

Reti ecologiche, greening e green infrastructure nella pianificazione del territorio e del paesaggio



IN PRIMO PIANO

I TETTI VERDI DI TIPO ESTENSIVO: BIODIVERSITÀ AD ALTA QUOTA

C. Catalano, S. Brenneisen, N. Baumann, R. Guarino

L'EDITORIALE

di P. Menegoni

I TERRITORI MONTANI, LE AREE INTERNE: I LUOGHI DAI QUALI RIPARTIRE

Temi quali lo sviluppo sostenibile, la riduzione del consumo di suolo, la gestione del capitale naturale, sono all'ordine del giorno di un sentire diffuso e la crisi economica rende più evidente, ed urgente, l'esigenza di riorientamento dei presupposti, tutt'altro che scontati alla base delle scelte fino ad ora adottate nella gestione delle risorse. Viviamo in mezzo a flussi di persone, idee, merci e fenomeni che si muovono in contesti sempre più svincolati dai territori, interpretati come unici contenitori delle culture, delle persone, delle idee e delle merci. Certamente grandi passi per lo studio e la gestione del territorio si sono fatti con l'applicazione di strumenti informatici e nuove tecnologie che possono contribuire ad una più efficace conoscenza della realtà territoriale nonché alla pianificazione e alla valorizzazione delle eredità paesaggistiche. È fondamentale però che questi strumenti restino confinati nella dimensione funzionale alla realizzazione di una "visione degli infiniti mondi presenti nei territori" e non assurgano a divenire oggetti per la costruzione di una visione unica ed omologata del mondo.

(Continua a pagina 32)

Ecologia e pianificazione del paesaggio: l'esigenza di un linguaggio comune

Prima della fine della seconda guerra mondiale, nonostante l'attenzione non fosse centrata sulla sostenibilità e tutela ambientale, ma sul dramma umano che si stava consumando in quegli anni, Saarinen (1943) scriveva:

The city is an open book in which to read aims and ambitions. When it is built in a disorderly manner and the inhabitants are indifferent to its appearance, they automatically reveal this attitude.

L'architetto ed urbanista finlandese spiegava in termini metaforici quello che oggi chiameremmo *urban sprawl*. Negli stessi anni il botanico tedesco Kreh (1945) pubblicò l'articolo *Die Pflanzenwelt unserer Kiesdächer¹*, in cui descriveva le comunità vegetali colonizzanti lo strato di protezione in ghiaia e sabbia del manto impermeabile di alcuni tetti di



Figura 1. Ingiallimento estivo della vegetazione sul tetto verde del museo della guerra di Ottawa. L'accettazione dei cicli naturali sono il presupposto per integrare le città nel paesaggio (Foto di [cJuneau](#)).

Stoccarda. Attenzione perpetuata negli anni '60 ed '80 in Germania e Svizzera (Bornkamm, 1961; Thommen 1986) e rinnovata nel 2004 da Martini e il suo gruppo di ricerca a Trieste (Martini et al., 2004).

Quindi, da una parte ci si interrogava sul futuro delle città e si constatava l'incapacità dell'uomo di progettare e realizzare insediamenti sostenibili e rispettosi degli equilibri ciclici naturali; dall'altra ci si meravigliava dell'inaspettata biodiversità urbana e se ne studiavano le caratteristiche biocenosi (la sistematica linneana - *tectorum, murorum, muralis, urbicum* - conferma peraltro la ricorrenza storica di alcune specie in habitat antropici).

Negli anni '70, simili riflessioni portarono l'architetto paesaggista Jan McHarg a fondare la scuola di pianificazione territoriale e del paesaggio su basi ecologiche, presso il dipartimento di Landscape Architecture and Regional Planning

(Continua a pagina 2)

dell'Università della Pennsylvania (McHarg, 1969); e l'ecologo del paesaggio Konrad Buchwald ad individuare le basi scientifiche comuni tra l'ecologia del paesaggio e la pianificazione presso l'Università di Hannover (Buchwald e Engelhart, 1968). Il lavoro di McHarg e Buchwald continua ad influenzare architetti, paesaggisti ed ecologi. Esempi di interdipendenza disciplinare sono sintetizzati nel compendio teorico e pratico sulla progettazione ecologica ad opera dell'architetto ed ecologo Ken Yeang (2006), e dal lavoro dell'architetto ed ecologo Vittorio Ingegnoli (2011). Il primo concentrato sull'applicazione di modelli e teorie ecologiche in architettura (architettura bioclimatica) e urbanistica, il secondo sull'interazione uomo-natura in cui l'uomo, attraverso la pianificazione e gestione sostenibile, svolge un ruolo attivo e responsabile per la conservazione degli habitat e degli ecosistemi.

Che la città avesse un'ecologia ben definita era già chiaro sin dagli studi delle comunità pioniere stabilitesi tra le macerie a seguito dei bombardamenti, delle comunità dei muri, delle strade lastricate e dei tetti piani ricoperti di ghiaia. Colonizzazioni spontanee da parte di associazioni vegetali tipiche degli ambienti antropici, degradati ed altamente disturbati: le cosiddette "comunità ruderali". L'ecologia urbana, con studi sul clima, suolo, acqua, organismi e biotopi, si formalizzò però solo negli anni '70 come disciplina indipendente dall'ecologia del paesaggio, nonostante studi tematici esistessero da più di un secolo (Sukopp, 2002; Barker, 1997). Malgrado le discipline della pianificazione e dell'ecologia urbana siano distinte, l'esigenza di un linguaggio comune tra le scienze sociali e naturali (Steiner, 2008) necessario per un approccio olistico che integri l'ecologia nel processo di pianificazione delle città, è sempre più attuale (Niemelä, 1999). *There is a need of a common language, a common method among all those concerned about social equity and ecological parity. This method must be able to transcend disciplinary territorialism and be applicable to all level of government* (Steiner, 2008).

Frammentazione degli habitat e reti ecologiche: verso un modello di città permeabile

Le città sono state paragonate da Odum (1983) a degli organismi eterotrofi che basano la loro crescita ed espansione sull'uso indiscriminato di risorse (energia e materie prime spesso non rinnovabili) favorito dal proliferare dei mezzi di trasporto e supportato dallo sviluppo industriale e dalle odierne tecnologie. Gli agglomerati urbani, restituiscono all'ambiente calore e inquinamento, alterano i cicli biogeochimici e sono causa di perdita irreversibile e frammenta-

zione degli habitat naturali (Fischer e Lindenmayer, 2007). Inoltre le città non solo consumano le risorse immediatamente disponibili entro i propri confini fisici, ma hanno un effetto pervasivo su vaste aree, legate alla produzione di beni e servizi commerciabili, necessari al suo sostentamento e sviluppo.

