



# TETTI VERDI

MILANO | Acquario Civico, Sala Auditorium  
GIOVEDÌ 25 GENNAIO 2018 | h. 09:00-13:00



PATROCINIO  
Comune di  
Milano



UNIONE EUROPEA  
Fondo europeo di sviluppo regionale



Regione  
Lombardia



REALIZZATO CON IL SOSTEGNO DI

POR FESR 2014-2020 / INNOVAZIONE E COMPETITIVITÀ

**Seminario 'TETTI VERDI'**  
**Milano, 25 gennaio 2018**



***ASPETTI TECNOLOGICI  
NELLA PROGETTAZIONE  
DELLE COPERTURE A VERDE***

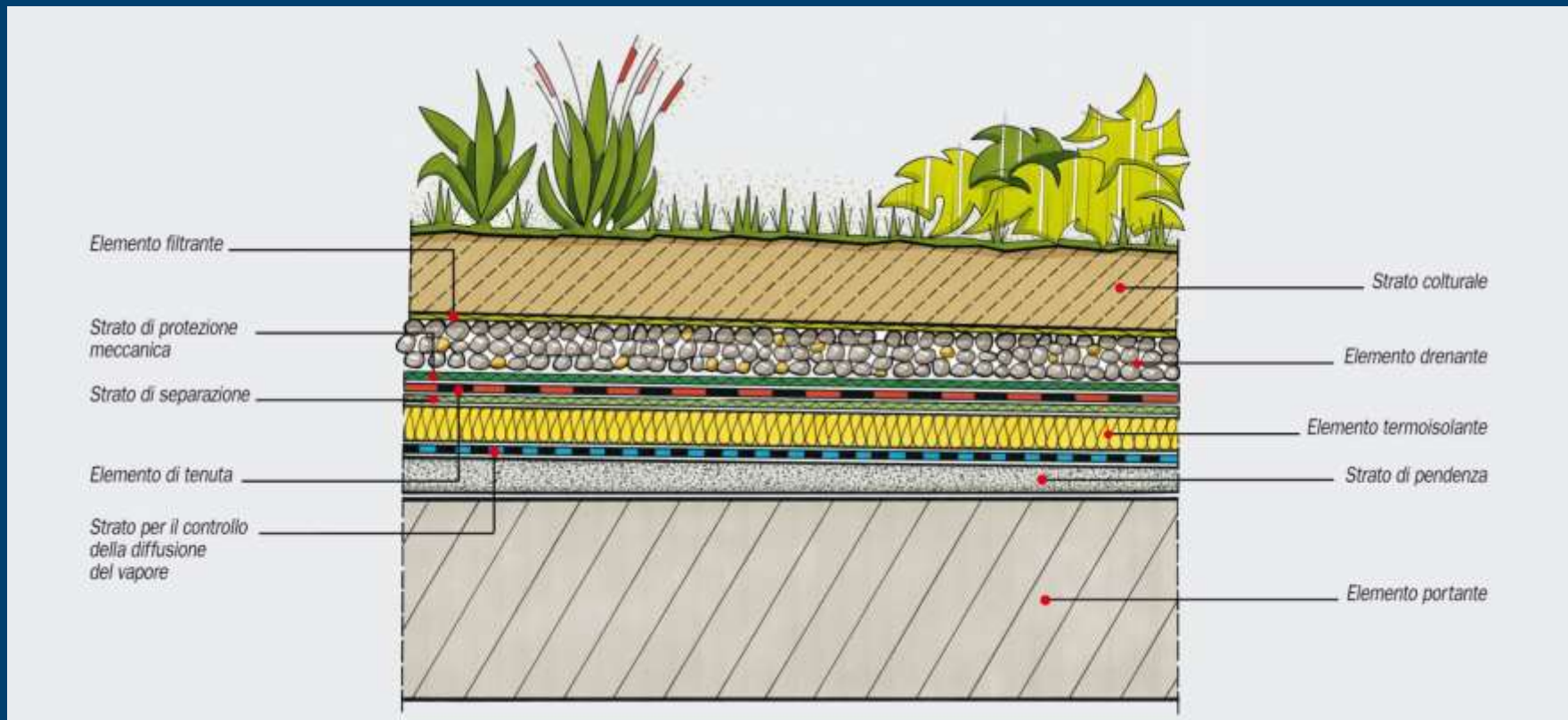
**Matteo Fiori**  
**[matteo.fiori@polimi.it](mailto:matteo.fiori@polimi.it)**

