

Criteria for design, execution, testing and maintenance of roof  
garden

---

La norma definisce i criteri di progettazione, esecuzione, controllo  
e manutenzione di coperture continue a verde, in funzione delle  
particolari situazioni di contesto climatico, di contesto edilizio e di  
destinazione d'impiego.

---

## TESTO ITALIANO

ICS 91.060.20; 91.120.30

---

## **PREMESSA**

La presente norma è stata elaborata sotto la competenza della Commissione Tecnica UNI

### **Prodotti e sistemi per l'organismo edilizio**

La Commissione Centrale Tecnica dell'UNI ha dato la sua approvazione il 22 marzo 2007.

La presente norma è stata ratificata dal Presidente dell'UNI ed è entrata a far parte del corpo normativo nazionale il 24 maggio 2007.

---

Le norme UNI sono elaborate cercando di tenere conto dei punti di vista di tutte le parti interessate e di conciliare ogni aspetto conflittuale, per rappresentare il reale stato dell'arte della materia ed il necessario grado di consenso.

Chiunque ritenesse, a seguito dell'applicazione di questa norma, di poter fornire suggerimenti per un suo miglioramento o per un suo adeguamento ad uno stato dell'arte in evoluzione è pregato di inviare i propri contributi all'UNI, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, che li terrà in considerazione per l'eventuale revisione della norma stessa.

Le norme UNI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione di nuove edizioni o di aggiornamenti.

È importante pertanto che gli utilizzatori delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione e degli eventuali aggiornamenti.

Si invitano inoltre gli utilizzatori a verificare l'esistenza di norme UNI corrispondenti alle norme EN o ISO ove citate nei riferimenti normativi.

## INDICE

	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>TERMINI E DEFINIZIONI</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>AGENTI E REQUISITI</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>ISTRUZIONI PER LA PROGETTAZIONE</b>	<b>5</b>
5.1	Generalità.....	5
5.2	Analisi del contesto.....	5
5.3	Requisiti.....	7
5.4	Elementi, strati e impianti componenti il sub-sistema.....	7
5.5	Progettazione degli elementi o strati.....	7
figura 1	Diagramma pendenza coperture - lunghezza di drenaggio.....	12
prospetto 1	Spessori minimi dello strato colturale.....	15
prospetto 2	Conversione pendenza/inclinazione.....	17
<b>6</b>	<b>SCHEMI FUNZIONALI E CLASSIFICAZIONE DEL SISTEMA</b>	<b>18</b>
prospetto 3	Classificazione della copertura in funzione della manutenzione.....	19
figura 2	Tipologie di inverdimento.....	20
prospetto 4	Coefficiente di deflusso.....	21
<b>7</b>	<b>DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO</b>	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>MATERIALI E COMPONENTI</b>	<b>21</b>
8.1	Elemento portante.....	22
8.2	Strato termoisolante.....	22
8.3	Elemento di tenuta.....	22
prospetto 5	Caratteristiche degli elementi di tenuta.....	22
8.4	Elemento di protezione all'azione delle radici.....	23
prospetto 6	Caratteristiche degli elementi di protezione all'azione delle radici.....	23
8.5	Elemento di protezione meccanica.....	24
8.6	Elemento drenante.....	24
prospetto 7	Caratteristiche degli elementi drenanti.....	25
8.7	Elemento di accumulo idrico.....	25
8.8	Elemento filtrante.....	26
8.9	Strato colturale.....	27
figura 3	Fuso granulometrico per coperture estensive.....	27
figura 4	Fuso granulometrico per coperture intensive.....	28
prospetto 8	Contenuto di macroelementi.....	29
8.10	Strato di vegetazione.....	29
<b>9</b>	<b>ISTRUZIONI PER L'ESECUZIONE E L'INSTALLAZIONE</b>	<b>30</b>
9.1	Premessa.....	30
9.2	Elemento di tenuta.....	30
9.3	Elemento di protezione all'azione delle radici.....	31
9.4	Strato colturale e strato di vegetazione.....	32
<b>10</b>	<b>COLLAUDI</b>	<b>33</b>
10.1	Generalità.....	33

---

10.2	Controllo dello strato di supporto dell'elemento di tenuta.....	33
10.3	Controllo iniziale dell'elemento di tenuta .....	33
10.4	Controllo della tenuta del sistema finale .....	33
10.5	Controllo delle stratigrafie e degli impianti accessori.....	33
10.6	Controllo opere a verde.....	33
<b>11</b>	<b>MANUTENZIONE</b>	<b>34</b>
11.1	Generalità .....	34
11.2	Manutenzione delle opere a verde.....	34
11.3	Manutenzione del sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche e dell'elemento di tenuta.....	36
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>37</b>

---

---

## INTRODUZIONE

Negli ultimi anni si è riscontrato un continuo e progressivo interesse per la realizzazione di coperture impermeabilizzate a verde, in quanto le stesse sono risultate un valido strumento per raggiungere obiettivi di compensazione, mitigazione e miglioramento ambientale, sia a livello puntuale sia su scala territoriale.

Sono infatti evidenti i vantaggi compensativi delle coperture a verde laddove il costruito utilizza una parte di territorio, modificandolo permanentemente; così come la copertura a verde certamente ottiene un effetto di mitigazione dell'impatto ambientale conseguente alla costruzione di un edificio.

A livello internazionale esistono linee guida che, pur costituendo una base di riferimento, non sono totalmente applicabili in Italia per differenti situazioni culturali, di contesto climatico, di tecnologie costruttive.

Di conseguenza, la presente norma, partendo dalla raccolta di linee guida di altre nazioni e di esperienze italiane, in coerenza con la normativa europea esistente e, in particolare, con quella che si riferisce alle coperture continue, vuole mettere a disposizione di tutti gli operatori del settore siano essi progettisti, direttori lavori, collaudatori, produttori, applicatori delle opere o manutentori, informazioni oggettive e strutturate.

---

1

## SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente norma definisce le regole di progettazione, esecuzione, manutenzione e controllo di coperture a verde, con elemento di tenuta realizzato con membrane bituminose, in poliolefine o in polivinilcloruro, in funzione delle particolari situazioni di destinazione d'uso, di contesto climatico e di contesto edilizio.

---

2

## RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente norma rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati. Per quanto riguarda i riferimenti datati, successive modifiche o revisioni apportate a dette pubblicazioni valgono unicamente se introdotte nella presente norma come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento (compresi gli aggiornamenti).

UNI 8202-24	Edilizia - Membrane per impermeabilizzazione - Parte 24: Determinazione della resistenza all'azione perforante delle radici
UNI EN 495-5	Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Determinazione della piegabilità a basse temperature - Parte 5: Membrane di gomma e materiale plastico per l'impermeabilizzazione di coperture
UNI EN 826	Isolanti termici per edilizia - Determinazione del comportamento a compressione
UNI EN 1097- 6	Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua
UNI EN 1107-1	Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture - Parte 1: Determinazione della stabilità dimensionale
UNI EN 1107-2	Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Determinazione della stabilità dimensionale - Parte 2: Membrane di materiale plastico e gomma per l'impermeabilizzazione delle coperture
UNI EN 1253	Pozzetti per edilizia

UNI EN 1296	Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e gomma per impermeabilizzazione di coperture - Metodo di invecchiamento artificiale tramite esposizione a lungo termine ad elevate temperature
UNI EN 1367-1	Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 1: Determinazione della resistenza al gelo e disgelo
UNI EN 1897	Geotessili e prodotti affini - Determinazione delle proprietà di viscosità a compressione
UNI EN 1928	Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture - Determinazione della tenuta all'acqua
UNI EN 12056-3	Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici - Parte 3: Sistemi per l'evacuazione delle acque meteoriche, progettazione e calcolo
UNI EN 12225	Geotessili e prodotti affini - Metodo per la determinazione della resistenza microbiologica mediante prova di interrimento
UNI EN 12580	Ammendanti e substrati per coltura - Determinazione della quantità
UNI EN 12730	Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture - Determinazione della resistenza al carico statico
UNI EN 13037	Ammendanti e substrati per coltura - Determinazione del pH
UNI EN 13038	Ammendanti e substrati per coltura - Determinazione della conducibilità elettrica
UNI EN 13039	Ammendanti e substrati per coltura - Determinazione della sostanza organica e delle ceneri
UNI EN 13041	Ammendanti e substrati per coltura - Determinazione delle proprietà fisiche - Densità apparente secca, volume d'aria, volume d'acqua, coefficiente di restringimento e porosità totale
UNI EN 13055-1	Aggregati leggeri - Parte 1: Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione
UNI EN 13652	Ammendanti e substrati per coltura - Estrazione di nutrienti ed elementi solubili in acqua
UNI EN 13707	Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose armate per l'impermeabilizzazione di coperture - Definizioni e caratteristiche
UNI EN 13956	Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane di materiale plastico e di gomma per l'impermeabilizzazione delle coperture - Definizioni e caratteristiche
UNI EN ISO 846	Materie plastiche - Valutazione dell'azione dei microrganismi
UNI EN ISO 9863-1	Geosintetici - Determinazione dello spessore a pressioni specificate - Parte 1: Strati singoli
UNI EN ISO 9863-2	Geotessili e prodotti affini - Determinazione dello spessore a pressioni stabilite - Parte 2: Procedura per la determinazione dello spessore dei singoli strati di prodotti multistrato

UNI EN ISO 10319	Geotessili - Prova di trazione a banda larga
UNI EN ISO 11058	Geotessili e prodotti affini - Determinazione delle caratteristiche di permeabilità all'acqua perpendicolare al piano, senza carico
UNI EN ISO 12236	Geotessili e prodotti affini - Prova di punzonamento statico (metodo CBR)
UNI EN ISO 12956	Geotessili e prodotti affini - Determinazione della dimensione di apertura (opening size) caratteristica
UNI EN ISO 12958	Geotessili e prodotti affini - Determinazione della capacità drenante nel piano
UNI EN ISO 13438	Geotessili e prodotti affini - Metodo di prova per la determinazione della resistenza all'ossidazione
ISO 9863	Geosynthetics - Determination of thickness at specified pressures - Part 1: Single layers
DIN 1045-1,Ausgabe 2005-06	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 1: Bemessung und Konstruktion, Berichtigungen zu DIN 1045-1:2001-07
DIN 18035-1,Ausgabe:2003-02	Volltext in bauregelm.de Sportplätze - Teil 1: Freianlagen für Spiele und Leichtathletik, Planung und Maße
DIN 18035-2, Ausgabe:2003-07	Volltext in bauregelm.de Sportplätze - Teil 2: Bewässerung
DIN 18035-3, Ausgabe:2005-05	Sportplätze - Teil 3: Entwässerung
DIN 18035-4, Ausgabe:1991-07	Volltext in bauregelm.de Sportplätze- - Teil 4: Rasenflächen
DIN 18035-5, Ausgabe:1987-01	Sportplätze - Teil 5: Tennenfläche
prEN 13948:2000	Flexible sheets for waterproofing - Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing - Determination of resistance to root penetration

### 3 TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini della presente norma si applicano i termini e le definizioni seguenti.

- 3.1 albero di I grandezza:** Albero con altezza a completo sviluppo >16 m.
- 3.2 albero di II grandezza:** Albero con altezza a completo sviluppo > 10 m < 16 m.
- 3.3 albero di III grandezza:** Albero con altezza a completo sviluppo > 4 m < 10 m.
- 3.4 areale fitoclimatico:** Area omogenea per andamento climatico e per specie vegetali stabilmente insediate.
- 3.5 capacità agronomica:** Attitudine di un sistema e/o di un suo componente a favorire e mantenere nel tempo le condizioni agronomiche necessarie al corretto sviluppo della vegetazione in funzione del contesto.
- 3.6 capacità di accumulo idrico:** Attitudine di elementi o del sistema nel suo complesso ad assumere acqua piovana o di irrigazione e di trattenerla rendendola disponibile per la vegetazione.
- 3.7 capacità di aerazione dello strato colturale:** Attitudine dello strato colturale a mantenere una sufficiente aerazione per consentire idonee condizioni di ossigenazione.
- 3.8 capacità di aerazione dello strato drenante:** Attitudine dello strato drenante a mantenere una sufficiente aerazione per consentire idonee condizioni di ossigenazione.

