



Evoluzione tecnologica dell'involucro nZEB Esempi e soluzioni innovative

Docente: PAOLA GALLO



Sant'Anna
Scuola Universitaria Superiore Pisa

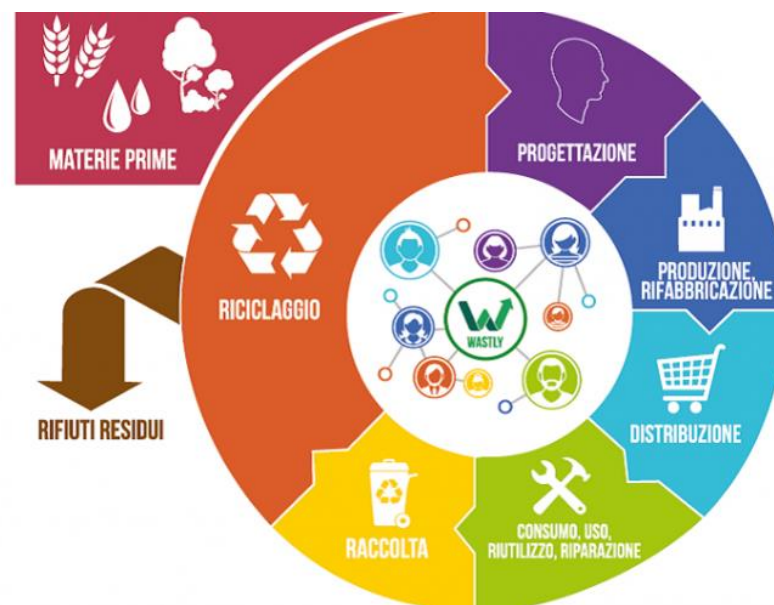


In Edilizia economia circolare significa:

1 prolungare la vita dell'edificio (durabilità, manutenzione, riparazione)

2 recupero e riuso

(l'edificio non diventa un rifiuto ma viene rigenerato)





RI-Usare per non ESAURIRE



*“.....i tempi sono abbondantemente
scaduti.”*



Patrimonio edilizio esistente



*“equilibrio tra le prestazioni
energetico/ambientali originarie
e gli interventi di
riqualificazione”*



In Europa, il settore edilizio è responsabile del **41.7%** dei consumi energetici annuali: di questi, il 27.2% è imputabile al patrimonio edilizio residenziale, e il 14.5% a edifici che ospitano servizi

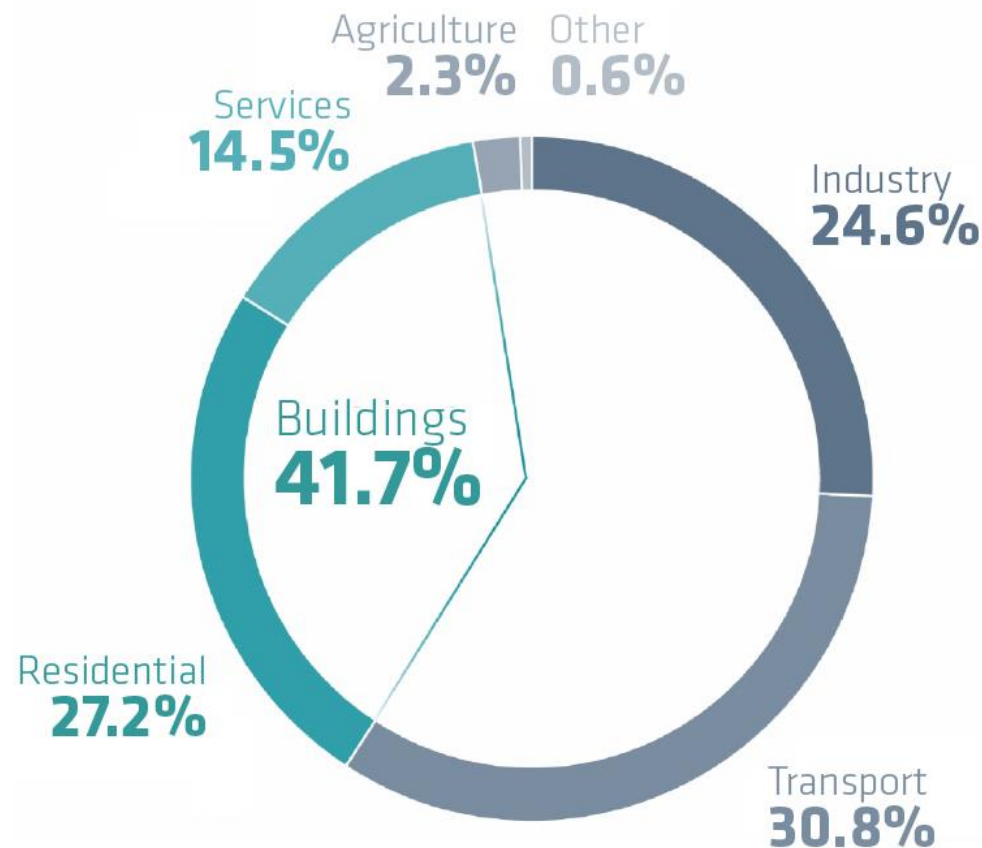


Grafico:
2017 Annual European Energy Consumptions (by Sector)
Source: Eurostat (2017)



Verso l'obiettivo nZEB (nearlyZero Energy Buildings)

Firma del
Protocollo di Kyoto
(1997-2005)

Obiettivo Europa 20-20-20
(Direttiva 2009/19/CE)

Direttiva 2010/31 EU
(Edifici nZEB)



-20%
emissioni gas serra

-20%
domanda di energia

+20%
energie rinnovabili





Direttiva 2010/31/EU | art. 9

Entro il **31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione
siano edifici a energia quasi zero (nZEB)**

e a partire dal 31 dicembre 2018 gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi siano edifici a energia quasi zero (nZEB)





Direttiva 2010/31/EU | art. 2

«Edificio a energia quasi zero» (def.):

Edificio ad **altissima prestazione energetica** [...] Il fabbisogno energetico **molto basso o quasi nullo** dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da **energia da fonti rinnovabili**, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze





In Italia, il recepimento degli indirizzi comunitari sugli edifici nZEB è stato affidato al **Decreto Ministeriale dell'11/07/2017, Criteri Ambientali Minimi (C.A.M.)**

Si tratta di disposizioni la cui applicazione diviene vincolante per l'indizione di gare pubbliche di appalto, per interventi di nuova costruzione, manutenzione e riqualificazione, al fine di ridurre gli impatti ambientali, considerati in un'ottica di ciclo di vita (LCA e LCC)

Nella **Parte II – Specifiche tecniche per singoli edifici**, i C.A.M. stabiliscono i parametri minimi da rispettare per la **prestazione energetica dell'involucro edilizio**, verificata attraverso la stesura di un'apposita relazione tecnica di calcolo



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



La filosofia che sottende al contenuto della normativa sulla riduzione dei consumi energetici degli edifici si sostanzia in **tre obiettivi prioritari**:

1

Risparmiare energia

Migliorando le prestazioni dell'involucro

2

Migliorare l'efficienza energetica

Migliorando le prestazioni dell'impianto

3

Usare fonti energetiche rinnovabili

Fotovoltaico, solare termico, geotermico, ecc.





La filosofia che sottende al contenuto della normativa sulla riduzione dei consumi energetici degli edifici si sostanzia in **tre obiettivi prioritari**:

1

Risparmiare energia

Migliorando le prestazioni dell'involucro

2

Migliorare l'efficienza energetica

Migliorando le prestazioni dell'impianto

3

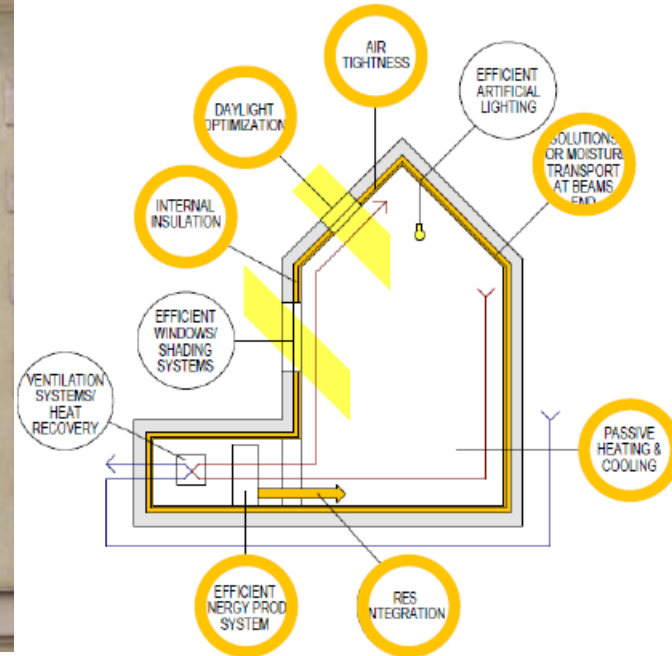
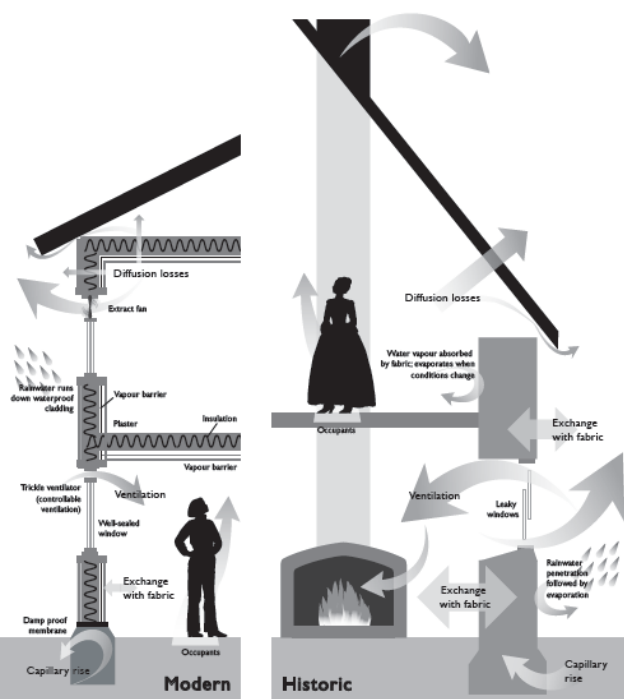
Usare fonti energetiche rinnovabili

Fotovoltaico, solare termico, geotermico, ecc.





Efficienza Energetica



“.....gli edifici corrono il rischio di non essere sufficientemente “pronti” e, a causa dell’ingente richiesta di investimento necessario per il loro adeguamento”



Decreto Legge n. 34 del 19/05/2020 Modificato con la legge di conversione n. 77/2020

Titolo VI Misure Fiscali

art. 119

Incentivi per **efficientamento energetico**, sisma bonus, **fotovoltaico** e colonnine di ricarica veicoli elettrici (*.....interventi di isolamento termico delle superfici opache verticali, orizzontali e inclinate che interessano l'involucro dell'edificio.....*)



Art. 121

Trasformazione delle detrazioni fiscali in sconto sul corrispettivo dovuto e in **credito d'imposta cedibile**

In definitiva si tratta di detrazioni **110%** in 5 ANNI per le spese documentate e rimaste a carico del contribuente (sostenute dal 01/07/2020 al 31/12/2020) per gli interventi di

- **EFFICIENZA ENERGETICA**
- **INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA SISMICA**

Decreto Ministero Sviluppo Economico sui **REQUISITI MINIMI** dell'06/08/2020

Decreto Ministero Sviluppo Economico **ASSEVERAZIONE** dell'06/08/2020

Guide e documenti Agenzie delle ENTRATE

- Circolare 24/E
- Provvedimento del Direttore

Legge 126/2020 **Decreto Rilancio** (conversione DL 104) pubblicata in GU il 13/10/2020

Si tratta dei **requisiti tecnici** per l'accesso alle detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica degli edifici - cd. **Ecobonus** e cioè delle spese sostenute per interventi di efficienza energetica del patrimonio edilizio esistente, nonché' gli interventi finalizzati al recupero o restauro della facciata esterna degli edifici esistenti.

GAZZETTA  UFFICIALE



Il sistema di **isolamento a “cappotto”** è tra gli interventi che possono assicurare ottimi risultati sul fronte dell'efficientamento energetico. È, infatti, la soluzione **più efficace** ed economica per la riduzione del fabbisogno termico. Contribuisce a **migliorare il comfort abitativo**, garantisce isolamento **dal caldo e dal freddo**, diminuisce il rumore percepito all'interno delle abitazioni e **riduce i consumi energetici** con conseguenza sulle bollette, sia per il **riscaldamento invernale** che per il **raffrescamento estivo**.

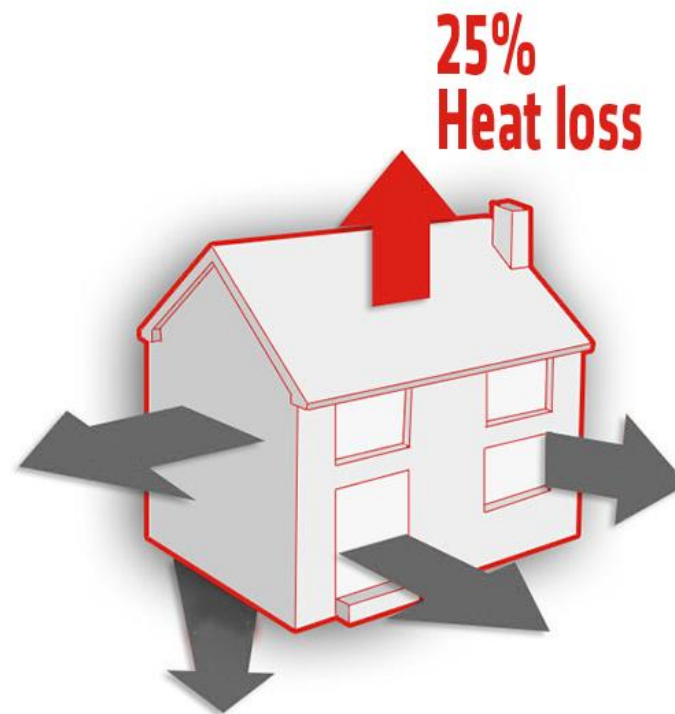
Non solo Cappotto ESTERNO, ma anche isolamento in INTERCAPEDINE e isolamento INTERNO), e in alternativa nuovi prodotti per isolare con spessori più ridotti quali termointonaci e materiali da costruzione innovativi (calcestruzzo cellulare, ...)





