

Green roof e coperture vegetali: qualità ambientale in ambito urbano, comfort indoor ed efficienza energetica - Best practice

Il tetto verde in ambito urbano non è solamente una semplice soluzione architettonica ma può costituire una efficace risposta agli obiettivi di miglioramento delle condizioni ambientali nei contesti urbani e delle condizioni di comfort indoor, invernali ed estive, correlate all'efficienza energetica complessiva degli organismi edilizi.

Specifiche tecnologie e soluzioni tecniche consentono attualmente di realizzare coperture verdi con differenti caratterizzazioni vegetazionali ed adattabili a diversificate esigenze di carattere architettonico, dimensionale, funzionale e prestazionale.

L'EVOLUZIONE STORICA DEI GREEN ROOF

I *green roof*, ovvero le soluzioni di copertura degli edifici con tetti vegetati, sono state di fatto utilizzate sin dall'antichità. Basti pensare al verde pensile che caratterizzava numerose ville romane, come ad esempio la villa dell'imperatore Adriano a Tivoli. Tuttavia il significato e la valenza di tali soluzioni era inizialmente unicamente architettonico, privo di implicazioni tecnologiche legate a specifici fattori esigenziali e di comfort ambientale, sia indoor che outdoor. I primi esempi di una utilizzazione dei "tetti verdi" in funzione di obiettivi di mitigazione e miglioramento ambientale sono rintracciabili nell'architettura rurale islandese: "... Le case erano parzialmente affossate nel terreno e solo nel 1820 cominciarono ad apparirne alcune costruite al livello del suolo. Le mura venivano costruite di pietre, terra ed imbottitura d'erba e così anche era coperto il tetto fino alle finestre..." ⁽¹⁾.

di

Domenico D'Olimpio,
Architetto, professore di Tecnologia
dell'Architettura presso l'Università
degli studi di Roma "La Sapienza"



Figura 1: Turf roof a Glaumbaer, Islanda
(da http://en.wikipedia.org/wiki/Icelandic_turf_house)

Ma l'attribuzione ufficiale, al *green roof*, di specifiche valenze tecnologico-ambientali, va ricondotta all'opera dell'architetto tedesco Carl Rabitz, che nel 1867 scrisse un trattato sull'impiego del verde pensile⁽²⁾ per la salubrità degli ambienti densamente urbanizzati, correlando l'utilizzazione delle soluzioni di *green roof* alla qualità dell'ambiente in ambito urbano. Successivamente, nel XX secolo, nell'ambito di una cultura architettonica che cominciava a porre in maniera centrale e sostanziale il rapporto ed il connubio edificio/ambiente, il ruolo e la funzione del "tetto verde", andavano ad acquisire una sempre maggiore importanza: Le Corbusier nella sua raccolta di saggi "*Vers une architecture*"⁽³⁾, che costituisce uno dei testi fondanti del "*Movimento moderno*", ne fa uno dei cinque punti della "*Nuova architettura*": "*Il Toit terrasse (tetto a terrazza) ha la funzione di restituire all'uomo il suo rapporto con il verde, che non è solo sotto l'edificio ma anche e soprattutto sopra. Tra i giunti delle lastre di copertura viene messo il terreno e vengono seminati erba e piante, che hanno una funzione coibente nei confronti dei piani inferiori e rendono lussureggiante e vivibile il tetto. ... Il tetto giardino è un concetto realizzabile anche grazie all'uso del calcestruzzo armato: questo materiale rende infatti possibile la costruzione di solai particolarmente resistenti in quanto resiste alla trazione generata dalla flessione delle travi (gravate del peso proprio e di quanto vi viene appoggiato), molto meglio dei precedenti sistemi volti a realizzare piani orizzontali*".

Attualmente, le note condizioni di disequilibrio ed inquinamento ambientale, di natura atmosferica, termica, acustica, proprie dei nostri assetti urbani, nonché la correlata e crescente ricerca verso soluzioni di mitigazione ambientale e di miglioramento delle condizioni di comfort ambientale, sia a livello urbano che

al livello degli spazi confinati, hanno dato nuovo impulso alla utilizzazione, alla sperimentazione ed al perfezionamento tecnologico delle soluzioni di *green roof*, tanto che tale soluzione architettonica e tecnologica viene suggerita anche nelle normative nazionali e comunali (regolamenti edilizi) di diversi Paesi tra cui anche il nostro.