Oltre ai noti impatti sugli habitat naturali, le aree antropizzate ed in particolar modo le città, offrono costantemente opportunità di adattamento ambientale a migliaia di esseri viventi, vegetali ed animali, provenienti da tutte le parti del mondo, di cui l'essere umano è veicolo di dispersione più o meno consapevole (i.e. specie antropocore). Le città offrono, infatti, non solo una maggiore eterogeneità ecologica rispetto agli habitat circostanti ma ospitano talvolta anche specie di interesse conservazionistico, generalmente provenienti da zone calde (Kowarik, 2011). Questo suggerisce che le città potrebbero partecipare attivamente, se progettate e gestite opportunamente, alle strategie di conservazione della biodiversità e dei servizi ecosistemici da cui dipende la sopravvivenza del genere umano stesso.

Il paesaggista Gilles Clement ne "Il manifesto del Terzo Paesaggio" (2005) celebra il ruolo di rifugio svolto dai frammenti di paesaggio all'interno del tessuto antropizzato (e.g. linee ferroviarie, aree industriali dismesse, coperture verdi non fruibili) in funzione della densità edilizia: al centro gli spazi residuali sono più piccoli e ravvicinati, all'esterno più estesi e distanti tra loro. L'equilibrio tra l'energia centrifuga d'espansione del tessuto antropizzato e quella centripeta di ricolonizzazione da parte della natura, determina un ambiente più o meno resiliente ad elevata biodiversità.

Saarinen (1943) anticipò la lettura organica della città da parte di Odum (1983). Secondo la sua visione organicistica del mondo, in cui le cellule distinte ma nel contempo correlate tra di loro formano organismi via via più complessi che a loro volta sono distinti ma in relazione con altre forme di espressione ed aggregazione (*form-manifestation*), le città, allo stesso modo, devono essere pianificate e costruite secondo principio di espressione, di correlazione per il conseguimento di un ordine organico.

I pensieri di Saarinen e Odum sono estremamente contemporanei, se si pensa agli sforzi attuali per integrare ambienti antropizzati, paesaggi culturali, aree protette, e.g. [Rete Natura 2000](#), alla ricerca di un compromesso ottimale tra attività umane e conservazione degli ecosistemi. Le nuove sfide della pianificazione territoriale, per il conseguimento delle tanto agognate "smart lands", ruotano attorno a reti, corridoi ecologici, stepping stones e infrastrutture verdi. L'efficacia di questi strumenti è legata alla biopermeabilità

del tessuto antropizzato che sarà tanto più elevata, quanto più gli spazi verdi fruibili (parchi e giardini, verde pensile intensivo, etc.), non fruibili (verde pensile estensivo su condomini o capannoni, etc.), residuali e periferici (gallerie artificiali, sovrappassi, ferrovie e aree industriali dismesse etc.), saranno realizzati o ristrutturati tenendo conto della vegetazione potenziale, del contesto floristico, faunistico, pedologico e climatico locale (Ercole et al., 2010).

[...] the present and future methods [of town building] must be based on entirely new premises. And these new premises can and must be found only in and through the existing difficulties (Saarinen, 1943).

Strumenti di progettazione ecologica: i tetti verdi per la biodiversità

Le infrastrutture verdi costituiscono un terreno fertile per la sperimentazione ed interazione sinergica tra ecologia e pianificazione: elemento indispensabile non solo per uno sviluppo urbano sostenibile ma per una pianificazione integrata del paesaggio che preveda la connessione tra gli ecosistemi a diversi livelli e scale territoriali.

Green infrastructure is [...] an interconnected network of waterways, wetlands, woodlands, wildlife habitats, and other natural areas; greenways, parks and other conservation lands; working farms, ranches and forests; and wilderness and other open spaces that support native species, maintain natural ecological processes, sustain air and water resources and contribute to the health and quality of life [...] (Benedict e McMahon, 2006).

Il verde pensile (o tetto verde) in particolare, rappresenta uno strumento essenziale di mitigazione e compensazione ambientale all'interno del tessuto urbano dove, l'alta densità edilizia e l'elevato disturbo antropico concedono poco spazio alle dinamiche naturali. Dal punto di vista ecologico i tetti verdi di tipo estensivo, cioè coperture inverdite di edifici generalmente non fruibili e a bassa manutenzione, con un substrato variabile tra gli 8 e i 15 cm (FLL, 2008) sono ambienti ideali per essere colonizzati, ad esempio, da vegetazione² dei *Sedo-Scleranthetea* nel nord Italia e dei *The-ro-Brachypodietea* nel sud, diventando così parte integrante

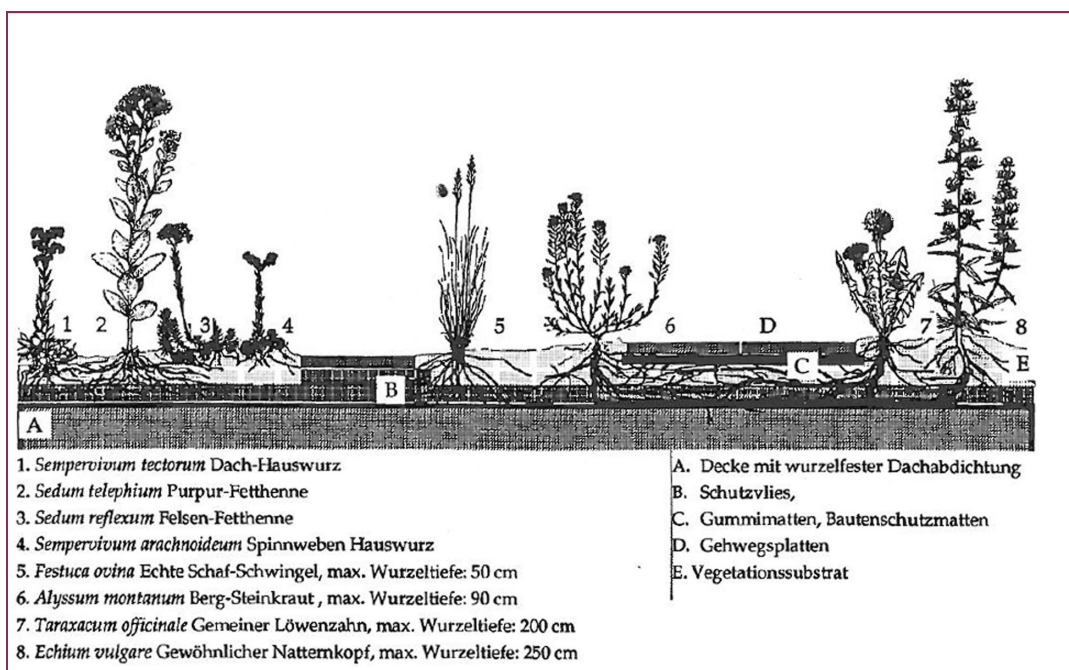


Figura 2. Sezione costruttiva di un tetto verde estensivo (Fonte: Riedmiller, 1994). Le Corbusier immaginava che "le piante avrebbero trovato substrato fertile tra le lastre di cemento dei camminamenti, su un letto di sabbia e ghiaia".

dei corridoi e reti ecologiche, in qualità di stepping stones urbane per determinate biocenosi di riferimento (Catalano et al., 2013a; 2013b).