## Introduzione

- 1 Scopo e campo di applicazione
- 2 Termini e definizioni
- 3 Agenti e requisiti
- 4 Istruzioni per la progettazione
- 5 Schemi funzionali e classificazione del sistema
- 6 Documentazione di progetto
- 7 Materiali e componenti
- 8 Istruzione per l'esecuzione e l'installazione
- 9 Controlli
- 10 Manutenzione

Una copertura a verde è una copertura caratterizzata dalla presenza di un insediamento di specie vegetali che devono essere in grado di adattarsi e svilupparsi nelle condizioni ambientali in cui sono poste.

## Coperture con elemento termoisolante posto sotto l'elemento di tenuta



Dal punto di vista tipologico esse si dividono in due categorie:

- *coperture a verde intensivo:*  
sono caratterizzate da un continuo apporto energetico, pesi di un certo rilievo e costi più o meno elevati, sia di installazione sia di gestione;
- *coperture a verde estensivo:*  
hanno un ridotto spessore dello strato colturale, costituito in prevalenza da componenti minerali.



*Richiedono una manutenzione con frequenza elevata, regolari apporti nutritivi ed assidua alimentazione idrica.*

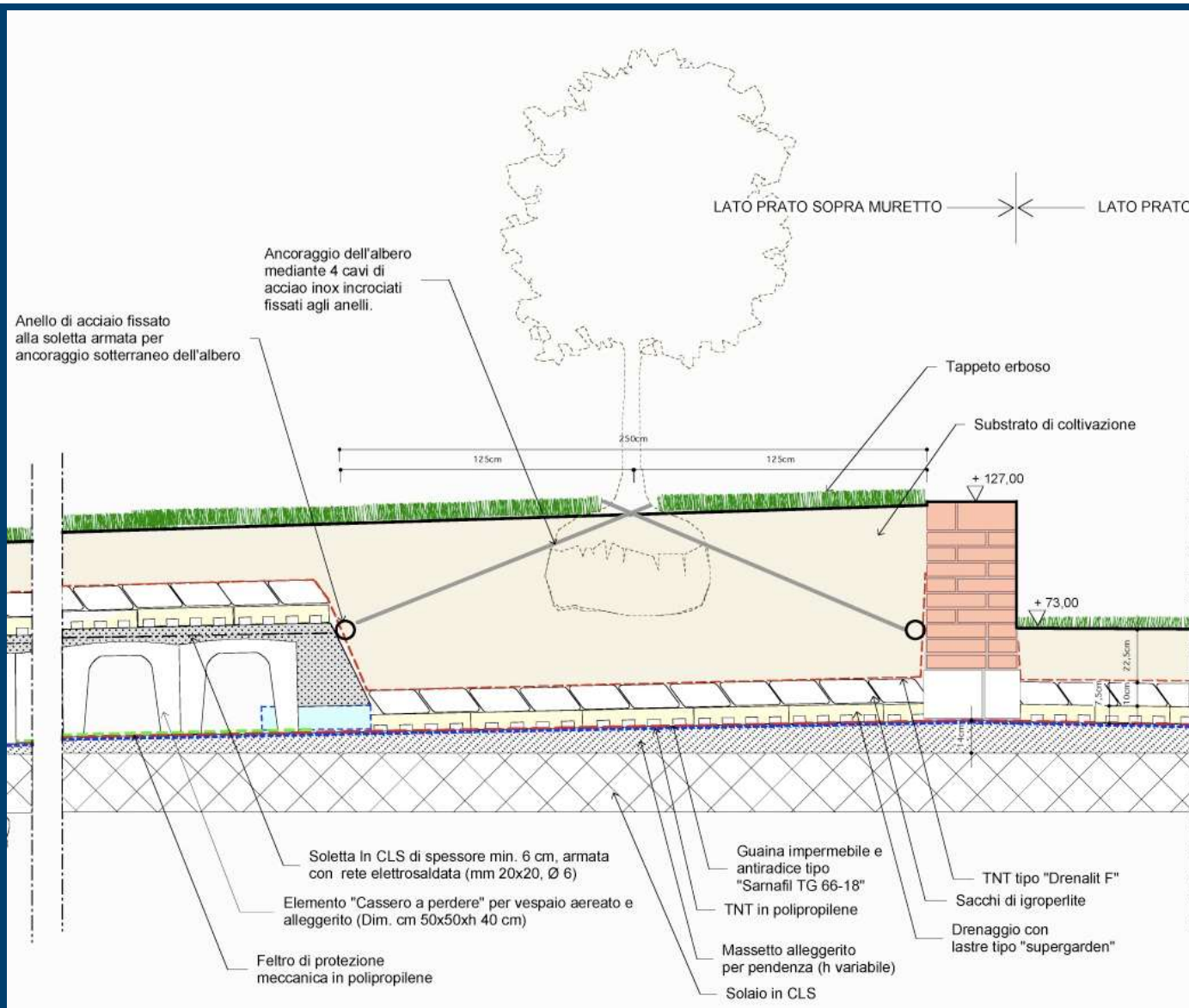
*Le specie vegetative impiegate sono sia erbacee perenni, prative, suffrutici, cespugli, fino a comprendere anche alberi*