GREEN ROOF E LEGISLAZIONE TECNICA

In Italia il Regolamento di attuazione del D.Lgs. n. 192/2005⁽⁴⁾, ovvero il D.P.R. n. 59 del 2 aprile 2009, introduce il concetto e la soluzione tecnologica delle "*coperture a verde*": "*... Coperture a verde, si intendono le coperture continue dotate di un sistema che utilizza specie vegetali in grado di adattarsi e svilupparsi nelle condizioni ambientali caratteristiche della copertura di un edificio. Tali coperture sono realizzate tramite un sistema strutturale che prevede in particolare uno strato colturale opportuno sul quale radificano associazioni di specie vegetali, con minimi interventi di manutenzione, coperture a verde estensivo, o con interventi di manutenzione media e alta, coperture a verde intensivo.*"⁽⁵⁾. Nel caso specifico, il *green roof* è posto in relazione con il comportamento energetico degli edifici e, nell'art. 4, se ne suggerisce l'utilizzazione ai fini di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti indoor in funzione dell'andamento dell'irraggiamento solare⁽⁶⁾.

Tuttavia nella normativa comunale, ed in particolare in diversi regolamenti edilizi di moderna concezione, se ne indica l'utilizzazione anche ai fini del miglioramento delle caratteristiche del microclima locale e della vivibilità degli assetti urbani in generale, evidenziandone le positive ricadute anche in ambiente outdoor. In tal senso, in Italia, ha fatto da precursore il Regolamento Edilizio del Comune di Bolzano che fin dal 2004 prevede uno specifico allegato⁽⁷⁾ che introduce il concetto di "*Riduzione dell'Impatto Edilizio*" (R.I.E.), quale "*indice numerico di qualità ambientale applicato al lotto edificiale al fine di certificare la qualità dell'intervento edilizio rispetto alla permeabilità del suolo ed al verde*"⁽⁸⁾ e definendo, quale elemento essenziale nella determinazione delle superfici con valore R.I.E., anche la piantumazione e l'inverdimento pensile⁽⁹⁾.

Linee guida per il miglioramento della qualità edilizia ed urbana, specificamente rivolte anche verso le soluzioni di *green roof*, sono emanate anche da Province e Regioni. Nel Lazio, la Provincia di Roma ha emanato delle linee guida finalizzate ad offrire ai Comuni un supporto per la redazione di nuovi Regolamenti Edilizi Comunali o per l'aggiornamento di quelli in vigore secondo principi di sostenibilità ambientale. Tali linee guida prevedono specificamente, nelle schede tecniche, le soluzioni di *green roof* (scheda tecnica "*Tetti verdi*"): "*Oltre ad una valenza di tipo estetico architettonico le coperture verdi presentano diversi aspetti di sostenibilità ambientale: capacità di assorbire polveri, di costituire un eventuale elemento di assorbimento acustico e di regimazione idrica e di mitigazione della temperatura, di estendere le superfici vegetali e la biodiversità nell'ambiente costruito*";⁽¹⁰⁾ sono fornite a tal proposito anche specifiche indicazioni procedurali e tecnico-realizzative.

Tra gli strumenti più interessanti, correlati alle normative di carattere locale delineatesi nello scenario europeo, è opportuno

citare il *Biotope Area Factor* (BAF) introdotto fin dal 1980 dalla città di Berlino ai fini di garantire la qualità del verde in ambito urbano. Il BAF, ovvero fattore di superficie biotopa, introduce un sistema di valutazione del “*valore ecologico*” delle superfici urbane attraverso il rapporto tra le superfici effettivamente ecologiche dell’area considerata ed il totale della superficie in oggetto. Il BAF può essere convenientemente utilizzato anche in sede di progettazione: occorre individuare il rapporto BAF da garantire per lo specifico intervento in oggetto (unità residenziali, commerciali, scuole, ecc.; interventi in aree costruite e nuove costruzioni), individuato attraverso una specifica tabella e variabile da valori di 0,30 a valori di 0,45 e fino a 0,60, e calcolare le quantità di superfici BAF da realizzare attraverso una ulteriore tabella che riporta degli indici di valutazione per mq di superficie (variabili da 0,0 per le superfici impermeabili a 1,0 per le superfici con vegetazione collegata al suolo sottostante) in funzione delle specifiche soluzioni tecnico-realizzative utilizzabili per l’assetto urbano in questione (superfici impermeabili, superfici semi-impermeabili, superfici con vegetazione, verde su superfici verticali, tetti verdi, ecc.). Nell’ambito di questa metodologia, al tetto verde viene attribuito un indice di valutazione per mq di superficie pari a 0,7 e pertanto molto elevato, riconoscendone il ruolo e l’utilità nelle strategie di miglioramento bioecologico dell’ambiente costruito.