In un edificio, la **chiusura** è l'insieme delle unità tecnologiche e degli elementi tecnici che separano gli spazi interni dall'esterno, agendo anche da frontiera per **controllare gli scambi energetici**. Il ruolo dell'involucro quale filtro assume oggi particolare rilievo a fronte degli obiettivi di **riduzione del consumo energetico e degli impatti ambientali**

In questa prospettiva, particolare rilievo assume la corretta progettazione e verifica delle **chiusure orizzontali superiori (coperture)**, che devono assicurare non solo la resistenza meccanica e la tenuta all'acqua, ma anche un adeguato isolamento termo-acustico





In area mediterranea, due delle tipologie di chiusura orizzontale superiore (coperture) che hanno avuto **maggiore sviluppo**, in virtù delle loro **elevate prestazioni energetico-ambientali**, e che vengono largamente impiegate anche ad oggi, sono:

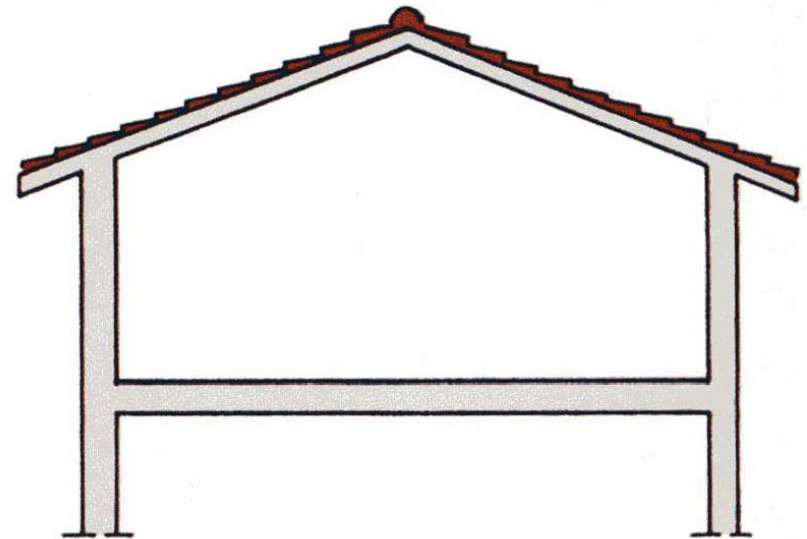
1 Le coperture ventilate

2 Le coperture a verde pensile («tetti verdi»)

In generale, in base alla presenza o meno di uno strato termoisolante e/o di uno strato di ventilazione, le coperture possono essere classificate come:

A Coperture **non** isolate, **non** ventilate

È la tipologia più semplice, dove non è presente né lo strato termoisolante, né quello di ventilazione; per questo motivo, risultano di impiego limitato ai soli casi in cui non è necessario fornire una prestazione di isolamento dell'involucro, come ad esempio tettoie, capannoni agricoli, ecc.



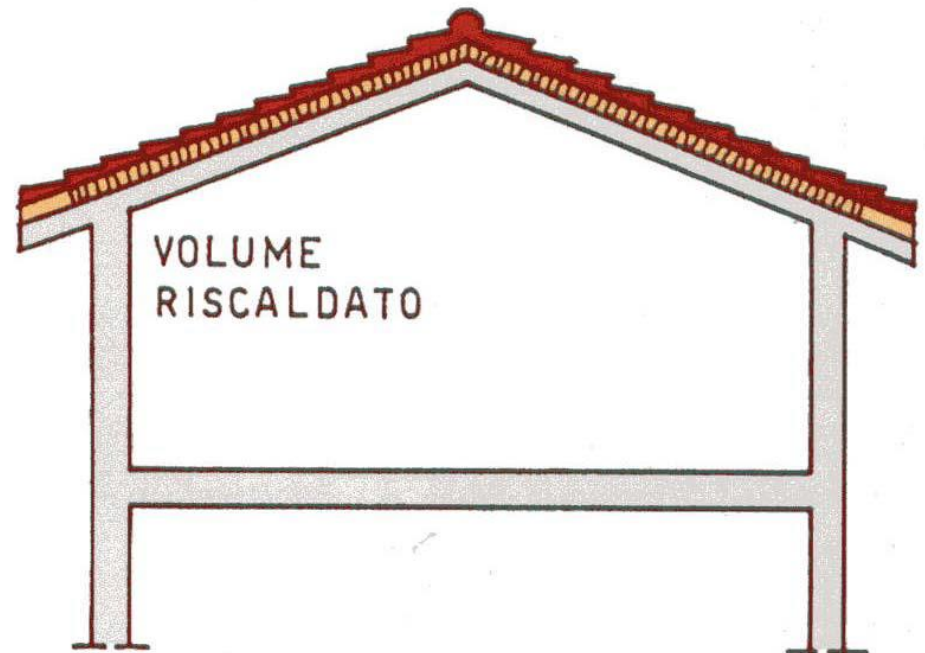
COPERTURA
NON ISOLATA - NON VENTILATA

1 | COPERTURE VENTILATE

In generale, in base alla presenza o meno di uno strato termoisolante e/o di uno strato di ventilazione, le coperture possono essere classificate come:

B Coperture isolate, **non ventilate** («tetto caldo»)

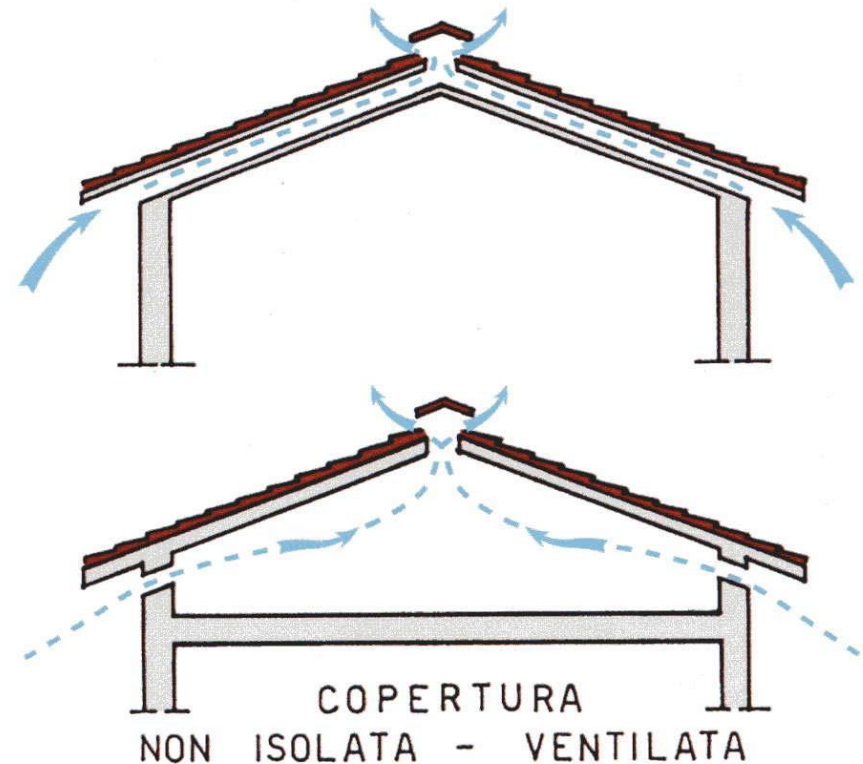
Derivano dall'evoluzione della tipologia precedente, e si impiegano quando vi è necessità di garantire una determinata **prestazione dell'involucro** edilizio attraverso l'interposizione di uno **strato termoisolante**



In generale, in base alla presenza o meno di uno strato termoisolante e/o di uno strato di ventilazione, le coperture possono essere classificate come:

C Coperture **non** isolate e ventilate

Prevedono la sola presenza di uno **strato di ventilazione**, posto al di sotto dell'elemento di tenuta (es.: manto in coppi, tegole, ecc.), che ha lo scopo di **migliorare il comportamento termico della copertura**, soprattutto in **regime estivo**: in questo caso infatti, la ventilazione riduce gli effetti del surriscaldamento degli strati dovuto all'irraggiamento solare



1 | COPERTURE VENTILATE

In generale, in base alla presenza o meno di uno strato termoisolante e/o di uno strato di ventilazione, le coperture possono essere classificate come:

D Coperture isolate e ventilate («tetto freddo»)

Prevedono la presenza sia di uno **strato di ventilazione**, sia di uno **strato termoisolante**, che può essere posto sia **sulla falda inclinata** (all'estradosso dell'elemento portante – Fig. A), sia all'estradosso dell'elemento portante in un **sottotetto non abitabile** (Fig. B)

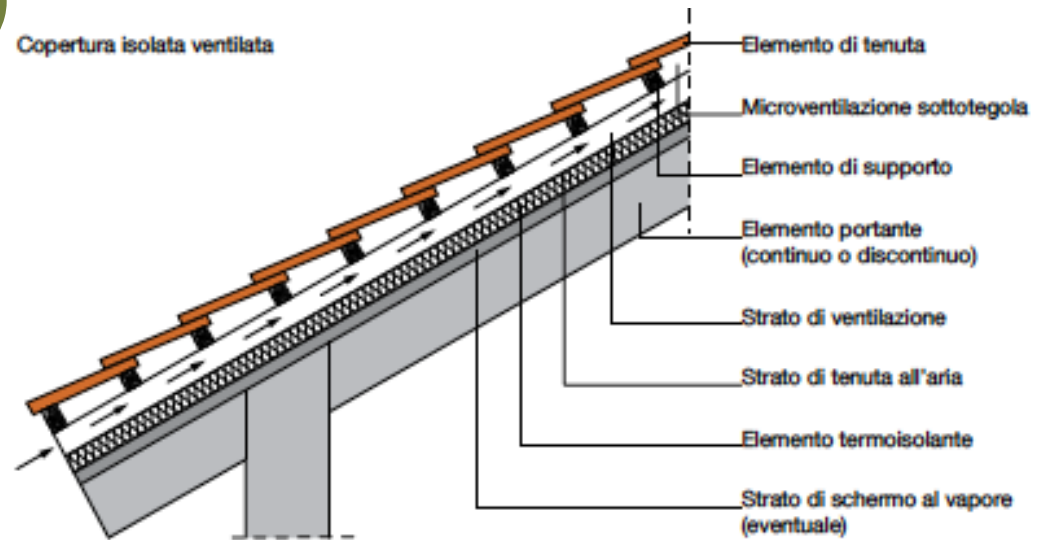


Fig. A: Strato termoisolante posto sulla falda inclinata

In generale, in base alla presenza o meno di uno strato termoisolante e/o di uno strato di ventilazione, le coperture possono essere classificate come:

D Coperture isolate e ventilate («tetto freddo»)

Prevedono la presenza sia di uno **strato di ventilazione**, sia di uno **strato termoisolante**, che può essere posto sia **sulla falda inclinata** (all'estradosso dell'elemento portante – Fig. A), sia all'estradosso dell'elemento portante in un **sottotetto non abitabile** (Fig. B)

