e strategici per lo Sviluppo So-

1 L'impronta ecologica misura l'area biologicamente produttiva di mare e di terra necessaria a rigenerare le risorse consumate da una popolazione umana e ad assorbire i rifiuti prodotti. Questo indicatore è stato messo a punto da Mathis Wackernagel e William Rees nel 1996. Cfr. Wackernagel M., Rees W., 1996, *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, Gabriola Island, New Society Publishers; Trad. It. 2004, *L'impronta ecologica. Come ridurre l'impatto dell'uomo sulla terra*, Milano, Edizioni Ambiente.

2 Cfr. UNITED NATION, World Urbanisation Prospect: the 2018 revision -WUP2018 (2018).

3 UN HABITAT, World cities report, HS/038/16, (2016)

4 Per questi dati cfr. ISTAT, 2017, Report *Forme, livelli e dinamiche dell'urbanizzazione in Italia*, Roma.

5 Cfr. ISPRA, 2018, *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*, Rapporti 288/2018, Roma.

stenibile, da perseguire attraverso l'integrazione nelle politiche nazionali della difesa del suolo inteso come un consumo non superiore alla crescita demografica, accompagnato dall'accesso e dalla fruizione di spazi ed aree verdi in modo inclusivo.

La crescita delle aree urbane non comporta solamente la perdita di suolo libero e la dispersione o la concentrazione urbana, ma è inevitabilmente accompagnata dalla crescita del volume e della superficie delle costruzioni edificate, con proporzioni oggi davvero impressionanti⁶. A fronte di ciò, in base ai dati del Dossier della *Global Alliance for Building and Construction* (GABC), edifici e costruzioni sono responsabili di quasi il 40 per cento delle emissioni totali di CO₂⁷. Per conseguire gli obiettivi degli Accordi di Parigi sul Clima del 2015, e contenere l'aumento del riscaldamento globale entro 2°C in questo secolo, l'efficienza energetica degli edifici dovrebbe quindi migliorare almeno del 30% rispetto ai livelli del 2015 entro il 2030. Visto dunque l'impatto dell'urbanizzazione a livello globale e locale, la rigenerazione ambientale e la riqualificazione energetica degli edifici sulla scala urbana vanno considerate come le principali azioni strategiche da attuare per rendere il nostro modello di sviluppo sostenibile, sia sul lato risorse (ambientali ed energetiche), sia sul lato sociale (equità e inclusività). La sostenibilità a scala urbana dovrebbe essere perseguita soprattutto attraverso interventi miranti alla ricucitura degli ambiti periferici e di margine, attraverso azioni di ridensificazione che favoriscano la *mixité* tipologica e funzionale e la mobilità collettiva, il recupero delle aree dismesse implementando la superficie di verde cittadino, secondo principi di ecologia urbana. A livello energetico invece, per ottenere una significativa riduzione dei consumi e abbattere le emissioni di gas serra, le attuali politiche di defiscalizzazione per gli interventi di miglioramento delle performance energetiche delle costruzioni non sono sufficienti se non sono inserite in una visione complessiva di

tipo sistemico, che indirizzi le politiche urbane verso soluzioni integrate ed efficienti alle diverse scale, concretamente misurabili. A scala urbana ed edilizia l'impiego del verde pensile può rappresentare un duplice strumento, da un lato, di miglioramento delle prestazioni energetiche delle singole costruzioni e, dall'altro, di supporto a interventi di rigenerazione urbana, attraverso l'incremento degli standard delle superfici verdi presenti nelle città. A ciò si aggiunge anche il miglioramento della qualità complessiva del paesaggio urbano.

Verde pensile non solo sistema tecnologico ma possibile strumento per le strategie di rigenerazione urbana