Alla luce di tale scenario, nell’ambito del quale la sensibilizzazione dei legislatori e delle pubbliche amministrazioni nei confronti delle soluzioni tecnologiche di *green roof* è in progressiva crescita in relazione al contributo significativo, scientificamente ed unanimemente riconosciuto, che tali soluzioni offrono in rapporto ad un’ampia gamma di problematiche tipiche degli assetti urbani (isola di calore, qualità dell’aria, regimazione idrica, protezione dall’elettrosmog, riduzione dell’inquinamento acustico, prestazioni energetiche invernali/estive degli edifici), anche l’ente di normazione UNI si è posto l’obiettivo di normare le differenti tipologie di soluzioni costruttive per coperture verdi, nell’intento di fornire alle amministrazioni locali, provinciali e regionali il necessario supporto tecnico-normativo in termini di definizione dei criteri di progettazione, realizzazione, controllo e manutenzione delle soluzioni di *green roof*. A tal fine nel 2007 è stata pubblicata la norma UNI 11235:2007 “La

progettazione, l’esecuzione, il controllo e la manutenzione delle coperture a verde pensile” che, costituendo essenzialmente un codice di buona pratica e considerando il sistema del tetto verde in tutta la sua completezza (considerando tutti gli elementi che possono costituire le soluzioni stratigrafiche del tetto verde e definendone altresì i requisiti minimi) rappresenta la “*regola dell’arte*” nel nostro Paese.

VANTAGGI E FUNZIONALITÀ TECNOLOGICO-AMBIENTALI

I vantaggi e le funzionalità tecnologico-ambientali dei *green roof* sono classificabili in due fondamentali categorie: vantaggi e funzionalità in relazione alle caratteristiche ambientali degli spazi confinati ed in relazione alle caratteristiche ambientali degli spazi aperti, così come riportato nella tabella della Fig. 2. I vantaggi e le funzionalità tecnologico-ambientali correlate alle prestazioni ambientali degli spazi indoor sono sostanzialmente di tre tipi.

1. **Miglioramento delle prestazioni di contenimento e risparmio energetico in fase invernale** relative al contributo, in termini migliorativi, che il tetto verde fornisce nei confronti delle caratteristiche di trasmittanza delle coperture (soprattutto se considerato complessivamente, in relazione alla sommatoria degli specifici contributi dei vari strati funzionali quali strato di vegetazione, substrato per inverdimento, strato di accumulo e drenaggio, strato di isolamento termico, ecc.).
2. **Miglioramento del comportamento estivo dell’involucro edilizio**, in termini di limitazione dei fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenimento dei valori della temperatura interna degli ambienti. Il D.P.R. n. 59/2009 ne indica la validità e la praticabilità tecnica nell’obiettivo di conseguire gli stessi effetti positivi che si ottengono con il rispetto dei valori di massa superficiale o trasmittanza termica periodica delle strutture edilizie opache. ⁽⁶⁾
3. **Miglioramento delle caratteristiche acustiche degli ambienti**, in rapporto alle migliori condizioni di isolamen-

VANTAGGI E FUNZIONALITA' IN RELAZIONE AGLI SPAZI INDOOR (SPAZI ABITATI)	VANTAGGI E FUNZIONALITA' IN RELAZIONE AGLI SPAZI OUTDOOR (AMBIENTE URBANO)
Miglioramento del contenimento e del risparmio energetico nel periodo invernale	Mitigazione degli effetti dell'isola di calore urbana
Miglioramento del comportamento energetico nel periodo estivo e contenimento della temperatura interna degli ambienti	Miglioramento della qualità dell'aria ed assorbimento degli agenti inquinanti
Isolamento acustico e miglioramento delle caratteristiche acustiche degli ambienti	Regimazione idrica ed ottimizzazione delle condizioni di deflusso delle acque piovane
Protezione nei confronti dell'inquinamento elettromagnetico	Assorbimento sonoro e miglioramento delle condizioni acustiche dell'ambiente

Figura 2. Vantaggi e funzionalità tecnologico-ambientali dei green roof

to acustico delle strutture di copertura degli edifici, nonché in relazione agli specifici effetti di assorbimento dell'inquinamento acustico outdoor e quindi di controllo del rumore esterno.

