

Il progetto delle coperture continue per giardini pensili

Matteo Fiori – Dipartimento ABC - Politecnico di Milano



Si pensi alla differenza fra percorrere, anche per soli pochi metri, oggi 15 giugno 2018, una piazza asfaltata oppure svolgere lo stesso tipo di attività in mezzo a un giardino pensile.

Pur in presenza dello stesso irraggiamento, la sensazione o, meglio, il benessere, non sono certamente gli stessi.

Forse, nel primo caso, si cerca di effettuare il percorso nel tempo più veloce possibile, accaldandosi sempre più mentre, nel secondo caso, si può camminare con maggiore calma ...

Si pensi, ancora, al fatto che questo percorso possa essere effettuato da un bambino oppure da un anziano, cioè da persone maggiormente sensibili alla temperatura

Purtroppo il benessere, per così dire, urbano, relativo a spazi pubblici o semipubblici, non è molto considerato.

Questo porta a un vero e proprio disagio!

Perché non realizzare una copertura a verde?

La realizzazione di un giardino pensile, in spazi pubblici è, sovente, connessa alla contemporanea presenza di uno spazio interrato con varia destinazione: in genere autorimesse ma anche centri commerciali o altro.

La progettazione, la corretta progettazione, avviene seguendo le direttive indicate nella norma UNI 11235, dedicata esclusivamente a tale sistema.

Nel caso più semplice, ove la zona sottostante la copertura sia quella di un ambiente destinato ad autorimessa le prestazioni che devono essere controllate sono le seguenti:

1. resistenza meccanica ai carichi statici;
2. resistenza meccanica ai carichi dinamici;
3. resistenza agli urti;
4. comportamenti in caso di incendio;
5. resistenza agli agenti chimici, biologici, radiativi;
6. resistenza al gelo;
7. tenuta all'acqua;

8. permeabilità all'aria;
9. capacità agronomica;
10. capacità drenante;
11. capacità di aerazione dello strato drenante;
12. capacità di accumulo idrico;
13. capacità di aerazione dello strato colturale;

A ognuno dei requisiti sopra menzionati deve essere assegnata una specifica di prestazione. Per i principali valgono le considerazioni seguenti:

Resistenza meccanica ai carichi statici e dinamici.

Il progetto strutturale non è trattato nel presente articolo in quanto esistono normative specifiche per la sua progettazione.

In particolare, i principali riferimenti sono:

- DM 17/1/2018, Norme tecniche per le costruzioni;

Resistenza agli agenti chimici, biologici, radiativi

L'elemento critico che può venire a contatto con gli agenti è quello di tenuta.

Per la tipologia di materiale scelto deve quindi essere richiesta una specifica resistenza, possibilmente comprovata tramite una prova normata.

Sono presenti, per specifiche tipologie di materiale, le seguenti norme:

- *UNI EN 1847:2002* Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane di materiale plastico e gomma per l'impermeabilizzazione delle coperture - Metodi per l'esposizione agli agenti chimici liquidi, acqua inclusa
- *UNI EN ISO 846:1999* Materie plastiche - Valutazione dell'azione dei microorganismi.
- *UNI EN 13948:2007* Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per l'impermeabilizzazione delle coperture - Determinazione della resistenza alla penetrazione delle radici

Si tenga presente che le maggiori criticità sono per gli elementi a base organica, quali le membrane impermeabilizzanti a base bituminosa che, sotto l'azione degli agenti radiativi possono invecchiare, cioè perdere le proprie caratteristiche meccaniche e di tenuta all'acqua.

Tuttavia l'azione degli agenti radiativi per natura stessa della tipologia, è estremamente ridotta e presente solamente durante il tempo intercorrente dalla posa alla ricopertura con gli strati successivi.

Per le coperture a verde, si deve chiedere la resistenza all'azione delle radici che si può associare unicamente all'elemento di tenuta.

Il comune uso di massetti in calcestruzzo al fine della protezione dell'elemento di tenuta dall'azione delle radici, non è ritenuto valido.

Se ne ammette l'uso solamente come elemento di protezione meccanica da urti o simili dell'elemento di tenuta, in particolari situazioni quali:

- possibilità di deterioramento meccanico dell'elemento di tenuta durante le fasi di cantiere per urti con attrezzature, opere provvisorie, ecc. di media e forte intensità;
- previsione di operazioni di manutenzione non qualificate.

