

CONTENT

CESARE SPOSITO (EDITORIAL)	<i>Strategie ecosistemiche e infrastrutture verdi in simbiosi con il costruito</i> Ecosystem strategies and green infrastructures in symbiosis with the built form	3
MANUEL GAUSA	<i>Topologie verdi e paesaggi oltre il paesaggio. 30 anni di ricerche avanzate sulla ibridizzazione del verde</i> Green topologies and landscapes beyond the land. A 30-years research on green hybridization	14
FRANCESCA SCALISI, DAVID NESS	<i>Simbiosi tra vegetazione e costruito. Un approccio olistico, sistemico e multilivello</i> Symbiosis of greenery with built form. A holistic, systems, multi-level approach	26
FRANCESCA OLIVIERI	<i>Progettazione simbiotica per un ecosistema urbano resiliente</i> Symbiotic design for a resilient urban ecosystem	40
SILVIA BARBERO, CAROLINA GIRALDO NOHRA CRISTIAN CAMPAGNARO	<i>Soluzioni sistemiche per un benessere olistico delle città. Processi, risultati e riflessioni</i> Systemic solutions for the holistic well-being of cities. Processes, results and reflections	50
EMANUELA COPPOLA, LEONARDO ZAFFI MICHELE D'OSTUNI	<i>Dalle Superillas al tactical greenery. Sperimentazioni e strategie transcalari di rigenerazione vegetale dello spazio urbano</i> From Superillas to tactical greenery. Experiments and transcalar strategies of vegetal regeneration of urban space	62
KEVIN SANTUS, ISABELLA SPAGNOLO DANIELE ROCCARO, MAICOL NEGRELLO	<i>Progettare l'adattamento. Resilienze di agricoltura urbana nel contesto europeo</i> The Resilience of urban agriculture in the European context	74
BEATRICE BALDUCCI, FRANCESCO CAMILLI	<i>Progettare l'ecologia. Il vegetale come paradigma possibile di un'architettura sostenibile e resiliente</i> Designing ecology. The organic as a possible paradigm of a sustainable and resilient architecture	84
SIMONA TALENTI, ANNARITA TEODOSIO	<i>Grattacieli e vegetazione. Una simbiosi inedita</i> Skyscrapers and greenery. An unprecedented symbiosis	94
ANTONELLA FALZETTI, INA MACAIONE VERA AUTILIO	<i>Ordine, complessità, misura. Il progetto tra architettura e natura</i> Order, complexity, measure. The project between architecture and nature	104
ALBERTO BOLOGNA, ADRIANA GHERSI STEFANO MELLI	<i>Lecture integrate per il verde pensile urbano. Codici espressivi e forme di natura</i> Integrated readings for the urban green roof. Expressive codes and forms of nature	114
OSCAR E. BELLINI, GIUSEPPE RUSCICA VITTORIO PARIS	<i>Verso una nuova ecologia dell'abitare condiviso. Verde tecnologico e Internet of Nature</i> Towards a new ecology of shared living. Technological greenery and the Internet of Nature	124
DANIEL IBÁÑEZ, VICENTE GUALLART MICHAEL SALKA	<i>La prototipizzazione pedagogica di edifici ecologici avanzati e biocittà presso il Valldaura Labs</i> On pedagogical prototyping of advanced ecological buildings and biocities at Valldaura Labs	136
EMANUELE SOMMARIVA, NICOLA V. CANESSA GIORGIA TUCCI	<i>Azioni verdi per città innovative. Il nuovo paesaggio agroalimentare</i> Green actions for innovative cities. The new agri-food landscape	150
VALERIA D'AMBROSIO, FERDINANDO DI MARTINO MARINA RIGILLO	<i>Tecnologie geocomputazionali digitali per il metaprogetto di infrastrutture verdi urbane</i> Digital geocomputational technologies for the metaproject of urban green infrastructures	162
ROBERTA COCCI GRIFONI, TIMOTHY D. BROWNLEE GRAZIANO E. MARCHESANI, MARIA F. OTTONE	<i>La micro-forestazione urbana per l'adattamento climatico nei porti minori del medio Adriatico</i> Urban micro-forestry for climate adaptation in the smaller ports of the mid-Adriatic sea	172
CAROLA CLEMENTE, MASSIMO PALME, ANNA MANGIATORDI DANIELE LA ROSA, RICCARDO PRIVITERA	<i>Il verde urbano nella riduzione dei carichi di raffrescamento. Simulazioni nel clima Mediterraneo</i> Urban green areas in the reduction of cooling loads. Simulations in the Mediterranean climate	182
RENATA VALENTE, ROBERTO BOSCO SAVINO GIACOBBE, SALVATORE LOSCO	<i>Il progetto di infrastrutture verdi per le acque piovane. Note di metodo da un caso studio</i> Green stormwater infrastructures research through design. Method notes from a case study	192
FABRIZIO TUCCI, MARCO GIAMPAOLETTI	<i>Soluzioni green per la sottrazione e lo stoccaggio di carbonio nei distretti urbani</i> Green solutions for removing and storing carbon in urban districts	202
MAURIZIO M. BOCCONCINO, MARIAPAOLA VOZZOLA	<i>Repertori aperti per istruire sistemi urbani ecologici. Strumenti grafici e transizione verde</i> Open repertoires for instructing ecological urban systems. Graphic tools and green transition	214
JULIA NERANTZIA TZORTZI, MARIA STELLA LUX	<i>Rinverdire i centri storici. Il ruolo dello spazio pubblico nell'infrastruttura verde di Milano</i> Renaturing historical centres. The role of private space in Milan's green infrastructures	226
MARIA CANEPA, FRANCESCA MOSCA ENRICA ROCCOTIELLO, ALEXANDRE CHANGENET ET ALII	<i>Ecologies, oltre l'inverdimento. Un approccio multi-specie per lo spazio urbano</i> Ecologies, beyond greening. A multi-species approach for urban design	238
CHIARA CATALANO, ANDREA BALDUCCI	<i>Analisi ambientale e progettazione ecosistemica. Sondaggi, criticità e soluzioni applicative</i> Environmental analysis and ecosystemic design. Survey, critical issues and application solutions	246
BRENDA CHAVES COELHO LEITE, LUCAS GOBATTI ISABELA GAMBÁ HUTTENLOCHER	<i>Tetti verdi subtropicali a bassa manutenzione. Verde spontaneo e profondità del substrato</i> Low-maintenance subtropical green roofs. Spontaneous vegetation and substrate depth	258
LUCAS BÜSCHER, ROMAN POLSTER HEIKE KLUSSMANN	<i>Botanical concrete. Sperimentazione su substrati di calcestruzzo per l'inverdimento verticale</i> Botanical concrete. Experimentation on concrete substrates for vertical greening	266
FEDERICA DAL FALCO, ROSANNA VENEZIANO MICHELA CARLOMAGNO	<i>Collaborazione tra natura e artificio. Processi simbiotici tra scienze, arti e design</i> Natural and artificial interaction. Symbiotic processes between science, art and design	274
MARINELLA FERRARA, ALESSANDRO SQUATRITO	<i>L'innovazione design-driven dei materiali circolari a base biologica. Strategie e competenze per la progettazione</i> Design-driven innovation of bio-based circular materials. Design strategies and skills	288

11

International Journal of Architecture Art and Design

11 | 2022

VEGETAZIONE – LA SUA SIMBIOSI CON IL COSTRUITO | GREENERY – ITS SYMBIOSIS WITH THE BUILT ENVIRONMENT

AGATHÓN

VEGETAZIONE
LA SUA SIMBIOSI
CON IL COSTRUITO

GREENERY
ITS SYMBIOSIS WITH
THE BUILT ENVIRONMENT

11
2022

AGATHÓN
International Journal
of Architecture, Art and Design

ISSN print: 2464-9309 – ISSN online: 2532-683X

Scientific Directors

GIUSEPPE DE GIOVANNI, CESARE SPOSITO (University of Palermo, Italy)

Managing Director

MICAELA MARIA SPOSITO

International Scientific Committee

ALFONSO ACOCCELLA (University of Ferrara, Italy), **JOSE BALLESTEROS** (Polytechnic University of Madrid, Spain), **ROBERTO BOLOGNA** (University of Firenze, Italy), **TAREK BRIK** (University of Tunis, Tunisia), **TOR BROSTRÖM** (Uppsala University, Sweden), **JOSEP BURCH I RIUS** (University of Girona, Spain), **ALICIA CASTILLO MENA** (Complutense University of Madrid, Spain), **JORGE CRUZ PINTO** (University of Lisbon, Portugal), **MARIA ANTONIETTA ESPOSITO** (University of Firenze, Italy), **EMILIO FAROLDI** (Polytechnic University of Milano, Italy), **GIOVANNI FATTA** (University of Palermo, Italy), **FRANCISCO JAVIER GALLEGU Roca** (University of Granada, Spain), **PIERFRANCO GALLIANI** (Polytechnic University of Milano, Italy), **JAVIER GARCÍA-GUTIÉRREZ MOSTEIRO** (Polytechnic University of Madrid, Spain), **MOTOMI KAWAKAMI** (Tama Art University, Japan), **WALTER KLASZ** (University of Art and Design Linz, Austria), **INHEE LEE** (Pusan National University, South Korea), **MARIO LOSASSO** ('Federico II' University of Napoli, Italy), **MARIA TERESA LUCARELLI** (Mediterranea University of Reggio Calabria, Italy), **RENATO TEOFILO GIUSEPPE MORGANTI** (University of L'Aquila, Italy), **OLIMPIA NIGLIO** (Hokkaido University, Japan), **MARCO ROSARIO NOBILE** (University of Palermo, Italy), **ROBERTO PIETROFORTE** (Worcester Polytechnic Institute, USA), **CARMINE PISCOPO** ('Federico II' University of Napoli, Italy), **PAOLO PORTOGHESI** ('Sapienza' University of Roma, Italy), **PATRIZIA RANZO** ('Luigi Vanvitelli' University of Napoli, Italy), **DOMINIQUE ROUILLARD** (National School of Architecture Paris Malaquais, France), **LUIGI SANSONE** (Art Reviewer, Milano, Italy), **ANDREA SCIASCIA** (University of Palermo, Italy), **FEDERICO SORIANO PELAEZ** (Polytechnic University of Madrid, Spain), **BENEDETTA SPADOLINI** (University of Genova, Italy), **CONRAD THAKE** (University of Malta), **FRANCESCO TOMASELLI** (University of Palermo, Italy), **MARIA CHIARA TORRICELLI** (University of Firenze, Italy)