I vantaggi e le funzionalità tecnologico-ambientali correlate invece alle caratteristiche ambientali degli spazi outdoor sono invece sintetizzabili in cinque ordini di fattori:

- Mitigazione degli effetti dell'isola di calore urbana e dell'inquinamento termico in ambito urbano.** In particolare, tale prestazione ambientale si esplica attraverso due meccanismi di azione: uno relativo alla diminuzione di superfici artificiali soggette a surriscaldamento sotto l'effetto dell'irraggiamento solare (basti pensare che i tetti nudi in asfalto o con guaine bituminose oppure elastomeriche, possono raggiungere in estate anche temperature di 70-80°); l'altro relativo ai naturali meccanismi di evapotraspirazione, propri delle strutture vegetazionali, che consentono di abbassare, anche sensibilmente in rapporto alla tipologia della vegetazione in oggetto, la temperatura dell'aria che caratterizza il microclima locale.
- Contributo al miglioramento della qualità dell'aria in ambito urbano** attraverso l'azione di assorbimento degli agenti inquinanti propria degli impianti vegetazionali, con trasformazione, attraverso la naturale azione di fotosintesi, dell'anidride carbonica emessa dagli impianti civili, industriali e dalle automobili, in ossigeno.
Inoltre i *green roof* consentono di ridurre i movimenti ascensionali e di mescolamento delle masse d'aria negli strati bassi dell'atmosfera urbana. Tali movimenti sono correlati a meccanismi convettivi innescati dal riscaldamento delle masse d'aria per effetto del surriscaldamento delle superfici artificiali che caratterizzano gli assetti urbani, e sono in grado di mettere in circolazione nell'aria significative quantità di polveri sottili ed inquinanti.
- Regimazione idrica ed ottimizzazione delle condizioni di deflusso delle acque piovane.** In particolare l'elevata artificializzazione ed impermeabilizzazione dei suoli e delle superfici negli ambiti urbani, caratterizzata da per-

centuali di superfici impermeabili anche del 95%, ha come conseguenza significativi effetti negativi sul deflusso dell'acqua piovana, con fenomeni di sovraccarico delle infrastrutture di allontanamento delle acque meteoriche (sistemi fognanti, collettori, sifoni, ecc.) correlati a danneggiamenti delle stesse infrastrutture, a problematiche di manutenzione e durabilità e, sempre in misura maggiore, anche a fenomeni occasionali di allagamento e di importante ristagno idrico in ambito urbano. In tale scenario i tetti verdi, grazie alla loro caratteristica capacità di accumulare, trattenere e restituire gradualmente in ambiente l'acqua di precipitazione, consentono di ottimizzare la regimazione idrica, sgravando e regolando il carico idraulico sulle reti di smaltimento. Ne deriva anche una incidenza positiva sui costi di manutenzione delle infrastrutture preposte alla canalizzazione e all'allontanamento delle acque di precipitazione.

- Miglioramento delle condizioni acustiche e riduzione del rumore in ambiente urbano** dovuto all'assorbimento sonoro che caratterizza le coperture verdi, conseguente al fenomeno di attenuazione delle onde sonore determinato dalla massa e dalle successioni stratigrafiche tipiche dei *green roof*.
- Efficace protezione dei confronti dell'inquinamento elettromagnetico.** I *green roof*, già con modesti spessori del terreno vegetale, ad esempio dell'ordine dei 15 cm, consentono di assorbire elevatissime percentuali, superiori al 90% ed anche prossime al 100%, di elettrosmog dovuto ai campi elettromagnetici ad alta frequenza (antenne di telefonia mobile, antenne radio e tv).

TIPOLOGIE E CARATTERISTICHE TECNICO-REALIZZATIVE

La norma UNI 11235:2007 distingue e classifica i "sistemi di copertura continua a verde" in due fondamentali tipologie:
– sistemi di verde pensile *estensivo*;

TIPO DI VEGETAZIONE	Spessore dello strato colturale (cm)								
	Verde pensile estensivo			Verde pensile intensivo					
	8	10	15	20	30	40	50	80	100
Sedum									
Erbacee perenni a piccolo sviluppo									
Grandi erbacee perenni, piccoli arbusti tappezzanti									
Tappeti erbosi									
Arbusti di piccola taglia									
Arbusti di grande taglia e piccoli alberi									
Alberi di III grandezza									
Alberi di II grandezza									
Alberi di I grandezza									

Figura 3. Spessori degli strati colturali in funzione della vegetazione da impiegare (Norma UNI 11235:2007)

- sistemi di verde pensile intensivo, nell'ambito dei quali si distingue ulteriormente in sistemi di verde pensile *intensivo leggero* e sistemi di verde pensile *intensivo*.