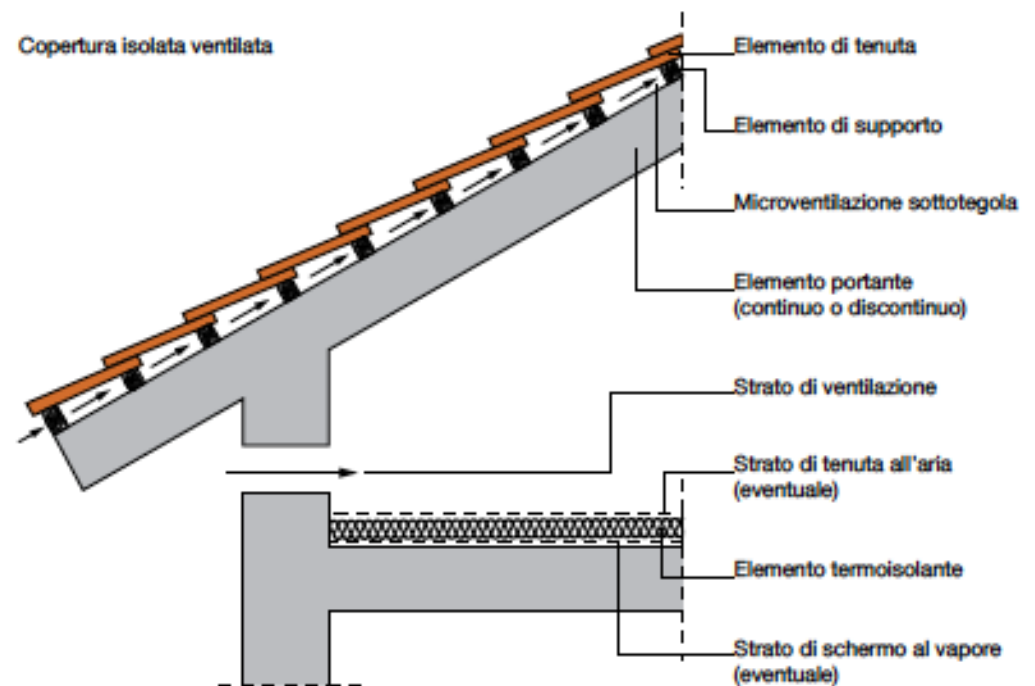
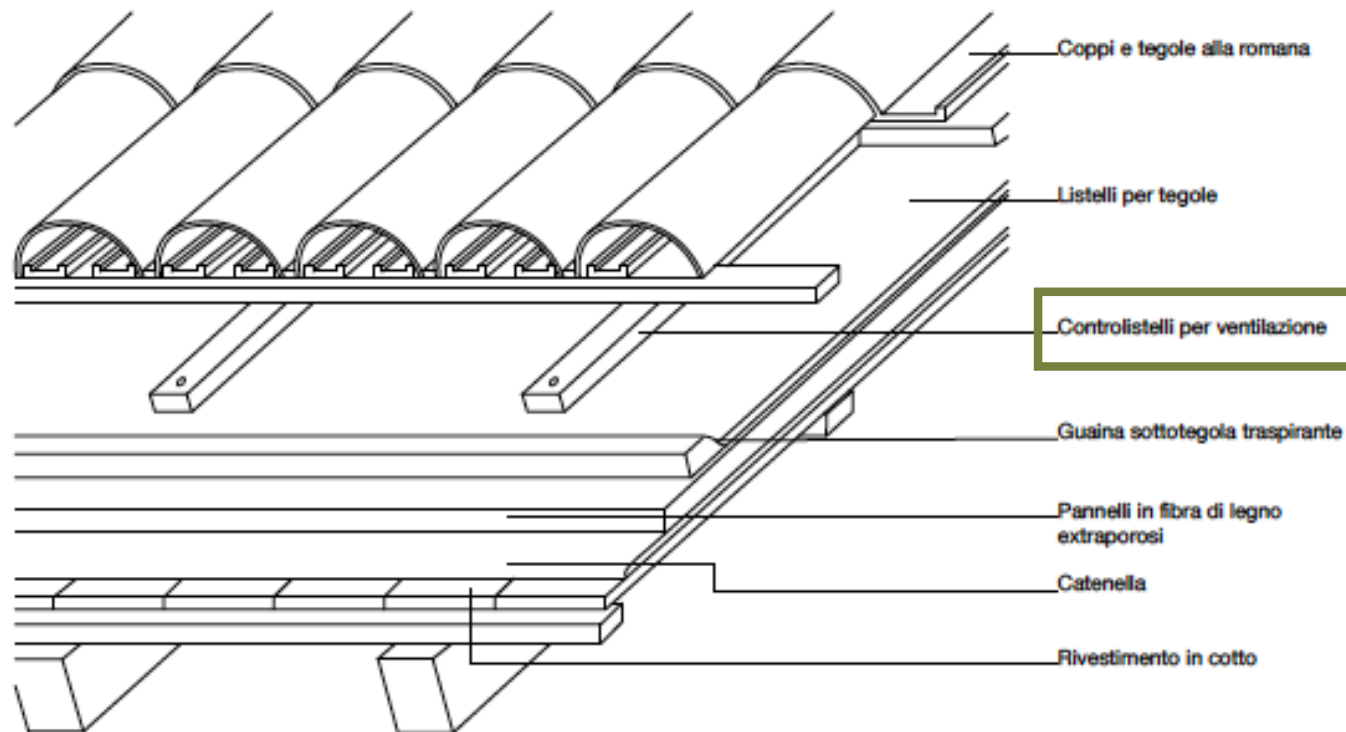


Fig. B: Strato termoisolante in sottotetto non abitabile

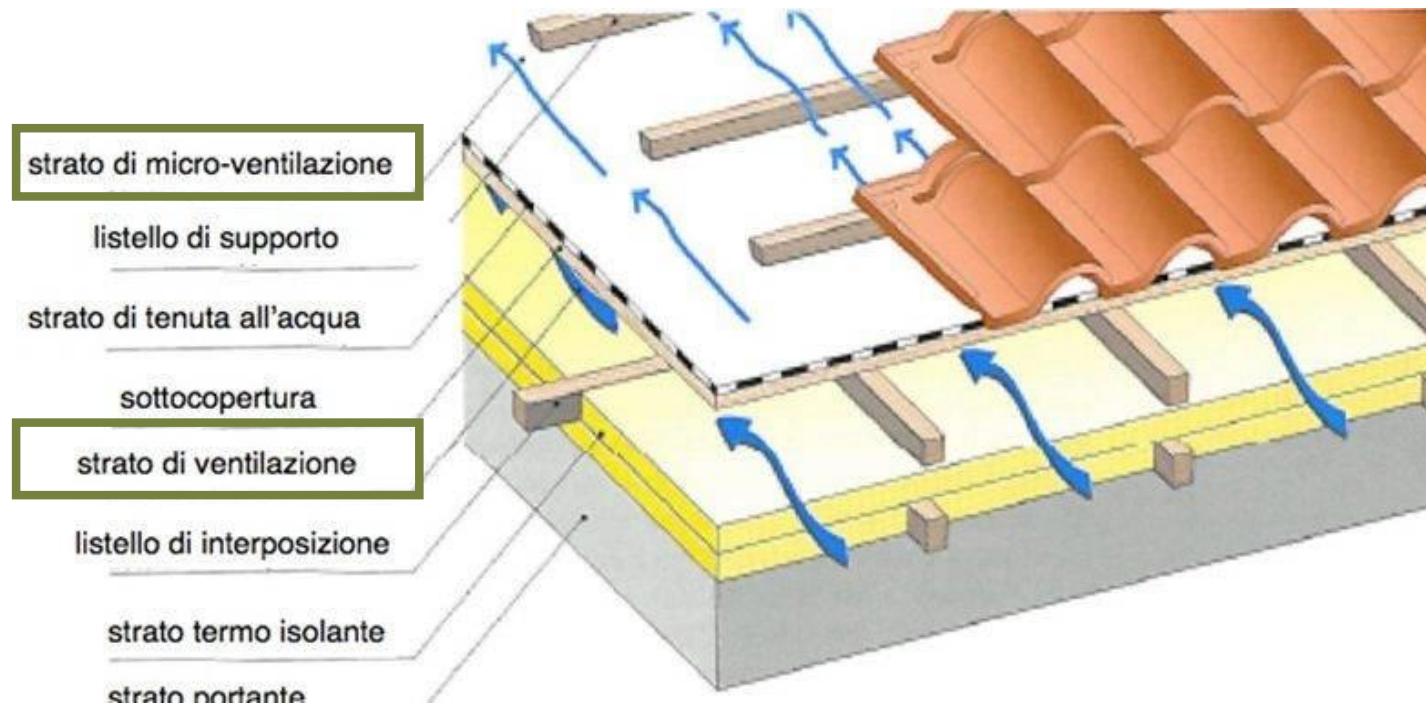


Le coperture ventilate sono perciò realizzate in modo da avere uno **spessore dedicato alla circolazione dell'aria**, posto all'estradosso dello strato isolante



1 | COPERTURE VENTILATE

Nelle coperture tradizionali, sotto allo strato di tenuta (coppi, tegole) vengono anche realizzati canali che consentono la circolazione dell'aria (microventilazione) sotto tegola

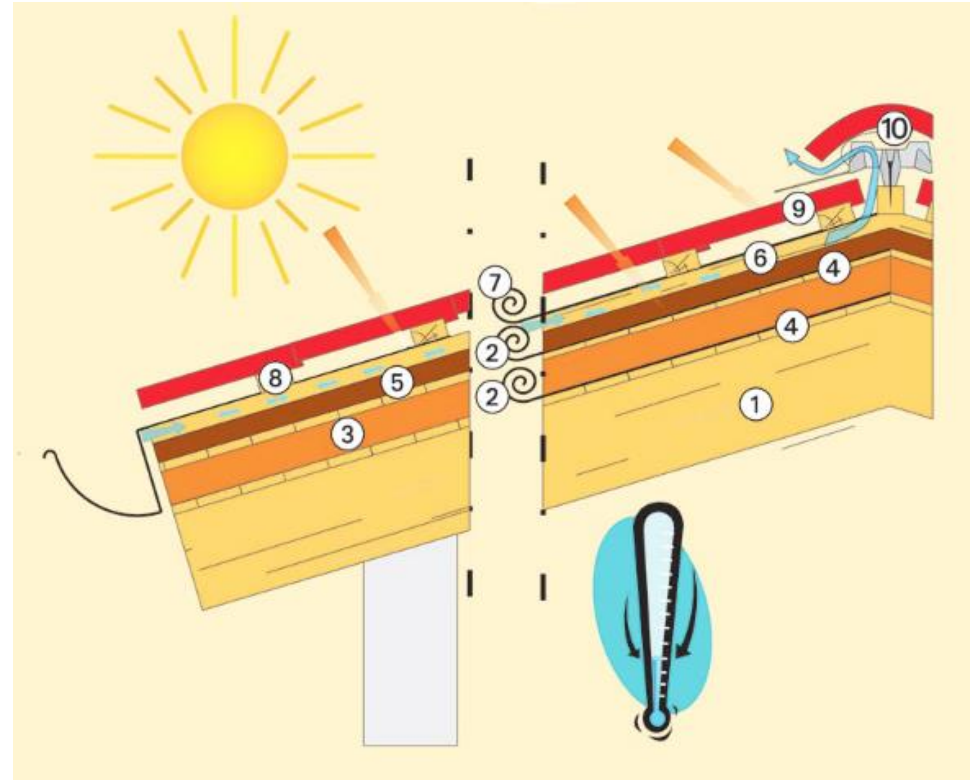


1 | COPERTURE VENTILATE

Come funziona un tetto ventilato?

Lo strato superiore della copertura, soggetto all'**incidenza diretta dei raggi solari**, **trasferisce calore** alla lama d'aria sottostante, il cui aumento di temperatura **innesca il moto convettivo** e, quindi, la ventilazione stessa

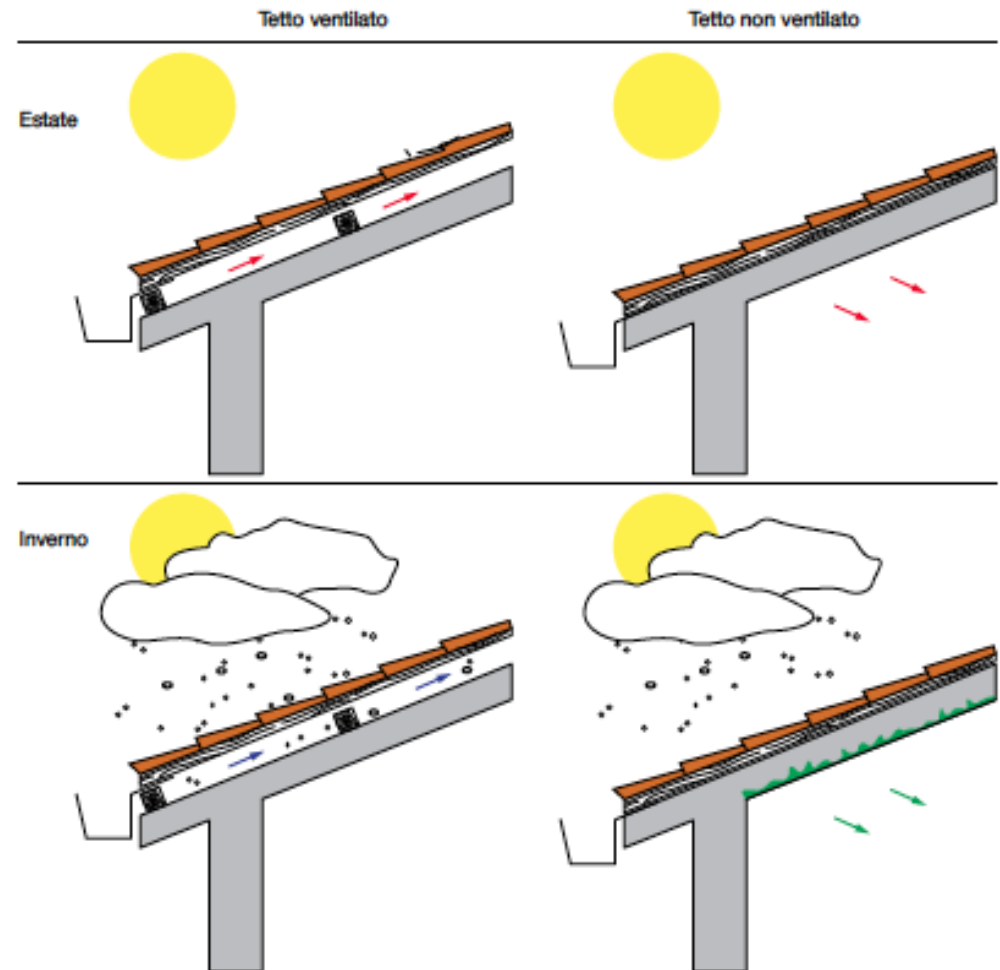
L'efficacia della copertura ventilata dipende dallo **spessore dello strato d'aria** che, se eccessivo, può determinare una diminuzione della velocità del fluido (effetto Venturi) e impedire l'innesco del necessario moto convettivo.