- 
- 3.9** **capacità di ritenzione idrica dello strato colturale:** Volume d'acqua trattenuto da un substrato colturale sottoposto ad una forza di tensione pari a 10 cm di colonna d'acqua (pF 1). Esprime l'attitudine di un substrato colturale a trattenere una riserva idrica potenzialmente disponibile per la vegetazione.
- 3.10** **capacità drenante della copertura:** Attitudine della copertura a consentire il drenaggio di acqua di origine naturale o artificiale.
- 3.11** **compartimentazione idrica:** Divisione in compartimenti stagni della copertura, allo scopo di limitare gli effetti dovuti all'infiltrazione di acqua.
- 3.12** **compensazione ambientale:** Azione che, in un contesto soggetto a decremento di valori ambientali (ecologici, paesaggistici, ornamentali, fruitivi), apporta una quota positiva di valori ambientali, a scopo tendenzialmente ricostituivo.
- 3.13** **condizioni stagionali:** Condizioni climatiche e pedologiche che caratterizzano un determinato sito o stazione.
- 3.14** **copertura a verde estensivo:** Sistema che utilizza specie vegetali in grado di adattarsi e svilupparsi nelle condizioni ambientali in cui sono poste, richiedente minimi interventi di manutenzione. Le specie sono caratterizzate da una elevata capacità di insediamento, mediante efficienza riproduttiva, frugalità, resistenza agli stress idrici e termici, sia invernali sia estivi.
- 3.15** **copertura a verde intensivo:** Sistema che utilizza specie vegetali in grado di adattarsi e svilupparsi nelle condizioni ambientali in cui sono poste, pur con il necessario ausilio di una manutenzione di intensità media ed alta, in funzione delle associazioni di specie vegetali.
- 3.16** **piano di posa o supporto dell'elemento di tenuta:** Superficie idonea alla posa dell'elemento di tenuta, che non necessiti di ulteriori interventi.
- 3.17** **piccolo albero:** Albero con altezza a completo sviluppo <4 m.
- 3.18** **prodotti non residuali:** Prodotti diserbanti la cui azione non è protratta nel tempo mediante accumulo nel terreno dei principi attivi agenti.
- 3.19** **resistenza dei componenti non vegetali alla temperatura:** Attitudine dei componenti non vegetali a non subire disgregazioni e/o mutamenti di dimensione ed aspetto a causa della formazione del ghiaccio e/o per azione di altri agenti fisici.
- 3.20** **resistenza dei componenti vegetali agli agenti micro e macroclimatici:** Attitudine dei componenti vegetali a svolgere le funzioni vitali in definite condizioni di contesto climatico.
- 3.21** **resistenza agli attacchi biologici:** Attitudine a non subire riduzione di prestazioni a seguito della presenza di organismi viventi.
- 3.22** **strato colturale:** Strato avente la funzione di sostenere lo sviluppo vegetale di una copertura a verde.
- 3.23** **strato di vegetazione:** Parte epigea dei vegetali (rami, foglie) che ricoprono la superficie dello strato colturale e parte ipogea dei vegetali (apparati radicali, bulbi, rizomi, tuberi, ecc.), situati all'interno dello strato colturale.

## AGENTI E REQUISITI

Gli agenti interferenti sul sistema “copertura a verde” di cui il progettista deve tenere maggiormente conto sono i seguenti:

- idrici;
- biologici;
- chimici;
- carichi permanenti e sovraccarichi variabili;
- termici, connessi al procedimento costruttivo e/o alla manutenzione;
- radiativi.

I principali requisiti che devono essere richiesti agli elementi o strati delle coperture a verde sono:

- capacità agronomica;
- capacità drenante;
- capacità di aerazione dello strato drenante;
- capacità di accumulo idrico;
- capacità di aerazione dello strato colturale;
- resistenza agli attacchi biologici.

Altri requisiti possono essere richiesti in funzione di particolari condizioni di contesto climatico, territoriale e di destinazione d'uso.

Non sono indicati nella presente norma i requisiti caratteristici delle coperture continue in quanto si considerano implicitamente richiesti.

## ISTRUZIONI PER LA PROGETTAZIONE

### Generalità

La scelta di utilizzare una copertura a verde è legata ad uno o più degli obiettivi seguenti:

- 1) fruibilità della copertura: realizzazione di uno spazio atto allo svolgimento di attività all'aperto. In questo caso le principali criticità sono legate alla precisa definizione del tipo di attività per una corretta valutazione dell'usura dello strato di vegetazione, dei carichi agenti su di esso e la conseguente intensità della manutenzione;
- 2) fruibilità visiva: realizzazione di un elemento avente valenza puramente architettonica e paesaggistica;
- 3) variazione delle prestazioni ambientali interne dell'edificio: deve essere data molta importanza al progetto prestazionale della copertura, in particolar modo per quanto riguarda quello termico ed acustico, per permettere ad essa di incrementare le prestazioni correnti;
- 4) variazioni delle condizioni di contesto ambientale esterno all'edificio: in relazione alla capacità della copertura a verde di assorbire polveri, di costituire un eventuale elemento di assorbimento acustico e di regimazione idrica e mitigazione della temperatura;
- 5) compensazione ambientale: capacità della copertura a verde e del sistema architettonico, intesi come un elemento ambientale complesso, di restituire integralmente o parzialmente le valenze che il sistema ambientale originario conferiva al contesto.

### Analisi del contesto

Il contesto è analizzato dal punto di vista climatico e territoriale, in relazione alla definizione dello schema funzionale della copertura e della tipologia vegetativa.

L'analisi del contesto permette di identificare, in maniera qualitativa, le variabili che possono influenzare, in particolare, la tipologia della vegetazione.

---

Le specie vegetali risentono in maniera sensibile del contesto climatico.

La loro scelta deve quindi tenere conto delle caratteristiche del sito, come per esempio:

- radiazione solare per l'effetto luminoso e termico (temperatura media giornaliera dell'aria, escursione termica giornaliera, escursione termica annua);
- idrometeore (umidità, precipitazioni);
- atmosfera (composizione atmosferica, vento);

la cui conoscenza, valutata su un periodo di ritorno di almeno 20 anni, è necessaria per una corretta progettazione.

A titolo orientativo, può essere utile fare riferimento agli areali fitoclimatici.

Da considerare che, più ci si discosta dalle condizioni ottimali per la crescita di una specie vegetale, maggiore è la necessità di apportare energia al sistema, sia in fase costruttiva sia in fase manutentiva.

Altre condizioni particolari devono essere necessariamente valutate caso per caso.

In relazione al contesto territoriale devono essere verificati:

- esposizione solare delle specie vegetali e presenza sulla copertura di superfici contigue riflettenti (pareti vetrate, superfici continue chiare): provocano variazioni dell'irraggiamento solare sulle specie vegetali o zone d'ombra. Deve anche essere tenuta in considerazione l'influenza dello sviluppo delle specie vegetali presenti sia in copertura sia nelle immediate vicinanze, con particolare attenzione allo sviluppo in altezza;
- venti prevalenti: producono forti sollecitazioni sulle specie vegetali. Di conseguenza devono essere valutate le caratteristiche delle chiome, e dell'altezza delle specie vegetali, la capacità di ancoraggio dell'apparato radicale, l'elasticità del fusto e dei rami;

I venti prevalenti devono essere valutati anche in relazione ad edifici prossimi che possono potenziare o depotenziare l'intensità dell'azione. Deve essere anche considerata la possibilità di utilizzare sistemi di ancoraggio temporanei o permanenti;

- carichi di neve: producono forti sollecitazioni sulle specie vegetali. Di conseguenza devono essere valutate le caratteristiche delle chiome e dell'altezza delle specie vegetali, la capacità di ancoraggio dell'apparato radicale, l'elasticità del fusto e dei rami;
- emissioni di aria o di fumi da impianti tecnici: possono provocare un rapido degrado delle specie vegetali. Deve essere valutata la possibilità di impiego di specie sempreverdi, molto frugali, con apparato fogliare consistente. Nel caso di utilizzo di specie arbustive quale mascheramento di volumi tecnici di questo tipo, la profondità della specie vegetale deve essere tale da sopperire ad eventuali decadimenti estetici degli apparati fogliari esposti ai flussi di aria (per esempio, siepe a doppio filare);
- esposizione alla salsedine: può provocare degrado delle specie vegetali. Deve essere valutata la possibilità d'uso di specie vegetali con forte resistenza, sia al contatto con la superficie fogliare, sia alla concentrazione salina nello strato colturale. La scelta di queste specie è obbligatoria, ad eccezione dei casi nei quali sono previsti apporti esterni quali l'irrigazione per aspersione con lavaggio delle superfici fogliari, l'aumento delle quantità di irrigazione, l'aumento di sostanza organica nello strato colturale;
- inquinamento da polveri: può provocare degrado delle specie vegetali. Deve essere valutata la possibilità di aumentare la biomassa del sistema e di effettuare interventi manutentivi atti a ridurre gli effetti sull'apparato fogliare, quali l'irrigazione per aspersione e il lavaggio delle superfici fogliari;
- specie vegetali presenti nel contesto: ne deve essere valutata la compatibilità con quelle che si sono previste in progetto.

È importante tenere conto, per quanto possibile, anche dell'evoluzione temporale del contesto edilizio, urbano e vegetazionale (costruzioni di nuovi edifici, infrastrutture, crescita di alberi confinanti, ecc.).

---

## 5.3

### Requisiti

I requisiti specifici per le coperture a verde riguardano le caratteristiche indicate al punto 4 della presente norma.

Come già indicato nel punto 4, devono essere definiti tutti quei requisiti che sono di riferimento per le coperture continue.

## 5.4

### Elementi, strati e impianti componenti il sub-sistema

Un sub-sistema edilizio è composto dall'aggregazione di elementi sempre presenti (elementi primari) e da strati secondari ed impianti che possono essere introdotti a seconda di particolari condizioni di contesto d'uso, di contesto climatico, di contesto merceologico o al fine di raggiungere la necessaria durabilità.

Gli elementi o strati primari di una copertura a verde sono:

- elemento portante;
- elemento di tenuta;
- elemento di protezione dall'azione delle radici (integrato o meno);
- elemento di protezione meccanica;
- elemento drenante;
- elemento di accumulo idrico;
- elemento filtrante;
- strato colturale;
- strato di vegetazione.

Gli strati secondari e gli impianti complementari componenti una copertura a verde sono:

- strato di barriera a vapore;
- strato di schermo al vapore;
- strato termoisolante;
- strato di pendenza;
- strato di regolarizzazione;
- strato di imprimitura;
- strato di continuità;
- strato di diffusione e/o equalizzazione delle pressioni di vapore;
- strato di irrigidimento o ripartizione dei carichi;
- strato di separazione e/o scorrimento;
- strato di protezione;
- strato di zavorramento;
- strato antierosione;
- impianti di irrigazione.

Gli elementi accessori di una copertura a verde sono:

- elementi di trattenimento dello strato colturale;
- elementi di trattenimento dell'elemento drenante;
- elementi di ancoraggio della vegetazione;
- elemento di barriera al fuoco.

## 5.5

### Progettazione degli elementi o strati

#### 5.5.1

#### Generalità

Sono di seguito date indicazioni per gli elementi o strati maggiormente significativi per le coperture a verde e compatibilità fra gli strati.

---

In tutti i casi è importante tenere conto, per quanto possibile, delle eventuali modifiche di destinazione d'uso della copertura a fronte di nuove esigenze.

### **5.5.2 Progettazione dell'elemento portante**

La progettazione dell'elemento portante non è trattata nel presente documento in quanto esistono normative specifiche.

Per la progettazione delle coperture a verde è necessario individuare in maniera corretta il carico permanente che deve essere valutato in relazione ai materiali componenti i singoli strati ed elementi e, a favore di sicurezza, al fatto che questi elementi possano essere completamente saturi di acqua.

I dati di progetto sono quindi costituiti dai valori delle masse volumiche in condizioni di saturazione dei singoli strati o elementi.

La struttura deve essere dimensionata per potere sopportare il carico di acqua necessario per il controllo.

### **5.5.3 Progettazione dello strato termoisolante**

La progettazione dello strato termoisolante non è trattata nel presente documento in quanto esistono normative specifiche.

Si indicano, tuttavia, come elementi importanti per la progettazione, nell'ambito delle coperture a verde:

- la necessità di individuare in maniera corretta il carico permanente dovuto alla copertura a verde, agente sullo strato termoisolante, al fine di tenere conto delle deformazioni dello stesso e la riduzione del suo spessore con la conseguente diminuzione della resistenza termica;
- la possibilità, sempre a favore di sicurezza, di non considerare nel dimensionamento la temperatura dell'ambiente esterno, ma di considerare, se lo spessore dello strato colturale è maggiore o uguale a 15 cm, la valutazione del comportamento inerziale complessivo in funzione della massa dello strato colturale presente. Se lo spessore fosse inferiore, devono essere considerate le temperature di progetto proprie del contesto;
- la necessità di considerare l'azione di microrganismi o radici, se lo strato di isolamento termico fosse esposto ad essi;
- nel caso in cui la copertura sia di tipo rovescio occorre garantire un'adeguata impermeabilità al vapore tra lo strato termoisolante e gli elementi della stratificazione a verde.

Lo strato di separazione tra lo strato termoisolante e la stratificazione a verde superiore può essere costituito:

- da membrane traspiranti o idrorepellenti e traspiranti (deve essere evitato l'impiego di materiali impermeabili al vapore);
- gli strati di separazione, come geotessili, che presentino capacità di accumulo idrico, non si possono utilizzare.

### **5.5.4 Progettazione dell'elemento di tenuta**

#### **5.5.4.1 Generalità**

Il requisito principale che deve essere richiesto all'elemento è quello di tenuta all'acqua.

Il progetto dell'elemento di tenuta all'acqua avviene in maniera del tutto simile a quello delle coperture continue.

Tuttavia, si devono tenere presenti le seguenti particolarità:

- l'elemento di tenuta è normalmente protetto dalle azioni termiche dovute all'irraggiamento solare ed alla temperatura, ad esclusione del periodo durante il quale avviene la posa;

- l'elemento di tenuta deve<sup>1)</sup> essere considerato, in termini cautelativi, soggetto all'azione delle radici, con azione di tipo meccanico, chimico e biologico, e di microorganismi;
- l'elemento di tenuta è soggetto ad agenti biologici, presenti nello strato colturale ed in quello di vegetazione;
- l'elemento di tenuta è soggetto ad agenti chimici presenti nello strato colturale.

