

Capitolo 1

Le coperture verdi

Raul Berto, Paolo Rosato

La tecnologia nota come “*verde pensile*” fa riferimento ad una superficie vegetale continua che non presenta, per posizione, giacitura o modalità di realizzazione, continuità fisica, geometrica ed ecologica con il suolo naturale inverdito. Infatti, la sua principale applicazione si concretizza nell’involucro di edifici o volumi architettonici o tecnici fuori terra, oppure ancora interrati in tutto o in parte, ed assolve a svariate funzioni riferibili agli ambiti architettonico, energetico, della salvaguardia ambientale e della sostenibilità sociale. Il contenuto tecnologico delle coperture verdi risulta perciò arricchito – almeno in parte – dai benefici usualmente associati al suolo naturale vegetato, pur evidenziandone la differente composizione ed un conseguente diverso comportamento .

Le diverse tecnologie afferenti al “*verde pensile*”, applicabili all’intero involucro edilizio, si differenziano dalle altre tipologie di involucro in quanto le finiture sono costituite da individui appartenenti a specifiche specie vegetali – e non da materiali inerti

‘tradizionali’. Queste tecnologie sono riconducibili alle seguenti famiglie, caratterizzate da diversi contenuti differenziatesi nel tempo in seguito all’evoluzione della tecnica:

- verde verticale, porzioni di involucro edilizio a giacitura verticale o sub-verticale coltivate con essenze vegetali specifiche, capaci di svilupparsi in questo contesto con differenti livelli di manutenzione; le tecniche impiegate per la realizzazione di pareti e facciate verdi si sono nel tempo distinte da quelle di inverdimento in copertura, sia sotto il profilo delle prestazioni richieste, sia sotto il profilo tecnologico¹.



Figura 1.1 – Verde verticale e copertura verde nell’edificio sportivo polifunzionale Sportplaza Mercator a Amsterdam, progetto architettonico studio Venhoeven CS, Amsterdam (NL); progetto del verde studio Copijn, Utrecht (NL) (fonte artdco.net//, foto Luuk Kramer).

- giardini pensili, consistenti in giardini realizzati in quota rispetto al livello del suolo naturale e caratterizzati da vegetazione di tipo ornamentale posta su una copertura di tipo tradizionale o su un volume di terreno di riporto contenuto entro strutture di contenimento verticali;
- coperture verdi, vere e proprie installazioni vegetali differenti per tipologia, caratteristiche botaniche ed ecologiche, praticate su uno strato strutturale piano o inclinato a copertura di un elemento tecnico appositamente progettato o modificato nella sua soluzione tecnologica.

Le tecnologie afferenti alle coperture verdi (piane ed inclinate) ed al verde verticale sono attualmente distinte a livello tecnologico per obiettivi e finalità, modalità realizzative e prestazioni offerte, al punto che possono essere considerate applicazioni distinte ed autonomamente individuabili.



Figura 1.2 – Siteplan della Nouvelle École de la Biodiversité de Boulogne – Billancourt a Parigi, progetto architettonico Chartier Dalix Architectes, Paris (F) (fonte www.metalocus.es/).



Figura 1.3 – Il giardino pensile della Nouvelle École de la Biodiversité de Boulogne – Billancourt a Parigi. L'installazione del giardino pensile in copertura è stata promossa con l'obiettivo primario di realizzare un ecosistema locale basato su specie vegetali e animali capaci di colonizzare lo spazio urbano (fonte www.metalocus.es/).

La terminologia “*verde pensile*”, dunque, individua l’intero sistema di soluzioni di involucro edilizio che contemplino l’installazione di impianti vegetali in discontinuità rispetto al terreno naturale; la definizione di “copertura a verde”, nota in bibliografia anche come “tetti verdi”, “tetti vegetati”, “tetti ecologici”, “coperture continue a verde” e, nella letteratura anglosassone, come “*green roofs*”, “*eco roofs*”, “*cool roofs*”, identifica soltanto una famiglia di tecnologie del verde pensile in un edificio, riferendosi alla presenza di una soluzione tecnologica, la cui composizione derivi da un’analisi esigenziale e dalla valutazione delle pertinenti prestazioni offerte, specificamente dedicata a tale finalità.