Capacità agronomica

Per garantire l'adeguata capacità agronomica e il suo mantenimento nel tempo, si rende necessario analizzare in fase di progettazione innanzitutto il contesto climatico in cui si inserisce la copertura a verde e quindi verificare l'efficienza di alcuni fattori fondamentali per la vita delle piante e per il regolare funzionamento nel tempo del sistema:

- spessore dello strato colturale a disposizione dell'accrescimento dell'apparato radicale;
- contenuto di materia organica disponibile;

- capacità di ritenzione idrica del sistema;
- velocità di infiltrazione del sistema;
- cambiamenti del pH.

Capacità drenante

Il sistema deve possedere un'adeguata permeabilità verticale per allontanare la quantità d'acqua infiltrata sulla base delle caratteristiche climatiche del sito, delle proprietà idrauliche del sistema e della morfologia della copertura.

La permeabilità verticale deve essere espressa in mm/min secondo la UNI EN 1097-6, con riferimento all'intero sistema o allo strato più critico del sistema utilizzato (considerando eventuali strati prevegetati, strato colturale e il filtro). La permeabilità deve essere 5 volte maggiore o uguale all'intensità di pioggia critica considerata a progetto.

Si ricorda che ai fini di un corretto funzionamento idraulico l'elemento filtrante deve presentare un'apertura caratteristica dei pori Ø90 tra 0,10 mm e 0,20 mm (determinabile secondo UNI EN ISO 12956) e almeno 10 volte più permeabile dello strato colturale.

La capacità drenante longitudinale a 20 kPa di compressione degli elementi drenanti prefabbricati deve essere ricavata secondo quanto indicato nella UNI EN ISO 12958. La capacità drenante dei drenaggi realizzati con materiale granulare sfuso va calcolata secondo quanto indicato nella UNI 11235. In entrambi i casi la capacità drenante deve essere espressa con riferimento a 1 m di fronte drenante e unità di misura l/(m×s).

Capacità di aerazione dello strato drenante

Il controllo dell'aerazione si attua attraverso la seguente prestazione, propria dello strato colturale:

- porosità totale >60%, per coperture di tipo intensivo, secondo la UNI EN 13041;
- porosità totale >60%, per coperture di tipo estensivo, secondo la UNI EN 13041.

Capacità di accumulo idrico

Per definire la capacità del sistema a verde pensile al fine di supportare l'idratazione delle piante e stimolare un utilizzo efficiente dell'acqua, il progetto del requisito avviene:

- 1) definendo l'evapotraspirazione potenziale giornaliera per la vegetazione desiderata nelle condizioni climatiche previste, eventualmente facendo riferimento a fonti bibliografiche.
- 2) individuando un sistema che possa accumulare un volume di acqua disponibile tale da garantire alla vegetazione un'autonomia adeguata all'evapotraspirazione e al piano di gestione previsto (si suggerisce che comunque non sia inferiore ai 3 giorni).
- 3) definendo l'apporto idrico di irrigazione previsto, indicando volume d'acqua da fornire e frequenza delle irrigazioni.

Le proprietà idriche del sistema nel suo complesso andranno descritte facendo riferimento a valori normalizzati per unità di superficie ed espressi dunque in l/m².

L'efficienza e la sostenibilità di un sistema nel fornire un adeguato volume idrico devono essere descritte almeno con riferimento ai parametri espressi nel prospetto 1.

Prospetto 1 **Parametri per l'efficienza e la sostenibilità**

ATD (acqua totale disponibile)	Dichiarare il valore (in l/m²). La prestazione deve essere calibrata sulla base dell'evapotraspirazione prevista e delle esigenze progettuali. Si consiglia di garantire almeno 3 giorni di autonomia idrica al massimo rateo di evapotraspirazione per la vegetazione ed il clima previsti.
UT (rapporto di utilizzabilità)	Dichiarare il valore (compreso tra 0 e 1, adimensionale). Prestazione migliore con UT maggiore

EF (rapporto di efficienza)	Dichiarare il valore (compreso tra 0 e 1, adimensionale). Prestazione migliore con EF maggiore
---------------------------------------	--

Anche in tale caso, per il calcolo e le definizioni, si deve fare riferimento alla UNI 11235.