Editor-in-Chief

FRANCESCA SCALISI (DEMETRA Ce.Ri.Med., Italy)

Editorial Board

MARIO BISSON (Polytechnic University of Milano, Italy), **TIZIANA CAMPISI** (University of Palermo, Italy), **CLICE DE TOLEDO SANJAR MAZZILLI** (University of São Paulo, Brazil), **GIUSEPPE DI BENEDETTO** (University of Palermo, Italy), **ANA ESTEBAN-MALUENDA** (Polytechnic University of Madrid, Spain), **RAFFAELLA FAGNONI** (IUAV, Italy), **ANTONELLA FALZETTI** ('Tor Vergata' University of Roma, Italy), **RUBÉN GARCÍA RUBIO** (Tulane University, USA), **MANUEL GAUSA** (University of Genova, Italy), **PILAR CRISTINA IZQUIERDO GRACIA** (Polytechnic University of Madrid, Spain), **PEDRO ANTÓNIO JANEIRO** (University of Lisbon, Portugal), **MASSIMO LAURIA** (Mediterranea University of Reggio Calabria, Italy), **INA MACAIONE** (University of Basilicata, Italy), **FRANCESCO MAGGIO** (University of Palermo, Italy), **ELODIE NOURRIGAT** (Ecole Nationale Supérieure d'Architecture Montpellier, France), **ELISABETTA PALUMBO** (University of Bergamo, Italy), **FRIDA PASHAKO** (Epoka University of Tirana, Albania), **JULIO CESAR PEREZ HERNANDEZ** (University of Notre Dame du Lac, USA), **PIER PAOLO PERRUCCIO** (Polytechnic University of Torino, Italy), **ROSA ROMANO** (University of Firenze, Italy), **MONICA ROSSI-SCHWARZENBECK** (Leipzig University of Applied Sciences, Germany), **DARIO RUSSO** (University of Palermo, Italy), **MARCO SOSA** (Zayed University, United Arab Emirates), **ZEILA TESORIERE** (University of Palermo, Italy), **ANTONELLA TROMBADORE** (World Renewable Energy Network, UK), **ANTONELLA VIOLANO** ('Luigi Vanvitelli' University of Campania, Italy), **GASPARE MASSIMO VENTIMIGLIA** (University of Palermo, Italy), **ALESSANDRA ZANELLI** (Polytechnic University of Milano, Italy)

Assistant Editor

SANTINA DI SALVO (DEMETRA Ce.Ri.Med.)

Graphic Designer

MICHELE BOSCARINO

Executive Graphic Designer

ANTONELLA CHIAZZA, PAOLA LA SCALA

Web Editor

PIETRO ARTALE

Il Journal è stampato con il contributo degli Autori che mantengono i diritti sull'opera originale senza restrizioni.

The Journal is published with fund of the Authors whom retain all rights to the original work without any restrictions.

AGATHÓN adotta il sistema di revisione del double-blind peer review con due Revisori che, in forma anonima, valutano l'articolo di uno o più Autori. I saggi nella sezione 'Focus' invece non sono soggetti al suddetto processo di revisione in quanto a firma di Autori invitati dal Direttore Scientifico nella qualità di esperti sul tema.

The AGATHÓN Journal adopts a double-blind peer review by two Referees under anonymous shape of the paper sent by one or more Authors. The essays on 'Focus' section are not subjected to double-blind peer review process because the Authors are invited by the Scientific Director as renowned experts in the subject.

AGATHÓN è stata inclusa nella lista ANVUR delle riviste di classe A per l'area 08 e i settori 08C1, 08D1, 08E1 e 08E2 a partire dal volume 1 del 2017.

AGATHÓN has been included in the Italian ANVUR list of A Class journals for area 08 and sectors 08C1, 08D1, 08E1 and 08E2 starting from January 2017.

AGATHÓN | International Journal of Architecture Art and Design

Issues for year: 2 | ISSN print: 2464-9309 | ISSN online: 2532-683X

Registrazione n. 12/2017 del 13/07/2017 presso la Cancelleria del Tribunale di Palermo

Registration number 12/2017 dated 13/07/2017, registered at the Palermo Court Registry

Editorial Office

c/o DEMETRA Ce.Ri.Med. | Via Alloro n. 3 | 90133 Palermo (ITA) | E-mail: redazione@agathon.it

Promoter

DEMETRA Ce.Ri.Med.

Centro Documentazione e Ricerca Euro-Mediterranea | Euro-Mediterranean Documentation and Research Center

Publisher

Palermo University Press | Via Serradifalco n. 78 | 90145 Palermo (ITA) | E-mail: info@newdigitalfrontiers.com

Finito di stampare nel Giugno 2022 da

Printed in June 2022 by

FOTOGRAF s.r.l. | viale delle Alpi n. 59 | 90144 Palermo (ITA)

LETTURE INTEGRATE PER IL VERDE PENSILE URBANO

Codici espressivi e forme di natura

INTEGRATED READINGS FOR THE URBAN GREEN ROOF

Expressive codes and forms of nature

Alberto Bologna, Adriana Gherzi, Stefano Melli

ABSTRACT

La qualità dello spazio pubblico richiede nuovi paradigmi di studio: tasselli interconnessi di un più ampio sistema di verde urbano possono garantire servizi ecosistemici e vivibilità a spazi densi di significato culturale e attrattiva sociale. In particolare il verde pensile, garantendo nuove connessioni con il contesto, si dimostra nuova possibilità strategica per dare valore e spazio di natura, guardando alla città costruita come a un sistema vivente. Elemento sempre più frequente, talora generativo, del linguaggio della 'terza rivoluzione industriale digitale verde', il verde pensile ha fornito una risposta in chiave compositiva, formale e ornamentale alle esigenze di risparmio energetico e di minor consumo delle risorse materiali e naturali alla scala della città, come a quella dell'architettura, in contesti climatici e socio-tecnici differenti. Il contributo intende analizzare il verde pensile nel suo ruolo di elemento strategico per la rigenerazione complessiva del sistema urbano e di elemento architettonico identificativo della cultura del progetto del nostro tempo.

The quality of public space requires new study paradigms: interconnected pieces of a broader urban green system can guarantee ecosystem services and liveability to spaces full of cultural meaning and social attraction. In particular, green roof gardens, by guaranteeing new connections with the context, prove to be a new strategic possibility to give value and space to nature, looking at the built city as a living system. An increasingly frequent, sometimes generative element of the language of the 'third digital green industrial revolution', green roof gardens have provided a compositional, formal and ornamental response to the need to save energy and reduce the consumption of materials and natural resources on a city-wide scale, as well as that of architecture, in different climatic and socio-technical contexts. This contribution intends to analyse green roof gardens as a strategic element for the overall regeneration of the urban system and as an architectural element identifying the design culture of our time.

KEYWORDS

città densa, densità di piante, verde pensile strategico, tettonica, codici espressivi contemporanei

dense city, plant density, strategic green roofs, tectonics, contemporary expressive codes

Alberto Bologna, Architect and PhD, is an Assistant Professor in Architectural and Urban Composition at the Department of Architecture and Design of the 'Sapienza' University of Rome (Italy). He concentrates his research in the field of a design culture based on construction through the relationship between tectonics, compositional aspects and the conception of architectural space. E-mail: alberto.bologna@uniroma1.it

Adriana Gherzi, Associate Professor of Landscape Architecture at the DAD Department of the University of Genoa (Italy), focuses on the role of landscape as a place of relationship between different disciplines regarding Landscape Planning and Design, Therapeutic Landscapes, and Historical Gardens. E-mail: adriana.ghersi@unige.it

Stefano Melli, Landscape Architect, is a PhD Candidate at the DAD Department of the University of Genoa (Italy). His research is mainly focused on the multi-scalar study of green roofs as a new form of nature in the city, and the integration of humans and the wild in the ecological dynamics affecting the urban landscape. E-mail: stefano.melli.t9@gmail.com

La densificazione delle aree urbane è stata a lungo considerata una strategia appetibile per evitare il consumo di suolo e combattere logiche di incontrollata espansione urbana (Tabb, 2021). Densificare significa agire entro i confini della città, aumentando la disponibilità di spazio urbano abitabile e investendo in politiche di incremento locale della popolazione, specialmente nelle città in rapida crescita sottoposte a forti pressioni demografiche ed economiche (Teller, 2021). Nell'arco di soli 30 anni la popolazione mondiale crescerà di 2 miliardi e più di due terzi del totale vivrà nelle città: un trend dovuto sia all'alta natalità di Paesi come Cina, India e Nigeria, sia ai migranti nazionali e internazionali, che si sposteranno nelle città con la speranza di migliorare la propria qualità di vita (Eurostat, 2021).