In relazione alle differenti modalità di progettazione, di seguito si forniscono indicazioni inerenti alle tipologie di prodotto maggiormente utilizzate:

- bituminose;
- poliolefiniche;
- di polivinilcloruro.

Si deve considerare che la manutenibilità dell'elemento di tenuta può essere molto ridotta e complessa e, in certi casi, non praticabile, in quanto una sua riparazione o la sua sostituzione implicano lo spostamento di tutti gli elementi o strati soprastanti e l'eliminazione, con successiva sostituzione, della vegetazione.

Qualora non siano già presenti nella copertura articolazioni geometriche che possano servire allo scopo, si devono adottare nell'opera d'impermeabilizzazione sistemi che, in caso di eventuali infiltrazioni, possono impedire o limitare lo scorrimento orizzontale dell'acqua al di sotto dell'elemento di tenuta, riducono l'estensione del degrado e consentono di individuare facilmente la zona o il punto di infiltrazione. Ciò deve essere ottenuto mediante uno dei sistemi seguenti:

- posa in totale adesione della membrana all'elemento portante, nel caso di assenza dello strato termoisolante;
- realizzazione di settori compartimentati. Nel caso in cui sia presente al di sotto dell'elemento di tenuta uno strato termoisolante ed eventualmente uno strato di barriera al vapore, il dispositivo di compartimentazione deve dare una continuità impermeabile a partire dall'elemento di tenuta fino all'elemento portante o fino allo strato di controllo del vapore, qualora quest'ultimo fosse posato in totale adesione. In ogni caso le superfici dei settori possono variare da 100 m<sup>2</sup> fino al valore massimo di 300 m<sup>2</sup> per una copertura a verde di difficoltosa rimozione; per quanto riguarda le coperture di facile rimozione, devono essere orientativamente di 500 m<sup>2</sup>.

In caso di particolari criticità, quali presenza di massetto di calcestruzzo soprastante, spessori elevati di substrato colturale, destinazioni d'uso pregiate degli ambienti sottostanti la copertura, difficoltà di raggiungimento della copertura, difficoltà nello spostamento dei materiali, tipologie di utenza o valutazioni di costi/benefici, consiglino l'attivazione di condizioni tali da rendere praticabili eventuali ispezioni diagnostiche poco onerose o uno sviluppo limitato del degrado in occasione di infiltrazioni, è necessario ridurre la superficie del compartimento rispetto ai valori indicati.

#### 5.5.4.2

##### Membrane bituminose

La progettazione dell'elemento di tenuta realizzato con membrane bituminose, per coperture a verde, rispetto a quello di coperture continue, presenta le particolarità seguenti:

- la posa è effettuata generalmente in doppio strato, al fine di garantire maggiormente la tenuta all'acqua rispetto ad eventuali difetti locali di saldatura. La posa può essere effettuata in monostrato purché sia presente una specifica dichiarazione del produttore sull'idoneità all'uso dell'elemento di tenuta per la specifica applicazione delle coperture a verde in progetto;
- i risvolti verticali del manto impermeabile devono raggiungere una quota maggiore di almeno 15 cm rispetto a quella dello strato colturale. Tale valore deve essere convenientemente aumentato quando vi siano elevate precipitazioni nevose nella zona di installazione. Nel caso in cui questa prescrizione non possa essere

1) In riferimento ai film sottili non termosaldabili, al fine di limitare impieghi impropri, si dovrebbe fare riferimento a quanto detto al punto 8.4, nota 7.

---

mantenuta, devono essere previsti, lungo i risvolti, elementi di drenaggio supplementari (per esempio corridoi di ghiaia, ecc.). I risvolti verticali devono essere adeguatamente protetti contro i potenziali e possibili invecchiamenti accelerati e dalle azioni meccaniche, per esempio dovuti a manutenzione;

- è consigliabile la posa in totale adesione, nel caso di supporto rigido, nell'ottica di una più facile individuazione di eventuali perdite ed in particolare in caso di coperture a verde difficilmente rimovibili;
- la posa in totale adesione prevede l'adesione completa tra elemento di tenuta e strato di supporto della membrana, con il fine di impedire lo scorrimento orizzontale di liquidi fra i due strati;
- per pendenze maggiori della copertura del 5% è necessaria l'adesione totale, eventualmente integrata con fissaggio meccanico dei teli in funzione del grado di pendenza e del carico sovrastante.

#### 5.5.4.3 Membrane poliolefiniche e in polivinilcloruro

La progettazione dell'elemento di tenuta realizzato con membrane sintetiche, per coperture a verde, rispetto a quello di coperture continue, presenta le particolarità seguenti:

- i risvolti verticali del manto impermeabile devono raggiungere una quota maggiore di almeno 15 cm rispetto a quella dello strato culturale. Tale valore deve essere convenientemente aumentato quando vi siano elevate precipitazioni nevose nella zona di installazione. Nel caso in cui questa prescrizione non possa essere mantenuta, devono essere previsti, lungo i risvolti, strati di drenaggio supplementari (per esempio corridoi di ghiaia, ecc.). I risvolti verticali devono essere adeguatamente protetti contro i potenziali e possibili invecchiamenti accelerati e dalle azioni meccaniche; per esempio dovuti a manutenzione;
- per pendenze della copertura maggiori del 5% è obbligatorio il fissaggio meccanico dei teli in funzione del grado di pendenza e del carico sovrastante.

### 5.5.5 Progettazione dell'elemento di protezione dall'azione delle radici

#### 5.5.5.1 Generalità

Il requisito generale che deve essere richiesto a tale elemento è quello di resistenza all'azione delle radici.

Le tipologie di protezione possono essere le seguenti:

- barriera meccanica;
- barriera chimica.

In tutti i casi è necessaria una speciale cura nella realizzazione dei particolari e dettagli (angoli, bocchettoni, scarichi, giunzioni, ecc.) al fine di ottenere la perfetta continuità del manto impermeabile e quindi della barriera antiradice.

Nella quasi totalità dei casi, la funzione di protezione all'azione delle radici è integrata nell'elemento di tenuta all'acqua.

#### 5.5.5.2 Membrane bituminose

Ai fini della progettazione si rimanda a quanto indicato nel punto 5.5.4.2.

Nel caso la funzione antiradice sia integrata nell'elemento di tenuta, la prestazione deve essere garantita dalla membrana superiore.

Nel caso della barriera chimica l'additivo è miscelato alla massa impermeabilizzante e pertanto la continuità della barriera antiradice è garantita anche sulle giunzioni con sovrapposizione.

#### 5.5.5.3 Membrane poliolefiniche e di polivinilcloruro

Ai fini della progettazione si rimanda a quanto indicato nel punto 5.5.4.3.

## 5.5.6

### Progettazione dell'elemento di protezione meccanica

Il requisito generale che deve essere richiesto a tale elemento è la capacità di resistere all'azione di carichi statici o dinamici sia durante la fase di installazione, sia durante la vita utile, al fine di proteggere l'elemento di tenuta: è quindi necessario posizionare l'elemento di protezione meccanica immediatamente dopo la posa dell'elemento di tenuta.

## 5.5.7

### Progettazione dell'elemento drenante

#### 5.5.7.1

#### Generalità

Il requisito generale che deve essere richiesto a tale elemento è la capacità drenante rispetto alle acque di origine meteorica o dovute all'irrigazione.

Esso è richiesto sia in parte corrente sia in zone localizzate della copertura dove il carico di acqua è maggiore, come, per esempio, i bordi perimetrali.

Per sistemi senza accumulo la caratteristica che deve essere controllata è la portata idraulica, che deve essere tale da evitare la formazione di battenti idrici in normali condizioni d'uso.

Le tipologie correntemente utilizzate sono:

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

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

Per la scelta dell'elemento drenante idoneo è necessario determinare la portata idraulica  $Q$  richiesta allo strato drenante, procedendo come segue.

Data la piovosità massima annua dell'evento,  $j$ , con un periodo di ritorno di almeno 20 anni,

dove:

$$j \text{ [mm/h]} = h / t \quad (1)$$

dove:

$h$  [in millimetri] altezza della precipitazione;

$t$  [in ore] durata della precipitazione;

la portata idraulica specifica (per unità di area) è:

$$q \text{ [m}^3\text{/s m}^2\text{]} = 2,777 \times 10^{-7} \times j. \quad (2)$$

La portata idraulica per metro lineare di scorrimento è:

$$Q \text{ [m}^3\text{/m]} = q \cos \alpha \times f \times L$$

dove:

$\alpha$  angolo  $\alpha$  di inclinazione della della copertura;

$f$  coefficiente di infiltrazione<sup>2)</sup> (rapporto fra la quantità di acqua che si filtra nel substrato colturale e quella totale che investe la copertura)<sup>3)</sup>, con valori compresi fra 0,33 e 0,50;

$L$  [in metri] lunghezza della copertura.

Date le caratteristiche di spessore e densità degli strati sovrastanti si determina il carico verticale  $\sigma_v$  applicato sullo strato drenante<sup>4)</sup>.

#### 5.5.7.2

#### Progettazione dell'elemento drenante di aggregati granulari naturali o artificiali

Per elementi costituiti da aggregato granulare, i requisiti che devono essere richiesti all'elemento sono i seguenti:

- permeabilità, determinabile secondo UNI EN 1097-6;

2) Deve tenere conto anche della necessità idrica dello strato di vegetazione.

3) Normalmente i valori dei coefficienti variano tra 0,33 e 0,50 a secondo del tipo di substrato.

4) Devono essere considerati anche eventuali sovraccarichi statici e dinamici, in relazione alle previste condizioni a cui verrà sottoposto lo strato drenante nella durata di esercizio dell'opera (fattore di sicurezza pari a 1).

- resistenza al gelo, determinabile secondo UNI EN 1367-1;
- pH, determinabile secondo UNI EN 13037;
- conducibilità elettrica, determinabile secondo UNI EN 13038.

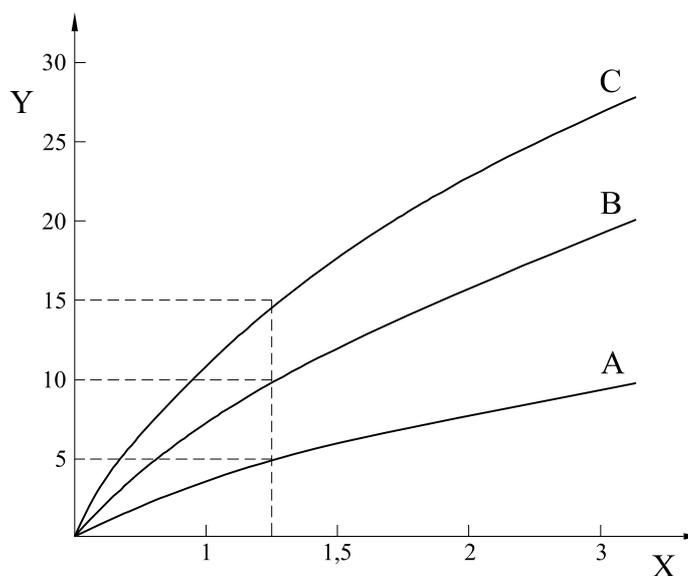
La definizione dello spessore, in assenza di dati sperimentali, avviene utilizzando la figura 1, in funzione della lunghezza di drenaggio e della pendenza della falda della copertura.

figura 1

### Diagramma pendenza coperture - lunghezza di drenaggio

Legenda:

- A spessore drenante sfuso 10 cm
- B spessore drenante sfuso 20 cm
- C spessore drenante sfuso 30 cm
- Y Lunghezza di drenaggio, in metri
- X Pendenza della copertura, in percentuale



Su superfici piane lo spessore del materiale drenante di aggregato granulare, integrato con rete di tubi o barre drenanti, deve essere almeno di 12 cm nel punto di massima pendenza. Possono essere ammessi spessori minori in casi particolari, mediante l'adozione di sistemi drenanti aggiuntivi con dimostrazione analitica.

In qualunque caso la granulometria deve essere determinata in funzione dello spessore dello strato drenante:

- spessori minori di 10 cm: granulometria compresa fra 2/8 e 8/12 mm;
- spessori compresi fra 10 e 20 cm: granulometria compresa fra 4/8 e 8/16 mm;
- spessori maggiori di 20 cm: granulometria compresa fra 4/8 e 12/20 mm.

La frazione granulometrica  $\emptyset < 0,063$  mm non deve essere maggiore del 7% in massa.

#### 5.5.7.3

#### Progettazione dell'elemento drenante in elementi prefabbricati

La scelta deve cadere sull'elemento che, soggetto al carico  $\sigma_v$  e per il gradiente  $i$  garantisce una portata idraulica maggiore o uguale a  $Q^5$ , definita nella formula 3.

- 5) Se  $i$  non è indicato nei diagrammi e/o nelle tabelle di caratterizzazione del geosintetico, è possibile determinare la portata idraulica corrispondente del prodotto con la formula empirica:

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

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 del pannello 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.

### 5.5.8 **Progettazione dell'elemento di accumulo idrico**

Il requisito principale che è richiesto a tale elemento è di accumulare acqua durante le precipitazioni meteoriche o le irrigazioni e cederla successivamente durante i periodi di necessità.