Scelta della tipologia di copertura

Due sono le coperture a verde principali:

- copertura a verde estensivo, che viene normalmente utilizzata con funzioni principali di variazione delle condizioni ambientali interne ed esterne all'edificio. Normalmente, l'accessibilità della copertura è di sola manutenzione e la fruibilità è ridotta. I pesi variano da circa 100 kg/m² a circa 200 kg/m², gli spessori giungono fino a 15 cm e la vegetazione utilizzata è a bassissima o bassa manutenzione (sedum, erbacee, erbacee perenni e arbusti copri suolo). Le specie sono caratterizzate da una elevata esistenza agli stress idrici e termici, sia invernali che estivi;
- copertura a verde intensivo, che viene utilizzata soprattutto ai fini di fruibilità della copertura come spazio per attività all'aperto. I pesi variano partono da circa 200 kg/m², gli spessori da circa 15 cm fino a circa 80 cm e la vegetazione utilizzata è a media o alta manutenzione (erbacee, erbacee perenni, arbusti, suffrutici, cespugli alberi).

Si vuole precisare che la discriminante fra le due tipologie, intensiva o estensiva, non è costituita tanto da spessori, pesi o tipo di vegetazione ma dall'intensità della manutenzione.

Chiaramente è possibile avere zone di tipo intensivo accoppiate a zone di tipo intensivo.

Scelta e caratteristiche degli elementi e strati

Le principali caratteristiche atte a caratterizzare gli elementi e strati principali al fine del rispetto di quanto determinato durante la fase di progettazione sono le seguenti:

Elemento di tenuta all'acqua

Le principali caratteristiche da controllare sono:

- la stabilità dimensionale.
Una elevata stabilità dimensionale è fondamentale al fine di evitare ritiri della membrana impermeabilizzante. I riferimenti normativi sono: UNI EN 1107-1 (membrane bituminose) e UNI EN 1107-2 (membrane sintetiche). Valori usuali di stabilità dimensionale sono intorno allo 0.5%.
- la flessibilità a freddo.
Una elevata flessibilità a freddo è un elemento caratterizzante della buona qualità del materiale sintetico e di quello bituminoso. I riferimenti normativi sono EN 1109 (membrane bituminose) e UNI EN 495-5 (membrane sintetiche). I valori di flessibilità a freddo delle membrane bituminose non sono confrontabili con quelli delle membrane sintetiche per le differenti caratteristiche chimico-fisiche. Oltre a ciò non sono fra di loro confrontabili le flessibilità a freddo di membrane bituminose elastomeriche con quelle plastomeriche. In generale si richiedono i seguenti valori minimi:

membrane sintetiche	≥ -35°C
membrane bituminose elastomeriche	≥ -20°C (primo strato) e -25°C (secondo strato)

membrane bituminose plastomeriche $\geq -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (primo strato) e $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (secondo strato) misurati secondo le predette norme.

- l'invecchiamento artificiale tramite esposizione a lungo termine ad elevate temperature. Una ridotta differenza tra i valori di prima e dopo la prova è indice di una propensione al mantenimento delle prestazioni nel tempo. Le caratteristiche da confrontare sono, essenzialmente, la stabilità dimensionale e la flessibilità a freddo. Il riferimento è la UNI EN 1296.

Le membrane, nel loro complesso, devono soddisfare i requisiti della UNI EN 13707 (membrane bituminose) e UNI N 13956 (membrane sintetiche). Deve essere presente una dichiarazione del produttore sull'idoneità all'uso della membrana per l'applicazione in coperture a verde, visto che la tipologia è presente fra quelle indicate nelle predette norme.

Le tipologie di materiale maggiormente utilizzate sono:

- membrane flessibili bitume polimero elastomeriche; sono caratterizzate dalla presenza di un polimero elastomerico, l'SBS, che conferisce, in particolare, flessibilità a basse temperature; si possono posare in monostrato o pluristrato. Sono armate con armature di vario tipo, anche composite, a secondo dell'uso. In genere si adottano spessori di 4 mm;
 - membrane flessibili bitume polimero plastomeriche; sono caratterizzate dalla presenza di un polimero plastomerico, l'APP, che conferisce, in particolare, stabilità di forma ad alte temperature; si possono posare in monostrato o pluristrato. Sono armate con armature di vario tipo, anche composite, a secondo dell'uso. In genere si adottano spessori di 4 mm;
 - membrane flessibili sintetiche, PVC. Sono armate con armature di vario tipo a secondo dell'uso. In genere si adottano spessori di almeno 1.5 mm.
 - membrane flessibili sintetiche, poliolefine. Possono o meno essere armate con armature di vario tipo a secondo dell'uso. In genere si adottano spessori di almeno 1.5 mm.
- **Strato colturale**

Per quanto concerne lo strato colturale, le caratteristiche da controllare sono molteplici, ben evidenziate nella normativa UNI 11235, alla quale si rimanda. Le principali caratteristiche sono:

- controllo del PH, secondo la norma EN 13037;
- conducibilità elettrica, secondo la norma EN 13038;
- controllo della permeabilità, secondo la norma UNI 1097-6;
- controllo della capacità di campo "Ca" di ritenzione idrica, secondo la norma EN 13041;
- controllo della curva di ritenzione idrica, secondo la norma EN 13041;
- porosità totale, secondo la norma UNI 13041;
- contenuto in aria a massima capacità di campo.