Facendo riferimento alla prossimità tra servizi, luoghi di lavoro e aree residenziali, la densificazione ridurrebbe l'utilizzo di automobili in favore di un uso maggiore di mezzi di trasporto pubblici e di mobilità dolce (Teller, 2021). Eppure, i suoi presupposti rivelano un cortocircuito che mina persino le basi della densificazione più 'smart'¹: il tasso d'incremento della superficie urbanizzata abitabile risulta essere quasi doppio rispetto al tasso di crescita della popolazione (Angel et alii, 2011), anche in quei Paesi soggetti a un declino demografico, come l'Italia, dove, al ritmo attuale, le superfici abitabili continueranno comunque a crescere di circa il 3% (Munafò, 2020); inoltre, pur parlando di strategie sostenibili, un'espansione volumetrica guidata dall'obiettivo di incrementare la prosperità umana, non sarebbe, in ogni caso, esente da impatti ambientali (Hickel and Kallis, 2019). In nome della sostenibilità, la città densa si trasforma in un luogo a bassa abitabilità e socialità, dove il contatto con la natura viene cercato altrove; nella città densa, sembra quasi che la volumetria assuma più importanza della vivibilità, ponendo sotto i riflettori la differenza tra vuoti e pieni, piuttosto che la qualità del progetto (Lamour, 2010).

Il contributo ha la finalità di analizzare il verde pensile inteso tanto quale elemento strategico per la rigenerazione complessiva del sistema urbano, quanto vero e proprio elemento architettonico in grado di dar vita a codici espressivi identificativi della cultura del progetto del nostro tempo. Da queste ragioni deriva la struttura dello scritto, caratterizzato da ragionamenti condotti dalla scala della città a quella dell'edificio e attraverso il riferimento a casi studio, emblematici e identificati in maniera strumentale, a una progressiva riscrittura di una teoria della progettazione della 'terza rivoluzione digitale verde' (Rifkin, 2019, p. 19).

Far spazio alla natura | Di fronte alla fallacia della città compatta, Neuman (2005) intuisce la necessità di 'elevare il livello del gioco'. È necessario ricercare un equilibrio tra pianificazione funzionale e progettazione di spazi vivibili, adottando un punto di vista dinamico che guardi all'urbanizzazione come al frutto di un processo coevolutivo e non solo come a una strategia della forma. In tal senso, è interessante riprendere la visione offerta dalla bionomia, che indaga le leggi biologico-ambientali e la fisiologia di un territorio, introducendo un significativo cambio di paradigma sulla città: un intero territorio (città compresa) può essere considerato totalmente co-

me un sistema vivente caratterizzato da uno stato di quasi-equilibrio o metastabilità² (Wu and Loucks, 1995; Ingegnoli, 2015), secondo cui, per garantire il passaggio a un nuovo modello di città, è indispensabile definire sistemi e reti integrati in grado di rigenerare, proteggere e migliorare il nostro paesaggio quotidiano a partire dal sistema del verde (Santolini and Morri, 2017). L'integrazione di dispositivi ispirati alla natura (Capra, 2006; Mancuso, 2019) da connettere al sistema del verde esistente (Giran, 2015), incluse quelle aree residuali di terzo paesaggio che garantiscono protezione ai sistemi urbani e possibilità di diffusione di specie (Clément, 2010), sposta scalarmen- te il progetto che deve confrontarsi con i livelli macro e micro.

Nell'approccio orientato al Natural-based Thinking, il verde pensile si conferma come opportunità strategica di rigenerazione del sistema urbano: adottando una visione multidimensionale e multispecie, è possibile indirizzare il progetto verso una qualità dei luoghi che leghi fisicamente e culturalmente le aree a verde pensile al contesto di riferimento (Florineth, 2007); nuove forme di natura per restituire, a diverse scale, nuove connessioni, ottimizzando gli scambi metabolici e garantendo alta biodiversità (Farina, 2021). In questo senso un sistema integrato e interconnesso di verde pensile andrebbe a costituire un'epidermide vivente in grado di regolare il passaggio di materiali ed energia sotto forme diverse, aumentando su più livelli la porosità del sistema urbano. È uno strumento vivo che intercetta, assorbe, filtra e trasmette.

L'interconnessione così generata in città migliora la qualità della vita dei suoi abitanti, i quali possono entrare in contatto tra loro attraverso spazi naturali di prossimità, soprattutto se progettati per essere accessibili e multifunzionali, sperimentando una diminuzione dello stress e un aumento generale del benessere (Ingegnoli, 2015). La capacità del verde pensile di essere innestato nella città consolidata permette, inoltre, la creazione di luoghi di valore diffusi, intesi come spazi in grado di accogliere contemporaneamente flora, fauna ed esseri umani (Mazzino, 2020), nonché promotori di cultura e senso di appartenenza della comunità cittadina (Melli, 2021).

Le soluzioni progettuali più interessanti di questo secolo hanno evidenziato la necessità di riprodurre o rendere possibili meccanismi di adattamento localizzati e processi naturali, rompendo la continuità della città densa, attraverso inserti in cui le piante (e non solo) possano trovare un habitat vitale, per cambiare completamente il carattere e le modalità di utilizzo da parte dei cittadini di alcune porzioni di suolo urbano 'pensile' (Voghera, 2015). Proponendo nuovi spazi, i progetti contemporanei hanno il compito di raccontare i nuovi bisogni della comunità, in cui le dimensioni biologiche, cognitive e sociali sono strettamente integrate.

Linuaggi, canoni formali, immagine architettonica contemporanea | Alla scala dell'architettura, il verde pensile ha fornito una risposta in chiave tecnica, compositiva, formale e ornamentale alle esigenze di risparmio energetico e di minor consumo di risorse, integrando nella forma costruita istanze energetico-prestazionali, aspetti fisico-formali, socio-culturali e tecnico-costruttivi

dell'architettura, attraverso la declinazione del rapporto forma-tipo-clima. La varietà delle soluzioni progettuali utilizzate per la creazione dei tetti verdi rende lecito analizzare la stagione architettonica corrente attualizzando una cultura progettuale fondata sul concetto di tettonica, intesa come arte dell'assemblaggio, un concetto sviluppato dagli studi di K. Frampton (1995, 2015), che pongono al centro delle loro indagini il rapporto tra forma, codici espressivi e costruzione in architettura. Ne deriva una lettura critica che richiama in parte una posizione prettamente 'tecnicista', certamente meno radicale di quanto postulato da V. Olgyay³ nel 1963 e mediato dalle convinzioni di G. W. Reinberg (1998, p. 109), per il quale la 'ecological architecture' gode di un proprio linguaggio assolutamente riconoscibile e autonomo, pur rappresentando «[...] a reflection of technical, social and economic transition».

Il tetto verde è, innanzitutto, un efficace espediente tecnologico e costruttivo, atto a fronteggiare gli effetti del cambiamento climatico. L'obiettivo è progettare un organismo architettonico climaticamente responsabile, caratterizzato da ambienti interni confortevoli e da un basso dispendio di risorse per il loro riscaldamento o raffrescamento (Ferrini, 2020). Il concetto di tettonica è dunque attualizzato sulla base dell'osservazione, ad esempio, delle tecniche costruttive adottate per venire incontro agli aspetti compositivi dell'edificio nell'inserimento di una superficie vegetale in copertura; ne è un esempio emblematico il sistema di piantumazione all'interno di 'vassoi' costruiti in materiale organico che dopo la radicazione diventano terra, utilizzati per la creazione della superficie verde ondulata del Museo della California Academy of Sciences a San Francisco progettato da RPBW (2000-08).

Le implicazioni costruttive che sanciscono i codici espressivi di edifici concepiti per fare della copertura a verde pensile uno dei parametri compositivi capaci di renderli al passo coi tempi, sia sul piano estetico sia su quello funzionale, diventano imprescindibili nella riqualificazione spaziale e funzionale dell'architettura esistente: il recente studio Rooftop Catalogue pubblicato da MVRDV (2021) mostra in maniera evidente come la vegetazione accompagni la totalità delle funzioni potenzialmente addizionali sulle coperture degli edifici esistenti, siano esse residenziali, ricreative o sportive, sino a eccessi quali 'a petting zoo or a nature cemetery'; non a caso, MVRDV sta progettando, a Monte Carlo, un cimitero collocato sul tetto di un edificio per uffici, per via della mancanza di spazio libero nel territorio del Principato.

La soluzione del tetto giardino deriva chiaramente da pratiche del buon costruire della tradizione, capace di presentare le più forti ricadute sul piano compositivo in termini di aderenza figurativa ai principi dettati dalla progettazione bioeco-orientata del nostro tempo (Arpa and Ravon, 2019). Un espediente valido nei secoli e nelle diverse regioni climatiche, dai tradizionali tetti a falde vegetati delle Isole Faroe (Grullón-Penkova, Zimmerman and González, 2020), ai giardini pensili di Babilonia, fino al tetto-giardino lecorbusiano, icona di modernità architettonica e pragmatismo costruttivo, derivata dalla necessità di ridurre la temperatura sulla superficie della copertura in calcestruzzo armato (Oechslin, 1987).



Fig. 1 | Promenade Plantée in Paris: on the 9-metre-wide arched viaduct of the disused railway, lime trees have been planted on either side of a central path, at the pillars, where the ground reaches 2 metres in depth (credit: A. Ghersi, 2019).