La tecnica del verde pensile non è una creazione dei nostri tempi. L'invenzione dei giardini pensili affonda le radici nella storia ma l'idea moderna del verde pensile sui solai piani, il cosiddetto tetto giardino, nasce all'interno delle poetiche razionaliste a seguito dell'affermazione del cemento armato come tecnica costruttiva. Grazie alla diffusione del cemento armato e ai nuovi materiali per l'isolamento e l'impermeabilizzazione, il tetto piano è diventato una soluzione comune e praticabile anche in luoghi dove per ragioni climatiche si era storicamente affermato l'uso del tetto a falda. Nella visione di Le Corbusier e dei suoi contemporanei il tetto giardino è uno degli elementi della concezione estetica e funzionalista dell'architettura, e per alcuni aspetti rappresenta un'anticipazione di accorgimenti bioclimatici⁸, oltre che costituire un'estensione all'esterno della casa stessa. Nel nostro Paese, soprattutto nel ventennio 1950-1970, gli anni del boom economico ed edilizio, caratterizzati da una crescita economica, demografica ed edilizia, tumultuosa e disordinata, che hanno travolto l'assetto urbanistico e paesaggistico dei territori e delle città, i quartieri e le case sono stati realizzati molto spesso con scarsa qualità

6 Il settore edilizio, secondo il dossier *Towards Low GbG and Resilient Building della Global Alliance for Buildings and Construction (GABC)*, 2016, incide per il 36 per cento dei consumi finali di energia a livello globale, consumi energetici inoltre che per l'82 per cento sono soddisfatti dall'uso di combustibili fossili. Secondo i dati del Dossier della GABC edifici e costruzioni sono i responsabili del 39 per cento delle emissioni totali di CO₂. Il dossier del GABC evidenzia anche la rapida crescita dell'edilizia su scala planetaria: senza correttivi entro il 2060 la superficie degli edifici nel mondo raddoppierà, si costruiranno 230 miliardi di metri quadrati (che comprendono la superficie di ogni piano di ogni nuovo edificio), che andranno ad aggiungersi ai circa 235 miliardi di metri quadrati già esistenti nel 2016.

7 *Ibidem*.

8 Cfr. Mele, C., Franchini, C., 2021, Revaluing the Bioclimatic in the Modern Movement: Arté and Teknè, in *Inheritable Resilience: Sharing Values of Global Modernities*. 16th International Docomomo Conference Tokyo Japan 2020+1, Tokyo, August 29th-30th August – 1st-2nd September 2021, Tokyo: Do.co.mo.mo Japan, 2020, vol. 2, pp. 488-493.

ambientale e costruttiva, e l'uso del tetto giardino quasi dimenticato. Oggi, la necessità di intervenire a riqualificare, soprattutto dal punto di vista energetico, il patrimonio edilizio ereditato dal passato, in particolare quello costruito dopo la seconda guerra mondiale, insieme alla necessità di ripensare in maniera radicale la città, sulla spinta dell'emergenza climatica ed ambientale, può dare un forte impulso all'impiego di soluzioni come il verde tecnologico, orizzontale e verticale. Nei quartieri periferici densamente edificati delle nostre città, dove generalmente il verde pubblico è assente del tutto o quasi e dove, in particolare nelle grandi città della Pianura Padana, la qualità dell'aria è pessima e l'impermeabilizzazione dei suoli elevata, le strategie di rigenerazione urbana, da un lato, possono sfruttare i vuoti urbani lasciati dalle fabbriche dismesse della crisi post industriale, e, dall'altro, possono adottare soluzioni tecniche per la riqualificazione edilizia basata sull'uso dei sistemi di verde pensile. Tali sistemi possono essere fondamentali per incrementare la dotazione di verde urbano, sia attraverso interventi diretti degli attori pubblici, sia indirettamente attraverso incentivi fiscali ed economici. L'impiego di questi sistemi ha inoltre effetti importanti anche a livello percettivo e sociale, per migliorare l'estetica urbana e la vivibilità dei quartieri degradati.

Nature-based Solutions (NbS), Biomimetica, verde pensile per ripristinare servizi ecosistemici compromessi alla scala urbana e territoriale

La rigenerazione urbana e territoriale declinata all'interno degli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030 come il numero 11, *Sustainable Cities and Communities*, il 13, *Climate Action* e il 15, *Life on Land*, non può essere perseguita singolarmente ma deve essere inserita in una serie di azioni strategiche coordinate e integrate ai diversi livelli, dalla scala locale a quella nazionale (e internazionale) che permettano un vero cambiamento di paradigma nella pianificazione e progettazione urbana ed edilizia, che consideri la città in ottica sistemica, nelle sue complesse interconnessioni tra sistema antropico e naturale. In questa direzione vanno le recenti indicazioni della Commissione Europea che individua nelle *Nature-based Solutions* (NbS), le strategie e le