La capacità di accumulo idrico, per la specifica soluzione progettata, è determinata in relazione all'andamento climatico del contesto, alle specie vegetali previste ed alla soluzione tecnica.

L'acqua presente nei materiali, ma non disponibile per l'assorbimento radicale, non può essere considerata ai fini del calcolo della capacità di accumulo idrico.

Nella quasi totalità dei casi l'elemento di accumulo idrico è integrato in quello di drenaggio.

Le tipologie correntemente utilizzate sono le seguenti:

- aggregati granulari;
- elementi prefabbricati.

Per quanto riguarda gli aggregati granulari, la capacità di accumulo è determinata dalle caratteristiche fisiche intrinseche. L'apporto di acqua avviene per diffusione e, parzialmente, per capillarità.

Per quanto riguarda gli elementi prefabbricati, la capacità di accumulo idrico è determinata dalla loro geometria. Il movimento dell'acqua all'interno del sistema avviene prevalentemente per diffusione e, parzialmente, per capillarità quando all'interno del volume di accumulo siano presenti materiali porosi. È sempre necessario garantire che nell'elemento di accumulo idrico vi sia almeno il 60% di aria, libera di passare da elemento drenante a strato colturale, e che fra il pelo libero dell'acqua, quando presente, e lo strato filtrante vi sia uno spessore di aria pari almeno al 30% dello spessore dello strato di accumulo idrico, con un minimo di 1 cm, al fine di evitare il deterioramento dell'apparato radicale della vegetazione.

La quantità di acqua da accumulare non ha limite superiore né inferiore, ma dipende da strategie progettuali.

### 5.5.9 **Progettazione dell'elemento filtrante**

#### 5.5.9.1 Generalità

Il requisito richiesto all'elemento filtrante è 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.

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

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

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

- aggregati granulari;
- geosintetici.

- 
- 5.5.9.2 Elemento filtrante di aggregato granulare  
La permeabilità all'acqua, verificata secondo DIN 18035 deve comunque essere maggiore di 0,3 cm/s, oltre a rispettare quanto definito nel punto 5.5.9.1.
- 5.5.9.3 Elemento filtrante di geosintetico  
La permeabilità all'acqua perpendicolare al piano con 50 mm di carico deve comunque essere maggiore di  $(1 \times 10^{-3})$  m/s, verificata secondo UNI EN ISO 11058, oltre a rispettare quanto indicato nel punto 5.5.9.1.
- 5.5.10 Progettazione dell'elemento di ancoraggio della vegetazione**  
Il vento, soprattutto se di forte intensità, può provocare la dislocazione della vegetazione con possibili ripercussioni anche sulla sicurezza delle persone.  
L'ancoraggio della vegetazione può essere temporaneo o permanente a seconda delle condizioni di vento, di ancoraggio intrinseco dell'apparato radicale e dell'elasticità del fusto.  
L'angolo fra controventatura e terreno non deve essere maggiore di 60° quando sono impiegati sistemi di ancoraggio al fusto.  
La progettazione degli ancoraggi avviene considerando l'azione del vento sulla superficie esposta allo stesso, costituita dalla specie vegetale in questione.  
L'azione del vento, con un coefficiente amplificativo di almeno 1,5, deve essere contrastata, per gravità, dall'elemento di ancoraggio o dall'insieme di questi, ciascuno per la propria quota parte.
- 5.5.11 Progettazione dello strato antierosione**  
Per lo strato antierosione, il requisito che deve essere richiesto è di evitare il distacco di parti dello strato colturale o di vegetazione, per azione del vento o di acqua di origine meteorica, soprattutto quando la copertura a verde sia stata appena realizzata.  
Si consiglia, per coperture con inclinazione maggiore di 10°, l'adozione di tale strato che, in generale, può essere costituito da geostuoie, biostuoie, biotessili, geocelle<sup>6)</sup>.
- 5.5.12 Progettazione dello strato colturale**  
Il requisito che deve essere richiesto a tale strato è il controllo della capacità agronomica.  
La scelta della tipologia e dello spessore dello strato dipendono dalla tipologia di vegetazione, dalle caratteristiche della copertura, dal contesto climatico e dalla strategia di irrigazione (accumulo, accumulo ed irrigazione, irrigazione).  
Lo strato colturale deve risultare esente da semi, parti di piante, radici o rizomi tali da generare lo sviluppo di vegetazione indesiderata.  
La presenza di materiali estranei, non dannosi per la vegetazione (vetro, tessuto, ecc.), deve essere minore dello 0,5% in peso e questi devono presentare diametro minore di 2 mm.  
Le caratteristiche principali che devono essere richieste a tale strato, ai fini della sua corretta funzionalità, sono le seguenti:
- controllo del pH, secondo UNI EN 13037;
  - conducibilità elettrica, secondo UNI EN 13038;
  - controllo della permeabilità, secondo UNI EN 1097-6;
  - controllo della capacità di ritenzione idrica, secondo UNI EN 13041;
  - controllo della curva di ritenzione idrica, secondo UNI EN 13041;
  - controllo della fitotossicità, secondo il riferimento [2] in Bibliografia.
- Gli spessori minimi dello strato colturale sono indicati nel prospetto 1.

---

6) Per la terminologia sui geosintetici vedere la UNI EN ISO 10318 "Geosintetici - Termini e definizioni".

Tipo di vegetazione	Spessore dello strato culturale (cm)							
	8	10	15	20	30	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								

### 5.5.13 Progettazione dello strato di vegetazione

#### 5.5.13.1 Generalità

La progettazione dello strato di vegetazione deve indicare tipo, collocazione e densità d'impianto delle specie vegetali.

Essenziale è che vi sia una assoluta integrazione fra la progettazione dello strato di vegetazione, dello strato culturale e delle strategie di irrigazione.

Inoltre, al fine di ottimizzare la scelta del tipo di specie vegetale, è importante che la stessa sia definita in base a:

- contesto climatico;
- contesto territoriale.

È importante analizzare le specie vegetali presenti nell'immediato contesto in quanto sono indice di capacità di sopravvivenza nelle condizioni climatiche locali.

#### 5.5.13.2 Contesto climatico

Le condizioni climatiche possono avere sulla vegetazione di una copertura a verde un'influenza differente rispetto a quella che hanno sulla vegetazione sul suolo.

In particolare:

- l'effetto del vento sulla capacità di ritenzione idrica dei substrati e la sensibilità all'irraggiamento riflesso e all'accumulo di calore nel substrato impongono la scelta di specie vegetali con maggiori caratteristiche di resistenza alla siccità; inoltre, la composizione delle associazioni vegetali e la loro distribuzione spaziale deve mirare a ridurre l'effetto del vento sullo strato vegetativo, anche con l'ausilio di elementi passivi, estranei allo strato stesso;
- la diminuzione della resistenza al freddo e alla siccità, particolarmente di specie sempreverdi, anche in funzione dello spessore ridotto di substrato, impongono scelte di specie vegetali con maggiori caratteristiche di resistenza alle temperature critiche.

### 5.5.13.3

#### Contesto territoriale

Le condizioni più importanti da considerare sono:

- la presenza di emissioni di aria calda, fredda e/o carica di componenti chimici: previa analisi dei flussi aggressivi e della loro distribuzione spaziale e temporale, è richiesto l'inserimento di specie vegetali con spiccate caratteristiche di resistenza a questo tipo di inquinamento,
- la presenza di zone d'ombra da parte di edifici: essa comporta una alterazione dell'irraggiamento solare e, di conseguenza, del flusso luminoso e delle temperature.

### 5.5.13.4

#### Tipologie vegetazionali

Le tipologie oggi utilizzate sono le seguenti:

- inverdimento estensivo;
- inverdimento intensivo.

È, ovviamente, possibile, in fase di progettazione, prevedere una copertura a verde che utilizzi entrambe le tipologie, variamente combinate.

L'inverdimento estensivo è normalmente utilizzato con funzioni di variazione delle condizioni ambientali interne ed esterne all'edificio. Normalmente, l'accessibilità della copertura è di sola manutenzione e la fruibilità è ridotta.

L'inverdimento intensivo è utilizzato soprattutto ai fini di fruibilità della copertura come spazio per attività all'aperto ed a fini estetici.

## 5.5.14

### Altre indicazioni progettuali

#### 5.5.14.1

##### Sistema di raccolta delle acque meteoriche

Un altro elemento da valutare nella fase progettuale è il sistema di raccolta delle acque meteoriche.

Si consiglia di effettuare il dimensionamento della rete di raccolta delle acque meteoriche senza tenere conto degli effetti legati all'inerzia idrica della copertura, in previsione di eventi eccezionali o di futura eliminazione della vegetazione.

Tutti i componenti del sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche devono essere ispezionabili.

I bocchettoni devono essere dimensionati secondo UNI EN 12056-3 e contenuti in appositi pozzetti al fine di potere essere direttamente accessibili dall'esterno senza movimentazione di elementi o strati.

I pozzetti devono essere provvisti di aperture laterali, con elemento filtrante, per il normale flusso di acqua della copertura, secondo la serie UNI EN 1253.

#### 5.5.14.2

##### Coperture inclinate

Nel caso di coperture inclinate è necessario adottare i seguenti provvedimenti:

- per inclinazioni comprese fra i 10° ed i 15° è necessario effettuare un controllo del dimensionamento strutturale dell'elemento di contenimento perimetrale al fine di evitare una sua dislocazione dovuta ai carichi agenti su di essa;
- per inclinazioni comprese fra 15° e 20° è opportuno applicare nello strato colturale geosintetici (per esempio geogriglie, geosintetici antierosione oppure elementi in doppia torsione);
- per inclinazioni maggiori di 20° è obbligatorio anche inserire degli elementi trasversali (rompitratta) rispetto alla falda, per suddividere la spinta dovuta agli elementi e strati superiori. Gli elementi trasversali devono essere provvisti di aperture per il passaggio di acqua. È necessario fare attenzione allo scivolamento di ogni singolo strato rispetto alla struttura portante ed agli altri strati.

La conversione fra pendenza in percentuale e inclinazione in gradi è visibile nel prospetto 2.

Conversione pendenza / inclinazione					
Pendenza in percentuale		Inclinazione in gradi	Inclinazione in gradi		Pendenza in percentuale
1%	=	~ 0,6°	1°	=	~ 1,7%
2%	=	~ 1,1°	2°	=	~ 3,5%
3%	=	~ 1,7°	3°	=	~ 5,2%
5%	=	~ 2,9°	5°	=	~ 8,8%
7%	=	~ 4,0°	7°	=	~ 12,3%
9%	=	~ 5,1°	9°	=	~ 15,8%
10%	=	~ 5,7°	10°	=	~ 17,6%
15%	=	~ 8,5°	15°	=	~ 26,8%
20%	=	~ 11,3°	20°	=	~ 36,4%
30%	=	~ 16,7°	25°	=	~ 46,6%
40%	=	~ 21,8°	30°	=	~ 57,7%
60%	=	~ 31,0°	35°	=	~ 70,0%
80%	=	~ 38,7°	40°	=	~ 83,9%
100%	=	~ 45,0°	45°	=	~ 100,0%

## 5.5.14.3

## Fasce di zavorramento

Nelle coperture estensive, in particolare nelle zone perimetrali esposte alla depressione aspirante del vento, devono essere predisposte fasce di zavorramento di materiale inerte, di larghezza minima di 50 cm.

In generale, in corrispondenza dei corpi emergenti (risvolti perimetrali, supporti lucernai, ecc.) possono essere posizionate fasce di servizio e protezione di almeno 50 cm di larghezza.

I materiali non devono essere posizionati sopra lo strato colturale, ma sopra allo strato drenante o di protezione. In caso di utilizzo di ghiaia, questa deve essere tonda e lavata.

## 5.5.15

## Progetto dell'impianto di irrigazione

Il progetto dell'impianto di irrigazione non è trattato nel presente documento in quanto sono seguite le normali tecniche degli impianti per giardini tradizionali.

Per la progettazione delle coperture a verde è necessario individuare i fabbisogni a regime della vegetazione e dimensionare le differenti tipologie d'impianto ai requisiti richiesti.

A titolo esemplificativo sono indicati di seguito i principali sistemi adottati:

- irrigazione a pioggia (dall'alto) o per aspersione;
- irrigazione a goccia (a terra);
- sub-irrigazione (dal basso).

Sono da considerare in maniera specifica le problematiche particolari dovute alla collocazione dei siti (copertura in quota, effetto dei venti).

Per quanto riguarda i metodi di sub-irrigazione, sono necessari approfondimenti progettuali specifici, in funzione della tipologia dell'elemento di accumulo idrico scelto.

## 6.1.1

**Schemi funzionali**

Le tipologie funzionali sono:

- *copertura a verde con elemento accumulo idrico*
  - elemento di tenuta;
  - elemento di protezione dall'azione delle radici (integrato o meno);
  - elemento di protezione meccanica;
  - elemento di accumulo idrico;
  - elemento drenante;
  - elemento filtrante;
  - strato colturale;
  - strato di vegetazione.
- *copertura a verde senza elemento accumulo idrico*
  - elemento di tenuta;
  - elemento di protezione dall'azione delle radici (integrato o meno);
  - elemento di protezione meccanica;
  - elemento drenante;
  - elemento filtrante;
  - strato colturale;
  - strato di vegetazione.