Fig. 2 | Along the viaduct, there are several 'theme gardens': a linear element of water gives an image of freshness and richness to the vegetation (credit: A. Ghersi, 2019).

La teoria dell'architettura deve oggi misurarsi con un 'cambio di paradigma' culturale e tecnico del linguaggio architettonico, attuato in primis dalle politiche nazionali e locali circa la gestione del suolo e il controllo delle risorse energetiche in edilizia e, come conseguenza, dai progettisti che devono fornire una risposta a queste istanze (Bologna, 2021). Se contestualizzata nell'ambito della produzione architettonica contemporanea, la concezione di tetto-giardino non riscontra un mutamento significativo dei suoi principi progettuali, a partire dalla sua essenza di millenaria e pragmatica soluzione tecnica.

L'architettura contemporanea amplifica la teoria lecorbusiana intendendo il verde pensile non solo come spazio tridimensionale accessorio all'edificio, creato a partire da uno o più piani bidimensionali della sua copertura ma, sul piano estetico, come una vera e propria superficie con un ruolo compositivo e spaziale attivo, definito anche nella messa a sistema della singola architettura con l'organismo urbano in cui è inserita. A tal proposito, significativa è la riflessione di Stefano Boeri (2021, p. 26), attualmente al lavoro su «[...] una nuova città di fondazione in Messico: una Città Foresta dove i tetti delle case saranno una quinta facciata abitabile perché gran parte del traffico delle merci – e poi probabilmente anche delle persone – arriverà atterrando sulle coperture degli edifici».

Il verde pensile si rivela dunque uno degli strumenti figurativi più efficaci e appropriati nel veicolare l'immagine dell'architettura d'oggi, an-

che oltre l'effettiva rispondenza a reali esigenze climatiche o a prassi costruttive locali (Vander-Goot, 2018): l'inserimento di vegetazione diviene strumento espressivo, sostituendo la retorica del proprio codice narrativo all'idea di efficienza energetica, assunta, in precedenza, dall'esibizione di pannelli solari o fotovoltaici.

Il verde pensile diviene uno dei principali stili dell'architettura d'oggi, al di là di una poco manifesta consapevolezza critica del suo potere generativo di linguaggi e formalismi palesata, ad esempio, dai lacunosi accenni generalisti riportati all'interno del volume *Elements of Architecture* curato da R. Koolhaas: «The paradox of the roof is that its inevitable regionalism – the Black Forest roof, the Chinese roof etc. – coexist with universal principles and physical requirements that must be followed in order to keep the roof up and the weather out» (Feng, Zhenning and Peterman, 2018, p. 387). Tuttavia, a queste premesse non fanno seguito riflessioni né sulla concezione post-lecorbusiana di edifici climaticamente responsabili né sulle ricadute che il verde pensile comporta sul piano espressivo e compositivo, ragionamenti che avrebbero portato, probabilmente, a riflettere su come proprio la globalizzazione del linguaggio architettonico contemporaneo di fatto tragga alcuni principi da buone pratiche proprie di una progettazione bio-ecorientata derivata dalla tradizione (Tabb and Deviren, 2014).

Il ruolo delle piante nella qualità del progetto

Il codice narrativo del verde pensile vede le piante come protagoniste degli spazi. Le condizioni estreme per la vita (scarsità di suolo e acqua, alto impatto del vento e degli agenti inquinanti urbani, difficoltà di manutenzione) hanno richiesto uno studio attento delle caratteristiche dei luoghi e delle associazioni naturali delle specie, per poter riprodurre spazi caratterizzati dalle piante stesse (Lucas, 2011). Qui, la ricchezza del verde e il suo aspetto estetico hanno determinato un mutamento nella percezione delle aree urbane (Oudolf and Kingsbury, 2013), come mostrano alcuni progetti di successo, veri e propri strumenti di comunicazione dei concetti di resilienza, biodiversità ed ecologia urbana (Dunnett, 2019). Aspetti ecologici e criteri progettuali interagiscono nel lavoro dell'Architetto Paesaggista: non solo il miglioramento delle condizioni ambientali, ma anche un nuovo modo di disegnare uno spazio, utilizzando le piante in modo intenzionale per far percepire al pubblico i principi della sostenibilità, dell'aumento della biodiversità, dell'interazione a più livelli tra il sito di progetto e il paesaggio in cui si inserisce.

Partendo dallo studio delle associazioni spontanee di piante in natura alcune scelte formali hanno fortemente influenzato l'idea stessa di giardino pensile; progetti, diventati modelli di riferimento culturale hanno mostrato l'interessante aspetto di naturalezza con piante in grado di ricostruire habitat più ricchi, per accogliere comunità di specie vegetali e animali (ad es. impollinatori), insieme a comunità urbane in cerca di luoghi in cui riconoscersi. Sorprendenti associazioni di specie, con arbusti ed erbece perenni, riproducono l'emozione di una presunta spontaneità e mostrano l'interesse di alcune piante nelle diverse stagioni: in alcuni casi persino col-

tivazioni e orti hanno popolato i tetti di edifici dismessi diventando spazi produttivi condivisi da alcuni gruppi sociali.

L'obiettivo è incrementare il gradimento di spazi ad alto valore di biodiversità: una nuova estetica minimalista racconta il ruolo delle aree urbane verdi nella loro interazione; attraverso piante selezionate per rusticità, i progettisti hanno saputo sviluppare uno 'stile nuovo', caratterizzato da onde di erbece perenni eleganti, colorate, con lunghe fioriture ed elementi di interesse. Il visitatore viene attratto da scenari inusuali, dove l'espressione formale traduce la ricchezza di una natura imitata, di una naturalezza ricercata, per mostrarne la bellezza e definirne nuovi canoni di apprezzamento estetico. Le tendenze più innovative mostrano progetti che, a partire dall'osservazione di paesaggi specifici (dehesa, greti in alveo, praterie e garighe), sono in grado di sfruttare l'adattamento delle piante come meccanismo di evoluzione che trasforma nel tempo i materiali drenanti in suoli ospitali (Jorge, 2015).

Casi studio a confronto | Alcuni casi studio sono divenuti veri modelli di riferimento per aver mutato la percezione dello spazio urbano verde. L'iconicità delle opere qui analizzate ha sancito il ruolo del verde pensile quale indiscusso codice espressivo del nostro tempo: la loro messa a sistema, con l'obiettivo di delineare quelle traiettorie progettuali in grado d'inquadrare le grandi questioni teoriche contemporanee, ci consente di non considerarli come episodi estemporanei e di comprenderne l'effettivo valore in quanto buone pratiche che stanno avendo il merito di esplicitare i paradigmi che regolano il complesso rapporto tra tecnologia, forma urbana, relazione con il contesto e aspetti compositivi dell'architettura.

Primo esempio di infrastruttura verde metropolitana (1998), la Promenade plantée di Parigi (progettata da J. Vergely e P. Mathieux) introduce una riflessione ancora attuale sulla trasformazione di spazi in abbandono, coinvolgendo ogni tassello utilizzabile per rinforzare il sistema del verde urbano (Figg. 1-4). La possibilità di una sorprendente passeggiata urbana a contatto con la natura rivela inaspettate occasioni, esplorate nelle successive realizzazioni, sia sul piano progettuale sia nella scelta delle specie (Furlani Pedoja, 2000), per creare effetti di spontaneità e morbidezza: dalla High Line (2009-11, completata nel 2019) di New York con le erbece perenni, 'messe in scena' da P. Oudolf anche nel Lurie Garden (aperto nel 2004) di Chicago, a diversi esempi in Spagna, sino al più recente completamento della Petite Ceinture (2007-20) ancora a Parigi.

Interessanti anche alcuni esempi a scala architettonica, nei quali ritroviamo intenzioni didattiche e sociali, oltre che formali: dotare un organismo architettonico di un tetto-giardino significa anche rinnovare l'immagine rispetto ai codici espressivi contemporanei, nonché rispondere alla necessità ideologica di committente e progettista di apparire più aderenti ai parametri legati all'ecologia e al rispetto dell'ambiente. Non solo: come nella recente rigenerazione dello United States Post Office (2016-22) di Houston, da parte di OMA con l'architetto paesaggista H. Schaudt (Figg. 5-8), gli elementi costitutivi della

copertura a verde hanno incrementato funzioni e fruibilità, incentivando un'economia a chilometro zero: i prodotti dell'agricoltura urbana sviluppata sul tetto, vengono consumati e venduti all'interno dell'edificio stesso (Shigematsu and Long, 2021). Gli spazi per un'azienda agricola, un piccolo bosco, giardini ombreggiati e aree ricreative sono plasmati a partire da un'immaginaria impressione scultorea di solchi sull'edificio esistente, che determinano il posizionamento e l'arrivo in quota di tre grandi sistemi di collegamento verticale e generano uno spazio pubblico di 16.000 mq a disposizione del centro cittadino di Houston. Si tratta di una soluzione progettuale intenzionalmente ispirata dall'esempio del paesagista R. B. Marx e in linea coi principi teorici sul recupero postulati nel Rooftop Catalogue, che presenta all'interno delle sue pagine anche la Ski Mountain.