Si ricorda solamente che, molto difficilmente, un terreno di campo ha caratteristiche che ne possano permettere l'utilizzo per un giardino pensile, fra le quali, soprattutto, la porosità e la permeabilità. Normalmente oggi sono utilizzate miscele di vari materiali, costituiti da componenti minerali e organici, detti correntemente "substrati".

- **Elemento drenante**

La caratteristica che deve essere controllata è la portata idraulica, che deve essere tale da evitare la formazione di battenti idrici agenti sull'elemento di tenuta, in normali condizioni d'uso.

Le tipologie correntemente utilizzate sono:

- aggregati granulari (naturali o artificiali);
- elementi prefabbricati (elementi preformati, geosintetici).

In alcuni casi l'elemento drenante svolge anche la funzione di accumulo idrico: quindi esso deve assolvere anche alle caratteristiche richieste per la sopra citata funzione.

Progettazione dell'elemento drenante in elementi prefabbricati

La scelta deve cadere sull'elemento che, soggetto al carico σ_v e per il gradiente i garantisce una portata idraulica Q_1 maggiore o uguale a Q di progetto.

Se i non fosse indicato nei diagrammi e/o nei prospetti di caratterizzazione del geosintetico, è possibile determinare la portata idraulica corrispondente del prodotto con la formula empirica:

$$Q_{i1} = Q \sqrt{i_1/i}$$

con:

Q_{i1} portata idraulica del prodotto tratta dal diagramma/dalla tabella e relativa al gradiente i_1 , immediatamente superiore al gradiente " i " richiesto;

Q portata idraulica del prodotto relativa al gradiente " i " e determinata con la formula empirica. Per quanto riguarda gli elementi preformati si deve fare riferimento alle schede tecniche di prodotto.

Per la scelta dell'elemento drenante è necessario, inoltre, determinare:

- capacità drenante sotto i carichi d'esercizio, secondo UNI EN ISO 12958;
- effetto punzone: la conformazione dell'elemento preformato deve essere tale da evitare concentrazioni di carichi punzonanti sullo strato sottostante.

Devono essere verificati gli effetti provocati da carichi concentrati dell'elemento drenante (per esempio per sua conformazione geometrica) sugli elementi sottostanti, al fine di evitare il loro punzonamento o la loro eccessiva deformazione.

Per elementi conformati come pannelli, materassini, lastre e simili, le caratteristiche ai fini della corretta funzionalità sono espresse nel prospetto seguente.

Caratteristica	Norme di riferimento	Unità di misura	Valori di riferimento
Resistenza a trazione longitudinale	UNI EN ISO 10319	kN/m	$\geq 10\%$
Deformazione a 20 kN	UNI EN ISO 9863	%	≤ 40
Capacità drenante longitudinale a 20 kPa ($i = 1$) ^a q 20/1	UNI EN ISO 12958	l/m × s	≥ 1
Capacità drenante longitudinale a 20 kPa ($i = 0,01$) ^b q 20/0,01	UNI EN ISO 12958	l/m × s	$\geq 1 \times 10^{-1}$
Resistenza agli agenti microbiologici	UNI EN 12225	-	-

i è il gradiente idraulico.
Pendenza del pelo libero dell'acqua, che nel caso di moto uniforme coincide con la pendenza del sistema drenante.
a) $i = 1$ equivale alla condizione di geosintetico in opera in verticale;
b) $i = 0,01$ equivale ad una pendenza dell'1%.

• Elemento filtrante

La funzione richiesta all'elemento filtrante è quella di evitare il passaggio di particelle fini dallo strato colturale verso l'elemento di drenaggio, al fine di mantenere nel tempo la funzionalità di quest'ultimo.

La caratteristica che deve essere controllata è la permeabilità all'acqua.