I tetti verdi per la biodiversità sono stati ideati e promossi a partire dagli inizi del 2000 in Svizzera dal geografo e progettista Dr. Stephan Brenneisen (Dunnett, 2015) dell'Università di Scienze Applicate di Zurigo (ZHAW) con particolare attenzione alle comunità di invertebrati dei greti e delle fasce riparie (Brenneisen, 2003). L'attività di Brenneisen fu facilitata da una campagna di incentivi diretti (ca. 20.-CHF/m²) promossa dal comune di Basilea negli anni 1995-1996 per il risparmio energetico e protezione della natura, per un totale di 13 milioni di franchi svizzeri (Brenneisen, 2010). Non bisogna trascurare il fatto che in Svizzera già negli anni '30 i tetti-giardino furono considerati da Le Corbusier (1927) tra i 5 punti per una nuova architettura, per ragioni sia funzionali, di protezione del cemento armato dagli sbalzi di temperatura, sia ricreative, legate alla fruizione da parte degli inquilini (Figura 2). Le Corbusier immaginando che tutti i tetti piani potessero facilmente diventare verdi, rifletteva già sul ruolo di compensazione ambientale che i tetti giardino potessero rappresentare:

[...] généraliser le cas [i tetti giardino], c'est récupérer la totale superficie d'une ville³ (Le Corbusier, 1927).

A seguito della prima campagna di incentivi nel 2002, il comune di Basilea introdusse nel regolamento edilizio l'obbligo di inverdire ogni nuovo tetto piano di superficie maggiore di 500 m² e di rispettare degli standard esecutivi (e.g. mosaico di substrati a spessore variabile contenente

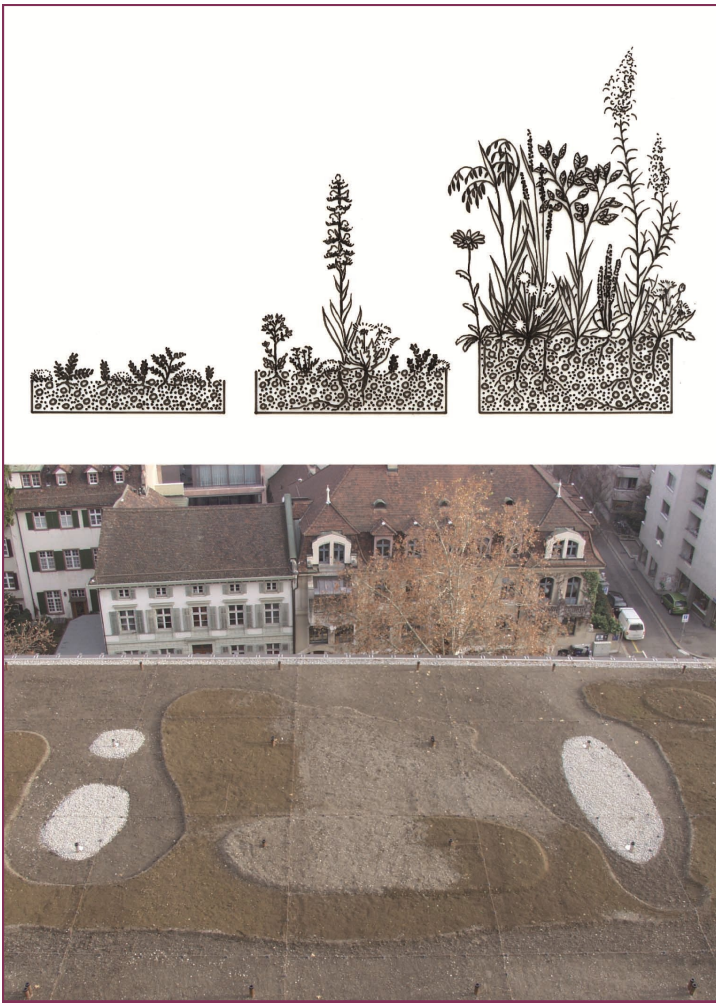


Figura 3. In alto, substrati di vario spessore (6, 12, 20 cm) usati per ospitare diverse biocenosi sul tetto dell'ospedale cantonale a Basilea. In basso, sul tetto appena realizzato, sono ben evidenti i tipi di substrato diversi (Foto di S. Brenneisen, ZHAW).

una percentuale di soprassuolo locale e uso di sementi autoctone regionali) per massimizzarne la funzione ecologica. La prima campagna fu seguita da una seconda tra il 2005 e il 2007 (ca. 40.- CHF/m²) riservata agli interventi di trasformazione dei lastrici solari esistenti. La città di Basilea, dopo le due campagne di incentivi, vantava più di 600.000 m² di verde pensile, 1.711 tetti verdi di tipo estensivo e 218 di tipo intensivo (inclusi giardini pensili) corrispondente a circa il 23% dei tetti piani esistenti. L'idea di base per la costruzione di tetti verdi per la biodiversità consiste nel creare mosaici di micro-habitat diversi e contigui tra loro che possano ospitare specie vegetali con caratteristiche morfo-funzionali diverse. Gli studi di Bornekamm (1961) in Germania, di Thommen in Svizzera (1983) hanno evidenziato infatti come le associazioni varino in base allo spessore, il tipo di substrato, le condizioni climatiche e naturalmente al tempo. Sui tipici tetti di tradizione tedesca, costituiti da una guaina impermeabile di catrame e cartone ricoperta con terreno di riporto e sabbia, si passa infatti dalle associazioni dominate da specie commensali dei primi

anni (e.g. *Panico-Galinsogietum*) ai prati temporanei (e.g. *Lolio-Plantaginetum*) in circa 10 anni; ad una prateria di *Poa compressa* (*Poetum anceps-compressae*) in aree ombreggiate in 30 anni e, in aree assolate con poco substrato, a una vegetazione con predominanza di muschi e Crassulaceae (e.g. *Sedo-Sempervivietum ceratodontetosum purpurei*).

Le tecniche costruttive e gli accorgimenti individuati dalla ricerca applicata hanno fatto tesoro degli studi riguardanti le dinamiche delle popolazioni sui tetti spontanei degli ultimi 50 anni: partendo dalla constatazione che varie specie colonizzano e si sviluppano in maniera del tutto autonoma e caratteristica del contesto ambientale locale, perché non progettare il tetto in modo da creare micro-habitat che possano ospitare le comunità desiderate?