L'idea di una pista da sci artificiale, montata quale elemento parassitario su un edificio esistente, deriva senz'altro dall'osservazione di una delle reinterpretazioni di tetto-giardino più originali, iconiche e paradigmatiche pensate e costruite negli ultimi anni: la CopenHill (2002-19), realizzata a Copenaghen su progetto di BIG (Figg. 9-12). L'immagine di un impianto di termovalorizzazione è trasfigurata in quella di un grande tetto-giardino formato da tre maestose e scultoree rampe che, connesse, danno forma a uno spazio urbano pubblico sospeso, destinato al loisir e all'attività fisica. Il tutto a formare un nuovo landmark per il panorama cittadino di Copenaghen: lo dimostra l'immagine contenuta in 'hot to cold', dove la sirenetta di Edvard Eriksen, ritrovandosi alle sue spalle CopenHill, pronuncia nella forma di un fumetto, le seguenti parole: «The landmarks of a city say a lot about its fundamental values; or they are evidence of a spirit of an era» (BIG, 2017, p. 626).

A margine di questa suggestiva immagine, Ingels enfatizza come un termovalorizzatore sarà il prossimo landmark di Copenaghen: «It won't be a cultural palace – nor a royal palace. It will be a power plant that converts household waste into heat and energy» (BIG, 2017, p. 626). La struttura reticolare interna all'edificio che supporta le rampe è celata, all'esterno, da sofisticati involucri murari formati da giganteschi blocchi in alluminio sovrapposti, che, simulando l'assemblaggio tettonico di centinaia di mattoncini Lego, sostengono idealmente i piani inclinati del tetto-giardino. Di conseguenza, l'omogeneità materica e la regolarità della texture delle pareti assegnano alle rampe verdi il ruolo compositivo predominante. La copertura dell'edificio si trasforma dunque in uno spazio pubblico ludico sportivo panoramico, simbolo della rinascita di una nuova natura, che ben si lega ai principi di ecosostenibilità intrinseci alla funzione di termovalorizzatore dell'intero edificio.

Il progetto della pista è arricchito dallo studio SLA con margini densi di piante montane adatte alle condizioni estreme, che, lungo i percorsi pedonali, accolgono insetti e avifauna, costruendo un nuovo ecosistema capace di evolversi (con aumento della biodiversità) e di diffondersi anche nel contesto del quartiere industriale circostante (come una vera 'bomba verde'). Grazie alla funzione pubblica attribuita alla sua copertura e al suo valore estetico dettato da un

astuto e strumentale impiego del verde pensile, CopenHill è riuscita ad assurgere tanto al ruolo di landmark per la Città di Copenaghen quanto di vera e propria architettura-manifesto di questo secolo. CopenHill dimostra, in maniera inequivocabile, il valore espressivo e figurativo, oltre che il ruolo compositivo del tetto-giardino nell'architettura d'oggi, confermandosi canone estetico imprescindibile della contemporaneità, in grado di andare al di là delle sue valenze fisico-tecniche nella concezione di edifici climaticamente responsabili.

Si tratta di un valore figurativo espresso anche dal complesso Parkroyal, progettato da WOHA a partire dal 2007 e completato nel 2013, contenente un hotel e diversi uffici presso la Upper Pickering Street di Singapore (Figg. 13-16): un grande basamento terrazzato e due serie di tre solai a sbalzo, incastonati tra gli avancorpi dell'edificio, con coperture a verde sovrapposte. Un ideale suolo artificiale stratificato, pensato per sorreggere la vegetazione – originale interpretazione di un paesaggio che allude alle terrazze delle risaie – trova la sua forma materica in solettoni modellati a gradoni, rientranti rispetto il filo esterno, sorretti da pilastri a sezione circolare. Le severe facciate bidimensionali continue vengono messe in secondo piano dalla contrastante ricchezza materica del volume tridimensionale dei 15.000 mq di giardini sospesi, composti da alberi, palme, piante da fiore, arbusti e cespugli ricadenti sospesi all'estremità delle solette a sbalzo (WOHA and Bingham-Hall, 2016). I grandi solai dal profilo frastagliato e la massiccia presenza di vegetazione, oltre ad assorbire il calore, generare ombreggiamento e migliorare la qualità dell'aria dell'intero quartiere, definiscono il carattere architettonico del complesso, confermando il ruolo del verde pensile in una contemporaneità che ostenta la vegetazione nel suo ruolo espressivo e simbolico.

Conclusioni | La lettura delle caratteristiche peculiari dei luoghi di progetto e dei loro contesti definisce il campo di esistenza del progetto di paesaggio (Dunnnett and Hitchmough, 2004). Il verde pensile è uno strumento strategico per la rigenerazione urbana, che consente tanto la progettazione di nuove forme di natura e nuove forme di spazio pubblico urbano ibrido quanto, alla scala dell'edificio, la definizione del carattere architettonico del nostro tempo. Una selezione attenta di specie, capaci di costruire densità facilmente adattive, diventa l'elemento centrale per rendere attrattivi nuovi spazi pubblici pensili, dove la dimostrazione della ricchezza delle piante si combina con una spiccata capacità progettuale interpretativa (Filippi, 2020). Per meglio comprendere la relazione tra uomo e processi naturali, in diverse dimensioni spazio-temporali, per spiegare come gli organismi interagiscono con il loro ambiente esterno, catturando informazioni per sostenere e migliorare la loro vita quotidiana, è importante utilizzare l'ecosemiotica e la tettonica come strumenti interpretativi.

I casi studio analizzati sono identificativi dell'approccio integrato multiscalare che viene tratteggiato, nei limiti dello spazio di questo articolo; la loro diffusione quali buone pratiche contribuisce a un processo di crescita culturale tanto dei progettisti quanto, soprattutto, di committente

e municipalità che, nel futuro, avranno il ruolo di sviluppare e promuovere soluzioni che ricorrano al verde pensile. La messa in relazione e divulgazione di realizzazioni considerate eclatanti (tanto per la loro peculiarità architettonica quanto per la loro efficacia sul piano tecnico) deve consentire un progressivo superamento di barriere che, ad oggi, ancora spesso ne limitano le applicazioni: i costi di gestione, dovuti spesso a una scarsa competenza nella programmazione del ciclo di vita di queste architetture, mette ancora in secondo piano i benefici ambientali, sociali, psicologici derivati dalle loro valenze estetiche o da un'economia derivata dalla circolarità delle risorse, quali il recupero dell'acqua o il reimpiego di parti vegetali per altri usi.

La qualità del progetto del pensile diventa così direttamente proporzionale alla possibilità di radicarsi nel contesto e di trasmettere contenuti ecologici e formali di alto profilo, in grado di rendere attrattivi i nuovi spazi di incontro con la natura. Ecco, dunque, che il verde pensile, se letto come elemento caratterizzante tanto della for-



Fig. 3 | The Promenade Plantée becomes a corridor of energy and plant density, bringing nature back into the metropolitan city (credit: A. Gheri, 2019).

Fig. 4 | One of the steps leading to the Promenade Plantée on the viaduct of the disused former railway (credit: S. Melli, 2022).



Fig. 5-8 | Design concept of the restoration of the former United States Post Office (2016-22) in Houston, where the reference to R. Burle Marx is declared in the overall resolution of the green roof; Rendering presents the new overall roof arrangement of the former United States Post Office; Views of using the former United States Post Office roof as a public and gathering space serving the city (credits: S. Shigley, OMA New York).

ma della città quanto dell'architettura contemporanea, contribuisce a una progressiva (e necessaria) riscrittura della teoria della progettazione, ovvero di quella disciplina capace d'inquadrare le grandi questioni culturali che guidano la pratica progettuale odierna all'interno di un contesto globale, influenzato dalle specificità locali: un palinsesto intellettuale e critico praticabile per recepire gli effetti della pratica professionale e rielaborarli attraverso un dialogo diretto con gli attori coinvolti nell'industria delle costruzioni e nei processi di pianificazione della città e del territorio, per calibrarne i futuri indirizzi e individuare gli apporti transdisciplinari capaci d'influenzarne le prassi.

Densification of urban areas has long been considered an attractive strategy to avoid land consumption and combat uncontrolled urban sprawl (Tabb, 2021). Densification means acting within the city's boundaries, increasing the availability of habitable urban space and investing in policies for local population growth, especially in fast-growing cities under intense demographic and economic pressures (Teller, 2021). In just 30

years, the world's population will grow by 2 billion and more than two-thirds of the total will live in cities: a trend due both to the high birth rate in countries such as China, India and Nigeria and to national and international migrants moving to cities in the hope of improving their quality of life (Eurostat, 2021).

In terms of the proximity of services, workplaces and residential areas, densification would reduce car use, favouring greater use of public transport and soft mobility (Teller, 2021). However, its assumptions reveal a short-circuit that undermines even the foundations of 'smart' densification¹: the rate of increase of the urbanised inhabitable area turns out to be almost double the rate of growth of the population (Angel et alii, 2011), even in those countries subject to demographic decline, such as Italy, where, at the current rate, the inhabitable areas will continue to grow by about 3% (Munafò, 2020). Moreover, even talking about sustainable strategies, a volumetric expansion driven by the objective of increasing human prosperity would not, in any case, be exempt from environmental impacts (Hickel and Kallis, 2019). In the name of sustainability, the dense city is transformed into a place of low habitability and sociality, where contact with nature is

sought elsewhere. In the dense city, it almost seems as if volumetry is more dominant than livability, putting the difference between empty and full spaces in the spotlight rather than the quality of the project (Latour, 2010).

This contribution aims to analyse roof gardens as a strategic element for the overall regeneration of the urban system as well as an authentic architectural element capable of giving life to expressive codes that can identify the design culture of our time. From these reasons, the structure of the paper is derived, characterised by reasoning conducted from the scale of the city to that of the building and through reference to representative case studies, identified in an instrumental way leading to a progressive rewriting of a design theory of the 'third green digital revolution' (Rifkin, 2019, p. 19).

