



.04

Pannelli in poliuretano espanso rigido  
con rivestimenti flessibili  
**Applicazioni in  
coperture**

Lisa Favilli

# Applicazioni in coperture



**Coperture piane**



**Coperture a falde**

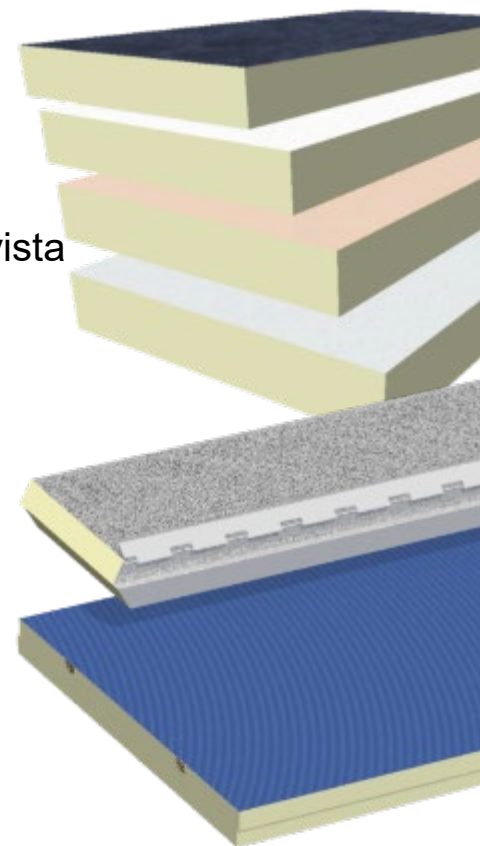
# Applicazioni e tipologie consigliate

Indicati per:

- Coperture piane, pavimentate, carrabili, a giardino pensile, ecc.
- Coperture piane con manto impermeabile, bituminoso o sintetico, a vista
- Coperture a falde non ventilate
- Coperture a falde ventilate

Tipologie consigliate in funzione del tipo di applicazione:

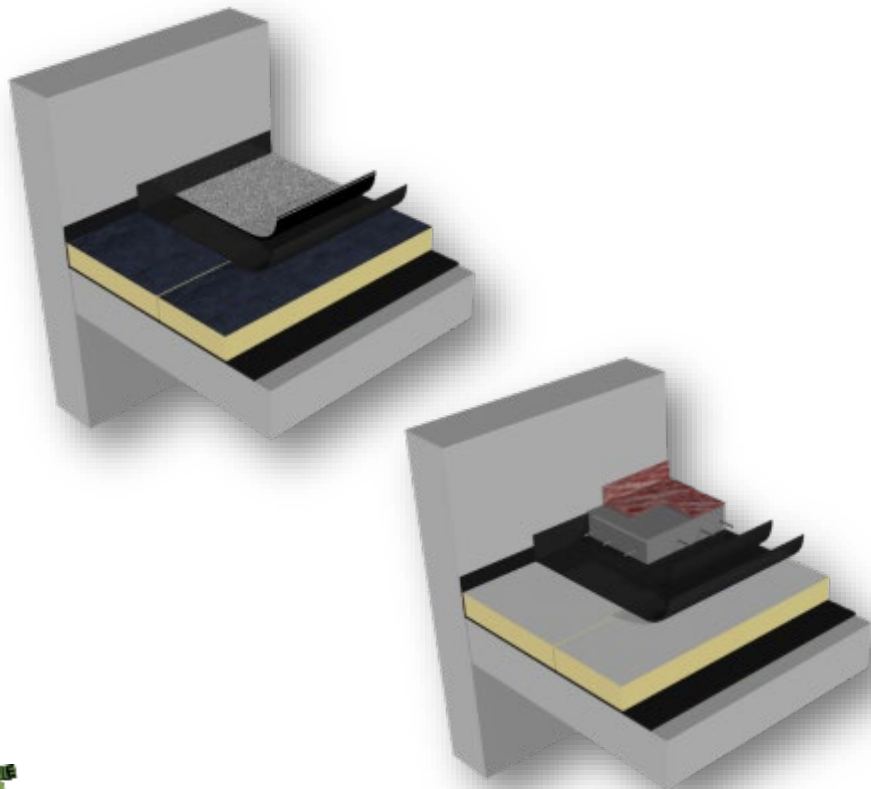
- Rivestimenti in velo di vetro saturato
- Rivestimenti in multistrati gas tight
- Rivestimenti in alluminio o alluminio multistrato
- Rivestimento in velo di vetro bitumato
  
- Soluzioni specifiche per tetti ventilati



# I vantaggi

- Elevate prestazioni isolanti che permettono di utilizzare spessori più bassi velocizzando le operazioni di posa
- Pedonabilità durante la posa
- Compatibilità con tutti i sistemi di impermeabilizzazione, anche quelli a caldo
- Resistenza a temperature di esercizio elevate
- Lavorabilità
- Resistenza a carichi adeguati alle applicazioni
- Possibilità di graduare il livello di permeabilità o impermeabilità al vapore in funzione delle esigenze applicative

## Coperture Piane – Tetto Caldo



- Lo strato isolante è posto al di sotto del manto impermeabile e sopra la barriera al vapore, se presente
- In presenza di una barriera al vapore la sua resistenza al passaggio del vapore deve essere superiore a quella del manto impermeabile
- Il manto impermeabile può essere lasciato a vista o si possono realizzare coperture a terrazza, carrabili, a giardino pensile, ecc.