Per un buon funzionamento, l'elemento filtrante deve avere una permeabilità almeno 10 volte maggiore di quella dello strato colturale.

Le due tipologie oggi correntemente utilizzate per la realizzazione di tale elemento, sono le seguenti:

- aggregati granulari (naturali o artificiali) che devono avere una permeabilità all'acqua, verificata secondo DIN 18035, comunque essere maggiore di 0,3 cm/s,
- elementi prefabbricati (a esempio geosintetici) che devono avere una permeabilità all'acqua perpendicolare al piano con 50 mm di carico deve comunque essere maggiore di (1×10^{-3}) m/s, verificata secondo UNI EN ISO 11058 e, Inoltre deve avere le seguenti caratteristiche:
 - resistenza al punzonamento statico $> 1,1$ kN, determinabile secondo UNI EN ISO 12236;

- resistenza alla trazione longitudinale >7,0 kN/m, determinabile secondo UNI EN ISO 10319;
- resistenza alla trazione trasversale >7,0 kN/m, determinabile secondo UNI EN ISO 10319;
- deformazione al carico di esercizio longitudinale <35%, determinabile secondo UNI EN ISO 10319;
- deformazione al carico di esercizio trasversale <35%, determinabile secondo UNI EN ISO 10319;
- apertura caratteristica dei pori O90 0,10 mm - 0,20 mm, determinabile secondo UNI EN ISO 12956 ;
- resistenza residua all'ossidazione >80% di quella iniziale, determinabile secondo UNI EN ISO 13438;
- resistenza agli agenti microbiologici >80%, determinabile secondo UNI EN 12225.

Si deve tenere in conto che, purtroppo, la progettazione di un sistema di copertura, è molto complessa (nel presente documento sono state date, per ovvie limitazioni di spazio, solo pochissime informazioni) e, normalmente o non viene sviluppata o viene sviluppata solo in piccola parte.

Uno dei risultati è che circa il 50% dei danni sugli edifici è dovuta all'acqua (di varia provenienza) con conseguenti problematiche economiche piuttosto gravi.

La grandissima disponibilità di prodotti a disposizione genera, in automatico, un elevatissimo numero di combinazioni lineari possibili: solo poche di queste sono effettivamente funzionanti sia a tempo zero che fino alla completa vita utile della copertura. Le conseguenti conoscenze del progettista devono essere molto approfondite in quanto, in caso contrario, è, purtroppo facile, sbagliare nella scelta di un prodotto o di una sequenza di elementi o strati oppure, ancora, l'assenza di strati che genera l'attivazione di interazioni che possono danneggiare i materiali presenti.

Un buon riferimento a supporto della progettazione sono o manuali di progettazione specifici oppure le norme (UNI, AFNOR, BSI) che, in questo settore, sono molto sviluppate e dedicate non solo alla specifica tipologia di prodotto ma anche all'intero sistema.

Per una copertura a verde sono poi essenziali l'esecuzione e, molto più che per altre tipologie di coperture, la manutenzione.

Sono da considerare quattro sottotipologie di manutenzione:

- manutenzione di avviamento per il controllo;
- manutenzione di avviamento a regime (solo per estensivo);
- manutenzione ordinaria;
- manutenzione straordinaria.

La manutenzione ordinaria segue, senza soluzione di continuità, la manutenzione di avviamento. Scopo della manutenzione ordinaria è il mantenimento nel tempo della funzionalità della tipologia di inverdimento prevista, mediante le lavorazioni agronomiche ordinarie, richieste in misura e modo diverso in funzione della tipologia di inverdimento prevista, delle condizioni stagionali, dell'andamento climatico. Tali lavorazioni hanno gli stessi scopi degli analoghi interventi nelle opere a verde ordinarie, ma devono essere attuati con metodi adeguati alla copertura a verde per non pregiudicare il mantenimento della stratigrafia esistente e la funzionalità dell'elemento di tenuta.

In particolar modo sono da evitare sovraccarichi da macchinari e/o materiali, urti ed impiego di attrezzature a punta o a taglio non adeguate.

La manutenzione ordinaria (agronomica) comprende tutte le lavorazioni necessarie al mantenimento funzionale delle opere a verde, quali:

- irrigazioni;
- concimazioni;
- allontanamento di infestanti arboree e/o di eventuale vegetazione indesiderata;
- rasature di tappeti erbosi;
- sfalci di associazioni prative;
- potature di contenimento;
- potature a scopi estetici/funzionali;
- trattamenti fitosanitari.