Making room for nature | Faced with the fallacy of the compact city, Neuman (2005) senses the need to 'raise the level of play'. It is necessary to seek a balance between operational planning and the design of liveable spaces, adopting a dynamic point of view that looks at urbanisation as the result of a co-evolutionary process and not only as a strategy of form. In this sense, it is interest-

ing to take up the vision offered by bionomy, which investigates the biological-environmental laws and physiology of a territory, introducing a significant paradigm shift on the city: an entire territory (including a city) can be wholly considered as a living system characterised by a state of quasi-equilibrium or metastability² (Wu and Loucks, 1995; Ingegnoli, 2015), according to which, in order to ensure the transition to a new city model, it is essential to define integrated systems and networks capable of regenerating, protecting and improving our everyday landscape, starting from the green system (Santolini and Morri, 2017). The integration of nature-inspired devices (Capra, 2006; Mancuso, 2019) to be connected to the existing green system (Giran, 2015), including those residual third landscape areas that protect urban systems and the possibility of species diffusion (Clément, 2010), progressively shifts the project that must confront macro and micro levels.

In the Natural-based Thinking approach, green roofs are confirmed as a strategic opportunity for the regeneration of the urban system. By adopting a multidimensional and multispecies vision, it is possible to direct the project towards a quality of places that physically and culturally binds the green roof areas to the reference context (Florineth, 2007): new forms of nature to restore, at different scales, new connections, optimising metabolic exchanges and guaranteeing high biodiversity (Farina, 2021). In this sense, an integrated and interconnected system of green roofs would constitute a living epidermis capable of regulating the passage of materials and energy in different forms, increasing the porosity of the urban system on several levels. It is a living instrument that intercepts, absorbs, filters and transmits.

The interconnection generated in this way in a city improves the quality of life of its inhabitants, who can come into contact with each other through the proximity of natural spaces, especially if they are designed to be accessible and multifunctional, to experience a decrease in stress and a general increase in well-being (Ingegnoli, 2015). The ability of green roofs to be grafted into the consolidated city also allows the creation of widespread places of value, understood as spaces that can simultaneously accommodate flora, fauna and human beings (Mazzino, 2020), as well as be promoters of culture and a sense of belonging of the city's community (Melli, 2021).

The most compelling design solutions of this century have highlighted the need to reproduce or make possible localised adaptation mechanisms and natural processes, breaking the continuity of the dense city, through inserts in which plants (though not escluse) can find a vital habitat, to completely change the character and the way citizens use certain portions of 'hanging' urban land (Voghera, 2015). By proposing new spaces, current projects have the task of narrating the new needs of the community, in which the biological, cognitive and social dimensions are closely integrated.

Languages, formal canons and contemporary architectural images

On the scale of architecture, green roofs have provided a technical, compositional, formal and ornamental response to the need to save energy and consume fewer resources, integrating energy-performance instances, physical-formal, socio-cultural and technical-constructive aspects of architecture into the built shape, through the articulation of the relationship between form, type and climate. The

variety of design solutions used to create green roofs makes it legitimate to analyse the current architectural season by updating a design culture based on the concept of tectonics, understood as the art of assembly, a concept developed by the studies of K. Frampton (1995, 2015). These studies place the relationship between form, expressive codes and construction in architecture at the centre of their investigations. The result is a critical reading that partly recalls a purely 'technicist' position, indeed less radical than that postulated by V. Olgay³ in 1963 and mediated by the convictions of G. W. Reinberg (1998, p. 109), for whom 'ecological architecture' enjoys its own absolutely recognisable and autonomous language, even though it represents «[...] a reflection of technical, social and economic transition».

The green roof is, first and foremost, an effective technological and constructional device to cope with the effects of climate change. The objective is to design a climatically responsible architectural organism characterised by comfortable interiors and a low expenditure of resources for their heating or cooling (Ferrini, 2020). The concept of tectonics is thus brought up to date based on observation, for example, of the construction techniques adopted to meet the compositional aspects of the building in the insertion of a vegetal surface on the roof. An emblematic example is the planting system using 'trays' made of organic material which, after rooting, become earth, used to create the undulating green surface of the Museum of the California Academy of Sciences in San Francisco designed by RPBW (2000-08).

The constructive implications which establish the expressive codes of buildings designed



Fig. 9 | The Copenhagen Waste to Energy Plant in Copenhagen: The building's overall view is characterised by a large roof garden formed by three majestic and sculptural ramps (credit: R. Hjortshøj, BIG).

Fig. 10 | Copenhagen's CopenHill waste-to-energy plant: Zenithal roof view, designed as a public space for sports and leisure activities (credit: R. Hjortshøj, BIG).



to make green roofs one of the compositional parameters capable of bringing them up to date, both aesthetically and functionally, become essential in the spatial and functional redevelopment of existing architecture. The recent *Rooftop Catalogue* study published by MVRDV (2021) clearly shows how vegetation accompanies all the functions that can potentially be added to the roofs of existing buildings, whether residential, recreational or sports facilities, up to excesses such as a petting zoo or a nature cemetery; it is no coincidence that MVRDV is designing a cemetery on the roof of an office building in Monte Carlo, due to the lack of free space in the Principality.

The solution of the roof garden clearly derives from traditional good building practices, capable of presenting the strongest repercussions on the compositional level in terms of figurative adherence to the principles dictated by the bio-eco-oriented design of our time (Arpa and Ravon, 2019). An expedient valid over the centuries and in different climatic regions, from the traditional vegetated pitched roofs of the Faroe Islands (Grullón-Penkova, Zimmerman and González, 2020), to the hanging gardens of Babylon, to the LeCorbusian roof garden, an icon of architectural modernity and constructive pragmatism, it was derived from the need to reduce the temperature on the surface of the reinforced concrete roof (Oechsli, 1987).

The theory of architecture must now measure itself against a cultural and technical 'paradigm shift' in architectural language, implemented first and foremost by national and local policies on land management and the control of energy resources in buildings and, as a consequence, by designers who must respond to these demands (Bologna, 2021). If contextualised within contemporary architectural production, the roof garden concept does not significantly change its design principles, starting from its essence as a millenary and pragmatic technical solution.

Contemporary architecture amplifies Le Corbusier's theory, understanding green roofs not only as a three-dimensional space accessory to

the building, created starting from one or more two-dimensional planes of its roof, but, on an aesthetic level, as an actual surface with an active compositional and spatial role, also defined in the systemisation of the single architecture within the urban organism in which it is inserted. Stefano Boeri (2021, p. 26), who is currently working on a new founding city in Mexico, is significant in this regard: a Forest City where the roofs of the houses will be a fifth inhabitable façade because most of the traffic of goods – and then probably also of people – will land on the roofs of the buildings. The roof garden thus proves to be one of the most influential and appropriate figurative tools in conveying the image of today's architecture, even beyond its actual compliance with fundamental climatic requirements or local building practices (VanderGoot, 2018): the inclusion of vegetation becomes an expressive tool, replacing the rhetoric of its narrative code with the idea of energy efficiency, which was previously assumed by the display of solar or photovoltaic panels.

The green roof has become one of the main stylistic features of today's architecture, despite a limited critical awareness of its generative power of languages and formalisms, as evidenced, for example, by the lacunose generalist hints reported in the volume *Elements of Architecture* edited by R. Koolhaas: «The paradox of the roof is that its inevitable regionalism – the Black Forest roof, the Chinese roof etc. – coexist with universal principles and physical requirements that must be followed in order to keep the roof up and the weather out» (Feng, Zhenning and Peterman, 2018, p. 387). However, these premises are not followed by reflections either on the post-LeCorbusian concept of climate-responsible buildings or on the repercussions of green roofs on the expressive and compositional level, reflections that would probably have led to a reflection on how the globalisation of contemporary architectural language actually draws some principles from the good practices of a bio-eco-oriented design derived from tradition (Tabb and Deviren, 2014).

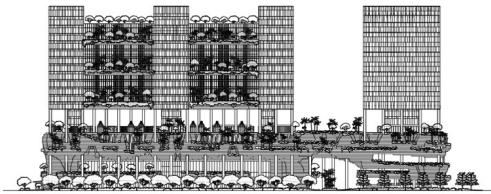
The role of plants in project quality | The narrative code of green roofs sees plants as the protagonists of spaces. The extreme conditions for life (scarcity of soil and water, high impact of wind and urban pollutants and difficulty of maintenance) required a careful study of the characteristics of the sites and the natural associations of the species in order to reproduce spaces characterised by the plants themselves (Lucas, 2011). Here, the richness of greenery and its aesthetic appearance has led to a change in the perception of urban areas (Oudolf and Kingsbury, 2013), as shown by some successful projects, which are fundamental tools for communicating the concepts of resilience, biodiversity and urban ecology (Dunnett, 2019). Ecological aspects and design criteria interact in the work of the Landscape Architect: not only the improvement of environmental conditions but also a new way of designing a space, intentionally using plants, in order to make the public perceive the principles of sustainability, increasing biodiversity, of multi-level interaction between the project site and the landscape in which it fits.

Starting from the study of spontaneous plant associations in nature, some formal choices have strongly influenced the very idea of roof garden. Projects, which have become models of cultural reference, have shown the exciting aspect of naturalness, with plants able to reconstruct richer habitats to accommodate communities of plant and animal species (e.g. pollinators), together with urban communities looking for places to recognise themselves. Surprising associations of species, with shrubs and herbaceous perennials, reproduce the excitement of a presumed spontaneity and show the interest of certain plants in different seasons. In some cases, even crops and vegetable gardens have populated the roofs of disused buildings, becoming productive spaces shared by particular social groups.