Le coperture verdi possono quindi sostituire alle tradizionali mantenendo un pertinente contenuto tecnologico e garantendo, almeno in parte ed in aggiunta rispetto alle coperture tradizionali, le prestazioni offerte dal suolo naturale ricoperto da vegetazione.

1.1. Breve storia del verde pensile e delle coperture verdi

L’utilizzo del verde da parte dell’uomo per ricoprire e proteggere le abitazioni ha origini molto antiche.

Uno dei più antichi e spettacolari esempi di verde pensile sono sicuramente i giardini pensili di Babilonia, annoverati tra le sette meraviglie del mondo antico e prototipo arcaico delle coperture verdi. Risalenti al 590 a.C., furono commissionati dal re Nabucodonosor II, sebbene la tradizione voglia che sia stata la regina assira Semiramide a volerne la costruzione.



Figura 1.4 – Riproduzione dei giardini pensili di Babilonia (fonte www.nationalgeographic.it)

La localizzazione dei giardini pare essere ancora oggi incerta, tanto che alcuni storici non sono sicuri dell'esistenza stessa di tali realizzazioni. L'architetto tedesco Robert Koldewey (1855 - 1925) ipotizzò che i giardini si trovassero nell'angolo a nord-est del Palazzo Meridionale, anche se questa teoria non risulta del tutto accettabile a causa della lontananza del sito dal fiume Eufrate, risorsa fondamentale per l'irrigazione della zona. D.J. Wiseman (1918 - 2010) ritiene allora probabile il collocamento "sopra e a settentrione della grande muratura a ovest" del Palazzo Sud, in stretta vicinanza con le rive dell'Eufrate. Un'ipotesi ancora diversa è stata avanzata nel 1992 da D.W.W. Stevenson (1942 -) il quale ritiene che i giardini pensili fossero stati realizzati su di un edificio indipendente più vicino al Palazzo Meridionale. Un'altra teoria più recente, sostenuta da S. Dalley, ritiene che in realtà i giardini fossero stati realizzati non in Babilonia, bensì a Ninive, città vicina.

I giardini comprendevano un orto botanico con flora arborea, arbustiva e erbacea non autoctona, bensì originaria di climi più umidi. Per questo motivo, assieme alla realizzazione dei giardini stessi fu costruito un complesso sistema di irrigazione con l'acqua del fiume Eufrate. Si ritiene che l'edificio stesso su cui erano alloggiati i giardini pensili contenesse i canali necessari per l'irrigazione per i servizi degli abitanti. Il verde pensile era ospitato da terrazzamenti su cui lo strato di terra e di drenaggio raggiungeva uno o forse due metri di spessore.

Un altro esempio di giardini pensili dell'antichità, ed il primo di cui si abbia documentazione nella penisola italiana, sono le tombe etrusche realizzate a partire dal XI secolo a.C.; alcune di queste realizzazioni sono tuttora intatte. Dopo lo scavo del terreno al fine di ricavare lo spazio necessario al seppellimento dei defunti, la parte superiore dei sepolcri veniva ricoperta, secondo una configurazione cupolare, con lo stesso terreno su cui cresceva la vegetazione.



Figura 1.5 – I sepolcri etruschi nella necropoli della "Banditaccia" a Cerveteri (RM) (fonte www.etruriameridionale.beniculturali.it).

All'epoca romana risalgono altre realizzazioni di verde pensile; nella civiltà romana questa tecnologia era piuttosto conosciuta e frequentemente applicata. A questo periodo a Roma si ascrivono il mausoleo di Augusto (29 a.C.) – in cui la copertura era in origine ricoperta di terra e inverdita con cipressi – ed il mausoleo di Adriano (130 d.C.), la villa dell'imperatore Adriano a Tivoli (92 d.C.) e le ville di Plinio il Giovane (ad esempio villa Laurentina, risalente al I secolo d.C.). Plinio il Giovane riporta che la villa di proprietà in Toscana presentasse uno *xystus*, ossia un giardino pensile direttamente accessibile dall'edificio, costituito da tumuli in terra in pendenza spessi un metro, in cui l'inclinazione assicurava l'allontanamento delle acque piovane e specifici elementi di contenimento impedivano eccessivi fenomeni di dilavamento.



Figura 1.6 – Mausoleo di Augusto (fonte www.sovrintendenzaroma.it/).