Tali elementi possono essere integrati da quelli cosiddetti secondari, in relazione allo specifico contesto oggettuale.

## 6.1.2

**Classificazione della copertura a verde**

## 6.1.2.1

## Generalità

La copertura a verde è classificata secondo:

- fruibilità;
- pendenza superficiale;
- manutenzione del sistema a verde;
- controllo delle condizioni ambientali interne;
- mitigazione ambientale per l'intorno territoriale.

## 6.1.2.2

## Fruibilità della copertura

La copertura è classificata secondo lo schema seguente:

- accessibile ai soli manutentori;
- accessibile all'utenza;
- carrabile.

La fruibilità della copertura deve essere definita in quanto importante ai fini della determinazione dei sistemi dei carichi agenti su tutti gli strati o elementi, con particolare attenzione a quello di tenuta.

## 6.1.2.3

## Pendenza superficiale della copertura

La pendenza superficiale  $P$  della copertura deve essere definita in quanto importante ai fini della determinazione dei sistemi di ancoraggio degli strati o elementi.

La copertura è classificata secondo lo schema seguente:

- $0 < p < 5\%$  (bassa);

- $5 \leq p < 15\%$  (media);
- $p \geq 15\%$  (alta).

#### 6.1.2.4

#### Manutenzione del sistema verde

La copertura è classificata secondo lo schema seguente:

- Classe 1: bassa manutenzione (estensivo);
- Classe 2: media manutenzione (intensivo leggero);
- Classe 3: alta manutenzione (intensivo).

Per ognuna di queste classi sono stati individuati per i principali parametri descrittivi, le specifiche (valori per m<sup>2</sup>/anno) indicate nel prospetto 3.

prospetto 3

#### Classificazione della copertura in funzione della manutenzione

Classi	Irrigazione	Manutenzione	M/C
	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Mdo h/m <sup>2</sup> /anno	%
1	solo di soccorso	<0,02	M/C < 1
2	prevista	0,021 ÷ 0,06	1 < M/C ≤ 5
3	prevista	>0,06	M/C > 5
M	costo totale annuo della manutenzione ordinaria		
C	costo costruzione copertura a verde, al netto delle spese logistiche e di messa in quota dei materiali		
Mdo	manodopera		

La manutenzione della copertura deve essere definita in fase di progettazione, in quanto determina i costi di gestione ed è strettamente connessa alla sostenibilità economica ed ambientale del sistema.

I tre livelli di manutenzione sono definiti nel modo seguente:

- bassa manutenzione: (sistema estensivo) gli interventi manutentivi si limitano ai controlli degli elementi del sistema.

In particolare, per lo strato di vegetazione, il controllo deve monitorare lo stato fisiologico e fitosanitario della vegetazione, la presenza di parassiti che possano limitarne le funzionalità, la presenza di infestanti, il cui insediamento può pregiudicare la funzionalità del sistema.

L'irrigazione può essere effettuata solo occasionalmente, con il fine di mantenere in vita la vegetazione, in condizioni non ordinarie di stress idrico.

A titolo informativo i parametri indicati nella voce "Manutenzione" del prospetto 3, corrispondono ad un programma di intervento di circa 3 giornate anno per una copertura di 1 000 m<sup>2</sup>.

- media e alta manutenzione: (sistemi intensivi) gli interventi manutentivi, oltre a comprendere i controlli degli elementi del sistema e dello strato di vegetazione, già previsti per il sistema estensivo, includono tutte le attività agronomiche necessarie alla corretta gestione delle aree verdi.

È da evitare l'uso di attrezzature non idonee alla situazione in copertura (attrezzi appuntiti, strumenti per la lavorazione del terreno, ecc.).

L'irrigazione è necessaria al mantenimento delle prestazioni attese dal sistema e deve essere oggetto di progettazione specifica.

Ogni copertura a verde di tipo intensivo comporta un tenore di manutenzione proporzionale all'apporto di acqua, manodopera ed energia in genere ed è influenzato da tutti gli elementi identificativi del contesto, del sito e della copertura stessa, nonché dalle scelte di tipo architettonico e paesaggistico.

A titolo informativo i parametri indicati nella voce "Manutenzione" del prospetto 3, corrispondono ad un programma di intervento da 4 a 12 giornate anno per una copertura di 1 000 m<sup>2</sup> di tipo intensivo leggero.

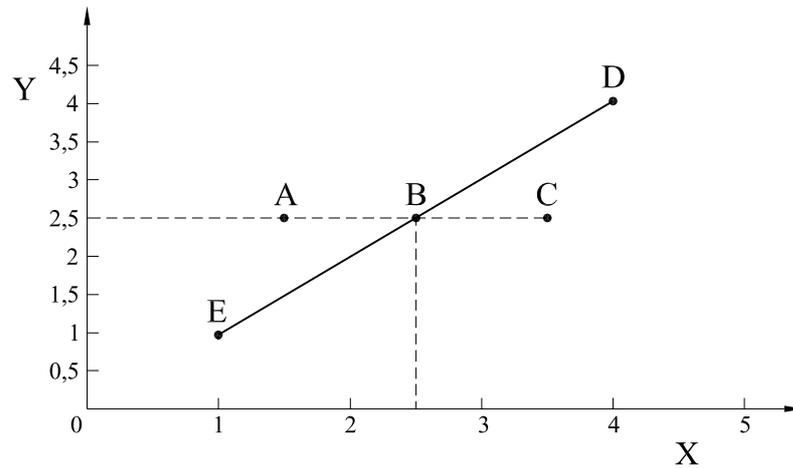
L'andamento qualitativo tra le variabili spessore/peso e costi di manutenzione è visibile nella figura 2.

figura 2

### Tipologie di inverdimento

Legenda

- A Prato selvatico
- B Prato calpestabile
- C Tappeto "inglese"
- D Parco ad elevata manutenzione
- E Vegetazione a Sedum
- Y Spessore/peso (costi di realizzazione)
- X Costi di manutenzione



#### 6.1.2.5

#### Controllo delle condizioni ambientali interne

La mitigazione ambientale per l'edificio è suddivisa secondo:

- il grado di isolamento acustico:
  - I livello: peso degli strati o elementi soprastanti l'elemento di tenuta minore di  $150 \text{ kg/m}^2$ ;
  - II livello: peso degli strati o elementi soprastanti l'elemento di tenuta compresa fra i  $150 \text{ kg/m}^2$  ed i  $300 \text{ kg/m}^2$ ;
  - III livello: peso degli strati o elementi soprastanti l'elemento di tenuta maggiore di  $300 \text{ kg/m}^2$ .

La scelta della classe deve essere coerente con le caratteristiche degli strati o elementi sottostanti l'elemento di tenuta.

- l'inerzia termica:
  - I° livello: peso degli strati o elementi soprastanti l'elemento di tenuta maggiore di  $150 \text{ kg/m}^2$ ;
  - II° livello: peso degli strati o elementi soprastanti l'elemento di tenuta compresa fra i  $150 \text{ kg/m}^2$  ed i  $300 \text{ kg/m}^2$ ;
  - III° livello: peso degli strati o elementi soprastanti l'elemento di tenuta maggiore di  $300 \text{ kg/m}^2$ .

La scelta della classe deve essere coerente con le caratteristiche degli strati o elementi sottostanti l'elemento di tenuta.

In termini qualitativi, si può indicare che una copertura a verde comporta una mitigazione ambientale:

- sul contenuto di polveri nell'aria in maniera direttamente proporzionale alla massa fogliare. L'effetto captante è determinato dal sottile strato di aria umida prodotto dalla vegetazione. I sistemi di irrigazione per aspersione aumentano gli effetti di abbattimento delle polveri proporzionalmente all'azione dilavante svolta con azione battente diretta sull'apparato fogliare. Influenzano gli effetti mitiganti la posizione dello strato di vegetazione rispetto alla fonte di polverosità e la presenza di venti; l'azione dilavante di sistemi di irrigazione che agiscono su vegetazione con apparato fogliare persistente aumenta la quantità degli agenti captabili; l'apparato fogliare deciduo limita l'azione sul contenuto di polveri nell'aria alla stagione vegetativa;
- sul microclima urbano si ha un assorbimento di energia per i processi vegetativi (evapotraspirazione) ed una diminuzione dell'irraggiamento riflesso, che contribuiscono a limitare l'aumento della temperatura;
- sul livello sonoro si ha una possibile riduzione delle superfici riflettenti l'onda sonora, in funzione della massa vegetale, della forma e della disposizione spaziale rispetto alla fonte di emissione sonora;
- sul deflusso delle acque si ha un assorbimento ed un trattenimento delle acque meteoriche ed un conseguente rallentamento dell'afflusso delle acque al sistema dei collettori urbani di raccolta. L'effetto è direttamente proporzionale allo spessore dello strato colturale ed alla sua capacità di ritenzione ed alla massa vegetale presente ed è tanto più sensibile quanto più lo strato colturale ha un elevato spessore e tanto più le precipitazioni non hanno un carattere intenso. Nel prospetto 4 sono indicati i coefficienti di deflusso a seconda dello spessore della stratificazione e dell'inclinazione della copertura, da applicare in assenza di specifiche certificazioni.

prospetto 4 **Coefficiente di deflusso**

Spessore della stratificazione (S) [cm]	Coefficiente di deflusso $\psi$	
	Inclinazione copertura minore di 15°	Inclinazione copertura maggiore di 15°
8 < S < 15	0,4	0,5
15 < S < 25	0,3	>0,5 <sup>*)</sup>
25 < S < 50	0,2	>0,5 <sup>*)</sup>
S > 50	0,1	>0,5 <sup>*)</sup>

\*) Da definirsi di volta in volta in funzione delle tipologie di materiali utilizzati per i vari elementi e strati.

## 7

### DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

La documentazione minima necessaria che deve essere contenuta nel progetto è, per i lavori pubblici, quella indicata nella legislazione vigente.

Oltre a quanto ivi indicato, deve essere identificata una classificazione della copertura, secondo quanto indicato nel punto 6.1.2 della presente norma.

## 8

### MATERIALI E COMPONENTI

Sono di seguito elencati, per ogni singolo elemento o strato, i materiali attualmente e prevalentemente utilizzati, indicando per ognuno di essi i requisiti ed il relativo metodo di prova. Sono fornite indicazioni rispetto alle caratteristiche maggiormente significative di una copertura a verde.

## 8.1 Elemento portante

I materiali utilizzati devono essere quelli previsti dalla legislazione vigente in materia di strutture.

## 8.2 Strato termoisolante

La resistenza a compressione, alla deformazione massima del 10%, deve essere maggiore o uguale a 150 kPa (UNI EN 826). I sovraccarichi utili di progetto non devono trasmettere allo strato termoisolante carichi superiori al 70% del valore della resistenza a compressione dichiarata per lo specifico prodotto.

## 8.3 Elemento di tenuta

Sono date nel prospetto 5 indicazioni in merito rispetto alle più importanti caratteristiche che devono essere valutate nella scelta del prodotto. Tali caratteristiche non devono essere intese come elemento di comparazione di differenti famiglie di prodotti, in quanto esse sono di natura chimica differente e vengono valutate con metodi di prova che possono essere differenti.

prospetto 5 **Caratteristiche degli elementi di tenuta**

Caratteristica	Osservazioni	Norma di riferimento
Determinazione della stabilità dimensionale	Una elevata stabilità dimensionale è fondamentale nella fase di applicazione del manto impermeabile. Fintantoché non viene applicata la copertura a verde il manto può essere soggetto ad alte temperature sotto insolazione diretta ed è soggetto ad escursioni termiche giorno notte. Durante questo periodo, per evitare danneggiamenti meccanici, il manto non deve muoversi dalla sua posizione originale di posa e non deve essere soggetto a tensionamenti in corrispondenza dei punti fissi quali bordo del tetto, bocchette di scarico, elementi fuoriuscenti, ecc. Un manto di elevata stabilità dimensionale riduce al minimo il rischio di danneggiamento dovuto ai movimenti sopra indicati.	UNI EN 1107-1 UNI EN 1107-2
Determinazione della resistenza al carico statico	La caratteristica di resistenza al carico statico è importante per verificare che il manto resista, con adeguato margine di sicurezza, ai carichi (permanenti ed accidentali) previsti superiormente, che nel caso di coperture a verde intensivo possono essere molto elevati.	UNI EN 12730
Determinazione della piegabilità a basse temperature	Una elevata piegabilità a basse temperature è un elemento caratterizzante della buona qualità del materiale sintetico.	UNI EN 495-5 EN 1109
Determinazione della tenuta all'acqua	La resistenza a questa caratteristica risulta essere fondamentale per un manto impermeabile.	UNI EN 1928
Determinazione della resistenza alla penetrazione delle radici	Il manto può essere soggetto all'azione delle radici, è pertanto necessario verificarne la resistenza, se il sistema impermeabile non è a sua volta protetto da uno specifico elemento di protezione dalle radici. Qualora il manto svolga anche funzione di protezione all'azione delle radici, questa caratteristica è fondamentale.	prEN 13948 UNI EN 8202-24
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. La prova viene effettuata per una durata di 12 settimane.	UNI EN 1296
Resistenza ai microrganismi	Questa caratteristica è importante in quanto il manto può venire a contatto con microrganismi presenti nel terreno.	UNI EN ISO 846

### 8.3.1 Elementi bituminosi

Le membrane devono soddisfare i requisiti della UNI EN 13707.