Le caratteristiche principali che distinguono i tetti verdi per la biodiversità dai tetti verdi estensivi convenzionali, si possono sintetizzare in (Brenneisen, 2006; Baumann, 2006):

- I. Creazione di micro-habitat:
 - a. Spessore del substrato variabile (Figura 3). In clima temperato 8-10 cm di substrato si sono dimostrati ottimali per ospitare Crassulaceae (*Sedum* sp.), muschi e poche graminacee; in spessori maggiori di 10 cm possono stabilirsi molte altre specie erbacee, in spessori maggiori di 12 cm le specie competitive non consentono alle Crassulacee di svilupparsi e si può stabilire un prato fiorito con una composizione bilanciata tra graminacee e altre erbe; in spessori maggiori di 15 cm si ha una predominanza di graminacee altamente competitive. Inoltre spessori ridotti di substrato, con poca vegetazione, favoriscono la presenza di insetti predatori di habitat xerici.
 - b. Tipi di substrato diversi (Figura 3). In genere il substrato adoperato per il verde pensile estensivo è costituito da miscele commerciali di aggregati leggeri in diverse granulometrie (laterizio frantumato, materiali vulcanici quali lapillo, pomice, zeolite, etc.) e sostanza organica (di origine vegetale quale torba, compost, etc.). Per sostenere una maggiore diversità floristica e ospitare determinate specie animali, si utilizzano anche sabbia silicea, argilla, limo, pietre e soprassuolo (facendo attenzione ad evitare potenziali contaminazioni da parte semi di specie alloctone invasive). Inoltre, strisce di ghiaia o pietre favoriscono gli insetti termofili.
 - c. Introduzione di strutture supplementari (Figura 4). Sassi, pietre, tronchi e rami di alberi, costituiscono un riparo dagli agenti atmosferici per macro e micro fauna, ed influenzano il microclima; aree dove l'acqua

- ristagna per brevi periodi, offrono possibilità di rifollamento per insetti, ragni ed uccelli, che trovano sui tetti gli unici spazi idonei alla nidificazione in aree urbane (Figura 5), nonché la formazione di biocenosi effimere tipiche di aree umide (*Isoeto-Nanojuncetea*).
2. Uso di specie autoctone di provenienza regionale. L'uso di semi e plantule di specie autoctone conferisce maggiore resilienza ai tetti verdi, poiché questi elementi sono già perfettamente adattati alle condizioni locali. Nel contesto delle reti ecologiche, i tetti si prestano ad ospitare metapopolazioni di specie che altrimenti non sopravvivrebbero in ambiente urbano. Inoltre, la richiesta commerciale avrebbe un indotto economico sulle aziende locali florovivaistiche e di produzione di sementi di specie autoctone.
 3. Bassa manutenzione e ridotto disturbo antropico. Com'è dimostrato da vari studi di ecologia applicata, a un moderato disturbo ambientale corrisponde, localmente, una maggiore biodiversità. Per questo motivo non è necessaria molta manutenzione, se non per lo sfalcio annuale della vegetazione prativa o per l'eradicazione di eventuali fanerofite. Non bisogna dimenticare però, che il verde pensile, anche quando ha come obiettivo la tutela della biodiversità, è un manufatto che ha bisogno periodicamente di adeguato controllo e manutenzione tecnica.

I tetti verdi estensivi: stepping stones per habitat di interesse comunitario⁴

L'interesse degli ecologi per gli habitat urbani e della ricerca scientifica applicata al verde pensile, hanno prodotto una valutazione complessiva e puntuale dei servizi ecosistemici ed ecologici del verde pensile (Oberndorfer, 2007) e la loro definitiva inclusione tra gli habitat dell'ecosistema urbano (Sutton, 2015). Questa consapevolezza ha influenzato la fase progettuale e la selezione delle essenze vegetali, soprattutto nel caso del verde pensile estensivo e semi-intensivo (10-20 cm di substrato). Generalmente, infatti, entrambe le tipologie non sono pensate per essere fruite e pertanto non devono rispettare specifici canoni estetici (Dunnett, 2009) come nel caso dei giardini pensili (verde pensile intensivo con spessori tra i 50-100 cm).

Le possibili specie adatte alle condizioni sui tetti estensivi sono quelle che in natura crescono in condizioni simili: spessore di substrato ridotto e povero di sostanze nutritive, esposizione ai venti, elevata insolazione ed evapotraspirazione, lunghi periodi di aridità. Questo approccio è noto come *habitat template* (Lundholm, 2006) o *habitat analogue*,

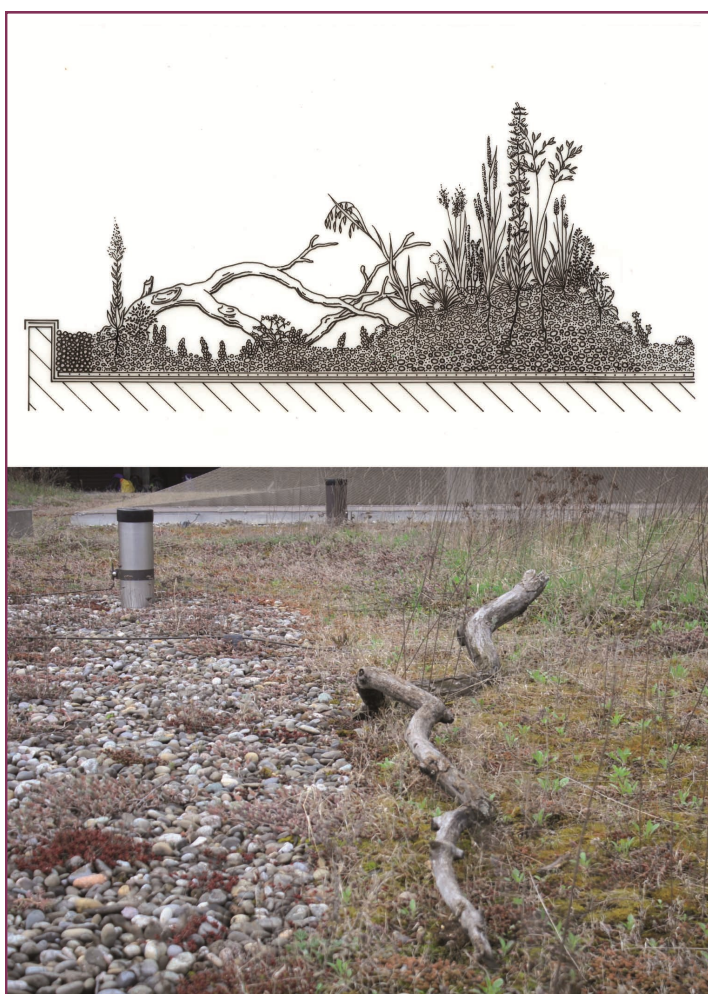


Figura 4. In alto, rappresentazione grafica (ZHAW) delle caratteristiche tipiche dei tetti per la biodiversità. In basso, transizione tra differenti micro-habitat sul tetto dell'Ospedale cantonale di Basilea (Foto di C. Catalano).

in cui ecosistemi analoghi, e.g. pareti rocciose, rupi e ghiaioni, vengono presi a modello per la selezione delle specie vegetali in un'ottica di riconciliazione con la natura (Lundholm e Richardson, 2010).