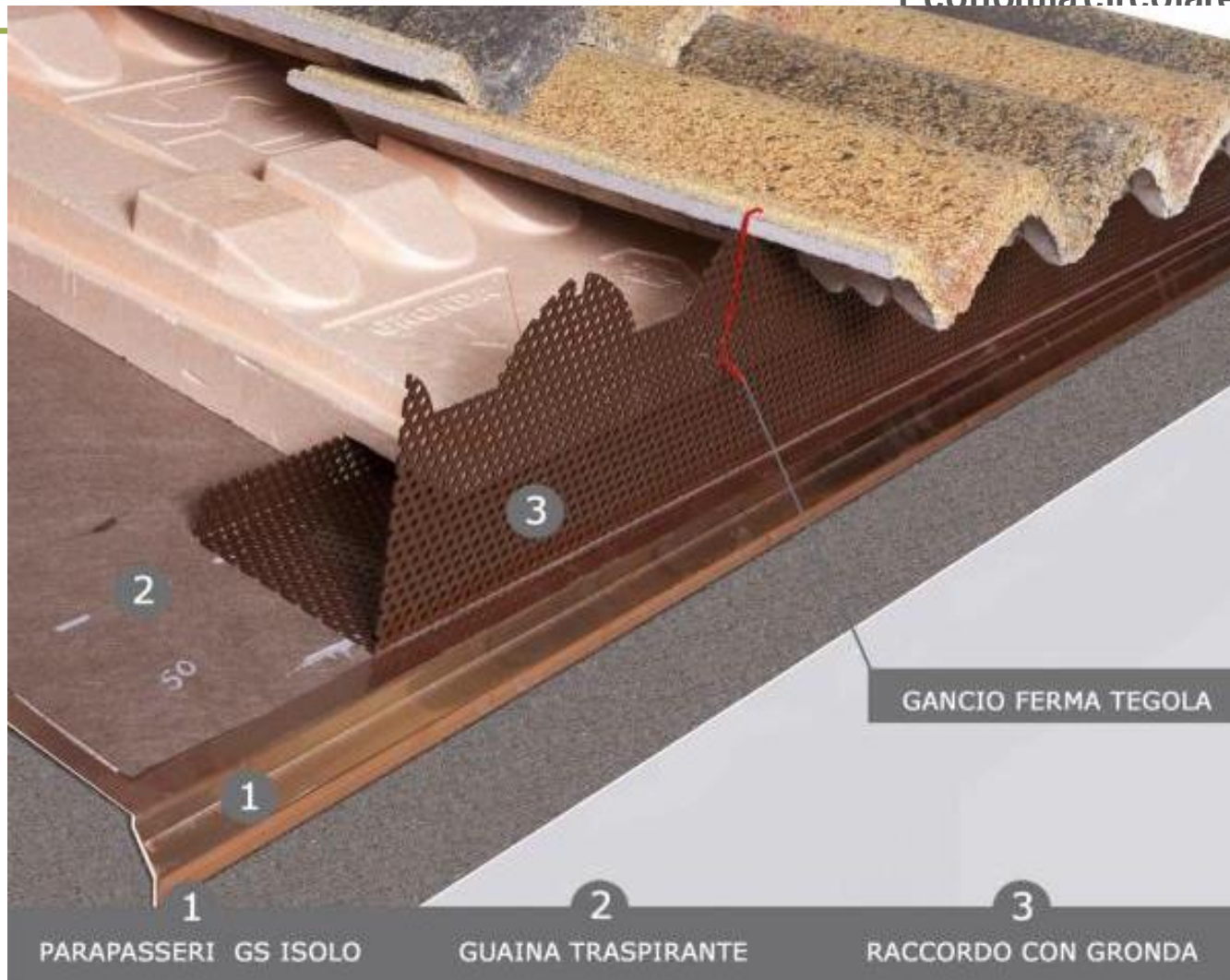


1 | COPERTURE VENTILATE

Perché scegliere un tetto ventilato?

- **Contribuisce all'abbattimento dei carichi termici estivi**, evitando l'esposizione diretta degli strati inferiori alle alte temperature e il conseguente surriscaldamento
- **Riduce la formazione di condensa**, smaltendo l'umidità in eccesso all'interno del pacchetto di copertura





1 | COPERTURE VENTILATE



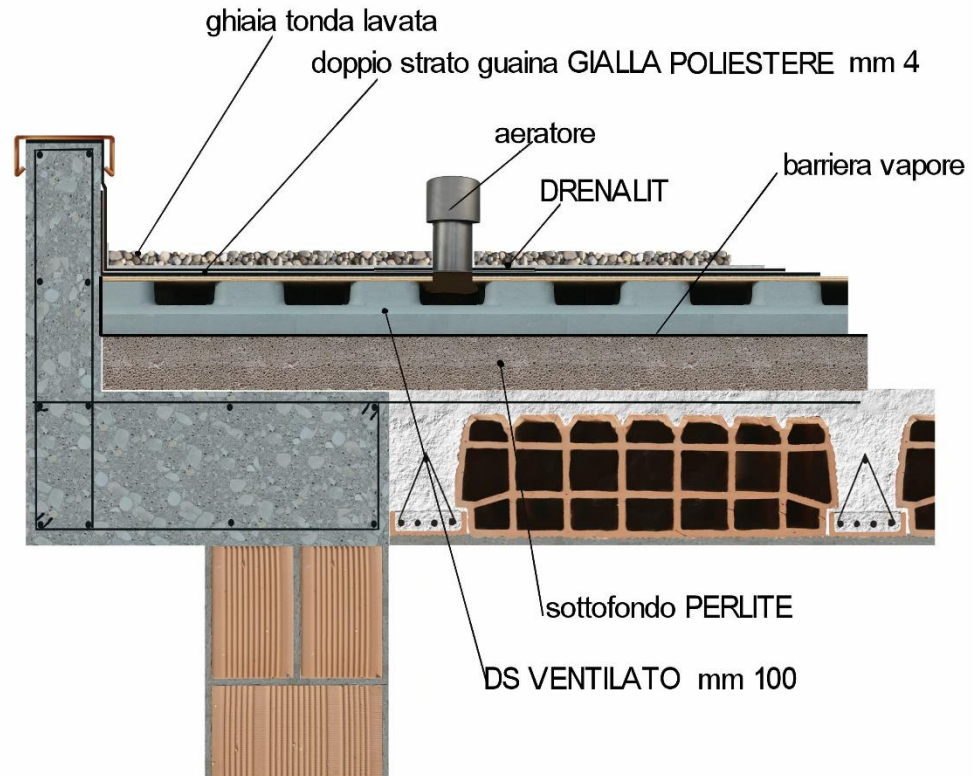
1 | COPERTURE VENTILATE

In commercio sono disponibili **pannelli coibentati e appositamente sagomati** che consentono di realizzare coperture isolate, creando al contempo una camera di ventilazione

Ds Ventilato – Thermak

è un pannello coibente costituito da 50 mm di polistirene autoestinguente di densità 35 kg/m³, camera di ventilazione di 40 mm e finitura superiore costituita da un pannello formato da 5 strati di legno

<http://www.thermak.it/prodotti/ds-ventilato/>



1 | COPERTURE VENTILATE

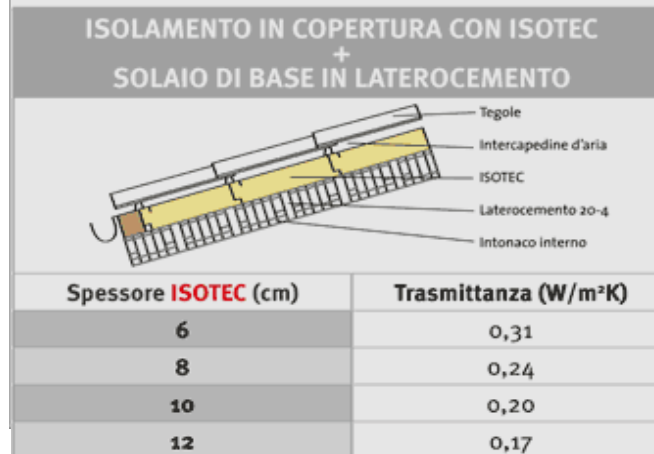
Pannello ISOTEC coibente in poliuretano. La posa in opera realizza, nel suo procedere, un **impalcato portante**, che integra una serie di **funzioni** quali:

- Barriera al vapore
- Isolamento termico
- Impermeabilizzazione
- Micro-ventilazione
- Orditura metallica di supporto al manto di copertura

<http://isotec.brianzaplastica.it/it/>



Zona climatica	DLgs 192	ISOTEC	
	W/m²K	W/m²K	spessore
A	0,38	0,32	6 cm
B	0,38	0,32	6 cm
C	0,38	0,32	6 cm
D	0,32	0,25	8 cm
E	0,30	0,25	8 cm
F	0,29	0,25	8 cm

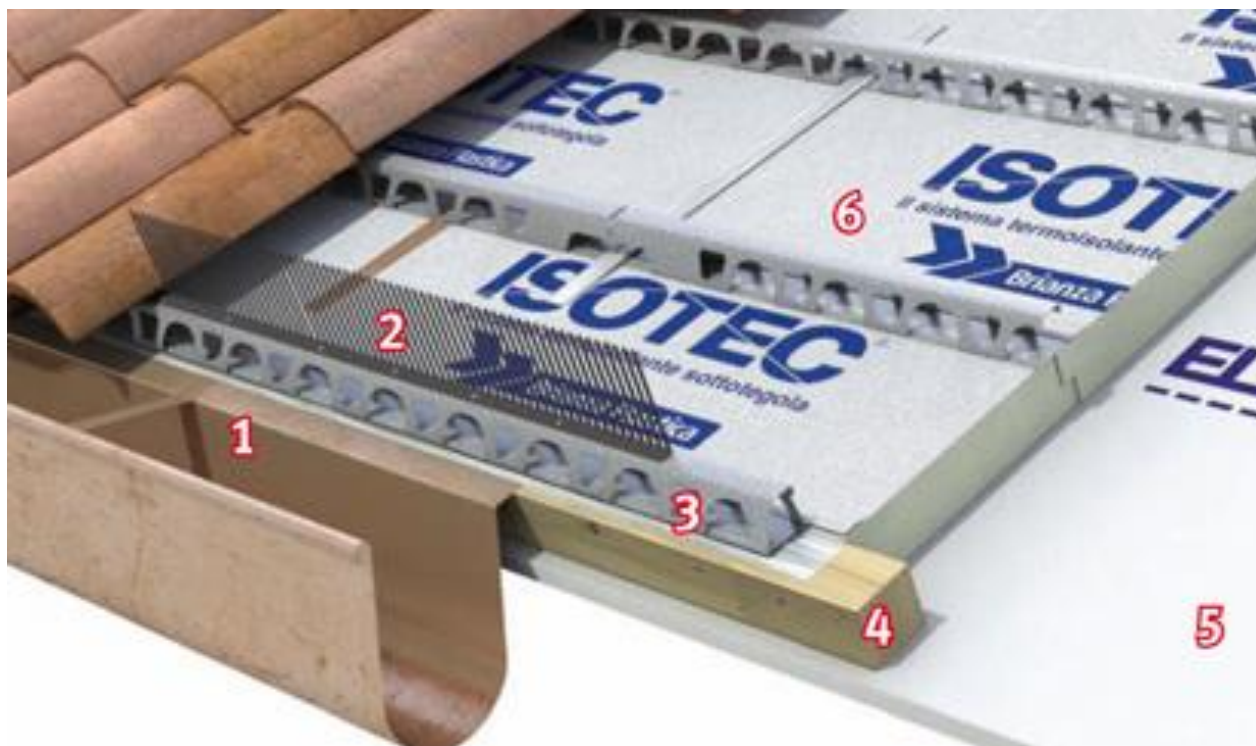


Zona climatica	DLgs 192	ISOTEC	
	W/m²K	W/m²K	spessore
A	0,38	0,31	6 cm
B	0,38	0,31	6 cm
C	0,38	0,31	6 cm
D	0,32	0,31	6 cm
E	0,30	0,24	8 cm
F	0,29	0,24	8 cm

Pannello ISOTEC

Dettaglio dell'elemento di chiusura sul canale di gronda

1. Canale di gronda
2. Listello di gronda in PVC con pettine parapasseri
3. Correntino portategole in aluzinc
4. Listone di partenza, scanalato nella parte inferiore, per eventuale deflusso di infiltrazioni accidentali
5. Membrana Elytex-N
6. Pannello Isotec





Pannello ISOTEC

Dettaglio dell'elemento di
chiusura sul colmo



1 | COPERTURE VENTILATE



Pannello ISOTEC

Dettaglio dell'elemento di
chiusura laterale

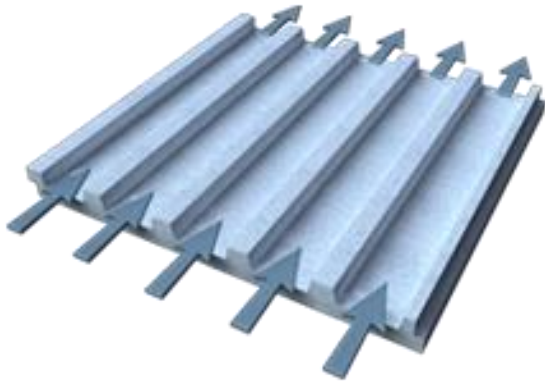


1 | COPERTURE VENTILATE



AIRWOOD – Isoltop

È un sistema per la coibentazione e la ventilazione di tetti inclinati, resistente a compressione, composto da un pannello sagomato in polistirene espanso sinterizzato (EPS) accoppiato ad un pannello di irrigidimento e distribuzione dei carichi in multistrato OSB