Deve essere presente una dichiarazione del produttore sull'idoneità all'uso della membrana per l'applicazione in coperture a verde.

### 8.3.2

#### Elementi a base di materiale sintetico

Le membrane a base di materiale sintetico devono soddisfare i requisiti della UNI EN 13956.

Deve essere presente una dichiarazione del produttore sull' idoneità all'uso della membrana per l'applicazione in coperture a verde.

### 8.4

#### Elemento di protezione all'azione delle radici

L'elemento di protezione all'azione delle radici deve superare la prova di resistenza all'azione perforante delle radici, secondo il prEN 13948 e la UNI 8202-24. I materiali correntemente utilizzati, sotto forma di membrana, sono i seguenti:

- bituminosi;
- poliolefine;
- polivinilcloruro<sup>7)</sup>.

Deve essere presente una dichiarazione del produttore sull' idoneità all'uso della membrana per l'applicazione in coperture a verde.

Nella quasi generalità dei casi l'elemento di protezione all'azione delle radici è integrato in quello di tenuta.

Nel prospetto 6 sono date indicazioni in merito, rispetto alle più importanti caratteristiche che devono essere valutate nella scelta del prodotto. Tali caratteristiche non devono essere intese come elemento di comparazione di differenti famiglie di prodotti, in quanto esse sono di natura chimica differente e sono valutate con metodi di prova che possono essere differenti.

prospetto 6

#### Caratteristiche degli elementi di protezione all'azione delle radici

Caratteristica	Osservazioni	Norma di riferimento
Determinazione della stabilità dimensionale	Una elevata stabilità dimensionale è fondamentale nella fase di applicazione del manto impermeabile. Fintantoché non viene applicata la copertura a verde il manto può essere soggetto ad alte temperature sotto insolazione diretta ed è soggetto ad escursioni termiche giorno notte. Durante questo periodo, per evitare danneggiamenti meccanici, il manto non deve muoversi dalla sua posizione originale di posa e non deve essere soggetto a tensionamenti in corrispondenza dei punti fissi quali bordo del tetto, bocchette di scarico, elementi fuoriuscenti, ecc. Un manto di elevata stabilità dimensionale riduce al minimo il rischio di danneggiamento dovuto ai movimenti sopra indicati.	UNI EN 1107-1 UNI EN 1107-2
Determinazione della resistenza al carico statico	La caratteristica di resistenza al carico statico è importante per verificare che il manto resista, con adeguato margine di sicurezza, ai carichi (permanenti ed accidentali) previsti superiormente, che nel caso di coperture a verde intensivo possono essere molto elevati.	UNI EN 12730
Determinazione della piegabilità a basse temperature	Una elevata piegabilità a basse temperature è un elemento caratterizzante della buona qualità del materiale sintetico.	UNI EN 495-5 EN 1109
Determinazione della resistenza alla penetrazione delle radici	Il manto può essere soggetto all'azione delle radici, è pertanto necessario verificarne la resistenza, se il sistema impermeabile non è a sua volta protetto da uno specifico elemento di protezione dalle radici. Qualora il manto svolga anche funzione di protezione all'azione delle radici, questa caratteristica è fondamentale.	prEN 13948 UNI 8202-24
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. La prova viene effettuata per una durata di 12 settimane.	UNI EN 1296
Resistenza ai microrganismi	La resistenza a questa caratteristica risulta essere fondamentale per un manto impermeabile.	UNI EN ISO 846

7) È possibile utilizzare, solo per coperture estensive esclusivamente con l'utilizzo del genere vegetale Sedum, come elemento di protezione all'azione delle radici, film sottili non termosaldati, con sovrapposizione su tutti i lati di almeno 2,5 m. Tali coperture devono essere soggette continuativamente a manutenzione, per evitare l'attecchimento di altri generi vegetali, che potrebbero oltrepassare tale barriera.

---

#### 8.4.1

#### **Elementi bituminosi**

Le membrane bituminose devono soddisfare i requisiti della UNI EN 13707. Deve essere presente una dichiarazione del produttore sull'idoneità all'uso della membrana per l'applicazione in coperture a verde.

#### 8.4.2

#### **Elementi a base di materiale sintetico**

Le membrane a base di materiale sintetico devono soddisfare i requisiti della UNI EN 13956.

Deve essere presente una dichiarazione del produttore sull'idoneità all'uso della membrana per l'applicazione in coperture a verde.

#### 8.5

#### **Elemento di protezione meccanica**

L'elemento di protezione meccanica ha la funzione di proteggere l'elemento di tenuta all'acqua dai danni che potrebbero derivare da carichi statici e dinamici applicati sia in corso di posa in opera della copertura a verde sia successivamente.

I materiali ed i prodotti normalmente utilizzati sono:

- georeti, geotessili, geocompositi;
- polistirene, con spessore minimo di 3 cm e resistenza a compressione >150 kPa, al 10% di deformazione massimo (UNI EN 826);
- calcestruzzo<sup>8)</sup>.

I materiali qui indicati non possono in alcun modo costituire l'elemento di protezione dall'azione della radici.

#### 8.6

#### **Elemento drenante**

##### 8.6.1

#### **Generalità**

I materiali ed i prodotti normalmente utilizzati sono:

- aggregati granulari:
- pozzolana, pomice, lapillo, argilla espansa, perlite espansa, ardesia espansa, laterizi macinati, ecc.;
- prefabbricati;
- materiali geosintetici: geosintetici omogenei, geosintetici compositi, geostuoie, georeti, ecc.

##### 8.6.2

#### **Elemento drenante in aggregati granulari**

Per elementi costituiti da aggregati granulari, le caratteristiche da valutare ai fini della corretta funzionalità sono le seguenti:

- permeabilità, determinabile secondo DIN 18035;
- resistenza al gelo, determinabile secondo UNI EN 1367-1;
- resistenza a compressione dello strato aggregato, secondo UNI EN 13055-1;
- valori di pH secondo UNI EN 13037:
  - inverdimenti estensivi      pH 6,5 - 8,0,
  - inverdimenti intensivi      pH 5,5 - 8,0;

---

8) Si consiglia l'utilizzo di massetti di calcestruzzo soltanto in particolari situazioni quali:

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

Peraltro esso comporta un elevato carico sulla copertura e non consente una facile riparazione dell'elemento di tenuta, in quanto quest'ultimo non verrebbe raggiunto se non attraverso una demolizione dello stesso massetto.

In caso di presenza di massetto di calcestruzzo è necessario posizionare al di sotto dello stesso uno strato di separazione.

- conducibilità elettrica, secondo UNI EN 13038:
  - inverdimenti estensivi < 50 mS/m,
  - inverdimenti intensivi < 40 mS/m.

### 8.6.3 Elemento drenante in elementi prefabbricati

Per elementi costituiti da pannelli, materassini, lastre e simili, le caratteristiche ai fini della corretta funzionalità sono le seguenti:

- capacità drenante sotto i carichi d'esercizio, determinabile secondo UNI EN ISO 12958. Le modalità di comportamento devono essere concordate tra le parti interessate;
- comportamento sotto carico nel tempo (creep di compressione), determinabile secondo UNI EN 1897<sup>9)</sup>. Le modalità di campionamento devono essere concordate tra le parti interessate.

### 8.6.4 Elemento drenante in materiale geosintetico

I geosintetici per drenaggio possono essere costituiti da elementi omogenei o da elementi compositi<sup>10)</sup>.

Le caratteristiche dei geosintetici che costituiscono l'elemento drenante sono indicate nel prospetto 7:

prospetto 7 **Caratteristiche degli elementi drenanti**

Caratteristica	Norme di riferimento	Unità di misura	Valori di riferimento
Resistenza a trazione longitudinale	UNI EN ISO 10319	kN/m	≥10
Deformazione a 10 KPa	UNI EN SO 10319	%	≤40
Capacità drenante longitudinale a 20 kPa (i = 1)	UNI EN ISO 12958	l / s / m × s	≥ 1 × 10 <sup>-1</sup>
Capacità drenante longitudinale a 20 kPa (i = 0,01)	UNI EN ISO 12958	l / s / m × s	≥ 1 × 10 <sup>-3</sup>
Resistenza agli agenti microbiologici	UNI EN 12225	-	-
Nota Vedere nota 3 del punto 5.5.1			

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

### 8.7 Elemento di accumulo idrico

I materiali normalmente utilizzati sono:

- aggregati granulari: pozzolana, pomice, lapillo, argilla espansa, perlite espansa, ardesia espansa, laterizi macinati, ecc.;
- elementi preformati.

Le principali caratteristiche delle stratificazione a base di aggregati granulari, ai fini della corretta funzionalità, sono le seguenti:

- densità apparente, secondo UNI EN 13041;
- porosità totale, secondo UNI EN 13041;
- determinazione del volume commerciale, secondo UNI EN 12580;

9) Lo strato drenante deve garantire adeguato supporto agli strati superiori ed agli elementi di arredo del verde pensile senza deformazioni tali da modificare la portata idraulica di progetto.

A seconda del tipo di struttura drenante un aumento di carico può determinare una riduzione di spessore del nucleo graduale o improvvisa. Pertanto si distingue tra dreni collassabili (il momento del collasso dipende dal carico e dal tempo in cui vi è sottoposto) e dreni comprimibili.

Dato che dopo il collasso il dreno assume una forma indefinita, la sua capacità drenante è valida solo a pressioni inferiori al carico critico.

10) Per la terminologia sui geosintetici vedere la UNI EN ISO 10318 "Geosintetici - Termini e definizioni".

- pH, secondo UNI EN 13037;
- controllo della fitotossicità;
- spessore alla pressione di 12 H/cm<sup>2</sup> secondo UNI EN ISO 9863-2. Le modalità di campionamento devono essere concordate tra le parti interessate;
- controllo della capacità di ritenzione idrica, secondo UNI EN 13041;
- controllo della curva di ritenzione idrica, secondo UNI EN 13041;

La principale caratteristica delle stratificazioni a base di elementi preformati, ai fini della loro corretta funzionalità, è il volume di acqua accumulata.

## 8.8 Elemento filtrante

### 8.8.1 Generalità

L'elemento filtrante può essere realizzato con i seguenti materiali e prodotti:

- aggregati granulari: pozzolana, pomice, lapillo, argilla espansa, perlite espansa, ardesia espansa, laterizi macinati, ecc.;
- geosintetici [geotessili nontessuti o tessuti e prodotti affini (per esempio biotessili ecc.): geotessili contessuti e prodotti affini (per esempio biotessili), ecc.

L'elemento filtrante deve permettere la penetrazione da parte degli apparati radicali.

Le principali caratteristiche sono indicate nel seguito, specificamente per ogni tipologia.

### 8.8.2 Elemento filtrante in aggregato naturale

L'elemento filtrante in aggregato naturale granulare può essere realizzato rispettando le seguenti indicazioni:

- curva granulometrica:  
AB 0/8 – AB 0/16 mm  
fuso secondo DIN 1045-1  
verifica con i seguenti setacci:  
a rete: 0,063 mm; 0,125 mm; 0,25 mm; 0,5 mm; 1,0 mm;  
in lamiera punzonata a fori quadrati: 2,0 mm; 4,0 mm; 8,0 mm; 16,0 mm; 32,0 mm;
- regola dei filtri:
  - $ST_{DS\ 15}/ST_{V\ 85} \leq 5$
  - $ST_{DS\ 15}/ST_{V\ 15} \geq 5$
  - $ST_{DS\ 50}/ST_{V\ 50} \leq 25$
  - $ST_{D\ 15}/ST_{DS\ 85} \leq 5$
  - $ST_{D\ 15}/ST_{DS\ 15} \geq 5$
  - $ST_{D\ 50}/ST_{DS\ 50} \leq 25$
 dove:  
 $ST_{DS}$  strato dinamico D-15 della frazione granulometria al 15% in massa;  
 $ST_V$  strato vegetale D-85 della frazione granulometria al 85% in massa;  
 $ST_D$  strato drenate D-50 della frazione granulometria al 50% in massa.

### 8.8.3 Elemento filtrante in geosintetici

L'elemento filtrante in geosintetici ai fini della sua corretta funzionalità 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  $O_{90}$  0,10 mm - 0,20 mm, determinabile secondo UNI EN ISO 12956<sup>11)</sup>;
- resistenza all'ossidazione  $<80\%$ , determinabile secondo UNI EN ISO 13438;
- resistenza agli agenti microbiologici  $>80\%$ , determinabile secondo UNI EN 12225.