azioni ispirate alla Natura, da adottare per «perseguire obiettivi quali l'incremento della sostenibilità dei sistemi urbani, il recupero degli ecosistemi degradati, l'attuazione di interventi adattativi e di mitigazione rispetto ai cambiamenti climatici e il miglioramento della gestione del rischio e l'implementazione della resilienza»⁹. Per lo IUCN (International Union for the Conservation of Nature) le Nature-based Solutions sono «azioni per proteggere, gestire o ristrutturare gli ecosistemi in un modo sostenibile, che forniscono vantaggi per il benessere umano e per la biodiversità»¹⁰. Le NbS possono dunque essere considerate come soluzioni di tipo progettuale che si basano sull'impiego dei servizi ecosistemici normalmente svolti dalle piante e dalla vegetazione, per ottenere degli obiettivi prefissati come il miglioramento della qualità dell'aria attraverso l'intercettazione delle polveri e degli inquinanti presenti nell'atmosfera urbana, la mitigazione dell'isola di calore e il miglioramento del comfort ambientale attraverso il drenaggio dei flussi idrici meteorici, la conservazione della biodiversità, la produzione di ossigeno e l'assorbimento dei gas climalteranti. Possono anche essere impiegate per la creazione di ambiti e spazi per lo svago e per il benessere psicologico e fisico degli esseri umani e delle altre specie viventi in città. Tra i quattro obiettivi principali individuati dalla Commissione Europea per l'agenda dello Sviluppo Sostenibile che dovrebbero essere perseguiti attraverso soluzioni basate sulla Natura vengono indicati: l'urbanizzazione sostenibile, che dovrebbe fondarsi su di un nuovo mix economico-ambientale per rendere le città più attraenti e migliorare il benessere umano; il ripristino degli ecosistemi degradati per migliorare la resilienza dei sistemi antropici ed ambientali; la mitigazione dei cambiamenti climatici per fornire risposte più resilienti da parte dei sistemi antropici e per migliorare lo stoccaggio biologico di carbonio ed infine il miglioramento della gestione dei rischi per offrire sinergie nella riduzione dei rischi multipli e aumentare la resilienza dei sistemi umani e ambientali.

L'adozione di queste strategie per riparare i danni della pressione dei sistemi umani sull'ambiente, derivante dai fenomeni di crescita economica soprattutto a partire dalla seconda metà del Novecento, dovreb-

⁹ Cfr., https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/nature-based-solutions/research-policy_en

¹⁰ Vedi il Dossier IUCN, 2021 037, Lera, M., Agra, R., Segupta, S., Vidal, A., Dickson, B., 2012, *Nature Based Solutions for climate change mitigation*, Commissione Europea, Bruxelles.

be implicare, non solo il riconoscimento dell'enorme valore strategico dei servizi ecosistemici offerti dai sistemi naturali che vanno tutelati e preservati, ma anche l'adozione di una visione culturale naturocentrica al posto di quella attuale antropocentrica, che riconosca alla Natura il ruolo di Modello, Misura e Mentore, secondo i principi della Biomimetica che è la scienza che, valendosi di competenza multi e interdisciplinari, studia il funzionamento degli organismi naturali al fine di trarne principi da applicare a forme, processi, sistemi e strategie utili a risolvere i problemi umani in modo sostenibile¹¹. Come infatti ha scritto Janine Beynus: la Natura non spreca e sostiene la Vita ed è un immenso laboratorio di ricerca e sviluppo vecchio di quasi 4 miliardi di anni, e tutto ciò che come essere umani possiamo inventare la Natura l'ha già inventato¹². In questa ottica, l'adozione di soluzioni basate sulla Natura e l'impiego di tecnologie verdi, come i sistemi di verde pensile, dovrebbero essere impiegate all'interno di una visione olistica e sistemica dell'organismo urbano, volta a reindirizzare i flussi di materia ed energia del metabolismo delle città in senso circolare e non lineare, per diminuire l'impronta ecologica e di carbonio degli insediamenti umani, nonché incrementare la biodiversità e la qualità ambientale.