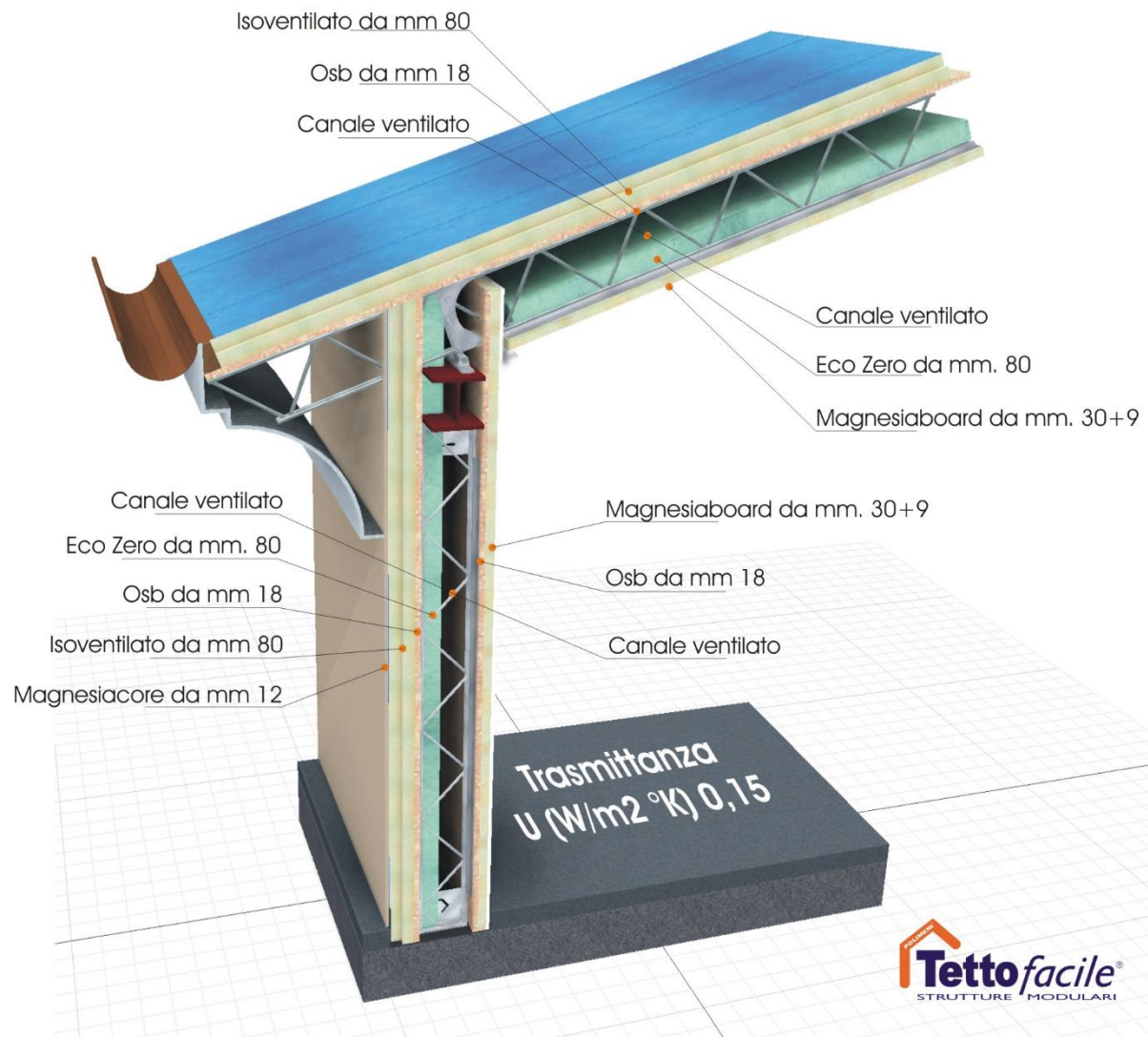
<http://www.isoltop.it/default.aspx>

1 | COPERTURE VENTILATE



AIRWOOD - Isoltop

Pannello coibentato e sagomato per la realizzazione di tetti ventilati



<http://www.isoltop.it/default.aspx>

1 | COPERTURE VENTILATE



AIRWOOD - Isoltop
Pannello coibentato e
sagomato per la
realizzazione di tetti
ventilati



<http://www.isoltop.it/default.aspx>

1 | COPERTURE VENTILATE



Si possono realizzare coperture ventilate anche integrando pannelli fotovoltaici mono o policristallini: la ventilazione sottostante, in questo caso, ne evita il surriscaldamento

Copertura ventilata
realizzata con
**integrazione di pannelli
fotovoltaici**



1 | COPERTURE VENTILATE



Si possono realizzare coperture ventilate anche integrando pannelli fotovoltaici mono o policristallini: la ventilazione sottostante, in questo caso, ne evita il surriscaldamento

Copertura ventilata
realizzata con
**integrazione di pannelli
fotovoltaici**



1 | COPERTURE VENTILATE



In area mediterranea, due delle tipologie di chiusura orizzontale superiore (coperture) che hanno avuto **maggiore sviluppo**, in virtù delle loro **elevate prestazioni energetico-ambientali**, e che vengono largamente impiegate anche ad oggi, sono:

1 Le coperture ventilate

2 Le coperture a verde pensile («tetti verdi»)



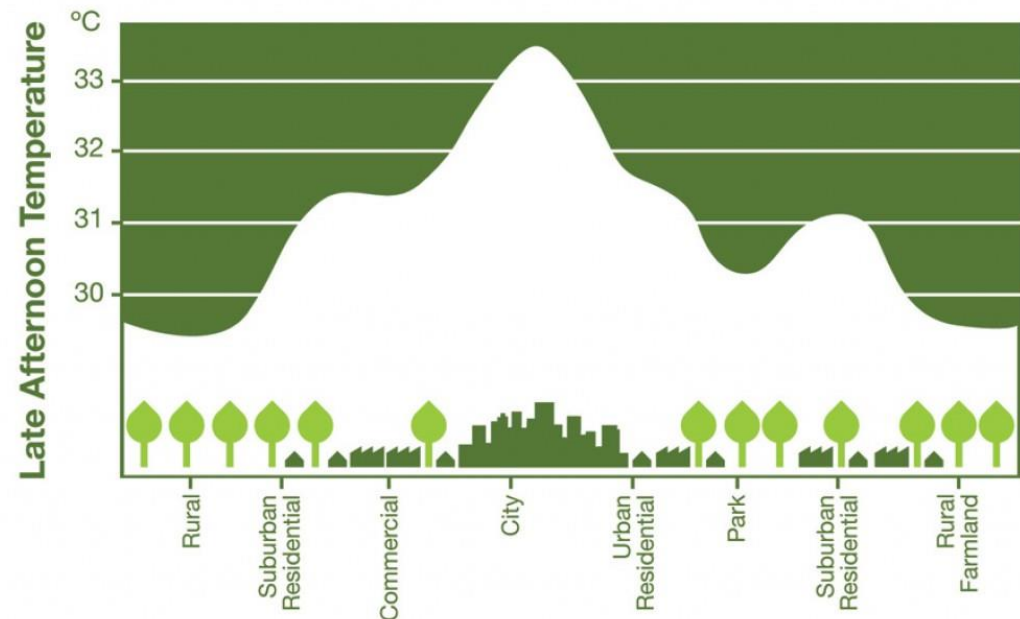
Le **coperture a verde** sono un'antica tradizione di alcuni paesi, come i tetti ricoperti di manti erbosi in Scandinavia, o i giardini pensili dell'area mediterranea diffusi sin dall'epoca romana e sviluppati poi in castelli, palazzi, conventi fino ai giorni nostri



2 | COPERTURE A VERDE PENSILE



Ad oggi, l'urbanizzazione dei grandi agglomerati sottrae al paesaggio una parte di vegetazione, riducendo la qualità abitativa. La **creazione di coperture verde** comporta un miglioramento ecologico, funzionale ed estetico, **riducendo notevolmente le isole di calore nelle città**

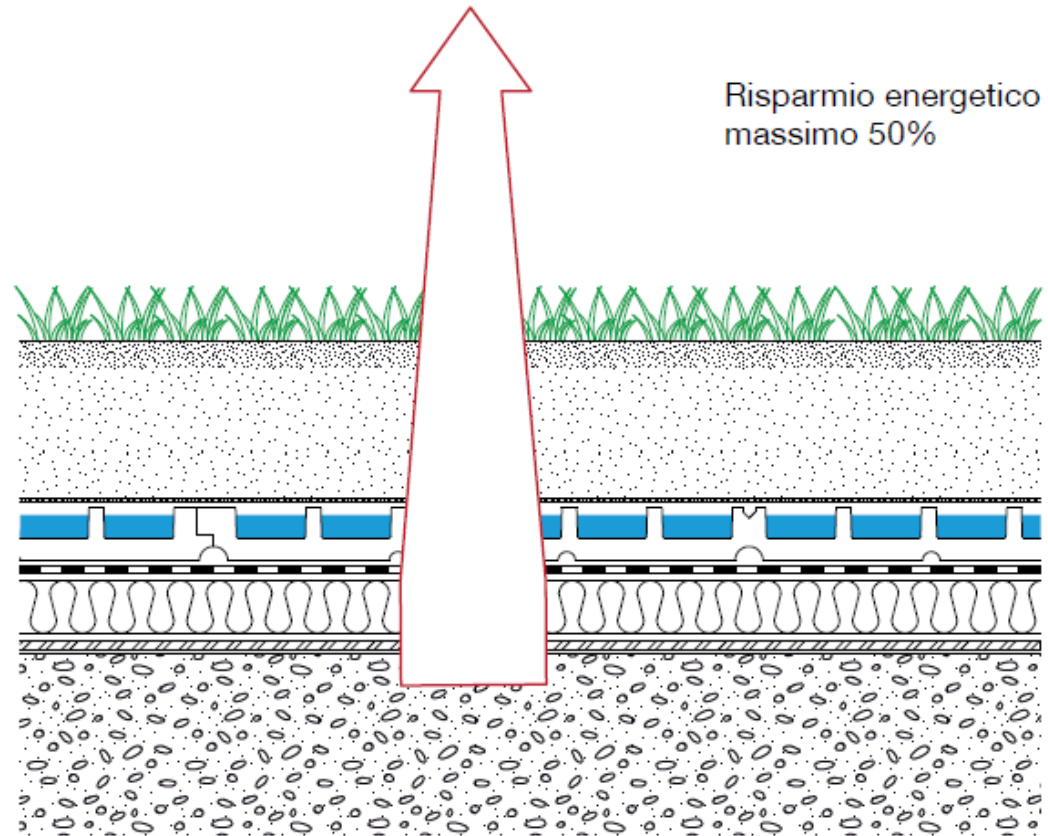


2 | COPERTURE A VERDE PENSILE



Perché scegliere un tetto verde?

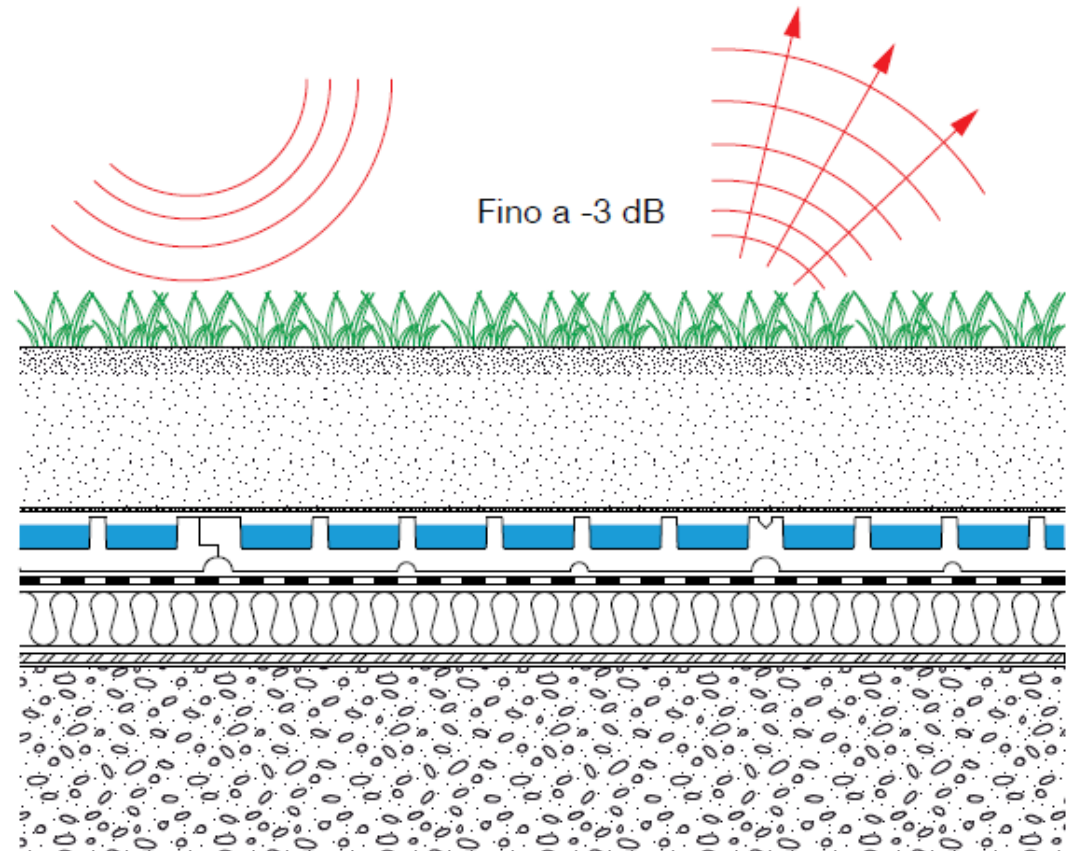
Nel **periodo estivo**, l'aumento della **massa termica** dovuta al terreno comporta un risparmio energetico dovuto ad un minor utilizzo degli impianti di condizionamento; in **inverno**, l'intrinseco potere termoisolante del terreno fa **diminuire la dispersione** del calore accumulato dall'edificio



2 | COPERTURE A VERDE PENSILE

Perché scegliere un tetto verde?