## 8.9

### Strato colturale

Le caratteristiche principali da considerare ai fini della corretta funzionalità dello strato colturale sono le seguenti:

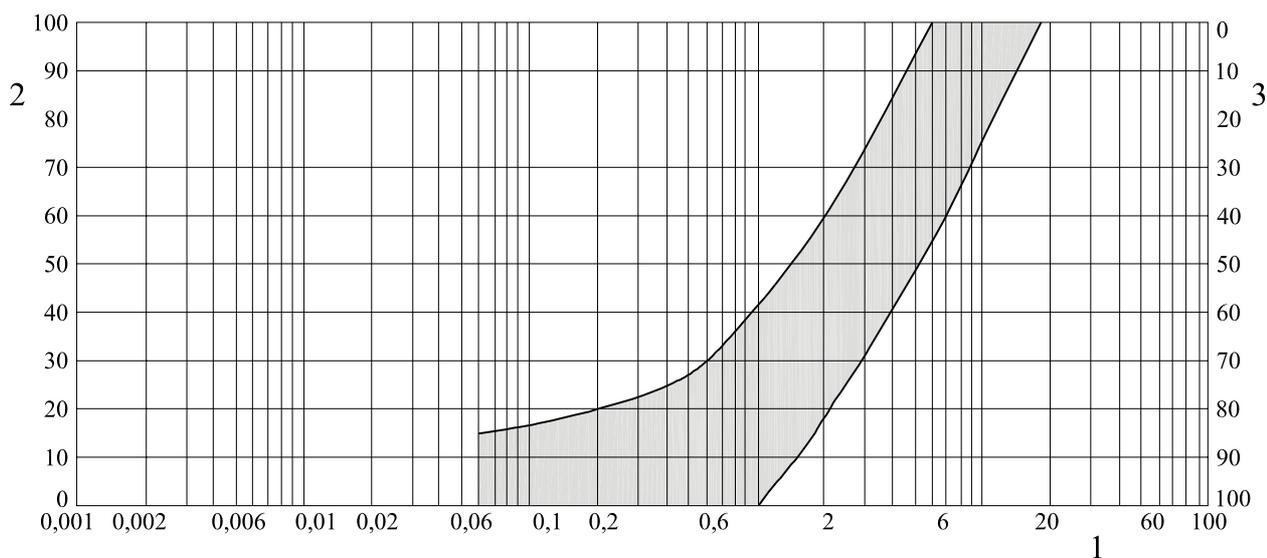
- densità apparente  $> 350$  g/l  $< 1\ 000$  g/l, secondo UNI EN 13041;
- distribuzione granulometrica, determinabile in base ai fusi nelle figure 3 e 4.

figura 3

#### Fuso granulometrico per coperture estensive

Legenda

- 1 In ascisse il diametro delle particelle in millimetri
- 2 In ordinate, a sinistra il passante in percentuale
- 3 In ordinate, a destra il trattenuto in percentuale



11) La capacità del filtro di trattenere le particelle di terreno e di fare passare l'acqua si basa sulla relazione fra la dimensione dell'apertura dei pori del geotessile e la dimensione delle particelle di terreno. Per essere in condizioni di sicurezza in **genere** deve essere verificato che:

$$O \leq 10 d_{50}$$

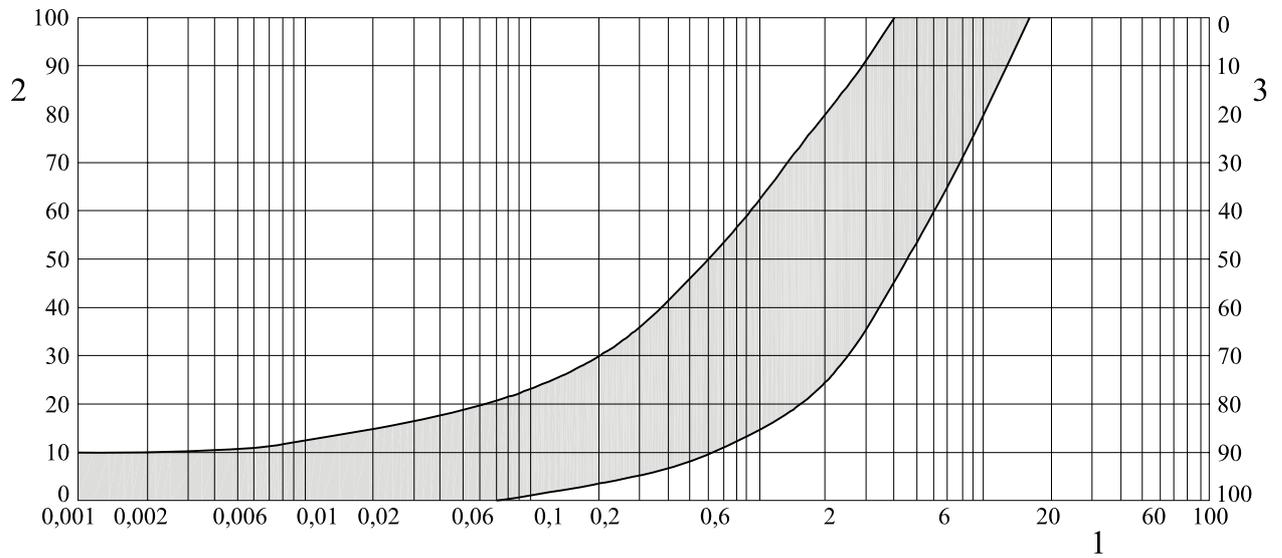
con:

$O$  [mm] = diametro di filtrazione del geotessile;

$d_{50}$  [mm] = diametro della particelle di terreno corrispondenti al 50% in peso del campione di terreno.

## Legenda

- 1 In ascisse il diametro delle particelle in millimetri
- 2 In ordinate, a sinistra il passante in percentuale
- 3 In ordinate, a destra il trattenuto in percentuale



- grado di riduzione del volume alla compressione, secondo DIN 18035;
- volume commerciale, secondo UNI EN 12580;
- permeabilità, secondo UNI EN 1097-6:
  - per coperture intensive >0,3 mm/min,
  - per coperture estensive >0,6 mm/min;
- capacità di ritenzione idrica, secondo UNI EN 13041;
- porosità totale  $\geq 75\%$ , secondo UNI EN 13041;
- volume d'aria a 10 cm di colonna d'acqua  $\geq 18\%$ , secondo UNI EN 13041;
- volume d'acqua a 10 cm di colonna d'acqua, secondo UNI EN 13041:
  - per coperture intensive  $\geq 40\%$ ,
  - per coperture estensive  $\geq 30\%$ ;
- conducibilità elettrica <50 mS/m, secondo UNI EN 13038;
- contenuto di macroelementi, secondo UNI EN 13652 e secondo il prospetto 8<sup>12)</sup>.

12) Il contenuto di macroelementi in un substrato a valori prossimi a quelli indicati può innalzare il contenuto di sali solubili oltre il limite soglia indicato per la salinità; tale valore (50 mS/m) rimane tuttavia a tutti gli effetti vincolante per il substrato utilizzato.

	Valori limite
Azoto minerale (nitrico N-NO <sub>3</sub> + ammoniacale N-NH <sub>4</sub> )	<50 mg / l
Fosforo solubile (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	<30 mg / l
Potassio solubile (K <sub>2</sub> O)	<20 mg / l
Magnesio solubile (Mg)	<10 mg / l
Calcio solubile (Ca)	<20 mg / l
Sodio solubile (Na)	<15 mg / l

- valori di pH:
  - piante acidofile:  $4 \leq \text{pH} < 5,5$  determinabile secondo UNI EN 13037;
  - piante non acidofile, negli intensivi,  $5,5 \leq \text{pH} < 8,0$  determinabile secondo UNI EN 13037;
  - piante non acidofile, negli estensivi, da  $6,5 \leq \text{pH} < 8,0$  determinabile secondo UNI EN 13037;
- fitotossicità, (vedere [2] in Bibliografia);
- sostanza organica, in massa determinabile secondo UNI EN 13039:
  - coperture estensive:
    - substrati con densità  $\leq 0,8 \text{ g/cm}^3$ :  $\leq 8\%$ ;
    - substrati con densità  $> 0,8 \text{ g/cm}^3$ :  $\leq 6\%$ .
  - coperture intensive:
    - substrati con densità  $\leq 0,8 \text{ g/cm}^3$ :  $\leq 12\%$ ;
    - substrati con densità  $> 0,8 \text{ g/cm}^3$ :  $\leq 6\%$ .
- capacità di scambio cationico strati per coperture intensive  $> 12 \text{ meq/100 g}$ , (vedere nota [1] in Bibliografia);
- capacità di scambio cationico strati per coperture estensive  $> 8 \text{ meq/100 g}$ , (vedere nota [1] in Bibliografia).

I terreni naturali difficilmente possono soddisfare i requisiti necessari per il corretto funzionamento di una copertura a verde. In genere essi sono ammendati e corretti chimicamente.

Normalmente oggi sono utilizzate miscele di vari materiali, costituiti da uno o più componenti minerali ed organici, detti "substrati", che assolvono specificatamente alle funzioni predefinite.

## 8.10

### Strato di vegetazione

Per le coperture estensive le specie vegetali correntemente utilizzate sono erbacee, erbacee perenni ed arbusti coprisuolo. Tra queste, offrono elevata rispondenza alle aspettative progettuali molte specie erbacee, particolarmente frugali e resistenti, con caratteristiche di grande resistenza agli stress termici ed idrici fra le quali numerose specie ascrivibili al genere *Sedum* ed ad altri generi e famiglie analoghe.

Per le coperture intensive le specie vegetali correntemente utilizzate sono erbacee, erbacee perenni, arbusti, suffrutici, cespugli, alberi, similmente alle realizzazioni a verde di tipo tradizionale.

Non vi sono particolari limiti all'utilizzo di specie vegetali, le cui caratteristiche devono comunque essere congruenti con il contesto climatico del luogo e la specifica soluzione tecnica.

---

## 9 ISTRUZIONI PER L'ESECUZIONE E L'INSTALLAZIONE

### 9.1 Premessa

Al fine di un corretto funzionamento nel tempo della copertura è necessario che tutto il processo di esecuzione sia accuratamente controllato.

### 9.2 Elemento di tenuta

#### 9.2.1 Generalità

L'elemento di tenuta deve essere posato secondo le normali procedure indicate per le coperture continue.

In aggiunta a quanto indicato nei punti seguenti, si deve fare riferimento alle specifiche indicazioni dei produttori.

#### 9.2.2 Preparazione supporto e posa

Per una corretta applicazione il piano di posa deve presentarsi senza asperità ed avvallamenti maggiori di 1 cm sotto una staggia di 2 m e senza alcun residuo di polvere, sporcizia o impurità che possa compromettere la qualità della posa in opera.

Per i piani di posa in laterocemento o cementizi è necessario attendere la maturazione per un periodo che a seconda delle condizioni termoigrometriche esterne può variare dagli 8 giorni alle 3 settimane.

##### 9.2.2.1 Elemento di tenuta di bituminosi

Nei sistemi in doppio strato, il secondo strato di membrana deve essere posato a cavaliere delle giunzioni del primo.

Le giunzioni laterali devono avere una sovrapposizione di almeno 10 cm e saldate con molta cura facendo fuoriuscire lungo la linea di giunzione un cordolo di mescola di almeno 1 cm.

Le giunzioni di testa devono avere una sovrapposizione di almeno 15 cm, saldate con molta cura facendo fuoriuscire lungo la linea di giunzione un cordolo di mescola di almeno 1 cm. Si deve evitare di usare la cazzuola per sigillare le giunzioni in quanto questa operazione rischia di mettere a nudo l'armatura, indebolendo la membrana impermeabilizzante. In corrispondenza delle giunzioni di testa deve essere prevista l'asportazione, con un taglio a 45°, di un lembo di membrana delle dimensioni di 12 cm circa. I risvolti verticali devono essere impermeabilizzati con lo stesso sistema impermeabilizzante.

---

### 9.2.2.1.1

#### Particolari tecnici

##### **Angoli e simili**

La delicatezza di questo particolare architettonico richiede una particolare attenzione nella realizzazione dell'impermeabilizzazione. Si deve prevedere, oltre al raccordo angolare, una membrana di rinforzo che, come il telo impermeabile, deve risalire la base del lucernario fino sotto il controtelaio del serramento.

### 9.2.2.2

#### Elemento di tenuta di materiale sintetico

Il manto impermeabile è applicato in monostrato, di norma posato a secco con sovrapposizione dei teli di almeno 6-8 cm. I teli devono essere posati bene aderenti al piano di posa avendo cura di evitare la formazione di pieghe e grinze. Le giunzioni con sovrapposizione devono essere saldate per termofusione mediante attrezzature ad aria calda o cuneo radiante. Le saldature possono essere realizzate con attrezzature manuali o con saldatrici automatiche. Per la realizzazione delle saldature le parti devono essere sovrapposte e presentarsi pulite, asciutte, esenti da polveri e grassi.

Le indicazioni di base per la corretta realizzazione delle saldature sono in funzione dei differenti materiali ed attrezzature.

In funzione delle differenti tipologie di materiali può essere necessario effettuare delle specifiche opere di preparazione/pulizia dei sormonti.

Con un'appropriata disposizione delle membrane è possibile ridurre al minimo gli incroci e in prossimità degli stessi deve essere prestata la massima cura nella realizzazione della saldatura.

Per ottenere una saldatura continua ed impermeabile le membrane devono essere smussate sulle giunzioni in corrispondenza degli incroci e la smussatura è eseguita con apposito coltello per smussi o con fresetta elettrica.

È fondamentale che l'impresa di applicazione controlli accuratamente tutte le saldature.