In epoca medioevale il verde pensile fu impiegato negli edifici ecclesiastici per consentire la coltivazione nei chiostri, ma soprattutto castelli e fortezze ospitavano giardini pensili atti a diverse finalità: oltre alla funzione architettonica di decoro, essi venivano utilizzati come accumuli di terra, ricoperta dalla vegetazione, per attutire gli effetti dei colpi d'arma da fuoco e ripristinare le opere dai danneggiamenti subiti, in prevalenza depositi di armi, di munizioni e dispense. È bene evidenziare che, in questa epoca, la funzione di decoro dei giardini pensili era spesso affiancata, se non subordinata, alle loro diverse utilità pratiche, evidenziando un primo tentativo di fruizione, o piuttosto di speculazione, sulle possibilità offerte da questa tecnologia.

Proprio il valore del verde quale elemento architettonico ornamentale e decorativo è riscoperto a partire dal XV secolo. Da questo momento, e per i successivi quattro secoli, si possono apprezzare diverse realizzazioni di giardini pensili di significativo pregio: tra queste si ricordano la villa D'Este a Tivoli (RM), Villa Aldobrandini a Frascati (RM), il Palazzo Reale a Napoli, i giardini del Belvedere nel Vaticano, il Castello di Collepardo a Frosinone, la Reggia di Versailles a Parigi. L'utilizzo del verde pensile, in questo periodo,

umenta la fruibilità degli spazi esterni, di cui costituisce parte integrante e, al contempo, spazio di relazione con l'edificio.

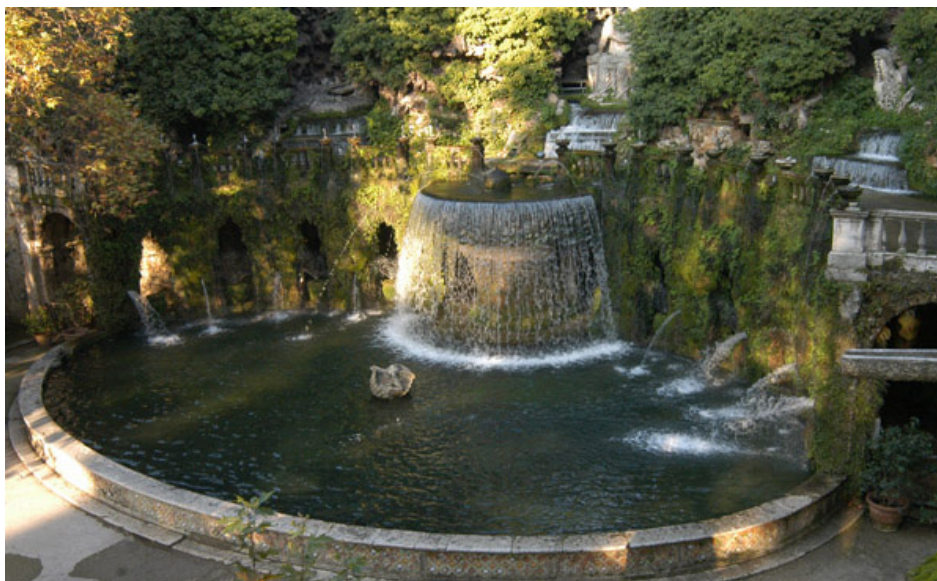


Figura .1.7 – Villa d'Este a Tivoli (fonte <http://www.villadestetivoli.info/>)