The aim is to increase the appreciation of spaces with a high biodiversity value: a new minimalist aesthetic tells the story of the role of green urban areas in their interaction. Using plants se-

Previous page

Figg. 11, 12 | Views of the ski slope and one of the pedestrian paths with vegetation that has contributed to the expansion of biodiversity throughout the neighbourhood (credits: R. Hjortshoj and L. Ghinitoiu, BIG).



Figg. 13, 14 | The Parkroyal Complex in Singapore: Drawing of the façade-facing Upper Pickering Street with the vegetation constituting the dominant compositional feature; aerial view of the complex where the presence of the terraced basement and two series of three cantilevered floors, set between the foreparts of the building, with impressive green roofs, stand out (credits: Skyshot Pte Ltd, WOHA).



lected for their rusticity, the designers have developed a 'new style' characterised by waves of elegant, colourful perennial herbaceous plants with long flowerings and elements of interest. The visitor is attracted by unusual scenarios, where formal expression translates the richness of an imitated nature, of a sought-after naturalness, to show its beauty and define new canons of aesthetic appreciation. The most innovative trends show projects that, starting from observing specific landscapes (Dehesa, riverbanks, prairies and garrigue), can exploit plant adaptation as an evolutionary mechanism that transforms draining materials into warm soils over time (Jorge, 2015).

Comparing case studies | Some case studies have become accurate reference models for having changed the perception of green urban space. The iconicity of the works analysed here has confirmed the role of green roofs as an undisputed expressive code of our time: putting them into a system to outline those design trajectories capable of framing the significant contemporary theoretical issues allows us not to consider them as extemporary episodes but as good practices that are explicating the paradigms that regulate the complex relationship between technology, urban form, relationship with the context and compositional aspects of architecture.

The first example of urban green infrastructure (1998), the Promenade Plantée in Paris (designed by J. Vergely and P. Mathieux), introduced a still topical reflection on the transformation of abandoned spaces, involving every element that can be used to reinforce the urban green system (Figg. 1-4). The possibility of a surprising urban walk in contact with nature reveals unexpected opportunities, explored in subsequent projects, both in terms of design and choice of species (Furlani Podoja, 2000), to create effects of spontaneity and softness: from the High Line (2009-11, completed in 2019) in New York with herbaceous perennials, also 'staged' by P. Oudolf in the Lurie Garden (opened in 2004) in Chicago, to various examples in Spain, up to the more re-

cent completion of the Petite Ceinture (2007-20) in Paris.

There are also some interesting examples on an architectural scale, in which we find educational and social intentions as well as formal ones. Equipping an architectural organism with a roof garden also means renewing its image concerning contemporary expressive codes and responding to the ideological need of the client and designer to appear more in keeping with parameters linked with ecology and respect for the environment. Moreover, that is not all: as in the recent regeneration of the United States Post Office (2016-22) in Houston by OMA with landscape architect H. Schaudt (Figg. 5-8), the constituent elements of the green roof have increased functions and usability, encouraging a zero-kilometre economy: the products of urban agriculture developed on the roof are consumed and sold inside the same building (Shigematsu and Long, 2021). Spaces for a farm, a small forest, shady gardens and recreational areas are shaped from an imaginary sculptural impression of grooves on the existing building, which determines the positioning and arrival at the height of three sizeable vertical connection systems and generates a public space of 16,000 square metres available to Houston's city centre. It is a design solution intentionally inspired by the example of landscape architect R. B. Marx and in line with the theoretical principles of recovery postulated in the Rooftop Catalogue, which also presents Ski Mountain within its pages.

The idea of an artificial ski slope mounted as a parasitic element on an existing building undoubtedly derives from observation of one of the most original, iconic and paradigmatic reinterpretations of roof gardens conceived and built in recent years: the CopenHill (2002-19), designed by BIG (Figg. 9-12). The image of a waste-to-energy plant is transfigured into that of a large roof garden formed by three majestic, sculptural ramps that form a suspended public urban space for leisure and physical activity. All of this forms a new landmark for Copenhagen's cityscape:

this is demonstrated by the image contained in 'hot to cold', where Edvard Eriksen's little mermaid, finding CopenHill behind her, utters the following words in the form of a comic strip: «The landmarks of a city say a lot about its fundamental values; or they are evidence of a spirit of an era» (BIG, 2017, p. 626).

In the margin of this evocative image, Ingels emphasises how a waste-to-energy plant will be Copenhagen's next landmark: «It won't be a cultural palace – nor a royal palace. It will be a power plant that converts household waste into heat and energy» (BIG, 2017, p. 626). The building's internal reticular structure supporting the ramps is concealed on the outside by sophisticated wall envelopes made of gigantic overlapping aluminium blocks that, simulating the tectonic assembly of hundreds of Lego bricks, ideally support the inclined planes of the roof garden. As a result, the material homogeneity and regularity of the texture of the walls give the green ramps the predominant compositional role. The roof of the building is thus transformed into a public space for sports and recreation with a panoramic view, a symbol of the rebirth of a new nature, which ties in well with the principles of eco-sustainability intrinsic to the building's function as a waste-to-energy plant.

The design of the track is enriched by the SLA studio with dense margins of mountain plants suitable for extreme conditions, which, along the pedestrian paths, welcome insects and avifauna, building a new ecosystem capable of evolving (with an increase in biodiversity) and of spreading even in the context of the surrounding industrial district (like an actual 'green bomb'). Thanks to the public function attributed to its roof and its aesthetic value dictated by the astute, instrumental use of hanging greenery, CopenHill has become both a landmark for Copenhagen and an authentic manifesto of the architecture of this century. CopenHill unequivocally demonstrates the expressive and figurative value and the compositional role of the roof garden in today's architecture, confirming its role as an essential aes-



Fig. 15, 16 | Detail of the green roof installed in the basement part of the building, above a stratified artificial soil made of stepped moulded slabs; Detail of the green roof installed on the three cantilevered floors set between the building's avant-corps (credits: Patrick Bingham-Hall, WOHA).

thetic canon of the contemporary world, capable of going beyond its physical and technical values in the design of climate-controlled buildings.

This figurative value is also expressed by the Parkroyal complex, designed by WOHA starting in 2007 and completed in 2013, containing a hotel and several offices on Upper Pickering Street in Singapore (Fig. 13-16): a sizeable terraced basement and two series of three cantilevered slabs, set between the building's Avant-corps, with overlapping green roofs. An ideal stratified artificial ground, designed to support the vegetation - an original interpretation of a landscape that alludes to the terraces of the rice fields - finds its material form in terraced slabs, recessed concerning the outer edge, and supported by circular pillars. The severe two-dimensional curtain walls are overshadowed by the contrasting material richness of the three-dimensional volume of the 15,000 square metres of hanging gardens, composed of trees, palms, flowering plants, shrubs and bushes hanging from the ends of the cantilevered slabs (WOHA and Bingham-Hall, 2016). The large slabs with their jagged profile and the massive presence of vegetation, in addition to absorbing heat, generating shade and improving the air quality of the entire neighbourhood, define the architectural character of the complex, confirming the role of hanging greenery in a contemporary world that flaunts vegetation in its expressive and symbolic role.

Conclusions | The reading of the peculiar characteristics of the project sites and their contexts defines the field of existence of the landscape project (Dunnett and Hitchmough, 2004). Hanging greenery is a strategic tool for urban regeneration, allowing both the design of new forms of nature and new forms of hybrid urban public space and, at the scale of the building, the definition of the architectural character of our time. A careful selection of species capable of building easily adaptive densities becomes the central element in making new public hanging spaces attractive, where the demonstration of the richness of plants is combined with a solid interpretative design capacity (Filippi, 2020). To better understand the relationship between humans and natural processes in different Spatio-temporal dimensions, explain how organisms interact with their external environment and capture information to sustain and improve their daily lives, it is crucial to use ecosemiotics and tectonics as interpretative tools.

The case studies analysed indicate the integrated multi-scalar approach that is outlined within the limits of the space of this article. Their dissemination as good practices contributes to a process of cultural growth both for designers and, above all, for clients and municipalities who, in the future, will have the role of developing and promoting solutions using green roofs. The linking and dissemination of achievements considered striking (both for their architectural peculiarity and for their technical effectiveness) should allow a progressive overcoming of barriers that, to date, still often limit their applications: the management costs, often due to a lack of expertise in planning the life cycle of these architectures, still put in second place the environmental, social, psychological benefits derived from their aesthet-

ic values or an economy derived from the circularity of resources, such as the recovery of water or the reuse of plant parts for other uses.

The quality of the design of the green roof thus becomes directly proportional to its ability to take root in the context and transmit high-profile ecological and formal contents, capable of making the new spaces for meeting nature attractive. Thus, if green roofs are interpreted as

a characteristic element of both the shape of the city and contemporary architecture, they contribute to a progressive (and necessary) rewriting of design theory, i.e. of that discipline capable of framing the tremendous cultural issues that guide today's design practice within a global context, influenced by local specificities: a practicable intellectual and critical palimpsest to take in the effects of professional practice and rework

them through a direct dialogue with the actors involved in the construction industry and the planning processes of the city and the territory, in order to calibrate their future directions and identify the transdisciplinary contributions capable of influencing their practices.

Notes

1) Proponents of the so-called 'smart density' establish some sustainability criteria to identify the most suitable urban areas to be densified in order to avoid, for example, green areas being relegated to the margins of the city; all agree, in any case, on the need for mixed-use and functions, both for architecture and green spaces (Boverket, 2017).