Il metodo dell'*habitat template* ha avuto particolare seguito negli USA e nelle regioni con clima mediterraneo del vecchio continente (Catalano et al., 2013b; Van Mechelen et al., 2013), e cioè in aree geografiche in cui la tecnologia del verde pensile non vanta una tradizione costruttiva consolidata come in centro Europa. In Italia, infatti, le attività di sperimentazione e ricerca sono preponderanti e distribuite in tutta la penisola (Palermo, Catania, Messina, Cosenza, Roma, Pisa, Firenze, Perugia, Bologna, Genova, Milano, Padova, Bolzano, Trieste) rispetto a quelle legate alla produzione e commercializzazione, concentrate soprattutto nel Nord-Est Italia (Venezia, Bolzano, Trieste) ed influenzate dal modello teutonico (FLL, 2008).

In Francia, Van Mechelen et al. (2013) hanno determinato un pool di 142 specie adatte ai tetti verdi in clima mediterraneo applicando il metodo degli *habitat template* per le



Figura 5. Pulcino di pavoncella (*Vanellus vanellus*) su un tetto verde a Gossau (ZH) (Foto di C. Lotti). Questa specie normalmente nidifica sul terreno e, a causa dell'uso sempre più intensivo delle aree agricole, è adesso inclusa tra le specie vulnerabili (IUCN 2015).

regioni Languedoc-russillon e Provence-Alpes-Cote d'Azur. Le specie vegetali sono state desunte da rilievi di campo in ambienti prativi su spessori ridotti di suolo, pavimenti calcarei, e rilievi fitosociologici dell'area di studio presenti in letteratura. I risultati sono stati filtrati in base ad alcune caratteristiche funzionali (forme biologiche, strategie ambientali di Grime - CSR) ottenendo una lista comprendente numerose emicriptofite (erbe perenni con gemme al livello del suolo) e poche specie annuali. I quattro cluster ottenuti classificando gli habitat naturali di riferimento comprendono 1) vegetazione di gariga tipica dei pavimenti calcarei con molte specie annuali ed un mosaico di diverse forme biologiche; 2) vegetazione basofila ricca in terofite (piante annuali), muschi e licheni; 3) praterie mesofile su suoli calcari con poche terofite e geofite (erbe perenni con gemme sotterranee); 4) vegetazione mesofila e xerofila di gariga e praterie con poche terofite. Dal dataset iniziale sono state escluse le specie con apparato radicale maggiore di 20 cm, restrizione che potrebbe essere valutata in maniera specifica poiché le stesse specie sui tetti sviluppano apparati radicali e caratteristiche morfologiche peculiari (Savi et al., 2015), e.g. specie nane, maggiore superficie radicale complessiva ed andamento plagiotropo (costretto dal ridotto spessore del substrato, dalle guaine impermeabili antiradice e dalla struttura portante).

In Italia, Caneva et al. (2013) hanno adottato il metodo degli *habitat template*, ottenendo una lista di 138 taxa tramite un confronto incrociato tra: le specie vegetali da rilievi fitosociologici, in habitat analoghi (habitat rocciosi, muri, ghiaioni, habitat retrodunali, steppici e sinantropici) (Blasi et al., 2011); le specie di cui si conoscono le prestazioni agrono-

miche in ambiente mediterraneo; le caratteristiche fisiologiche espresse dagli indici ecologici di Landolt e dagli indici di Ellenberg adattati alla flora d'Italia (Burba et al., 1992; Pignatti et al., 2005; Guarino et al., 2012); le caratteristiche corologiche e forme biologiche incluse nei database della Flora d'Italia Digitale (Guarino et al., 2010). Una lacuna nella lista finale è rappresentata dall'esclusione a priori delle specie annuali e bienni (terofite ed emicriptofite a ciclo breve), che invece costituiscono una componente fondamentale delle unità di paesaggio mediterranee. Un'altra criticità è l'inclusione, nell'elenco di specie, di taxa appartenenti a diverse zone fitogeografiche del Mediterraneo senza fornire opportune indicazioni sulle composizioni floristiche degli eventuali miscugli di semi.

Un altro metodo basato sull'approccio dell'*habitat template*, è stato proposto in Italia, per la Sicilia (Catalano et al., 2013a; 2013b). Il metodo fitosociologico applicato ai tetti verdi, prevede l'individuazione di habitat analoghi non solo come riferimento da cui estrapolare le specie, ma come modello per aggregare le piante in consorzi specifici. L'approccio fitogeografico è stato introdotto nella storia dell'architettura del paesaggio da Jacobus P. Thijsse⁵ nei Paesi Bassi (Woudstra, 2004); in sintesi, la progettazione di parchi e giardini e la piantumazione delle essenze vegetali in base alla loro provenienza e alle spontanee associazioni vegetali (Van Laren, 1929; Thijsse 1934). D'altro canto, il geobotanico tedesco Reinhold Tüxen nella vicina Bassa Sassonia sottolineava la valenza applicativa del metodo fitosociologico (Braun-Blanquet, 1932) come supporto scientifico per pianificazione ecologica del paesaggio (Tüxen, 1939; Kniese, 1942).

Individuare gli habitat analoghi tra quelli di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE, Allegato I) come modello per la realizzazione di tetti verdi, è coerente con l'intenzione di implementare la connettività tra le aree di importanza conservazionistica, elemento parzialmente trascurato dalla direttiva stessa (Biondi et al., 2012). Il ruolo chiave dei tetti verdi in termini di connettività all'interno del tessuto urbano è stato infatti dimostrato a Zurigo per le comunità di artropodi con diversa mobilità (Carabidae, Araneae, Curculionidae e Apidae) (Braaker et al., 2014).