Garantisce un **apporto fonoassorbente** alle solette di copertura **diminuendo l'inquinamento acustico** nella misura del 10% rispetto ad una copertura normale

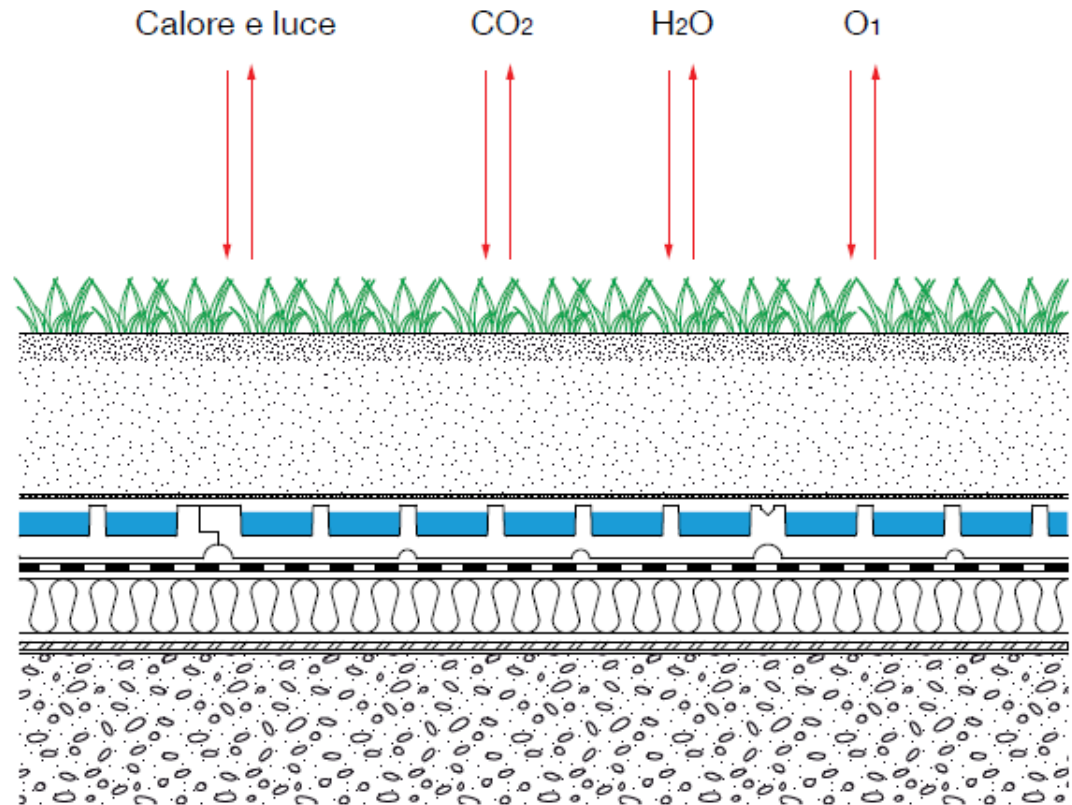


2 | COPERTURE A VERDE PENSILE



Perché scegliere un tetto verde?

In ambiente fortemente urbanizzato la copertura verde **ricostruisce la massa biologica** venuta meno per effetto della cementificazione contribuendo al miglioramento della vivibilità ambientale

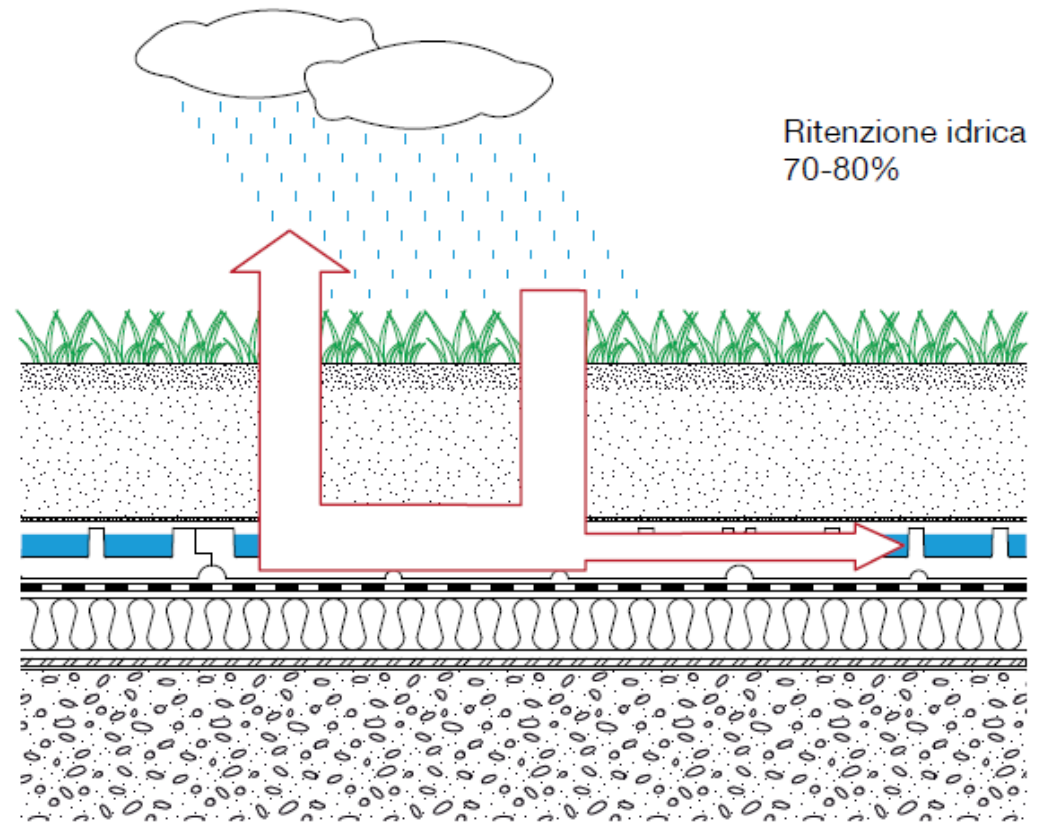


2 | COPERTURE A VERDE PENSILE



Perché scegliere un tetto verde?

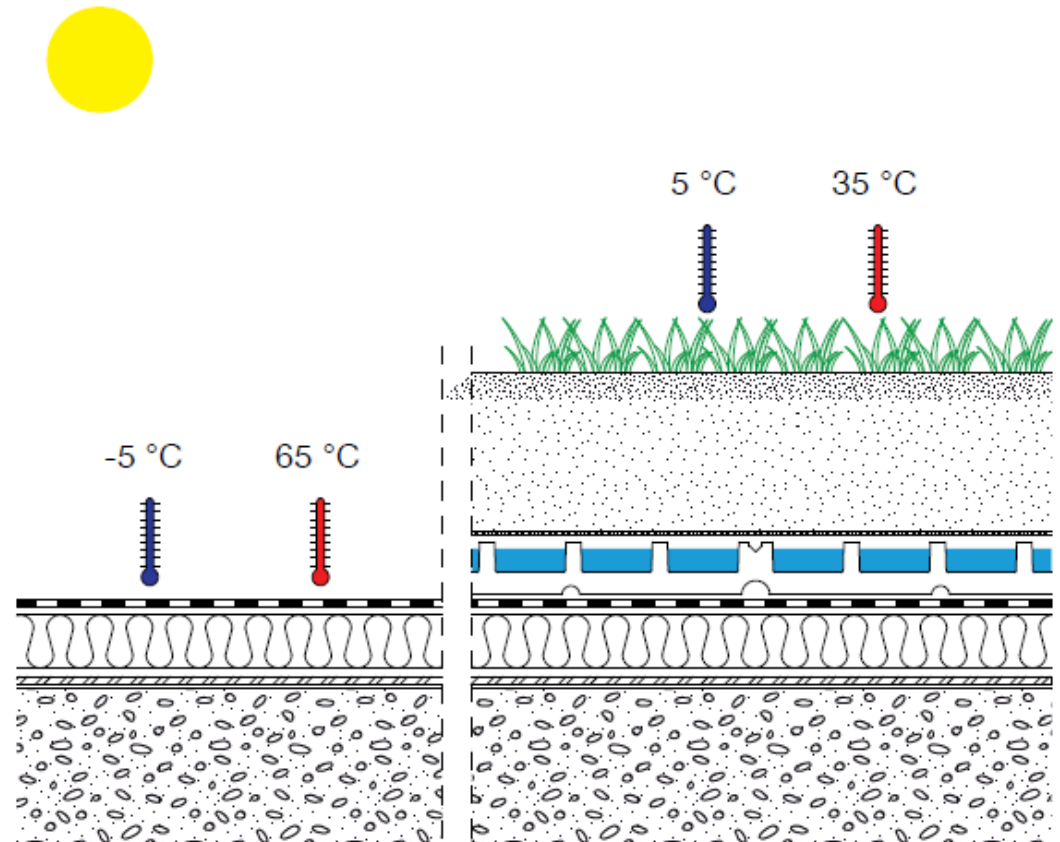
Permette la **salvaguardia dei pacchetti di copertura** allungandone esponenzialmente la durata e la funzionalità dei manti impermeabili attraverso protezione termica e meccanica.



2 | COPERTURE A VERDE PENSILE

Perché scegliere un tetto verde?

Trattiene in copertura e **restituisce all'ambiente** con l'evapotraspirazione **fino all'80% dell'acqua piovana**, riducendo il flusso delle acque reflue verso gli scarichi fognari

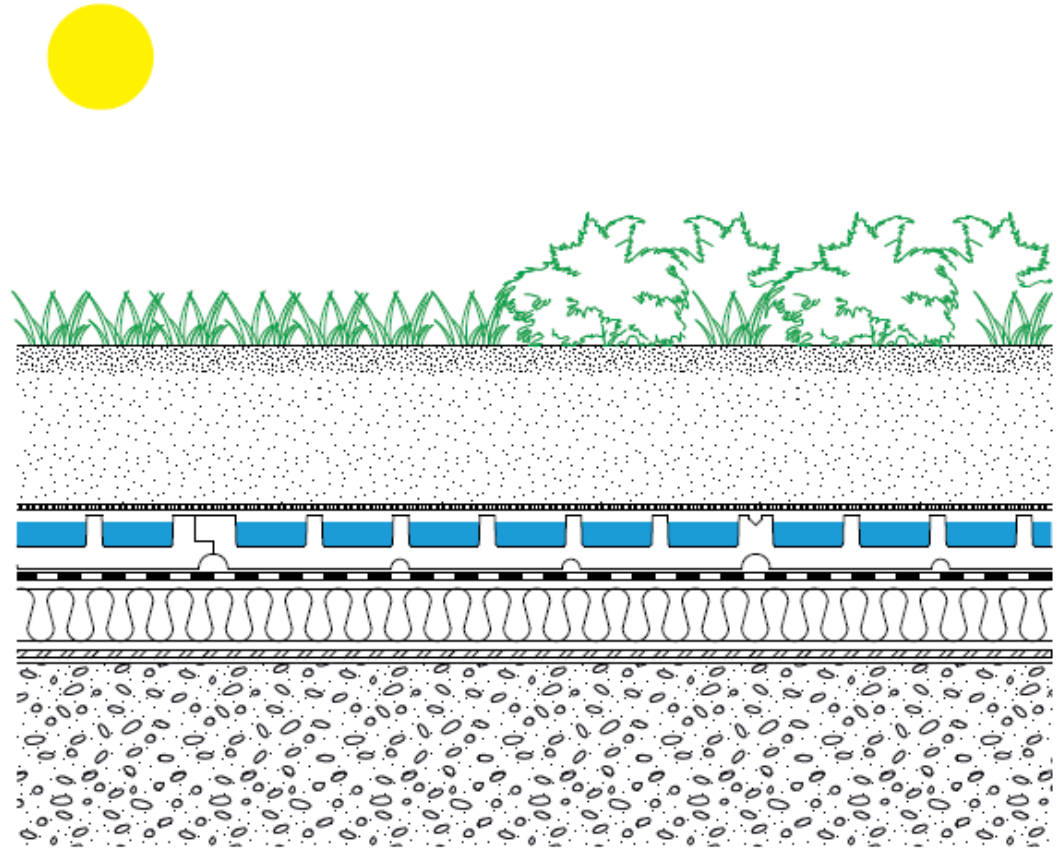


2 | COPERTURE A VERDE PENSILE



Perché scegliere un tetto verde?

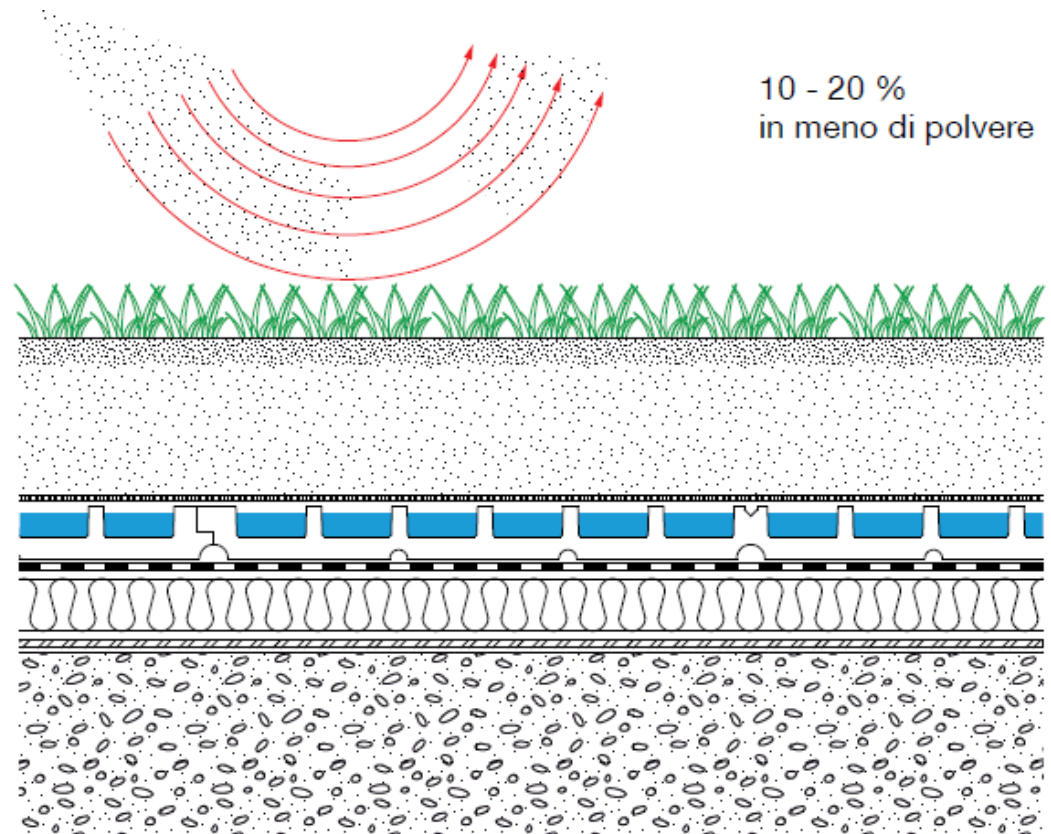
Le coperture a verde creano un **nuovo habitat e spazi vitali per ecosistemi in aree urbane**, risolvendo un'ampia casistica di problematiche naturali - estetico - paesaggistiche



2 | COPERTURE A VERDE PENSILE

Perché scegliere un tetto verde?