2) Transient equilibrium condition of a system characterized by the possibility of becoming, which changes to a new equilibrium condition if provided with sufficient energy.

3) According to Olgyay (1963), the aesthetic-formal implications of architecture derive from the organisational and technological rationality inherent in regional climate analysis.

References

- Angel, S., Parent, J., Civco, D. L., Blei, A. and Potere, D. (2011), "The dimensions of global urban expansion – Estimates and projections for all countries, 2000-2050", in *Progress in Planning*, vol. 75, issue 2, pp. 53-107. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.progress.2011.04.001 [Accessed 19 April 2022].
- Arpa, J. and Ravon, A. (2019), "Ricoprire di boschi la città – Il tuffo verde | The green dip – Covering the city with a forest", in *Domus*, n. 1037, pp. 718-723.
- BIG – Bjarke Ingels Group (2017), *Hot to Cold – An Odyssey of Architectural Adaptation*, Taschen, Köln.
- Boeri, S. (2021), *Urbania*, Laterza, Bari-Roma.
- Bologna, A. (2021), "Verso una teoria della progettazione nell'era della crisi climatica", in *Archi*, vol. 3, pp. 13-17. [Online] Available at: spazium.ch/it/archi3-21_bologna [Accessed 19 April 2022].
- Boverket (2017), *Urban Density Done Right – Ideas on densification of cities and other communities*, Boverket, Karlskrona. [Online] Available at: boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2017/urban-density-done-right.pdf [Accessed 19 April 2022].
- Capra, F. (2006), *La rete della vita – Perché l'altruismo è alla base dell'evoluzione*, RCS libri, Milano.
- Clément, G. (2010), *Elogio delle vagabonde – Erbe, arbusti e fiori alla conquista del mondo*, Derive Approdi, Roma.
- Dunnett, N. (2019), *Naturalistic Planting Design – The Essential Guide*, Filbert Press, London.
- Dunnett, N. and Hitchmough, J. (eds) (2004), *The Dynamic Landscape – Design, Ecology and Management of Naturalistic Urban Planting*, Spon Press, London & New York. [Online] Available at: doi.org/10.4324/9780203402870 [Accessed 19 April 2022].
- Eurostat (2021), *Eurostat Regional Yearbook*, Publications Office of the European Union, Luxembourg. [Online] Available at: ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-statistical-books/-/ks-ha-21-001 [Accessed 19 April 2022].
- Farina, A. (2021), *Ecosemiotic Landscape – A Novel Perspective for the Toolbox of Environmental Humanities*, Cambridge University Press, Cambridge. [Online] Available at: doi.org/10.1017/9781108872928 [Accessed 19 April 2022].
- Feng, J., Zhenning, F. and Peterman, S. (2018), "Roof", in Koolhaas, R. (ed.), *Elements of Architecture*, Taschen, Köln, pp. 386-541.
- Ferrini, F. (2020), "Salute, benessere ed equità sociale nelle città del futuro – Quale sarà il ruolo del verde?", in Toppetti, F. and Ferretti, L. V. (eds), *La cura delle città – Politiche e progetti*, Quodlibet, Macerata, pp. 41-47.
- Filippi, O. (2020), *Alternatives au gazon*, Actes Sud, Arles.
- Florineth, F. (2007), *Piante al posto del cemento – Manuale di Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico*, il Verde, Milano.
- Frampton, K. (2015), *A genealogy of modern architecture – Comparative Critical Analysis of Built Form*, Lars Müller, Zurich.
- Frampton, K. (1995), *Studies in tectonic culture – The poetics of construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*, The MIT Press, Cambridge (MA).
- Furlani Pedoja, A. (2000), "La Promenade Plantée – Una ferrovia parigina trasformata in giardino", in *Architettura del Paesaggio*, n. 4, pp. 25-29.
- Giran, M. (2015), *Développement durable, écologie, réchauffement climatique – Des solutions, rien que des solutions*, Maxima Laurent du Mesnil, Paris.
- Grullón-Penkova, I. F., Zimmerman, J. K. and González, G. (2020), "Green roofs in the tropics – Design considerations and vegetation dynamics", in *Heliyon*, vol. 6, issue 8, e04712, pp. 1-8. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04712 [Accessed 19 April 2022].
- Hickel, J. and Kallis, G. (2019), "Is Green Growth Possible?", in *New Political Economy*, vol. 25, issue 4, pp. 469-486. [Online] Available at: doi.org/10.1080/13563467.2019.1598964 [Accessed 19 April 2022].
- Ingegnoli, V. (2015), *Landscape Bionomics*, Springer-Verlag, Milano. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-88-470-5226-0 [Accessed 19 April 2022].
- Jorge, C. (2015), "Macro meteorology, electricity and micro-gravity of dry landscape in Spain", in *Landscape Architecture and Art | Scientific Journal of Latvia University of Agriculture*, vol. 7, n. 7, pp. 80-86. [Online] Available at: llufb.llu.lv/Raksti/Landscape_Architecture_Art/2015/VOL7/Latvia-Univ-Agriculture_Landscape_Architecture_Art_VOL7_2015.pdf [Accessed 19 April 2022].
- Latour, B. (2010), "An Attempt at a Compositionist Manifesto", in *New Literary History*, vol. 41, issue 3, pp. 471-490. [Online] Available at: jstor.org/stable/40983881 [Accessed 19 April 2022].
- Lucas, N. (2011), *Designing with Grasses*, Timber, London.
- Mancuso, S. (2019), *La nazione delle piante*, Laterza, Roma-Bari.
- Mazzino, F. (2020), "Architettura del paesaggio – Crisi ambientale ed emergenza climatica", in Burlando, P., Cortesão, J., Mazzino, F. and Piel, C. (eds), *Nuove sfide per l'architettura del paesaggio contemporaneo – Un ritorno verso la natura*, Altralinea, Firenze, pp. 16-31.
- Melli, S. (2021), "Partecipazione e approccio ai nuovi paesaggi – Percezione del verde pensile come opportunità di rigenerazione dell'ecosistema urbano", in Frank, M. and Pilutti Namer, M. (eds), *La Convenzione Europea del Paesaggio vent'anni dopo (2000-2020) – Ricezione, criticità, prospettive*, Fondazione Università Ca' Foscari, Venezia, pp. 235-241. [Online] Available at: doi.org/10.30687/978-88-6969-562-9/020 [Accessed 19 April 2022].
- Munafò, M. (ed.) (2020), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*, Report SNPA 15/20. [Online] Available at: snpambiente.it/wp-content/uploads/2020/07/Rapporto_consumo_di_suolo_2020_31luglio.pdf [Accessed 19 April 2022].
- MVRDV (2021), *Rooftop Catalogue*, Rotterdamse Dakendagen, Rotterdam.
- Neuman, M. (2005), "The Compact City Fallacy", in *Journal of Planning Education and Research*, vol. 25, issue 1, pp. 11-26. [Online] Available at: doi.org/10.1177/0739456X04270466 [Accessed 19 April 2022].
- Oechslin, W. (1987), "Les Cinq Points d'une Architecture Nouvelle", in *Assemblage*, n. 4, pp. 82-93. [Online] Available at: jstor.org/stable/3171037 [Accessed 19 April 2022].
- Olgyay, V. (1963), *Design with Climate – Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism – New and expanded Edition*, Princeton University Press, Princeton.
- Oudolf, P. and Kingsbury, N. (2013), *Planting – A New Perspective*, Timber, Portland-London.
- Reinberg, G. W. (2008), *Ecological Architecture – Design, Planning, Realization*, Springer, Wien-New York.
- Rifkin, J. (2019), *The Green New Deal – Why the fossil fuel civilization will collapse by 2028, and the bold economic plan to save life on earth*, St. Martin's Griffin, New York.
- Santolini, R. and Morri, E. (2017), "Criteri ecologici per l'introduzione di sistemi di valutazione e remunerazione dei Servizi Ecosistemici (SE) nella progettazione e pianificazione", in *La dimensione europea del consumo di suolo e le politiche nazionali*, CRCS Rapporto 2017, INU, Roma, pp. 149-154.
- Shigematsu, S. and Long, J. (2021), *OMA NY – Search Term*, Rizzoli, New York.
- Tabb, P. J. (2021), *Biophilic Urbanism – Designing resilient communities for the future*, Routledge, New York.
- Tabb, P. J. and Deviren, A. S. (2014), *The greening of architecture – A critical history and survey of contemporary sustainable architecture and urban design*, Ashgate, Farnham.
- Teller, J. (2021), "Regulating urban densification – What factors should be used?", in *Buildings and Cities*, vol. 2, issue 1, pp. 302-317. [Online] Available at: doi.org/10.5334/bc.123 [Accessed 19 April 2022].
- VanderGoot, J. (2018), *Architecture and the Forest Esthetic – A new look at design and resilient urbanism*, Routledge, New York.
- Voghera, A. (2015), "Resilience Through Community Landscape Project", in *UNISCAPE En-Route*, a. 1, n. 2, pp. 103-108. [Online] Available at: iris.polito.it/retrieve/handle/11583/2638390/101949/UNISCAPE%20En%20Route%20n.2.pdf [Accessed 19 April 2022].
- WOHA and Bingham-Hall, P. (2016), *Garden City Mega City – Rethinking cities for the age of global warming*, Pesaro Publishing, Singapore.
- Wu, J. and Loucks, O. L. (1995), "From Balance of Nature to Hierarchical Patch Dynamics – A Paradigm Shift in Ecology", in *The Quarterly Review of Biology*, vol. 70, issue 4, pp. 439-466.