Gli habitat della Direttiva 92/43/CEE (Biondi et al., 2009) selezionati sono quelli dei substrati sabbiosi (vegetazione psammofila), dei substrati con ghiaia, ciottoli e sabbia (vegetazione glareicola e rupicola) e dei suoli xerici (garighe e prati aridi) (Catalano et al., 2013b). Al primo gruppo appartengono gli habitat delle dune marittime delle coste me-

diteranee e cioè le dune fisse del litorale (2210 Crucianellion marittime), dune con prati dei *Malcolmietalia* (2230), dune con prati dei *Brachypodietalia* e vegetazione annua (2240), e dune con vegetazione di sclerofille dei *Cisto-Lavanduletalia* (2260). In questo caso il gradiente corrispondente alla successione primaria della vegetazione, dalla spiaggia emersa fino alle aree retrodunali più interne (Acosta et al., 2007) potrebbe essere replicato sui tetti dai diversi spessori di substrato. Questo permetterebbe la creazione di mosaici delle diverse comunità dunali con predominanza di terofite su spessori ridotti (2230); terofite ed emicriptofite su spessori intermedi (2240, 2210) ed emicriptofite e camefite (piccoli arbusti con gemme a meno di 30 cm dal suolo) (2210, 2260) in spessori maggiori (puntuali o limitati). Al secondo gruppo appartengono le boscaglie termo-mediterranee e pre-desertiche e cioè formazioni basse di euforbie vicino alle scogliere (5320); i ghiaioni del Mediterraneo occidentale e termofili (8130); le pareti rocciose con vegetazione casmofitica⁶ (8210). Come nel caso dei giardini rocciosi, la copertura vegetale lascerà intravedere il substrato con pietre e ghiaia sciolti di diversa pezzatura. Al terzo gruppo appartengono gli habitat delle formazioni erbose secche semi-naturali e facies coperte da cespugli e cioè gli habitat dei percorsi substepnici di graminacee e piante annue dei *Thero-Brachypodietea* (6220*). Questo tipo di vegetazione caratterizzata dalla compresenza di emicriptofite, camefite e terofite, ben si presta ad essere riprodotto sui tetti verdi. Uno studio preliminare a tal proposito è stato eseguito su un tetto verde realizzato negli anni '90 con terra rossa mediterranea (di riporto) a Palermo (Figura 6). Per verificare la compatibilità tra l'habitat ospite (tetto) e quello del donatore (prato terofitico naturale dei 6220*), sono stati prelevati 16 campioni di suolo (5 sui tetti verdi, 4 in aree naturali a Palermo, 4 a Trapani e 3 in un'area sul retro dello stabile). Tra i 15 parametri chimici e biochimici⁷ dei campioni dei diversi habitat, non è stata riscontrata nessuna differenza significativa ($p > 0.05$, ANOVA a due vie), dimostrando che il substrato sui tetti si presta ad ospitare le comunità vegetali e le comunità microbiche tipiche delle praterie terofitiche mediterranee (Catalano et al., 2015).

Conclusioni

La conservazione della natura sui tetti apre nuove prospettive per le pratiche di sostenibilità urbana: i tetti verdi per la biodiversità sono uno spazio per la Natura, sopra le nostre case. Il progetto e la manutenzione del un tetto devono quindi prevedere la colonizzazione spontanea, l'evoluzione delle comunità vegetali, i cicli naturali e l'ingiallimento estivo

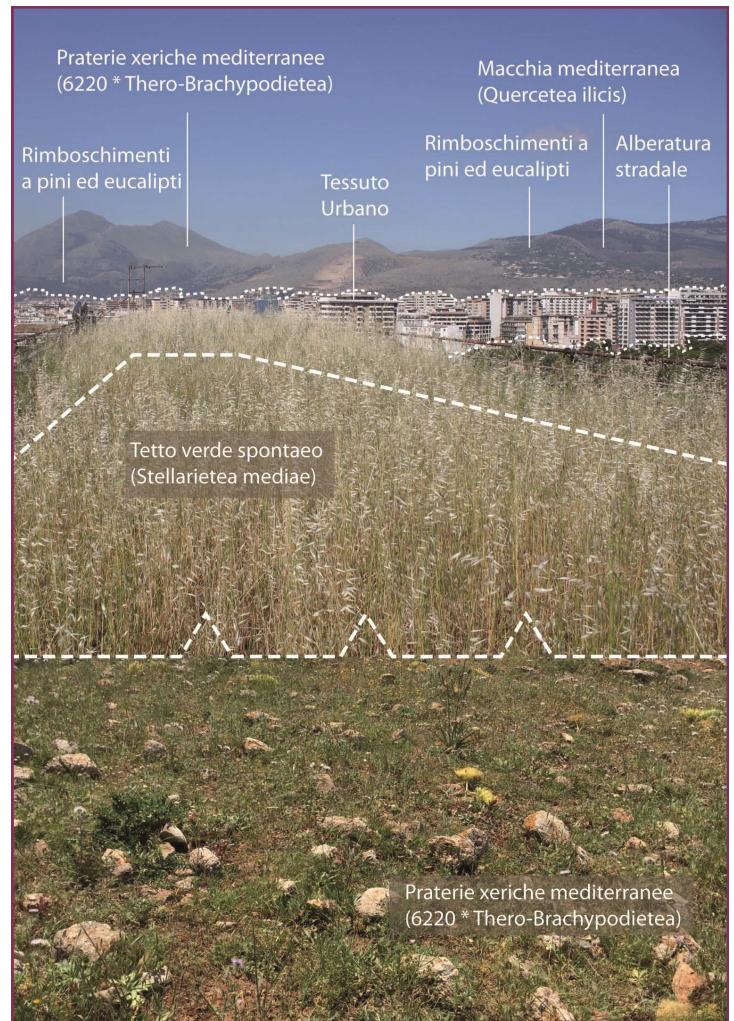


Figura 6. Fotomontaggio che illustra l'approccio fitosociologico applicato sui tetti verdi. In primo piano l'habitat di riferimento (6220*); oltre la linea tratteggiata il tetto verde spontaneo oggetto di studio a Palermo (Foto di C. Catalano).

per rendere le nostre città meglio integrate nel nostro paesaggio (Figura I).

Per consentire all'approccio "naturalistico" di svilupparsi è necessario intervenire nel processo educativo-cognitivo e in quello formativo-professionale. Educativo-cognitivo per sensibilizzare l'opinione pubblica, iniziando dalle nuove generazioni, affinché ci si possa riconoscere non solo nel paesaggio culturale, ma anche in quello naturale (eco-litteracy); formativo-professionale per creare figure professionali che possano coniugare la pianificazione (fase analitica) e la progettazione (fase creativa) del paesaggio (Stokman e von Haren, 2012).

Gli architetti del paesaggio devono essere capaci di interpretare l'anima dei luoghi e di spostare la consueta progettazione antropocentrica atta a soddisfare i bisogni (estetici ed economici) e sensibilità umane (emozioni intuitive legate anche alla conoscenza individuale), verso una progettazione sistemica ed ecologica, ecocentrica (Austin, 2014) che tenga conto delle condizioni climatiche, della vegetazione poten-

ziale e delle interazioni con le biocenosi circostanti. Un progettista deve essere anche ecologo affinché possa combinare *the ways of nature to the ways of man*.

Note

¹Le piante sui nostri tetti di ghiaia.

²Di seguito si fa uso della sintassonomia fitosociologica acquisita a livello europeo come descrizione sintetica ed esaustiva degli habitat di interesse comunitario (Biondi et al. 2012) inclusi nell'Allegato I della Direttiva Habitat (92/43/CE). I nomi dei syntaxon derivano da una o più specie vegetali rappresentative della comunità; l'ordine gerarchico è esplicitato dalle seguenti desinenze (in ordine gerarchico decrescente): Classe (-etea); Ordine (-etalia); Alleanza (-ion); Associazione (-etum), quest'ultima è l'unità di base.