Oltre a fissare le particelle di polvere alla vegetazione, il verde pensile contribuisce alla **diminuzione del fenomeno dell'isola di calore** delle aree urbane, riducendo la produzione di pulviscolo



2 | COPERTURE A VERDE PENSILE

Le principali tipologie di tetto giardino sono sostanzialmente due, e si differenziano per lo spessore del terreno, per il tipo di vegetazione e il livello di manutenzione in:

A Coperture a verde estensivo

Utilizzano specie vegetali in grado di adattarsi e svilupparsi nelle condizioni ambientali in cui sono poste, richiedono **spessori di substrato di coltivazione limitati (7-15 cm)** e minimi interventi di manutenzione



2 | COPERTURE A VERDE PENSILE



Le principali tipologie di tetto giardino sono sostanzialmente due, e si differenziano per lo spessore del terreno, per il tipo di vegetazione e il livello di manutenzione in:

B

Coperture a verde intensivo

Richiedono **spessori di terreno maggiori (15-50 cm)**, cure più frequenti rispetto alla tipologia precedente e l'ausilio di una manutenzione di maggiore intensità, in funzione delle associazioni di specie vegetali utilizzate

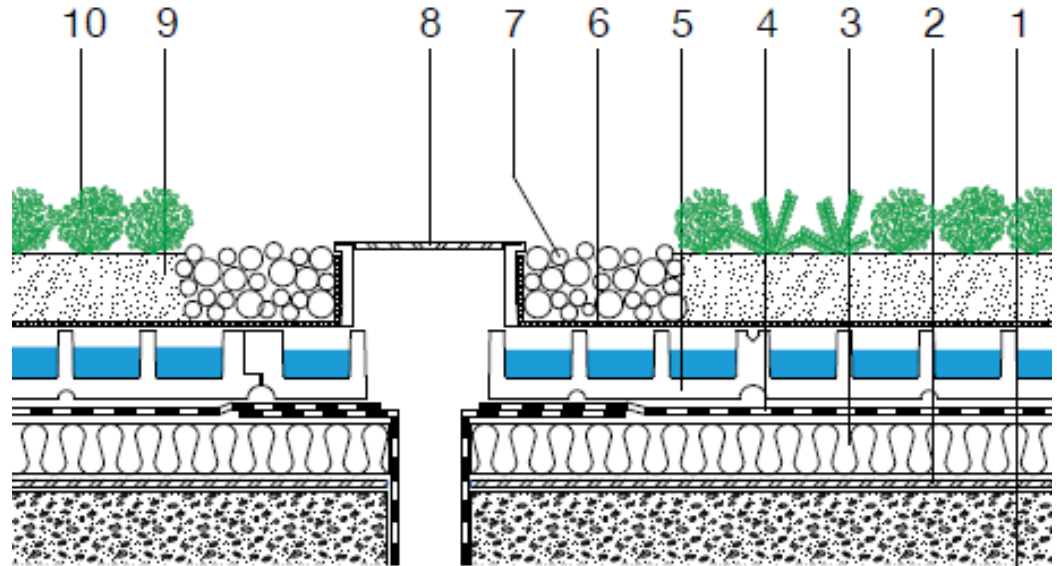


2 | COPERTURE A VERDE PENSILE

La tecnologia del tetto verde

Gli **strati presenti** in un tetto verde sono

1. Elemento portante;
2. Elemento di tenuta all'acqua (guaina impermeabile);
3. Isolante termico
4. Elemento di protezione dall'azione delle radici (integrato o meno nell'elemento di tenuta);
5. Elemento di accumulo idrico;
6. Elemento di protezione meccanica;
7. Elemento drenante;
8. Elemento ispezione scarico;
9. Strato colturale;
10. Strato di vegetazione.



Lo strato termoisolante non è sempre presente in quanto, in relazione alla destinazione d'uso dell'edificio e alle condizioni climatiche, lo strato colturale e lo strato vegetale possono assolvere tale funzione



Sulla base di **quali parametri** si selezionano le piante più adatte ai tetti verdi?

I **parametri di valutazione** sulla base dei quali selezionare le piante più adatte all'impiego su tetti verdi sono:

- La capacità di sopravvivenza complessiva
- Lo stato di salute e il vigore
- La tolleranza del caldo e della siccità
- Il grado di manutenzione e cura richieste
- La resistenza al freddo



2 | COPERTURE A VERDE PENSILE



In commercio sono disponibili **pacchetti di completamento** delle chiusure orizzontali progettati e certificati per l'installazione di tetti verdi estensivi e intensivi

Optigrün tipo «tetto economico»

Peso: 80-100 kg/m²

Spessore: 80mm

Inclinazione falda: 0-5°

Tipo di vegetazione: sedum, erbe,
crassulacee

Ritenzione idrica: 50-60%

Coefficiente di deflusso: 0.6-0.5

<https://www.optigreen.com/optigruen/optigruen-international-ag/>



2 | COPERTURE A VERDE PENSILE



Optigrün tipo «tetto leggero»

Peso: 40-50 kg/m²

Spessore: 50mm

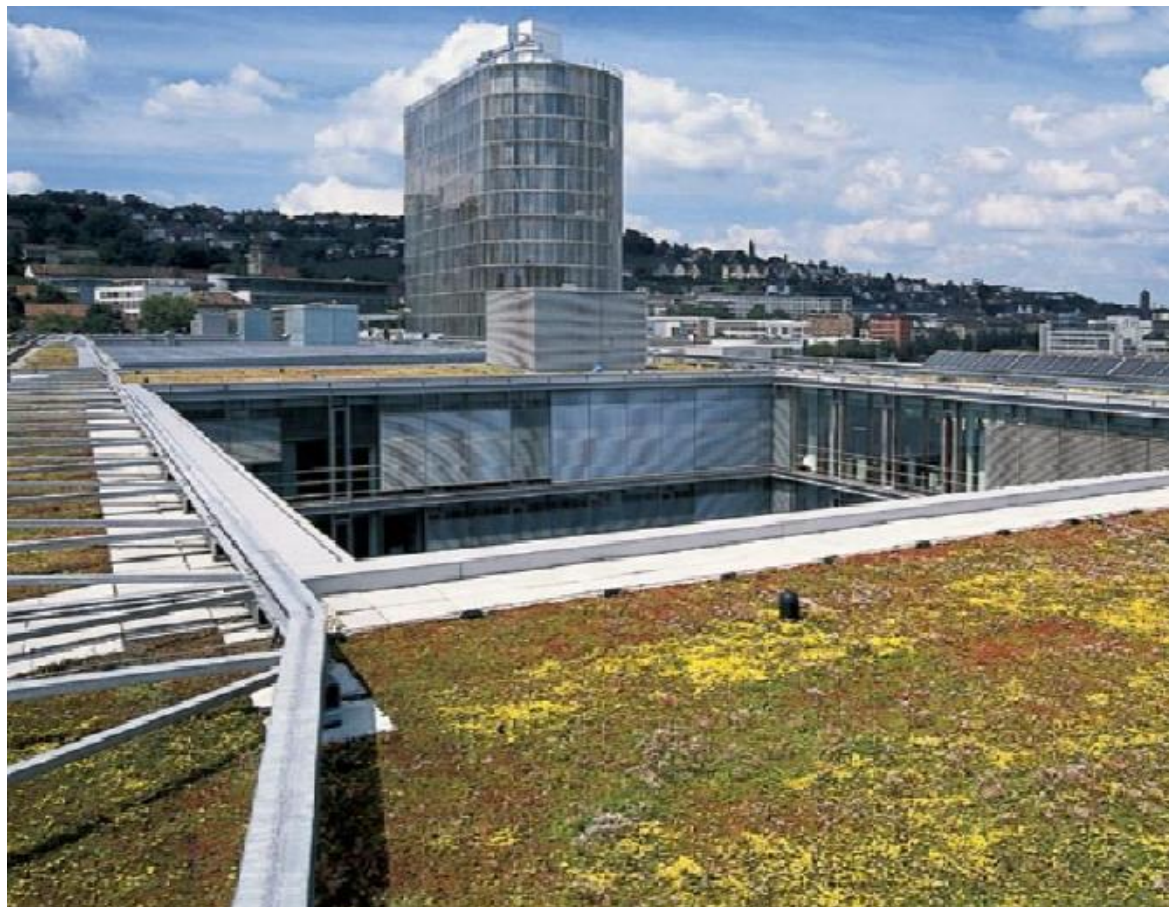
Inclinazione falda: 0-5°

Tipo di vegetazione: sedum,
muschi

Ritenzione idrica: 40-50%

Coefficiente di deflusso: 0.7-0.5

<https://www.optigreen.com/optigruen/optigruen-international-ag/>



2 | COPERTURE A VERDE PENSILE



Optigrün tipo «tetto naturale»

Peso: 100-170 kg/m²

Spessore: 50mm

Inclinazione falda: 0-5°

Tipo di vegetazione: sedum,
erbacee e graminacee

Ritenzione idrica: 50-70%

Coefficiente di deflusso: 0.3-0.5



<https://www.optigreen.com/optigruen/optigruen-international-ag/>

2 | COPERTURE A VERDE PENSILE



Optigrün tipo «tetto inclinato»

Peso: 80-180 kg/m²

Spessore: 60-150mm

Inclinazione falda: 5-40°

Tipo di vegetazione: sedum,
muschi fino a 8cm di spessore,
erabacee e graminacee fino a
15cm di spessore

Ritenzione idrica: 50-70%

Coefficiente di deflusso: 0.3-0.5

<https://www.optigreen.com/optigruen/optigruen-international-ag/>



2 | COPERTURE A VERDE PENSILE



Optigrün tipo «tetto giardino»

Peso: 300-450 kg/m²

Spessore: 250-350mm

Inclinazione falda: 0-5°

Tipo di vegetazione: arbusti,
cespugli, piante, tappeto erboso

Ritenzione idrica: 50-95%

Coefficiente di deflusso: 0.3-0.05

<https://www.optigreen.com/optigruen/optigruen-international-ag/>



2 | COPERTURE A VERDE PENSILE



-20%

domanda di energia

Gli obiettivi stabiliti dalla **Direttiva 2009/19/CE (Europa 20-20-20)** rispetto alle fonti di produzione dell'energia, hanno comportato, tra gli altri effetti, l'affermazione di un **ruolo strategico e centrale della produzione di energia per gli edifici da fonti rinnovabili**

+20%

energie rinnovabili

-20%

emissioni gas serra



Come precedentemente accennato, la filosofia che sottende al contenuto della normativa sulla riduzione dei consumi energetici degli edifici si sostanzia in **tre obiettivi**:

1

Risparmiare energia

Migliorando le prestazioni dell'involucro

2

Migliorare l'efficienza energetica

Migliorando le prestazioni dell'impianto

3

Usare fonti energetiche rinnovabili

Fotovoltaico, solare termico, geotermico, ecc.



Come precedentemente accennato, la filosofia che sottende al contenuto della normativa sulla riduzione dei consumi energetici degli edifici si sostanzia in **tre obiettivi**:

1

Risparmiare energia

Migliorando le prestazioni dell'involucro

2

Migliorare l'efficienza energetica

Migliorando le prestazioni dell'impianto

3

Usare fonti energetiche rinnovabili

Fotovoltaico, solare termico, geotermico, ecc.



Oggi più che mai, emerge quindi la **necessità progettuale** di definire le modalità e le tecnologie attraverso cui **integrare lo sfruttamento delle rinnovabili negli edifici**. Le **chiusure orizzontali superiori** offrono, in questo caso e se ben progettate, un campo applicativo di **validata efficacia** per quanto riguarda l'integrazione di sistemi fotovoltaici e solari termici per lo sfruttamento dell'energia solare





Le modalità di realizzazione dei pannelli fotovoltaici sono diverse, e si contraddistinguono per le varie tipologie di moduli impiegati. I più diffusi sono:

1 Pannelli monocristallini

Sono realizzati utilizzando un singolo cristallo di silicio, ed è proprio nella purezza del materiale che risiede il motivo della loro alta efficienza (rendimento variabile tra 14-17%). Un modulo monocristallino standard ha una **dimensione di circa 100x200 cm**, con potenza variabile tra 180-200W.