Ciascuna tipologia prevede soluzioni tecnico-realizzative specifiche in rapporto alle differenti caratteristiche tecniche che la caratterizzano (peso complessivo, spessore medio, accumulo idrico, ecc.).


Le soluzioni di verde pensile estensivo sono caratterizzate da ottima durabilità, garantita da minime esigenze di manutenzione, e sono correlate ad ottima funzionalità e ad un basso input economico. Sono utilizzabili sia per la realizzazione dei tetti piani che dei tetti a falda inclinata. Gli spessori medi dello strato colturale variano dai 10 ai 15 cm circa, per una capacità di accumulo idrico variabile dai 40 ai 60 l/mq. La tipologia delle piantumazioni previste per tale sistema di verde pensile (che necessitano del solo apporto idrico derivante dalle precipitazioni atmosferiche) consente di ridurre al minimo le esigenze di manutenzione ed i relativi costi.

Le soluzioni di verde pensile intensivo, leggero e specificamente intensivo, sono correlate con soluzioni architettoniche di copertura piana e consentono una maggiore varietà vegetazionale, necessitando pertanto di un maggiore substrato che nei sistemi di verde propriamente intensivo può raggiungere anche consistenze e spessori importanti, superiori ai 40 cm e fino ai 100 cm nel caso di piantumazioni di tipo arboreo. La tabella in Fig. 3 sintetizza, come da norma UNI 11235:2007, il rapporto tra le tipologie dei sistemi di copertura a verde, gli spessori degli strati colturali e le tipologie vegetazionali impiantabili.

A differenza dei sistemi a verde pensile estensivo, i sistemi intensivi richiedono specifici impianti di sub-irrigazione per il

mantenimento degli impianti vegetali. La capacità di accumulo idrico varia tra i 50 e gli 80 l/mq per il verde pensile intensivo leggero, e tra gli 80 ed i 150 l/mq per il verde intensivo. Il peso complessivo a saturazione varia tra i 120 ed i 180 kg/mq per il verde pensile intensivo leggero e tra i 180 ed i 380 kg/mq per il verde pensile intensivo. Le esigenze di manutenzione risultano elevate per il verde intensivo, mentre i sistemi di verde pensile intensivo leggero risultano essere a media manutenzione.

CONCLUSIONI

Alla luce delle evidenti condizioni di disequilibrio ambientale che caratterizzano gli attuali assetti urbani, condizioni caratterizzate da alterate situazioni di regimazione idrica dei suoli e del territorio, da importanti livelli di inquinamento dell'aria, da condizioni di inquinamento e scadente comfort acustico difficilmente controllabili, nonché da problematiche energetiche alla scala degli edifici per le quali sono sempre più richieste, dalle normative di settore, performance prestazionali finalizzate a ridurre al minimo i fabbisogni energetici per le esigenze di climatizzazione invernale ed estiva, le tecnologie di *green roof* rappresentano una importante opzione tecnologica in grado di offrire un valido contributo nella risoluzione e nella mitigazione delle problematiche sopra enunciate. È auspicabile un sempre crescente interesse, da parte delle amministrazioni pubbliche, nei confronti di tali tecnologie, che potrebbero anche essere correlate a dinamiche di incentivazione in funzione dei benefici offerti anche in ambito urbano e quindi nei confronti della collettività. 