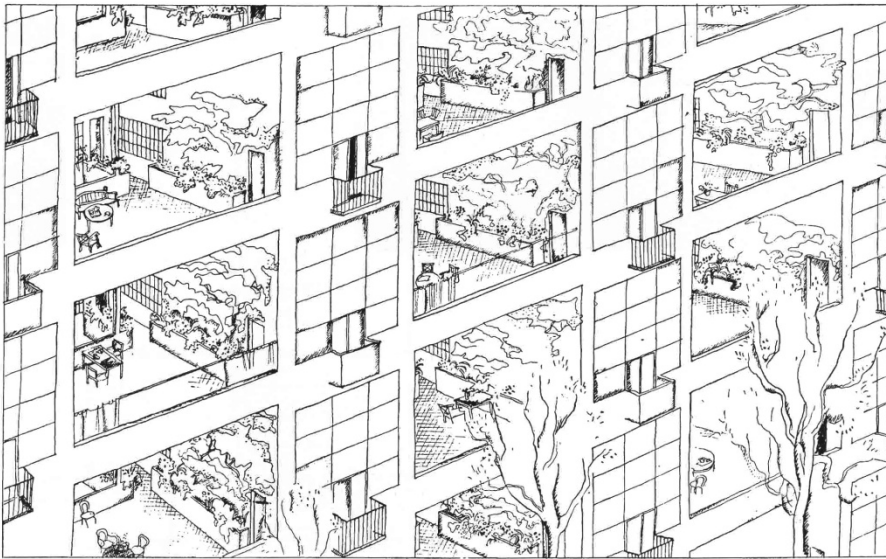
Fino al XIX secolo, i giardini pensili erano concepiti esclusivamente per soddisfare requisiti estetici e funzionali. Dal 1865, invece, cominciano ad emergere anche i pregi che queste soluzioni portano con sé da un punto di vista ambientale: la cesura viene fatta risalire alla pubblicazione di un trattato da parte dell'architetto C. Rabitz (in alcuni testi C. Von Rabitz, 1823-1891), che pubblica un trattato sui giardini pensili evidenziandone per la prima volta il contributo alla salubrità nei contesti a forte densità abitativa. La forte espansione industriale e l'aumento della densità delle aree antropizzate portò infatti alla nascita delle riflessioni sui temi dell'ecologia e della salvaguardia ambientale. Con questi, crebbe la necessità d'individuare soluzioni che permettessero la mitigazione ambientale e una miglior compensazione urbana. Da questa necessità nacquero parchi estesi al centro dei quartieri e giardini pensili sulle coperture degli edifici.

Le Corbusier (1887-1965) riconosce il valore estetico, ambientale e sociale contenuto nelle soluzioni a verde pensile. Nel progetto delle *immeubles villas* (1922) – complessi di 120 alloggi nella parte periferica di una città contemporanea destinata ad ospitare 3 milioni di abitanti – sono presenti i caratteri delle *unité d'habitation*, caratterizzati anche da terrazzi giardino. Nelle *immeubles villas* il verde pensile è utilizzato come elemento di riequilibrio ambientale e sociale, tanto che l'architetto svizzero ne fa uno dei cinque punti della Nuova Architettura (*Vers une Architecture*, 1923), il *toit terrasse* (tetto a terrazza). Esso permette di rendere all'uomo il rapporto con il verde, che si colloca sopra – grazie alla concezione strutturale più libera derivante dall'impiego dei *pilotis* – ma soprattutto al di sopra dell'edificio: qui evidenzia la funzione coibente nei confronti dei piani inferiori e sottolinea il fatto che tali soluzioni rendono lussureggiante e vivibile il tetto.



Un immeuble de 120 villas superposées

Figura 1.8 – Il complesso di 120 'immeubles villas' secondo Le Corbusier (1922) (fonte www.le-corbusier.com/). La didascalia può essere tradotta come "un edificio di 120 ville sovrapposte".



«Lotissements fermés à alvéoles». Le module étriqué des façades actuelles (3,50 m) est porté à 6 m, conférant à la rue un caractère d'ampleur tout nouveau.

Figura 1.9 – Particolare delle 'immeubles villas' di Le Corbusier (1922); sono ben riconoscibili gli spazi adibiti a giardino in ciascuna 'villa' (fonte <http://cargocollective.com/ampuqam/Regard-authentique-p3-Immeuble-villa-cache>). La didascalia può essere tradotta come "Suddivisioni a cellule chiuse. Lo stretto modulo delle facciate attuali (3,50 m) è aumentato a 6 m, conferendo alla strada un'impressione d'ampiezza tutta nuova".

Dagli anni Sessanta del secolo scorso la tecnologia delle coperture verdi comincia a diffondersi in Europa: in particolare è impiegata frequentemente come strategia per il recupero di aree ed edifici industriali degradati². In questo periodo il verde pensile ha trovato sviluppi differenti nei Paesi europei quale misura compensativa per rigenerare aree verdi che, in particolar modo nel Secondo Dopoguerra, erano state prima trascurate e poi ridotte in dimensioni dalle necessità di ricostruzione in tempi brevi sia del tessuto industriale, sia dell'edilizia abitativa, processo spesso carente in programmazione a lungo termine.