³Estendendo, si recupererebbe l'intera superficie di una città.

⁴Gli habitat di interesse comunitario sono quelli inclusi nell'Allegato I della Direttiva Habitat (92/43/CE).

⁵Come Jan McHarg negli anni '60, Thijsse era scontento dalla leggerezza con cui le aree naturali (in particolare le brughiere e le dune) venivano sostituite da infrastrutture, campi agricoli e abitazioni, già alla fine dell'800.

⁶Le specie vegetali casmofite sono legate alle pareti rocciose ed hanno sviluppato un apparato radicale adatto alle quantità ridotte di suolo presente tra le fessure delle rocce.

⁷Carbonio Organico Totale (TOC); Azoto Totale (TN); Conduttività Elettrica (EC); pH; Capacità di Scambio Cationico (CSC); Fosforo di Olsen disponibile (P2O5); Carbonio Organico Estraiabile (Cextr); Carbonio della Comunità Microbica (MBC); Respirazione del Suolo (CO2); Phospholipid-derived fatty acids (PLFA); Batteri; Funghi; Gram-positivi (Gp); Gram-negativi (Cn); Microfauna.

Bibliografia

- Acosta A., Ercole S., Stanisci A., De Patta Pillar V., Blasi C., 2007. *Coastal vegetation zonation and dune morphology in some Mediterranean ecosystems*. Journal of Coastal Research, 23(6), 1518-1524.
- Austin G., 2014. *Green infrastructure for landscape planning: integrating human and natural systems*. Routledge, NY.
- Barker G.M.A., 1997. [Bringing people, urban nature and planning together in England: a review](#). In: [Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée](#), 39^e année, bulletin n°2, 1997. Sauvages dans la ville. De l'inventaire naturaliste à l'écologie urbaine, 285-303, doi: 10.3406/jatba.1997.3629,
- Baumann N., 2006. *Ground-Nesting Birds on Green Roofs in Switzerland: Preliminary Observations*. Urban Habitats, 4, 37-50.
- Benedict M.A., e McMahon E.T., 2006. *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century*, Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series
- Biondi E., Blasi C., Burrascano S., Casavecchia S., Copiz R., Del Vico E., Galdenzi D., Gigante D., Lasen C., Spampinato G., Venanzoni R., Zivkovic L., 2009. [Manuale Italiano di Interpretazione degli Habitat della Direttiva 92/43/CEE](#). SBI, MATTM
- Biondi E., Casavecchia S., Pesaresi S., e Zivkovic L., 2012. [Natura 2000 and the Pan-European Ecological Network: a new methodology for data integration](#). Biodiversity and Conservation, 21(7), 1741-1754.
- Biondi E., Burrascano S., Casavecchia S., Copiz R., Del Vico E., Galdenzi D., Gigante D., Lasen C., Spampinato R., Zivkovic L., Blasi, C., 2012. [Diagnosis and syntaxonomic interpretation of Annex I Habitats \(Dir. 92 / 43 / EEC\) in Italy at the alliance level](#). Fitosociologia, 49(1), 5-37.
- Bornkamm R., 1961. *Vegetation und vegetations-entwicklung auf kiesdächern*. Vegetatio, 10 (1), 1-24.
- Braaker S., Ghazoul J., Obrist M.K., e Moretti M., 2014. *Habitat connectivity shapes urban arthropod communities: the key role of green roofs*. Ecological Society of America, 94(4), 1010-1021.
- Braun-Blanquet J., 1932. *Plant sociology. The study of plant communities*. Authorised English translation of Pflanzensoziologie. Translated, revised and edited by Fuller, D., G., e Conrad, S., H., McGraw-hill, New York.
- Brenneisen S., 2003. *Ökologisches Ausgleichspotenzial von extensiven Dachbegrünungen-Bedeutung für den Arten- und Naturschutz und die Stadtentwicklungsplanung*. Doctoral dissertation, Institute of Geography, University of Basel, Switzerland
- Brenneisen S., 2006. *Space for urban wildlife: Designing green roofs as habitats in Switzerland*. Urban Habitats, 4, 27-36.
- Brenneisen S., 2010. *Green roofs in Basel - From Pilot to Mainstream*. Conference proceeding Green roofs for Healthy Cities.
- Buchwald K., e Engelhardt W. (1968). *Handbook for the conservation of the landscape and the protection of nature. Volume I. Fundamentals. Volume II. Conservation of the open countryside*. Handbuch für Landschaftspflege und Naturschutz. Band I. Grundlagen. Band II. Pflege der freien Landschaft.
- Burba N., De Paoli D., Malaroda M., Oriolo G., Zuccarello V., 1992. *Un sistema informativo per la vegetazione. Calcolo degli indici*