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- P. Abram, "Giardini pensili – Coperture a verde e gestione delle acque meteoriche", sistemi Editoriali Editore, Napoli, 2004;
- P. Abram, "Verde pensile in Italia e in Europa"; Il verde editoriale, Milano, 2006;
- M.Fiori, T.Poli, "Coperture a verde. Esempio di progettazione"; Maggioli Editore, Rimini, 2008;
- V. Tatano, a cura di, "Verde: Naturalizzare in verticale", Maggioli Editore, Rimini, 2008;
- I. Pittaluga, C. Schenone, A. Palla, L.G. Lanza, "Le prestazioni acustiche del verde pensile: assorbimento sonoro di coperture di diversa configurazione"; Convegno "2a giornata di studio sull'acustica ambientale", Arenzano (Ge) 30/10/2009; Università degli Studi di Genova, Facoltà di Ingegneria;
- S. Andri, G. Sauli, "Verde Pensile: prestazioni di sistema e valore ecologico", ISPRA, Manuali e Linee Guida 78.3/2012, Roma, 2012;
- R. Grancharov, "Green Roofs, History and The Present"; Department Technology of Architecture (Building Construction), Faculty of Architecture University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy (UACEG), Sofia, Bulgaria; Global Virtual Conference Workshop, April, 8 – 12.2013;
- A. Musacchio, "Tetti verdi in città. Vantaggi e soluzioni", in *azero* n.11, pp. 54-66; Edicom Edizioni, Gorizia, aprile 2014;

NOTE

- (1) Da voce "Islanda" in "Trecani.it", Enciclopedia Italiana.
- (2) "Naturdächer von vulkanischem Cement oder Moderne Hängende Gärten, feuerfester, vorzüglicher, schöner, dauerhafter und billiger als jede andere Bedachungsart", 1867
- (3) I Edizione: Cres, Parigi, 1923.
- (4) Attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia
- (5) D.P.R. 59/2009, art. 2 "Definizioni", comma 5.
- (6) D.P.R. 59/2009, art. 4, "Criteri generali e requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici e degli impianti", comma 18.
- (7) "Allegato A", introdotto con delibera consiliare n. 11 del 10/02/2004
- (8) Regolamento Edilizio del Comune di Bolzano, Allegato A, art. 1 "Definizioni", comma 1.
- (9) Regolamento Edilizio del Comune di Bolzano, Allegato A, art. 1 "Definizioni", comma 4, punto c).
- (10) Dal sito <http://www.provincia.rm.it/regolamentoedilizio/premessa.html>; schede tecniche, "Tetti verdi"

BEST PRACTICE

Roma, “Complesso edilizio a destinazione d’uso mista (commerciale, terziario, residenziale) in via Ugo Ojetti”; ImpreME SpA; 2012

Il complesso edilizio a destinazione d’uso mista (commerciale, terziario, residenziale), di recente realizzazione in via Ugo Ojetti a Roma, è caratterizzato da ampie coperture piane continue a verde, realizzate con un sistema di verde pensile estensivo, per circa 2800 mq complessivi. Il progetto e quindi la realizzazione, sono totalmente rispondenti alle disposizioni tecniche della norma UNI 11235:2007 “Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione e la manutenzione di coperture a verde”. Tutti i componenti del sistema di verde pensile sono realizzati con materiale riciclato e riciclabile, a sottolineare l’atteggiamento bioecologico che ha ispirato la realizzazione del complesso edilizio, determinando la scelta delle coperture a verde pensile. Lo specifico sistema di verde pensile è certificato da un ente indipendente di certificazione (TUV). Lo spessore del substrato risulta esiguo, in quanto le specifiche piantumazioni vegetazionali previste ed impiantate non necessitano di importanti spessori del substrato. Sono state infatti messe a dimora quattro specie di talee di *Sedum*: *Sedum album*, *Sedum reflexum*, *Sedum floriferum*, *Sedum sexangulare*, specie vegetali per le quali è sufficiente uno spessore del substrato pari ad 8 cm. Il valore del coefficiente di deflusso è pari a $c=0,44$. Lo spessore totale del sistema, substrato + telo filtrante + strato di accumulo e drenaggio + feltro di protezione, è pari a circa 11-12 cm complessivi, per un peso, a massima saturazione idrica del sistema, esclusa vegetazione, non superiore ai 130 kg/mq.