Nei paesi dell'Europa centrale e settentrionale – in particolare in Germania, dove dalla fine degli anni '80 una legge nazionale cita il verde pensile quale strumento di compensazione ambientale e permette ai Comuni tedeschi di incentivare o prescrivere l'impiego di queste tecnologie – le coperture verdi trovano la loro maggior diffusione quale elemento di mitigazione del microclima urbano. Il valore del verde pensile è allora incrementato da una nuova consapevolezza legata alle superfici di copertura: i tetti piani delle zone commerciali e produttive non sono soltanto spazi inutilizzati, ma portano alla progressiva degradazione del microclima urbano a causa delle proprie superfici impermeabili³.

In Italia non è ancora pienamente apprezzabile la diffusione delle coperture verdi, sebbene si ritenga che il settore della tecnologia sia decisamente in crescita. Probabilmente, alla base di questo scarso utilizzo ci sono ragioni di carattere culturale, di know-how tecnico ed infine economico, con particolare riferimento agli strumenti incentivanti – diretti e indiretti – che solo recentemente sono stati resi operativi soprattutto a livello locale.



Figura 1.10 – Environment Park, Torino, progetto architettonico E. Ambasz, B. Camerana, G. Durbiano (fonte www.greenroofs.com/projects/). È il risultato della riqualificazione di un precedente brownfield esteso per 150 ettari avvenuta tra il 1996 ed il 1999.

1.2. Le prospettive future delle coperture verdi

Negli ultimi decenni la necessità di ridurre gli effetti negativi dell'antropizzazione del territorio e i consumi energetici legati ai servizi tecnici degli edifici ha portato all'implementazione negli involucri edilizi di tecniche e forme architettoniche proprie degli ambienti naturali.

Si può dunque parlare, in ambiti diversi, di *Green Architecture* e *Green Technology*, intendendo con la prima l'inserimento di specifiche strategie progettuali – dalla scala urbana a quella di involucro edilizio – di elementi tecnici capaci di ridurre i consumi energetici da fonti non rinnovabili, le emissioni inquinanti di anidride carbonica in atmosfera, infine gli impatti ambientali in genere derivanti dall'utilizzo di determinati materiali da costruzione; con la seconda, invece, si considera la mitigazione dell'impatto architettonico ed estetico e gli effetti benefici di alcune soluzioni di progetto alla scala di soluzione tecnologica, ricorrendo ad esempio ad una versione più attuale dell'architettura vernacolare⁴, volta all'integrazione del volume costruito in un contesto a forte connotazione naturale.



Figura 1.11 – Remota Hotel, Puerto Natales (RCH), progetto architettonico arch. G. del Sol, 2005 (fonte greenroofs.com/projects/). Il concept dell'edificio, che ospita 72 camere da letto, ha considerato come primo obiettivo il contenimento dei consumi energetici: è stato privilegiato l'orientamento dei volumi in modo da favorire l'accumulazione passiva dell'energia solare. La copertura dell'edificio è stata realizzata con ghiaia e erbe tappezzanti del luogo: la giacitura dell'elemento è duplice, 14% in corrispondenza della reception dell'hotel e 7% nel volume destinato alle camere.

Gli elementi di involucro – facciate e coperture – divengono allora elementi di confine capaci di interagire positivamente con gli elementi climatici, anche grazie all'utilizzo del suolo e della vegetazione, fungendo da elemento di transizione. Se la sperimentazione sugli elementi di “involucro verde” riguarda soprattutto le possibilità architettoniche offerte, con l'obiettivo di recuperare almeno in parte il paesaggio perturbato, il contenuto tecnologico di queste soluzioni è pari o superiore alle chiusure ‘tradizionali’, in quanto molteplici sono i contenuti progettuali da considerare. Queste attenzioni tecniche hanno perciò ampliato il ruolo svolto dal verde in architettura riconoscendone il potenziale contribuito alla riqualificazione dell'ambiente costruito, e non più il mero ruolo di contenuto visivo ed estetico dell'edificio.