*Lo spessore dello strato colturale può variare da un minimo di 20 cm a un massimo che in genere non supera i 50 cm.*



Aula liturgica Padre Pio – San Giovanni Rotondo – progetto verde: Arch. Enzo Paoli





Parcheggio interrato – Lucca – progetto verde: arch. Gianfranco Franchi

Le coperture a verde del tipo estensivo hanno un ridotto spessore del strato colturale, costituito in prevalenza da componenti minerali, e varietà vegetative costituite da sedum, piante perenni, erbacee, accomunate da elevata capacità di rigenerazione e autopropagazione e resistenza allo stress idrico e termico.

Lo spessore delle stratificazioni è ridotto e varia tra gli 8 e i 20 cm.



Gli elementi primari sono quelli necessari per la corretta configurazione e il buon funzionamento di tutte le coperture a verde a prescindere dal modello funzionale che si intende realizzare e sono:

1. l'elemento portante;
2. l'elemento di tenuta all'acqua;
3. l'elemento contro la resistenza alla penetrazione delle radici (integrata o meno nell'elemento di tenuta all'acqua);
4. l'elemento di protezione meccanica;
5. l'elemento drenante;
6. l'elemento filtrante;
7. lo strato colturale;
8. lo strato vegetale.

Gli strati secondari, cioè richiesti solo da particolari soluzioni per integrare le funzioni svolte dagli elementi primari, sono:

1. controllo della diffusione del vapore;
2. termoisolamento;
3. accumulo idrico;
4. drenaggio localizzato (nelle diverse sezioni di dettaglio);
5. alimentazione idrica;
6. zavorramento;
7. ancoraggio della vegetazione;
8. contenimento.

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

1. fruibilità della copertura;
2. fruibilità visiva;
3. variazione delle prestazioni ambientali interne dell'edificio;
4. variazioni delle condizioni di contesto ambientale esterno all'edificio;
5. compensazione ambientale.

È possibile realizzare edifici a impatto zero rispetto alle emissioni di CO<sub>2</sub>.

## Obiettivo 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 sul pacchetto di copertura e alla definizione del livello di manutenzione.

Si dovrà differenziare l'uso:

- pedonale per sola manutenzione (1500 N/m<sup>2</sup> con usura ridotta);
- pedonale di tipo privato (2000 N/m<sup>2</sup> con usura medio-bassa);
- pedonale di tipo pubblico (4000 N/m<sup>2</sup> con usura medio-alta);
- carrabile (>4000 N/m<sup>2</sup> con usura elevata).

Il livello di manutenzione scelto dipende ovviamente anche dalle risorse disponibili.

## Obiettivo 2

Fruibilità visiva: realizzazione di uno elemento avente valenza puramente architettonica e paesaggistica.

In questo caso le scelte sono esclusivamente effettuate sul tipo e sulla disposizione della vegetazione.

Il progetto deve tenere in conto anche la sostenibilità dell'intervento.

La scelta di specie vegetali non idonee all'areale fitoclimatico specifico comporta, in genere, un elevato uso di risorse (acqua, energia, tempo-uomo) con un impatto ambientale che potrebbe quindi essere elevato.

## Obiettivo 3

Variazione delle prestazioni ambientali interne dell'edificio: dovrà essere data molta importanza al progetto prestazionale della copertura, in particolar modo per quanto riguarda quello termico e acustico, per permettere a essa di incrementare le prestazioni correnti.