Rifocalizzando l'attenzione sui sistemi di verde pensile, dal punto di vista strettamente tecnico-edilizio si configurano come una valida alternativa ad altri generi di rivestimento dell'involucro degli edifici e per la copertura dei tetti piani, per le loro ottime prestazioni termiche, estetiche e per la facilità di posa in opera. Accanto a ciò, come abbiamo visto, comportano dei benefici ambientali a livello urbano, attraverso svariate prestazioni ecosistemiche tipiche dei sistemi naturali come ad esempio l'assorbimento della CO₂ e la produzione di ossigeno, il miglioramento della qualità dell'aria attraverso l'intercettazione delle polveri sottili e degli inquinanti che vengono in contatto con essi; il filtraggio e la depurazione delle sostanze inquinanti contenute nelle acque meteoriche; la resistenza al fuoco, la regolazione della temperatura dell'edificio attraverso l'evapotraspirazione delle piante che provoca il raffreddamento delle superfici e dell'aria circostante (che significa anche minore necessità di impianti di condiziona-

mento). Accanto alle prestazioni di tipo biofisico e ambientale vi sono delle qualità di natura percettiva e sociali importanti, perché la presenza di vegetazione nel contesto urbano aumenta il comfort e il benessere degli esseri umani e di tutte le specie viventi, soprattutto in ambiti compromessi e degradati. Un ulteriore elemento non trascurabile per l'adozione dei sistemi di verde pensile, soprattutto negli interventi di riqualificazione, può essere quello di natura economica, infatti il valore di un immobile rivestito da un muro o da un giardino verticale normalmente supera quello degli edifici rivestiti in modo tradizionale. Vero è che nei casi di soluzioni con rivestimenti verticali più articolati e complessi, i costi, soprattutto di manutenzione, possono essere molto elevati. Per questa ragione, nelle nostre città è molto più comune vedere adottato il verde pensile orizzontale per le coperture piuttosto che per i rivestimenti di facciata. Casi esemplari a livello urbano di adozione di sistemi di verde tecnologico per riqualificare edifici e parti di città sono i giardini verticali di Patrick Blanc, inventati secondo lo stesso Blanc per «far tornare la Natura in città», vere e proprie opere d'arte vivente ispirate ai principi della biodiversità¹³. I giardini verticali di Patrick Blanc abbinano ad una forte componente estetica anche diversi aspetti prestazionali, in quanto le strutture addossate alla pareti su cui si sviluppano le piante agiscono da camera d'aria, con buone prestazioni termiche d'inverno e d'estate (non si surriscaldano come le pareti tradizionali e impediscono la dispersione termica dell'edificio) e in parte anche acustiche. Sono sistemi composti da tre strati: a quello più interno ancorato alla parete o autoportante in metallo, che permette la circolazione dell'aria similmente a sistemi tradizionali di parete ventilata, segue uno strato in PVC dello spessore di circa un centimetro e poi lo strato esterno in feltro su cui crescono le radici delle piante. La densità delle specie vegetali è di circa 30 piante per m². I sistemi sfruttano la gravità per l'irrigazione e la fertirrigazione con una distribuzione dall'alto di acqua e nutrienti. Il peso complessivo di un rivestimento di questo tipo è di circa 30 kg al m². I giardini verticali, secondo il modello di Patrick Blanc, possono costare di più di una facciata realizzata con un rivestimento tradizionale, questi costi tuttavia possono

11 Cfr. Beynus J.M, 2002, *Biomimicry. Innovation inspired by Nature*, William Morrow & Co.

12 *Ibidem*.

13 Cfr. Blanc P, 2011, *Le Mur Végétal, de la nature à la ville*, Ed. Michel Lafon.



Fig. 1 Oasis D'Aboukir, Parigi, l'edificio prima dell'intervento di Patrick Blanc, 2013, fonte fotografia <https://www.architetturaecosostenibile.it/>

Fig. 2 Oasis D'Aboukir, Parigi, l'edificio dopo l'intervento di Patrick Blanc, 2013, fonte fotografia <https://www.architetturaecosostenibile.it/>

essere compensati dai minori costi energetici dovuti alle buone prestazioni termiche dell'involucro. Sono invece piuttosto elevati i costi di manutenzione, che necessitano di periodiche e frequenti sostituzioni di diversi componenti, piante ma anche i materiali a supporto dei sistemi vegetativi installati all'aperto. Un risparmio significativo si può conseguire adottando sistemi più semplici come quelli di tipo a

graticcio, con struttura metallica indipendente dalla facciata dell'edificio, oppure adottando sistemi con una copertura vegetativa più semplice come il cosiddetto prato verticale. Molti di questi ultimi sistemi che si trovano sul mercato, sono costituiti da pannelli modulari di piccole dimensione inerbiti in cantiere, rapidi e semplici da montare.