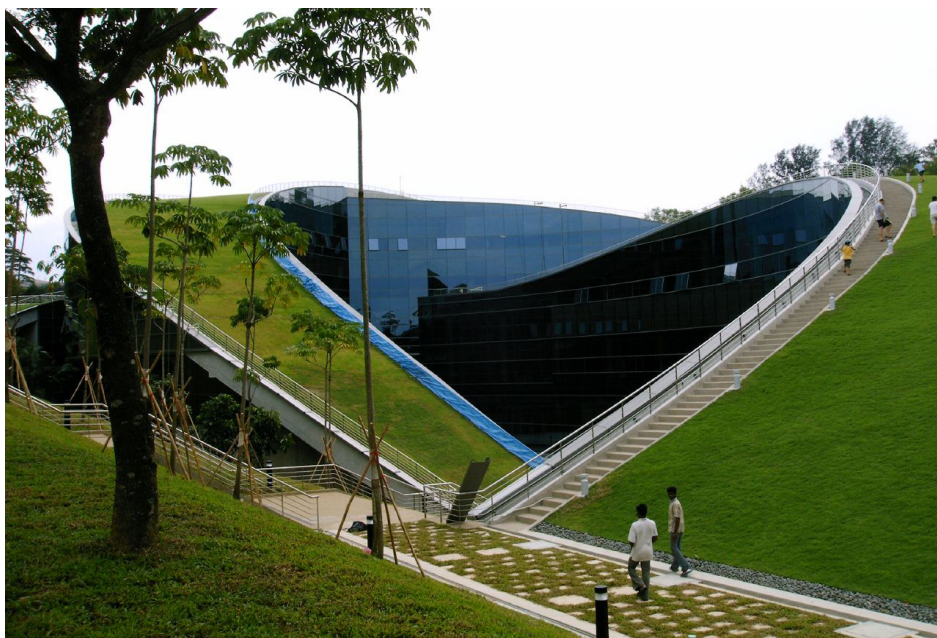


Figura 1.12 – Nanyang Technological University – School of Art, Design and Media, Singapore (SG), progetto architettonico CPG Consultants Pte Ltd, 2006 (fonte www.alwitra.de). I tre volumi architettonici, di forma planimetrica ad arco per realizzare uno spazio centrale raffrescato con giochi d'acqua, presentano aperture in direzione nord e sud per minimizzare gli apporti solari. Tali volumi sono caratterizzati da coperture verdi, accessibili lungo i bordi, di pendenza massima pari al 100%: le coperture fungono da spazio comune per le attività all'aperto e da volano termico per gli ambienti indoor sottostanti, inoltre sono irrigate da un impianto di recupero dell'acqua meteorica. Lo strato portante è costituito da una soletta in c.a. irrigidita da travi fuori spessore.

Ai fini della mitigazione climatica dei contesti urbani, nei Paesi dell'Estremo Oriente – in particolare in Giappone – e successivamente negli Stati Uniti sono stati avviati programmi di ricerca e sperimentazione per la rifunzionalizzazione delle coperture piane ad ampio raggio. Nei paesi a clima freddo, invece, le coperture verdi mantengono prevalentemente le proprie prerogative di elemento tecnico capace di contenere le dispersioni termiche.



Figura 1.13 – Library of University of Technology, Delft (NL), progetto architettonico Mecanoo Architecten, Delft (fonte www.mecanoo.nl/Projects/). La copertura dell'edificio, preesistente e rinnovata nel 2009, consiste in un piano inclinato che riprende il tappeto erboso degli spazi esterni, praticabile e destinata ad attività all'aperto e relax. La copertura verde, le finestre ad elevate prestazioni energetiche e l'accumulo termico interrato configurano un edificio sostenibile.

D'inverno la copertura è utilizzata come pista da sci.



Figura 1.14 – Marina Barrage, Singapore (SG), progetto architettonico Architects Team 3 Pte Ltd, 2008 (fonte www.pub.gov.sg/marina/). Il mantenimento di condizioni di comfort nell'edificio è assicurato dalla copertura verde – che mimetizza l'edificio nel contesto naturale e permette lo svolgimento di attività all'aperto – e da serramenti ad elevata protezione solare. L'impianto di irrigazione è collegato a sensori di pioggia per la sua disattivazione in presenza di precipitazioni.