### *3.1 Benessere termico e contenimento dei consumi energetici.*

La copertura deve funzionare da mediatore dei segnali esterni e interni.

L'obiettivo si esplicita nell'individuazione delle temperature superficiali interne di progetto in stagione estiva e in stagione invernale; nella resistenza termica minima e nell'inerzia termica minima.

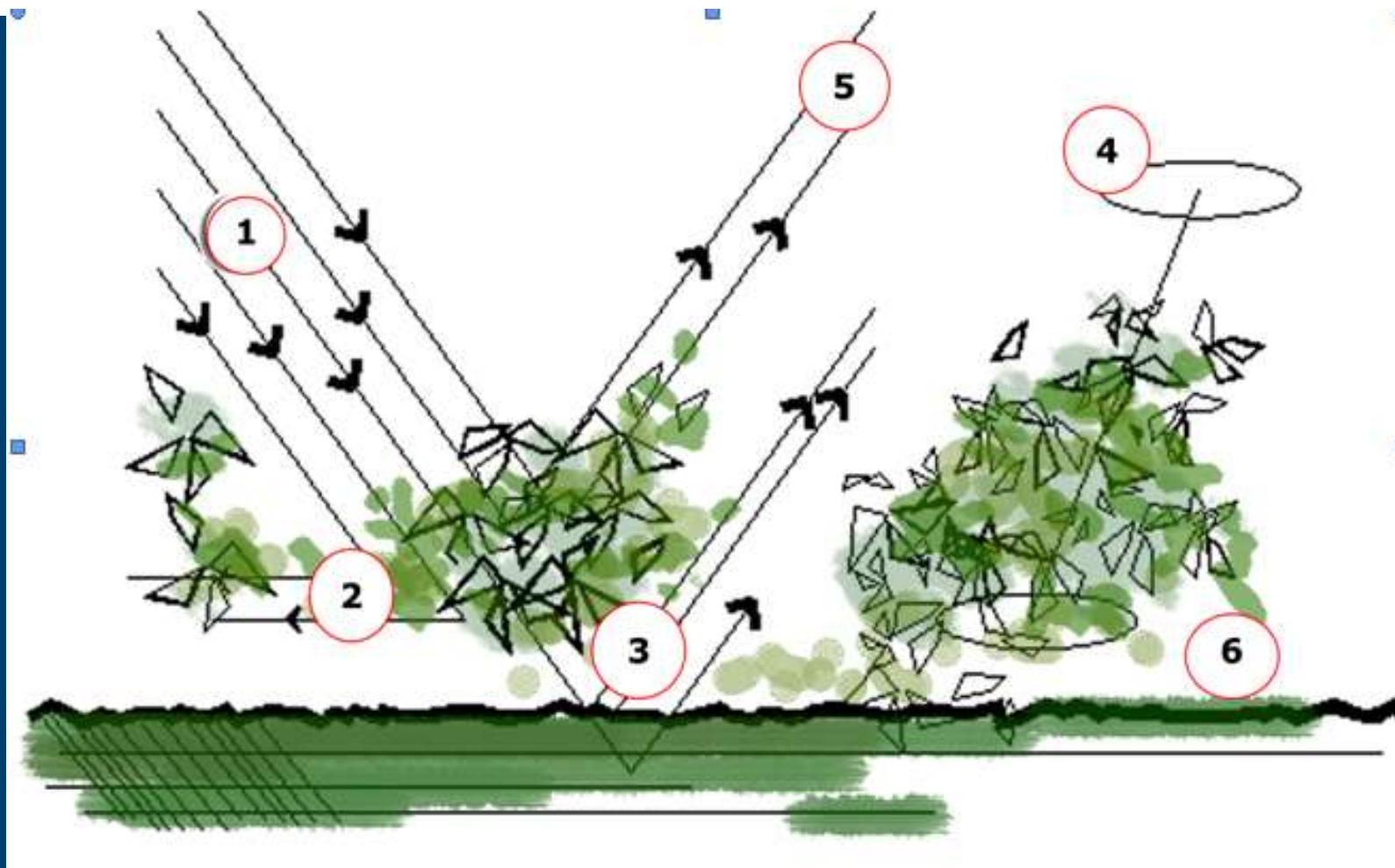
### *3.2 Benessere acustico*

L'obiettivo si esplicita nell'individuazione del potere fonoisolante minimo della copertura