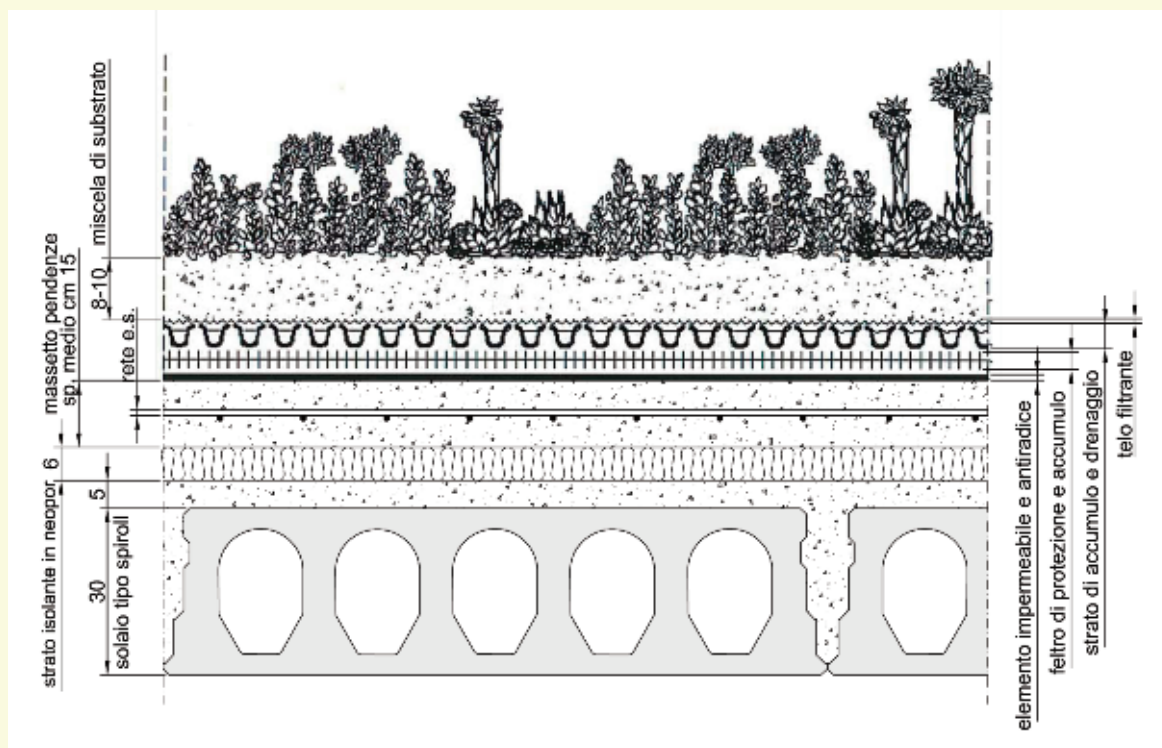


Fig. 4. Sezione stratigrafica della soluzione realizzata (Sistema SEIC)

La specifica stratigrafia prevede, procedendo dal basso verso l'alto, a ridosso dello strato impermeabile antiradice, posto a contatto con il massetto delle pendenze realizzato sopra il supporto strutturale del solaio ed immediatamente al di sopra dello strato di coibentazione termica (realizzato con neopor da cm 6): un feltro di accumulo idrico caratterizzato da una capacità di accumulo idrico pari a 5 l/mq; un soprastante elemento di accumulo, drenaggio e aerazione di altezza pari a 25 mm; un elemento di filtrazione delle acque in geotessile non tessuto; un substrato specifico per inverdimenti pensili estensivi, che nella parte minerale contiene percentuali di materiale riciclato a base di laterizio selezionato e frantumato. Il sistema prevede inoltre delle fasce drenanti in ghiaia tonda, con granulometria pari a 18/21 mm, posata in corrispondenza del perimetro, dei volumi tecnici, dei camini d'aria, dei pozzetti di raccolta delle acque piovane.

Le coperture pensili realizzate, oltre a garantire un aspetto dei manufatti edilizi maggiormente adeguato con lo specifico contesto ambientale, caratterizzato dall'affaccio verso "Parco Talenti", riducono l'impatto visivo dei manufatti edilizi, soprattutto in considerazione del fatto che i corpi di fabbrica, di altezza limitata, pongono le rispettive coperture in relazione visiva con i più alti edifici retrostanti. La soluzione di verde pensile estensivo adottata consente inoltre sostanziali vantaggi di tipo energetico, sia nel periodo invernale che in quello estivo, correlati soprattutto agli ambienti immediatamente sottostanti (residenze per il corpo di fabbrica più lungo, Fig. 5, 6; locali commerciali per l'altro corpo di fabbrica, Fig. 7).



Fig. 5-6. Verde pensile estensivo per la soluzione di copertura del livello residenziale, per complessivi 1080 mq. circa (ImpreMe Spa; 2012)



Fig. 7. Copertura verde per il corpo di fabbrica a destinazione d'uso commerciale, per complessivi 1700 mq. circa (ImpreMe Spa; 2012)