- ecologici. Coll. Quad. C.E.T.A., 2, Gorizia
- Caneva G., Kumbaric A., Savo V., e Casalini R., 2013. [Ecological approach in selecting extensive green roof plants: A data-set of Mediterranean plants](#). Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology, (August), 1–10.
- Catalano C., Aprile S., e Guarino R., 2013a. *Verde pensile estensivo ad alto valore ecologico in ambiente mediterraneo. Aspetti progettuali e funzionali*. In F.D. Moccia (a cura di), *La città sobria*, 489-497. Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli
- Catalano C., Guarino R., Brenneisen S., 2013b. *A plant sociological approach for extensive green roofs in Mediterranean areas*. Paper presented at the cities alive, 11th annual green roof and wall conference, session 6R—a look at resilient vegetation and growing media, October 23–26, San Francisco.
- Catalano C., Guarino R., Lo Verde G., Badalucco L., Palazzolo E., Laudicina V.A., Marcenò C., 2015. *Potenzialità dei tetti verdi nel sostenere i prati terofitici mediterranei dell'habitat 6220**. Congresso SISV (Società Italiana di Scienza della Vegetazione), Ancona 24-26 Settembre.
- Clement G., 2005. *Manifesto del Terzo paesaggio*. Quodlibet, Macerata.
- Dunnett N., 2009. [People and nature: Integrating aesthetics and ecology on accessible green roofs](#). Acta Horticulturae, 881, 641–652.
- Dunnett N., 2015. *Ruderal green roofs*. In Sutton, K., (a cura di). *Green Roof Ecosystems*. 233-255. Springer International Publishing.
- Ercole S., Bianco P.M., Blasi C., Copiz R., Cornelini P., Zavattero L., 2010. *Analisi e progettazione botanica per gli interventi di mitigazione degli impatti delle infrastrutture lineari*. Manuali e linee guida ISPRA 65.3/10. ISPRA, Roma.
- Fischer J., e Lindenmayer D. B., 2007. *Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis*. Global Ecology and Biogeography, 16(3), 265-280.
- FLL 2008. *Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen*. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau E.V. Bonn.
- Guarino R., Domina G. e Pignatti S., 2012. *Ellenberg's Indicator values for the Flora of Italy – first update: Pteridophyta, Gymnospermae and Monocotyledoneae*. Flora Mediterranea, 22, 197-209.
- Guarino R., Addamiano S., La Rosa M., Pignatti S., 2010. “*Flora Italiana Digitale*”: an interactive identification tool for the Flora of Italy, in P.L. Nimis, R. Vignes Lebbe (Eds.), *Tools for identifying biodiversity: progress and problems*, EUT Edizioni Università di Trieste, 157–162.
- Ignatieva M. (2012). *Plant material for urban landscapes in the era of globalization: roots, challenges and innovative solution*. In Matthias, R. e Weiland, U. (eds.) *Applied urban ecology: a global framework*. John Wiley e Sons Ltd, Chichester, UK, ,139-151.
- Ingegnoli V., 2011. [Bionomia del paesaggio: L'ecologia del paesaggio biologico-integrata per la formazione di un "medico" dei sistemi ecologici](#). Milan: Springer.
- IUCN [Red List of Threatened Species](#). Version 2015-4. Downloaded on 04 June 2016.)
- Kniese L., 1942. *Die Pflanzensoziologie in der Landschafts- und Gartengestaltung*. Bechtold, Wiesbaden.
- Kowarik I., 2011. [Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation](#). Environmental Pollution, 159, 1974–83.
- Kreh W., 1945. *Die Pflanzenwelt unserer Kiesdächer*. Jahreshefte Des Vereins Für Vaterländische Naturkunde in Württemberg, 97/101 (1945), 199–207.
- Le Corbusier, 1927. *Les Cinq points d'une architecture nouvelle*, 24 July 1927 in Oechslin, W., e Wang, W. 1987. *Les Cinq Points d'une Architecture Nouvelle*. Assemblage.
- Lundholm J.T., e Richardson P., J., 2010. [Habitat analogues for reconciliation ecology in urban and industrial environments](#). Journal of Applied Ecology, 47(5), 966–975.
- Lundholm J.T., 2006. *Green Roofs and Facades: A Habitat Template Approach*. Urban Habitats, 4(1), 87–101.
- Martini F., Codogno M., Comelli L. e Mesiano O., 2004. *La vegetazione dei tetti verdi a Trieste*. Fitosociologia, 41(1): 181-192.
- McHarg Ian L., 1969. *Design with nature*. Garden City, N.Y.: Pubblicato per l'American Museum of Natural History. Natural History Press.
- Niemelä J., 1999. *Ecology and urban planning*. Biodiversity e Conservation, 8(1), 119-131.
- Oberndorfer E., Lundholm J., Bass B., Coffman R.R., Doshi H., Dunnett N., ... Rowe B., 2007. [Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services](#). Architectural Science Publication and Research, 57(10), 823 – 833.
- Odum E.P., 1983. *Basic ecology*. Philadelphia: Saunders College Pub.

- Oechslin W., e Wang W., 1987. [Les Cinq Points d'une Architecture Nouvelle](#). Assemblage, (4), 83-93. doi:1.
- Pignatti S., Menegoni P., Pietrosanti S., 2005. *Biondificazione attraverso le piante vascolari. Valori di indicazione secondo Ellenberg (Zeigerwerte) per le specie della Flora d'Italia*. Braun-Blanquetia 39: 1-97.
- Saarinen E., 1943. *The city: its growth, its decay, its future*. MIT press, Cambridge.
- Savi T., Boldrin D., Marin M., Lee Love V., Andri S., Tretiach M., Nardini A., 2015. *Does shallow substrate improve water status of plants growing on green roofs? Testing the paradox in two sub-Mediterranean shrubs*. Ecological Engineering 84: 292-300.
- Steiner F., 2008. [The living landscape: an ecological approach to Landscape Planning](#). 2nd ed. Washington, DC: Island Press.
- Stokma A., e von Haaren C., 2012. *Integrating science, and creativity for landscape planning and design of urban areas*. In: Richter, M. e Weiland, U. (Eds.): Applied Urban Ecology: A Global Framework. John Wiley e Sons, Ltd, Chichester, UK, 170-185.
- Sukup H., 2002. *On the early history of urban ecology in Europe*. Preslia, 74, 373-393.
- Sutto R.K., 2015. *Green roof ecosystems*. Cham: Springer International Publishing Switzerland.
- Thijssse J.P., 1934. *Natuurhistorische tentoonstelling*. De Groene Amsterdammer, 7.
- Thommen M.T., 1986. *Pflanzengemeinschaften natürlich besiedelter Kiesdächer und extensiver Dachbegrünungen*. Diplomarbeit Universität Basel.
- Tüxen R., 1939. *Die Bedeutung der Pflanzensociologie für die Landeskultur*. Die Gartenkunst, 52, 59-61.
- Van Laren A.J., 1929. *Phytogeografische plantengroeping als element in de tuinkunst*. Onze Tuinen, Amsterdam.
- Van Mechelen C., Dutoit T., e Hermy M., 2013. [Mediterranean open habitat vegetation offers great potential for extensive green roof design](#). Landscape and Urban Planning, 121, 81-91.
- Woudstra J., 2004. *The changing nature of ecology: a history of ecological planting (1800-1980)*. In Dunnet, N., e Hitchmough, J. (a cura di). The Dynamic Landscape: Design, Ecology and Management of Naturalistic Urban Planting, 33-75. Taylor e Francis Group, London, UK.
- Yeang K., 2006. *Ecodesign: a manual for ecological design*. London, UK: Wiley-Academy.

Extensive green roofs: biodiversity at high levels

Cities are defined as heterotrophic systems (Odum, 1983) as they depend mainly on external resources and cause habitat loss and fragmentation. Green roofs represents a fundamental means of ecological compensation within the built environment, i.e. in highly altered and disturbed places by humans. In particular, green roofs for biodiversity (or biodiversity green roofs), being characterised by different but contiguous microhabitat (habitat mosaics or patches), can host several species with different morphological and functional traits (Brenneisen, 2003). The method known as the habitat template consists of choosing suitable plant species for green roofs from among the one that live in nature under similar conditions e.g. shallow and nutrient poor substrate, drought resistant (Lundholm, 2006). The phytosociological approach applied to green roofs considers the habitat analogue not only as a species pool, but also as a model to group plants in specific associations (Catalano et al. 2013).

Parole chiave: Tetti verdi, habitat template, metodo fitosociologico, reti ecologiche

Key words: Green roofs, habitat template, phytosociological method, ecological networks

Chiara CATALANO

Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali (SAF)

Stephan BRENNEISEN

Nathalie BAUMANN

**Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW),
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen (IUNR), Switzerland**

Riccardo GUARINO

Università degli Studi di Palermo, Dipartimento STEBICEF, Sezione Botanica