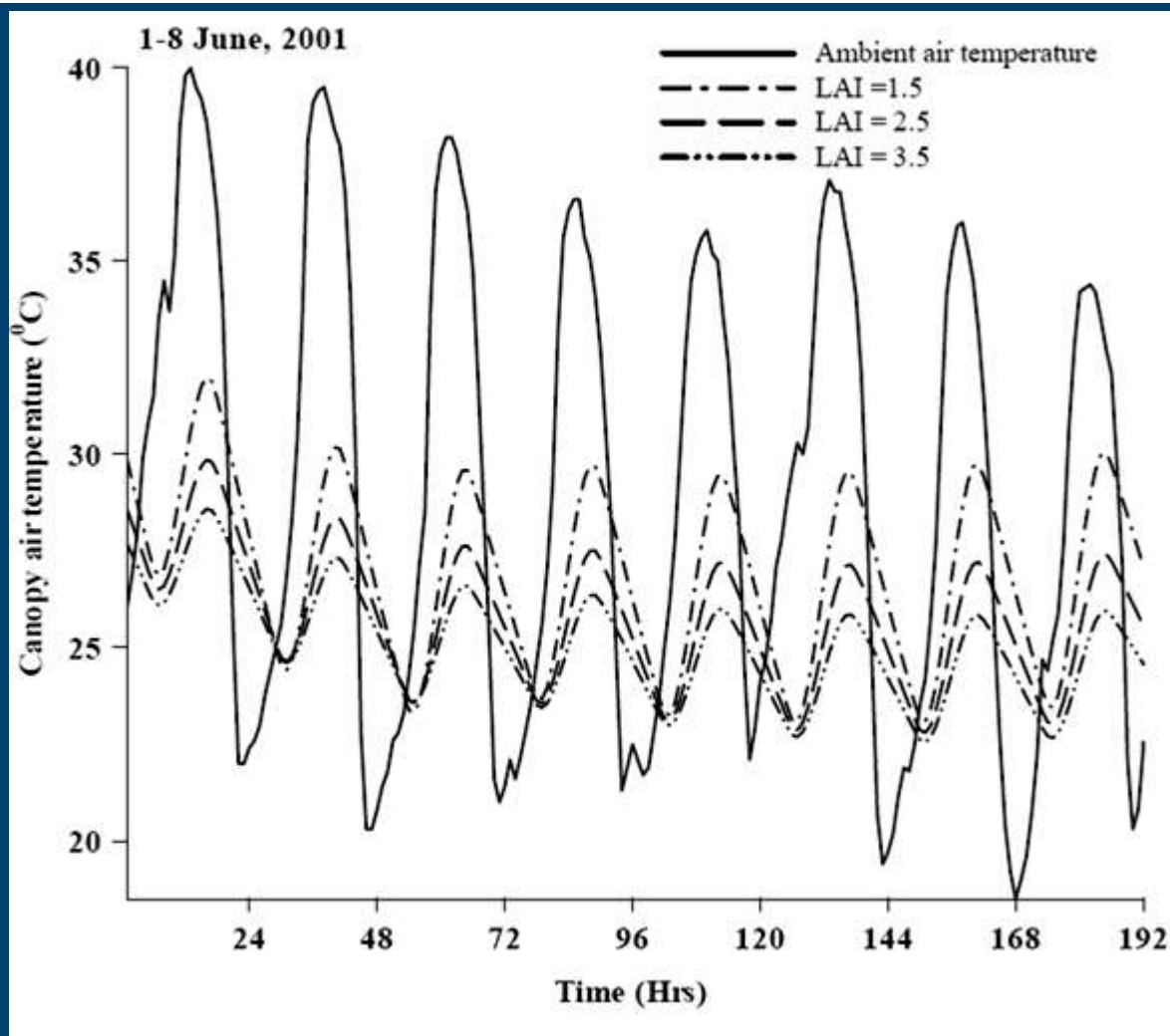


STRATO	parametro progettuale	Proprietà ottiche (a, e)	LAI (leaf area index)	altezza strato vegetativo	Irraggiamento/piovosità	Contenuto d'acqua	isolamento termico	inerzia termica
strato vegetale	tipo di essenza							
	% verde in copertura							
strato di coltura	spessore							
	densità							
	materiale							
strato di isolamento termico	spessore							
	densità							
	materiale							
supporto strutturale	spessore							
	densità							
	materiale							

Parametri progettuali che possono incidere sulle prestazioni termiche, evidenziando grossolanamente l'influenza sui vari modi di scambio termico (identificando cioè il campo di maggiore incidenza).