Le modalità di realizzazione dei pannelli fotovoltaici sono diverse, e si contraddistinguono per le varie tipologie di moduli impiegati. I più diffusi sono:

2

Pannelli policristallini

Sono realizzati a partire da **più cristalli di silicio**, ricavati dal riciclo degli scarti dell'industria elettronica. Hanno la stessa dimensione dei precedenti, con potenza media tra 150-200W. Presentano valori di efficienza variabili tra 11-14%



3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE

Le modalità di realizzazione dei pannelli fotovoltaici sono diverse, e si contraddistinguono per le varie tipologie di moduli impiegati. I più diffusi sono:

3 Silicio amorfo (film sottile)

Il silicio in questo caso viene disposto uniformemente su superfici plastiche o vetrate, in modo da formare un unico **film sottile di spessore ridotto** (inferiore al millimetro). Vengono prodotti in rotoli flessibili che ne garantiscono la totale **integrabilità in copertura**. I moduli sono però caratterizzati da rendimenti inferiori rispetto ai pannelli mono o policristallini.



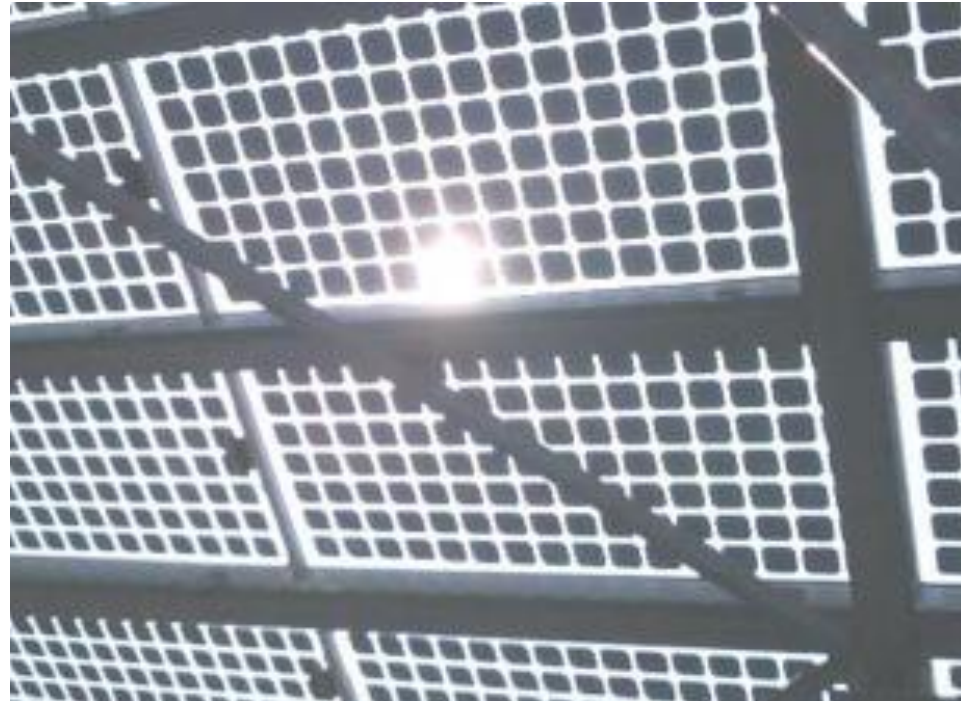
3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE

Le modalità di realizzazione dei pannelli fotovoltaici sono diverse, e si contraddistinguono per le varie tipologie di moduli impiegati. I più diffusi sono:

4

Semitrasparenti

Sono realizzati in modo da consentire il passaggio della luce attraverso gli spazi tra una cella e l'altra. Possono essere realizzati con la tecnica del **vetro-vetro** o del **vetro-back sheet** **plastico trasparente**. Ciascuna cella ha dimensioni standard 10x10.



3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE

Le modalità di realizzazione dei pannelli fotovoltaici sono diverse, e si contraddistinguono per le varie tipologie di moduli impiegati. I più diffusi sono:

5

Building Integrated PV Technology (BIPV)

Si tratta di sistemi ad **integrazione costruttiva ed architettonica di elementi fotovoltaici nell'involucro edilizio**. Il componente viene quindi utilizzato come parte integrante delle chiusure esterne (generalmente in quelle verticali), come dispositivo di protezione solare (frangisole) o come elemento «accessorio» (pensilina, parapetto, ecc.)

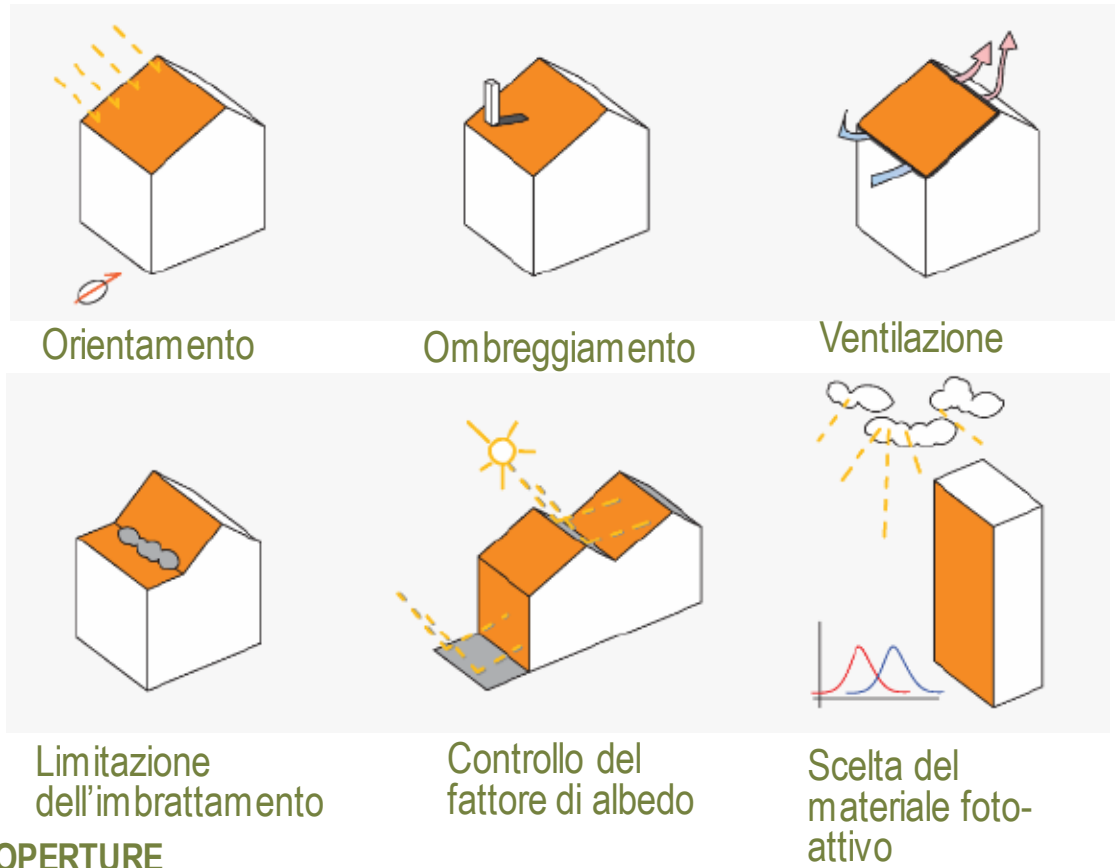


3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE

I requisiti di progettazione

Per poter usufruire al meglio dell'energia ricavata dai moduli fotovoltaici è necessario, in fase di progettazione della copertura, **rispondere ai seguenti requisiti:**

- Orientamento
- Ombreggiamento
- Ventilazione
- Limitazione dell'imbrattamento
- Controllo del fattore di albedo
- Scelta del materiale foto-attivo



3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE



Le modalità di integrazione



Integrazione di
pannelli PV in
copertura



Integrazione di
pannelli PV in
facciata



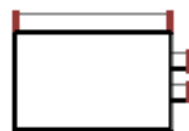
Integrazione di
pannelli PV come
frangisole



Integrazione di
pannelli PV come
frangisole verticale



Integrazione di
pannelli PV con
sistema vetro-vetro



Integrazione di pannelli
PV per la realizzazione
di **parapetti**



Integrazione di sistemi
a **film sottile** in
elementi di **copertura**

3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE

Alcuni esempi...



Integrazione di pannelli
PV in copertura

Quartiere BedZED
Bill Dunster
Londra (UK) | 2002



3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE



Integrazione di pannelli
PV in **copertura**

Quartiere BedZED

Bill Dunster

Londra (UK) | 2002



3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE



Integrazione di pannelli
PV in **copertura**

Quartiere Vauban
Rolf Disch, Solar Architektur
Friburgo (D) | 2006



3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE



Integrazione di pannelli
PV in **copertura**

Home for Life
AART Architects
Lvstrup (DK) | 2008



3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE



Integrazione di pannelli
PV in copertura

Monte Rosa HUT
UHT Studio
Zermatt (CH) | 2009



3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE



Integrazione di pannelli
PV in **facciata**

Nuovo Centro in Ambienti Virtuali e ICT Lucca (IT) | 2011



3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE



Integrazione di pannelli
PV in **facciata**

Nuovo Centro in Ambienti Virtuali e ICT Lucca (IT) | 2011



3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE



Nuovo Centro in Ambienti Virtuali e ICT
Lucca (IT) | 2011



3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE



Integrazione di pannelli
PV in **copertura**



Energiehäus
Architekten Stein Hemmes Wirtz
Farschweiler (D) | 2011



3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE



Integrazione di pannelli
PV in **copertura**



Le Albere
Renzo Piano Building Workshop
Trento (IT) | 2013

3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE



Integrazione di pannelli
PV come frangisole

Le Albere
Renzo Piano Building Workshop
Trento (IT) | 2013

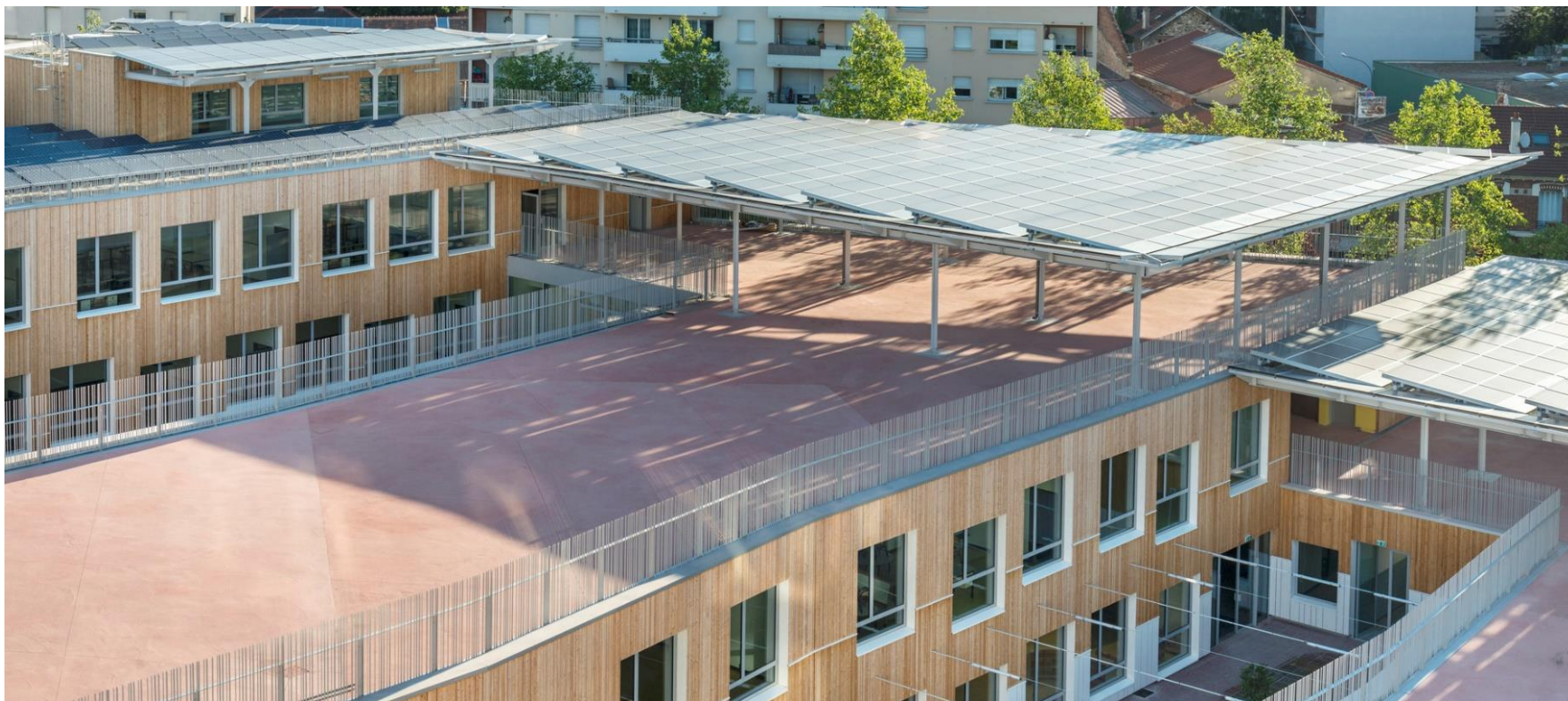


3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE



Integrazione di pannelli
PV come frangisole

Zero Energy School
Mik.S Studio
Saint-Ouen (FR) | 2013



3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE



Integrazione di pannelli
PV come frangisole

Zero Energy School
Mik.S Studio
Saint-Ouen (FR) | 2013



3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE



Integrazione di pannelli
PV come **frangisole**

Riqualificazione di un edificio residenziale a Kapfenberg

Nussmüller Architekten
Kapfenberg (A) | 2013



3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE



Integrazione di pannelli
PV come **frangisole**

Riqualificazione di un edificio residenziale a Kapfenberg

Nussmüller Architekten
Kapfenberg (A) | 2013



3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE



Integrazione di sistemi a **film sottile** in elementi di **copertura**

Rhome for denCity
Università degli Studi Roma 3
Solar Decathlon Europe | 2014



3 | IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO NELLE COPERTURE