Conclusioni

Nell'ottica di un rinnovato binomio Natura-Architettura soprattutto nelle città, pare auspicabile l'impiego e la diffusione dell'utilizzo di sistemi di verde pensile, orizzontale e verticale, per riqualificare e rigenerare ambiti ed edifici degradati per molteplici ragioni. A livello edilizio, per ragioni di natura prestazionale, in quanto questi sistemi si configurano come tecniche di rivestimento di tetti e pareti facili da posare, di costi mediamente poco più elevati di quelli realizzati con tecniche e materiali più tradizionali, compensati da minori costi di esercizio per le prestazioni energetiche e anche acustiche e per la piacevolezza estetica. A livello urbano, perché concorrono ad aumentare la superficie di verde presente nei quartieri e negli isolati, e perché attraverso i servizi ecosistemici propri delle coperture vegetazionali contribuiscono a migliorare il comfort ambientale, a mitigare gli effetti del cambiamento climatico, a tutelare la biodiversità e la qualità percettiva ed estetica

del paesaggio urbano. Tuttavia utilizzare questi sistemi senza inserire il loro utilizzo in un quadro ampio di pianificazione che consideri la città in ottica sistemica, nelle sue complesse interconnessioni tra sistema antropico e naturale, all'interno di una progettazione, dalla scala urbana a quella di dettaglio, basata su un approccio Biomimetico e di Nature-based Solutions (NbS), significa sminuirne le potenzialità e non comprendere l'urgenza di un cambio di paradigma nelle relazioni tra sistemi umani e ambiente. Sarebbe dunque auspicabile che gli attori pubblici in Italia si facciano promotori di questa urgenza adottando strategie di pianificazione urbana e territoriale olistiche e sistemiche, basate sulle NbS e che favoriscano attraverso misure di incentivazione fiscale, l'impiego di questi sistemi di rivestimento viventi, che portano benefici diretti e indiretti non solo ai singoli utenti/committenti ma anche al resto della collettività cittadina.

Riferimenti Bibliografici

- Andreucci, M.B., 2019. *Progettare l'involucro urbano. Casi di studio di progettazione tecnologica ambientale*. Wolters Cluwer, Italia.
- Beynus, J.M., 2002. *Biomimicry. Innovation inspired by Nature*. William Morrow & Co.
- Bit, E., 2012. *Il nuovo verde verticale. Tecniche, progetti, linee guida*. Wolters Cluwer Italia.
- Blanc, P., 2011. *Le Mur Végétal, de la nature à la ville*, Edition Michel Lafon.
- De Pascali, P. (eds), 2015, *L'energia nelle trasformazioni del territorio. Ricerche su governance ed energia nelle trasformazioni del territorio*. Franco Angeli, Milano.
- ISPRA, 2012. *Verde pensile: prestazione di sistema e valore ecologico, Manuale e Linee Guida*.
- ISPRA, 2018. *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*, Rapporti 288/2018, Roma.
- ISTAT, 2017. *Forme, livelli e dinamiche dell'urbanizzazione in Italia*, Roma.
- Lera, M., Agra, R., Segupta, S., Vidal, A., Dickson, B., 2021. *Nature Based Solutions for climate change mitigation*, Commissione Europea, Bruxelles.
- Mele, C., Franchini C., 2021. Revaluing the Bioclimatic in the Modern Movement: Arté and Teknè, in *Inheritable Resilience: Sharing Values of Global Modernities*, Tokyo: Do.co.mo.mo Japan, 2020, vol. 2, pp. 488-493.
- UN HABITAT, 2016. *World cities report*, HS/038/16.
- UNESCO, 2010. *Urban connections of biosphere reserves*.
- UNITED NATION, 2018. *World Urbanisation Prospect: the 2018 revision - WUP2018*.
- UNITED NATION ENVIRONMENT, 2016. *Global roadmap toward GHG and resilient buildings, Global Alliance for buildings and construction (GABC)*, November 2016, www.unep.org.
- Wackernagel, M., Rees, W., 1996. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, Gabriola Island, New Society Publishers; Trad. It. 2004, *L'impronta ecologica. Come ridurre l'impatto dell'uomo sulla terra*, Milano, Edizioni Ambiente.