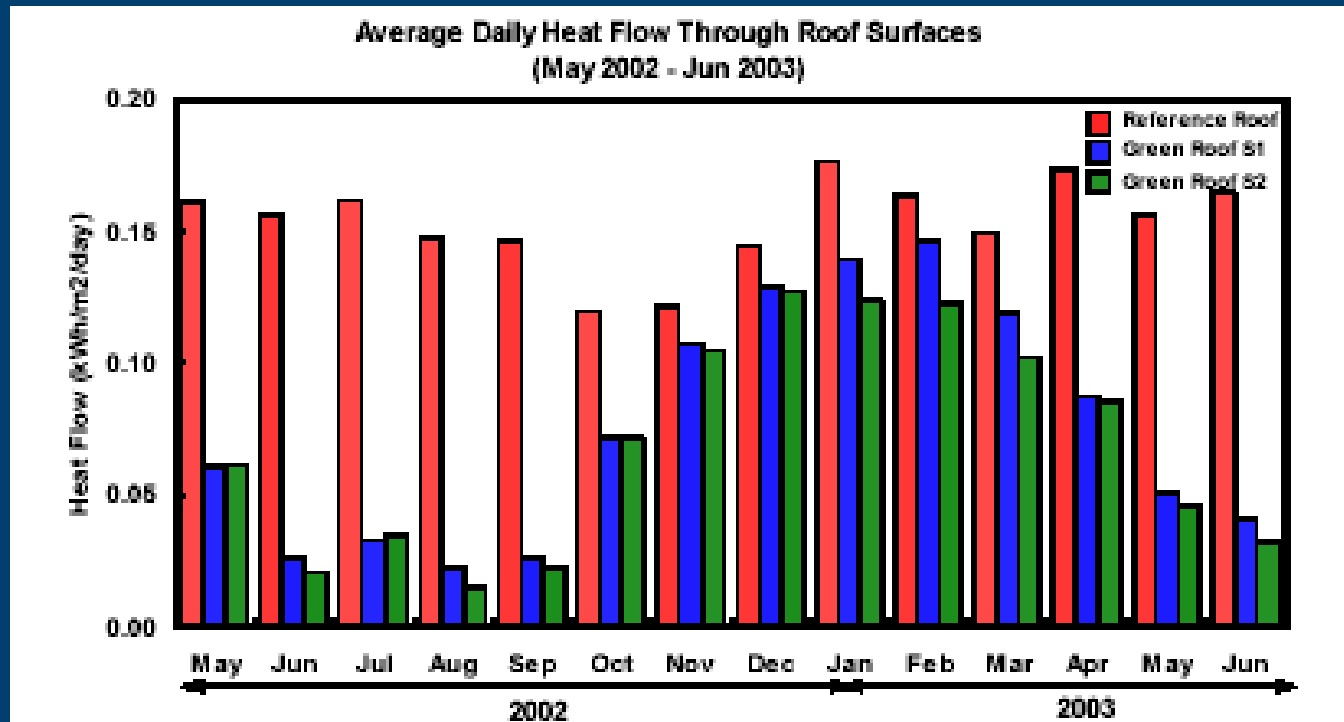


Schema intuitivo dei modi di scambio di calore interessati. [1] irraggiamento solare / [2] assorbimento dell'energia solare nel canopy / [3] Scambi radiativi suolo-esterno / [4] Convezione canopy-esterno e suolo / [5] riflessione e evapotraspirazione foglie, [6] evapotraspirazione suolo. (fonte R. Arlunno).



Simulazione delle temperature all'interno dello strato vegetativo in funzione del parametro LAI. Il modello utilizzato è stato validato attraverso misurazioni di una copertura a verde in India. (Fonte : Kumar, 2005)

### 3.1 Benessere termico e contenimento dei consumi energetici.



Andamento del flusso medio giornaliero attraverso le coperture (misure effettuate a Toronto)

Fonte: K.Liu, CNRC, Canada

Copertura di riferimento: rosso;

Copertura a verde con 17 cm di terreno: blu;

Copertura a verde con 22 cm di terreno: verde;

## Obiettivo 4

Variazioni delle condizioni di contesto ambientale esterno all'edificio: in relazione alla capacità della copertura a verde di regimazione idrica, di mitigazione della temperatura e di assorbire polveri.