Il verde costituisce, infine, un mezzo per restituire – almeno in parte – la valenza naturalistica originaria del sistema ambientale in particolari siti, permettendo la mimetizzazione dell'opera, in alternativa a realizzazioni ipogee. La continuità della superficie a verde rispetto al suolo naturale può creare specifici ambienti di vita per piante e piccoli animali.

1.3. Struttura del lavoro

La valutazione delle potenzialità di installazione di una copertura verde in un edificio nuovo, ed a maggior ragione le possibilità di applicazione ad un organismo esistente in sostituzione / integrazione della precedente copertura, è stata oggetto del lavoro di ricerca ed è esposta, in questo volume, in quattro ambiti cruciali, inerenti sia gli aspetti di sostenibilità, sia l'onerosità tecnica ed economica di applicazione:

- I. ambito tecnologico, in cui ci si propone di vagliare le specifiche esigenze e i corrispondenti requisiti che indirizzano la scelta progettuale verso l'inverdimento dell'elemento tecnico di copertura. Un'analisi degli strati funzionali tipici di una copertura verde ha considerato materiali e componenti attualmente disponibili sul mercato, ed è quindi stato possibile definire le prestazioni specifiche di ciascuno – atte principalmente a garantire funzionalità e durabilità della copertura – e, successivamente, quelle globali dell'intero elemento tecnico (controllo del microclima locale, regimazione delle acque meteoriche, contenimento dei consumi energetici e contributo alle condizioni di comfort indoor) al variare delle possibili soluzioni tecnologiche, delle quali è stato proposto un abaco;
- II. ambito prettamente strutturale, in cui si è fornita una prima valutazione delle possibilità di installazione di una copertura verde in un edificio esistente, delineandone le criticità, illustrandone il rapporto con la vigente normativa in materia di costruzioni mediante la predisposizione di un caso di studio, infine proponendo un'analisi critica con le tipologie edilizie più diffuse sul territorio italiano;
- III. ambito economico; mediante la definizione di un caso studio in cui fosse prevista la sostituzione con conseguente efficientamento energetico della copertura esistente, è stata condotta un'analisi economica a scenari volta a definire la differenza di costo globale tra una nuova copertura tradizionale efficiente ed una copertura verde estensiva, indagando poi sulla forma di possibili incentivi locali che rendano economicamente vantaggiosa l'installazione della seconda;
- IV. ambito sociale, in cui è stato analizzato il ruolo delle coperture verdi nella caratterizzazione di spazi esterni che qualifichino l'ambiente costruito in comfort e qualità percettiva, e siano eventualmente fruibili per specifiche attività.

1.4. Bibliografia

Abram P., *Verde pensile in Italia e in Europa*, il Verde Editoriale, Milano, 2006. ISBN: 88-86569-24-6.

Fiori M. (a cura di), *Coperture a verde. Ricerca, progetto ed esecuzione per l'edificio sostenibile*. Hoepli Editore, Milano, 2011. ISBN: 978-88-203-4159-6.

Fiori M., Poli T., *Coperture a verde. Esempi di progettazione*. Maggioli Editore, Rimini, 2008.

Grosso M., Peretti G., Piardi S., Scudo G., *Progettazione ecocompatibile dell'architettura*. Sistemi Editoriali, Napoli, 2005. ISBN: 978-88-513-0286-3.

Perini K., *Progettare il verde in città*. Franco Angeli Editore, Milano, 2013.

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, a cura di Andri S. e Sauli G., *Verde Pensile: prestazioni di sistema e valore ecologico*. Roma, 2012. ISBN: 978-88-448-0534-0.

NOTE AL CAPITOLO 1

¹ ISPRA, 2012, pag. 7.

² Ci si riferisce qui al tema del recupero dei cosiddetti *brownfield site*, vale a dire i suoli utilizzati in precedenza per finalità commerciali o produttive: questi siti possono essere caratterizzati da basse concentrazioni di rifiuti pericolosi o inquinanti, e ne è teoricamente possibile il riutilizzo in seguito ad un intervento di pulizia. I *brownfield* possono ospitare ecosistemi significativi con specie vegetali rare.

³ Abram P., 2006, pag. 18.

⁴ Poli T., *Nuovi scenari per l'architettura contemporanea*, in Fiori M., 2011, pag. 33.