È possibile effettuare le operazioni seguenti:

- saldatura di prova: per la corretta regolazione delle attrezzature è buona norma, prima di procedere alla realizzazione delle saldature, effettuare una saldatura campione da sottoporre ad una prova di resistenza al distacco, sino alla rottura del campione che deve avvenire al di fuori della saldatura. La prova è eseguita in cantiere;
- controllo visivo: a saldatura ultimata l'operatore verifica la perfetta esecuzione delle saldature, con particolare cura devono essere controllati i giunti incrociati, le saldature in corrispondenza dei dettagli e dei particolari (angoli, bocchettoni, bordo del tetto, ecc.);
- controllo meccanico: dopo il completo raffreddamento tutte le saldature devono essere sottoposte ad un controllo meccanico per tutto il loro sviluppo. A tale scopo si utilizza un cacciavite con spigoli arrotondati od uno specifico attrezzo ad uncino esercitando una leggera pressione sulla saldatura. Il controllo meccanico permette di riscontrare eventuali discontinuità nella saldatura;
- saldature a doppia pista: con specifiche attrezzature è possibile realizzare delle saldature a doppia pista che possono essere collaudate con aria in pressione, al riguardo informazioni specifiche sono fornite dai produttori.

### 9.2.3

#### **Condizioni ambientali di posa**

Condizioni ambientali sfavorevoli (pioggia, neve, rugiada, brina, basse temperature, alte temperature), possono rendere difficile e/o scadente l'applicazione.

### 9.3

#### **Elemento di protezione all'azione delle radici**

Al fine dell'esecuzione valgono, per gli specifici materiali, le indicazioni fornite nel punto 9.2. È fondamentale che le giunzioni fra i teli siano realizzate in maniera molto accurata mediante saldature per garantire la resistenza alla penetrazione ed al passaggio delle radici, eccetto quanto indicato nel punto 8.4, nota 7.

---

## **9.4 Strato colturale e strato di vegetazione**

### **9.4.1 Generalità**

In genere, sono da escludersi le operazioni di lavorazione e preparazione dei terreni, necessarie per giardini tradizionali, in quanto lo strato colturale di coperture a verde deve essere preventivamente preparato e controllato; inoltre, le lavorazioni pregiudicherebbero il mantenimento della stratigrafia prevista e porrebbero problemi di sicurezza e tenuta del sistema.

Sono da preferire i sistemi di impianto che non introducono elementi estranei allo strato colturale progettato. Per le piante in vaso, il substrato di coltura deve essere simile a quello progettato per lo strato colturale della copertura a verde.

L'inverdimento deve avvenire in strati colturali esenti da infestanti. Nell'impiego di strati colturali preparati con terreno naturale, opportunamente ammendato, o qualora si manifestino inquinamenti da infestanti, prima di effettuare l'inverdimento sono da eseguire i necessari diserbi, con l'esclusivo impiego di prodotti non residuali.

Nella messa a dimora della vegetazione sono impiegabili le normali tecniche utilizzate per gli inverdimenti tradizionali.

### **9.4.2 Coperture estensive**

Ogni elemento coadiuvante o complementare alle tecniche di inverdimento impiegate non deve variare significativamente i parametri prestazionali dello strato colturale.

Nel caso in cui i substrati colturali delle piante in contenitore o degli elementi vegetali a rotoli o precoltivati, siano diversi da quelli impiegati per la costituzione dello strato colturale, si deve tenere conto che vi possono essere problemi di attecchimento. In particolare, i substrati colturali eventualmente introdotti con le operazioni di inverdimento possono contenere, al massimo, valori in argilla e sostanza organica maggiori del 10%, rispetto ai contenuti dello strato colturale.

Sono da considerarsi anche, quale apporto di sostanza organica, gli additivi e coadiuvanti a matrice organica, impiegati nelle tecniche di idrosemina.

### **9.4.3 Coperture intensive**

La messa a dimora di specie vegetali deve essere eseguita in piena sicurezza per l'integrità e la tenuta del sistema, evitando sovraccarichi, urti e l'impiego di attrezzi a punta o a taglio non adeguati.

Sono da preferire i sistemi di impianto che non introducono elementi estranei allo strato colturale progettato.

Ogni elemento coadiuvante o complementare alle tecniche di inverdimento impiegate non deve variare significativamente i parametri prestazionali dello strato colturale.

Nel caso in cui i substrati colturali delle piante in contenitore o degli elementi vegetali a rotoli o precoltivati siano diversi da quelli impiegati per la costituzione dello strato colturale, si deve tenere conto che vi possono essere problemi di attecchimento.

In particolare, il contenuto di argilla e di sostanza organica dell'elemento apportato non possono essere maggiori rispettivamente del 20% e del 35%, rispetto a quelli presenti nello strato colturale.

Sono da considerarsi anche, quale apporto di sostanza organica, gli additivi e coadiuvanti a matrice organica, impiegati nelle tecniche di idrosemina.

Nella posa di piante, il volume occupato dalla zolla deve essere collocato all'interno dello strato colturale.

Le zolle non devono mai essere posate direttamente sugli elementi di protezione degli elementi di tenuta o di protezione all'azione delle radici.

Analoga attenzione deve essere posta per gli elementi accessori di ancoraggio, la cui presenza, che deve essere prevista in fase di progetto, non deve interferire sul funzionamento del sistema nel suo complesso.

---

## 10 COLLAUDI

### 10.1 Generalità

I collaudi previsti devono assicurare che gli interventi edili ed agronomici rispondano alle prescrizioni di progetto e sono almeno i seguenti:

- controllo dello strato di supporto dell'elemento di tenuta;
- controllo iniziale dell'elemento di tenuta;
- controllo finale della tenuta all'acqua del sistema, effettuato al termine dei lavori relativi alla copertura a verde, prima della posa dello strato di vegetazione;
- controllo delle stratigrafie e degli impianti accessori (idrico, elettrico);
- controllo delle opere a verde, effettuato entro un anno dal termine dei lavori.

Nel caso la copertura rimanga a vista per tempi anomali o vi sia intenso passaggio di persone o cose, è sempre consigliabile effettuare un controllo di tenuta all'acqua anche prima di effettuare la posa di strati o elementi sopra l'elemento di tenuta.

### 10.2 Controllo dello strato di supporto dell'elemento di tenuta

Il controllo ha la finalità di verificare l'adeguatezza alla posa dell'elemento di tenuta: deve essere effettuato in contraddittorio fra il direttore dei lavori, l'impresa esecutrice dello strato di supporto e l'impresa esecutrice dell'impermeabilizzazione.

### 10.3 Controllo iniziale dell'elemento di tenuta

Il controllo per vaso deve essere effettuato prima della posa di ogni altro strato o elemento.

Esso è realizzato mediante una prova di vaso con un carico di acqua minimo di almeno 3 cm, sul punto più sfavorevole dell'elemento di tenuta; può essere attuato anche mediante compartimentazione.

La durata dell'vaso deve essere di almeno 48 h.

La verifica della tenuta all'acqua deve essere effettuata entro le 24 h successive.

La struttura deve essere dimensionata per potere sopportare il carico di acqua necessario per il controllo.

### 10.4 Controllo della tenuta del sistema finale

Il controllo per vaso deve essere effettuato dopo la posa delle specie vegetali.

Esso è realizzato mediante una prova di vaso con un carico di acqua minimo di almeno 3 cm, sul punto più sfavorevole dell'elemento di tenuta; può essere attuato anche mediante compartimentazione.

La durata dell'vaso deve essere di almeno 48 h.

La verifica della tenuta all'acqua deve essere effettuata entro le 24 h successive.

La struttura deve essere dimensionata per potere sopportare il carico di acqua necessario per il controllo.

Qualora non fosse possibile effettuare l'vaso, si deve procedere mediante prova di scorrimento di acqua con gli stessi tempi indicati in precedenza.

### 10.5 Controllo delle stratigrafie e degli impianti accessori

Il controllo deve essere effettuato al termine della posa delle stratigrafie e degli impianti accessori per verificare la rispondenza qualitativa, prestazionale e dimensionale (spessori delle stratigrafie) di quanto previsto in progetto.

### 10.6 Controllo opere a verde

Il controllo delle opere a verde deve essere effettuato a 12 mesi dal termine della posa delle specie vegetali.

---

Le verifiche saranno effettuate su aree quadrate di 1 m × 1 m, poste in zone definite a insindacabile giudizio del collaudatore o, in sua mancanza, del direttore dei lavori.

Il numero dei campioni è il seguente, in base alle superfici delle coperture:

- <100 m<sup>2</sup>: 8
- da 101 m<sup>2</sup> a 1 000 m<sup>2</sup>: 16
- da 1 001 m<sup>2</sup> a 5 000 m<sup>2</sup>: 32
- ≥5 001 m<sup>2</sup>: 64

Il controllo è effettuato misurando la proiezione orizzontale della parte epigea delle specie vegetali e ha esito positivo se, per tutti i campioni esaminati, per tipologia di specie vegetale, si hanno i seguenti valori:

*Erbacee perenni e Sedum*

- Copertura: minimo 80% della superficie totale;
- Attecchimento: devono essere presenti e vegetate almeno il 75% del numero delle varietà previste in progetto;
- Infestanti: massimo 7% della superficie totale.

*Stuoie precoltivate di erbacee perenni*

- Copertura: minimo 90% della superficie;
- Attecchimento: la vegetazione deve presentarsi vigorosa senza fallanze o macchie di colore che evidenzino cattivo attecchimento, stress o malattie.

*Tappeti erbosi seminati e in rotoli*

- Copertura: minimo 95% della superficie;
- Attecchimento: la vegetazione deve presentarsi vigorosa senza fallanze o macchie di colore che evidenzino cattivo attecchimento, stress o malattie.

*Tappezzanti in zolla o vaso*

- Copertura: minimo 90% della superficie;
- Attecchimento: devono essere ben radicate nel substrato colturale e presentare sviluppo e vitalità adeguata allo stato vegetativo;
- Infestanti: massimo 7% della superficie.

---

## 11

## MANUTENZIONE

### 11.1

#### Generalità

Le tipologie di manutenzione possono essere le seguenti:

- manutenzione delle opere a verde;
- manutenzione del sistema di drenaggio;
- manutenzione del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e dell'elemento di tenuta.

### 11.2

#### Manutenzione delle opere a verde

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.

---

## 11.2.1

### **Manutenzione di avviamento al controllo**

Le lavorazioni che costituiscono la manutenzione di avviamento al controllo comprendono tutte le opere e forniture necessarie per il raggiungimento dello stato di controllo, incluse le forniture e tutti le misure idonee a proteggere lo strato colturale e la vegetazione dall'eventuale erosione idrica ed eolica.

Nel dettaglio, la manutenzione d'avviamento al controllo deve comprendere:

- a) tutte le lavorazioni agronomiche strettamente necessarie nella fase di avviamento, richieste in misura e modo diverso in funzione della tipologia di inverdimento prevista, delle condizioni stazionali, dell'andamento climatico, quali:
  - controllo dello spessore dello strato colturale con successiva eventuale integrazione,
  - controllo del costipamento a seguito di gelate con successiva eventuale operazione di arieggiamento ed integrazione,
  - rincalzatura di piante erbacee, arbustive ed arboree,
  - risemina fallanze (coperture vegetali con semina),
  - reimpianto fallanze (coperture vegetali con messa a dimora di piante e arbusti),
  - controllo dell'efficienza degli ancoraggi con eventuale ripristino,
  - controllo dell'efficienza dell'impianti di irrigazione,
  - controllo dell'impianti di irrigazioni (pozzetti, filtri, elementi di distribuzione) ed eventuale pulizia;
- b) tutte le lavorazioni agronomiche ordinarie, per il solo periodo tra la realizzazione ed il controllo e richieste in misura e modo diverso in funzione della tipologia di inverdimento prevista, delle condizioni stazionali, dell'andamento climatico, quali:
  - irrigazioni,
  - concimazioni,
  - eliminazione infestanti,
  - rasature di tappeti erbosi,
  - sfalci di associazioni prative,
  - potature,
  - trattamenti fitosanitari.

## 11.2.2

### **Manutenzione di avviamento a regime**

Le lavorazioni che costituiscono la manutenzione di avviamento a regime comprendono tutte le opere e forniture necessarie per il raggiungimento dello stato di manutenzione ordinaria previsto in progetto. Le attività che vengono svolte sono solitamente le stesse previste per quella di avviamento al controllo, ma con una frequenza ed un'intensità differente.

## 11.2.3

### **Manutenzione ordinaria**

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 stazionali, 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.

#### 11.2.4

##### **Manutenzione straordinaria**

La manutenzione straordinaria viene effettuata in occasione di particolari situazioni che dovessero manifestarsi durante la vita del sistema quali, ad esempio, eventi meteorologici avversi di carattere straordinario, insorgenze straordinarie di fitopatologie o altro.

#### 11.3

##### **Manutenzione del sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche e dell'elemento di tenuta**

È necessario, annualmente e prima dell'inverno, effettuare un'ispezione dei terminali del sistema (bocchettoni di scarico) con l'eventuale pulizia degli stessi, al fine di evitare occlusioni.

Contestualmente è necessario effettuare una pulizia delle parti raggiungibili dell'elemento di tenuta.

---

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] D.M. 13 settembre 1999 – Ministero delle politiche agricole e forestali "Approvazione metodo ufficiale analisi chimiche dei suoli"
- [2] Deliberazione Giunta Regionale 16 aprile 2003, N° 7/12764 "Linee guida relative alla costruzione e all'esercizio degli impianti di produzione di compost - Revoca della d.g.r. 16 luglio 1999, N° 44263 - Allegato B - Test di Fitotossicità"