### *4.1 Regimazione idrica*

Una copertura a verde può svolgere una importante funzione di riduzione e di rallentamento delle portate idriche in uscita.

### *4.2 Mitigazione della temperatura*

Un sistema di coperture a verde può svolgere una importante funzione di riduzione delle temperature nell'intorno urbano nel quale esso è posto.

### *4.3 Assorbimento di polveri sottili*

Un sistema di coperture a verde può svolgere una importante funzione di dispersione degli inquinanti.

## *5 Compensazione ambientale*

È la 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.

In questo caso le variabili compensative sono molteplici e sono legate alla capacità della copertura di ridurre l'impatto ambientale dell'edificio.

L'obiettivo principale deve essere definito: tutto viene ottimizzato in funzione di esso.

Come è possibile comprendere da quanto sopra esposto, si tratta in volta di ottimizzare un aspetto rispetto ad altri tenendo comunque presente che tutti, in ogni caso, entrano in gioco.

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

Tuttavia, l'elemento di tenuta all'acqua, posizionato sotto lo strato colturale, presenta le seguenti particolarità:

1. è protetto rispetto all'azione dei raggi UV (a meno di lunghi tempi di esposizione durante la fase di esecuzione dell'opera);
2. è normalmente protetto rispetto all'azione termica, soprattutto con elevati spessori di strato colturale;
3. è protetto rispetto all'azione di urti dovuti alla grandine;
4. può essere soggetto ad agenti biologici, presenti nello strato colturale e in quello di vegetazione;
5. può essere soggetto ad agenti chimici presenti nello strato colturale.



### Sistemi di controllo:

1. posa in totale adesione della membrana all'elemento portante;
2. 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 controllo alla diffusione del 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 della diffusione 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 200 m<sup>2</sup> per una copertura a verde di difficoltosa rimozione; per quanto riguarda le coperture di facile rimozione, devono essere orientativamente di 300 m<sup>2</sup>. Per coperture di facile rimozione si possono raggiungere i 500 m<sup>2</sup>.

- Lo strato deve essere scelto in previsione delle specie vegetali previste alla quale deve fornire adeguate possibilità di radicamento, di apporto nutritivo e idrico ed ossigenazione.
- La composizione e lo spessore del substrato vengono scelti altresì in funzione delle condizioni di contesto climatico e anche del modello di alimentazione idrica.
- Oltre a possedere una composizione stabile e una buona resistenza all'erosione eolica ed idrica il substrato deve essere sufficientemente leggero poiché, in genere, la portata utile delle coperture è limitata specie su luci di grande dimensione

## SINTESI DELLE CARATTERISTICHE DEGLI STRATI CULTURALI PER COPERTURE A VERDE



Caratteristiche e requisiti obbligatori	Strato culturale coperture estensive	Strato culturale coperture intensive
Fuso granulometrico	vedere riferimento grafico e tabella	vedere riferimento grafico e tabella
Velocità infiltrazione/K sat	≥10 mm/min	≥10 mm/min
Riduzione volume alla compressione	dichiarazione %	dichiarazione %
pH <sub>(H2O)</sub>	4,0-8,5 (acidofile 4,0-5,5)	4,0-8,5 (acidofile 4,0-5,5)
Conducibilità elettrica	≤50 mS/m	≤60 mS/m
Capacità di scambio cationico	≥8 meq/100 g	≥12 meq/100 g
Sostanza organica	coperture estensive: ≤60 g/litro strato culturale	coperture intensive: ≤80 g/litro strato culturale
Massa volumica apparente secca	350-1000 kg/m <sup>3</sup> 35-100 kg/m <sup>2</sup> (h sub. 10 cm)	350-1000 kg/m <sup>3</sup> 35-100 kg/m <sup>2</sup> (h sub. 10 cm)
Porosità totale	≥60% v/v	≥60% v/v
Peso potenziale alla massima ritenzione idrica	dichiarazione	<u>dichiarazione</u>
capacità di ritenzione idrica a pF 0,7 (-0,005 MPa)	dichiarazione	dichiarazione

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								

- Necessità di progettazione di sistema
- Necessità di rispetto della norma UNI 11235
- Necessità di coinvolgimento di esperti di varia estrazione (architetto, agronomo, ingegnere, ecc.)
- .... il fai da te è molto rischioso!