## I vantaggi della soluzione



- Tecnologia applicativa consolidata sviluppata da aziende specializzate che nel corso degli anni hanno prodotto codici di buona pratica, linee guida, norme tecniche, polizze assicurative, ecc.
- Coibentazione leggera che non grava sulle strutture
- Soluzione di larghissimo impiego nell'edilizia commerciale e industriale
- Sistema applicativo rapido ed economico
- Le soluzioni pavimentate o a giardino pensile permettono la fruizione della copertura

Prestazioni richieste:

## Resistenza alle temperature elevate e agli shock termici

- Soprattutto per le coperture con manto impermeabile a vista è indispensabile la resistenza dello strato isolante agli sbalzi termici.
- Studi condotti da IUAV (Architettura Venezia) hanno valutato che possono essere raggiunte temperature superiori a 80-90°C con sbalzi termici giornalieri anche di 50-60°C

Temperature massime e minime superficiali ( $\alpha = 0,9$ )							
	Spessore strato isolante	Milano		Roma		Palermo	
		T massima	T minima	T massima	T minima	T massima	T minima
Copertura cls	PU 50 mm	67,7	12,5	72,7	11,1	80,3	17
	PU 100 mm	66,6	12,9	73,2	11	80,9	16,9
	PU 200 mm	66,6	12,9	70,4	11,7	77,4	18
Copertura laterizio	PU 50 mm	67,7	12,5	72,7	11,2	80,3	17
	PU 100 mm	68,2	12,4	73,2	11	81	17
	PU 200 mm	65,9	13,1	70,6	11,7	78,3	17,8



Prestazioni richieste:

## Resistenza alle temperature elevate e agli shock termici



- I poliuretani sono termoindurenti e come tali non subiscono deformazioni o cambiamenti di stato al variare della temperatura.
- Possono essere utilizzati, in condizioni di esercizio continue, in un range di temperature molto ampio che va dai - 40° C fino a +110° C.
- Sono disponibili appositi pannelli che per brevi periodi possono raggiungere temperature superiori ai + 110 °C. Questa caratteristica è particolarmente importante nell'applicazione sotto manti impermeabili che richiedono la sigillatura a caldo dei teli o la posa mediante spalmatura di bitume fuso (+100 / +200 °C).



TETTO  
CALDO

Prestazioni richieste:

## Pedonabilità in cantiere e Resistenza meccanica



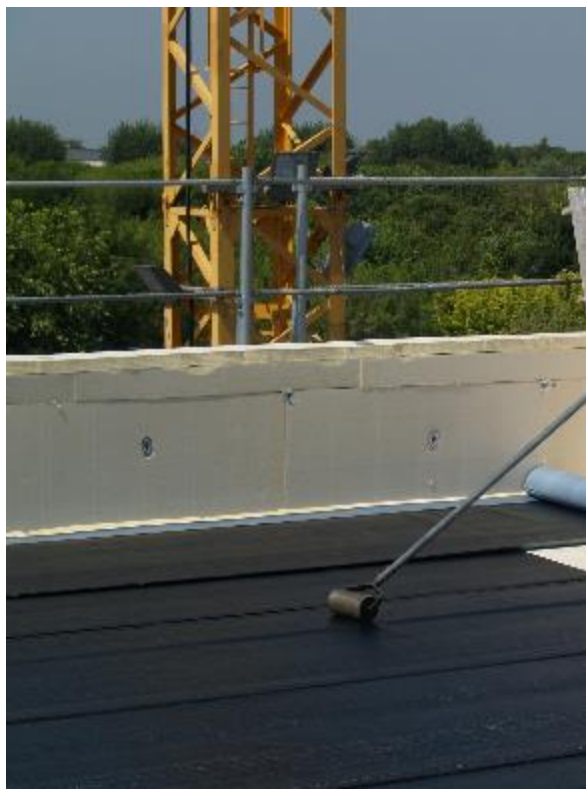
- Prestazione indispensabile non solo per le coperture pavimentate, ma anche per quelle con manto a vista che possono occasionalmente essere utilizzate per manutenzioni, posizionamento impianti, ecc.
- I pannelli in poliuretano espanso rigido sono idonei a sopportare carichi statici e dinamici molto gravosi come, ad esempio, quelli previsti da coperture carrabili.

TETTO  
CALDO

Prestazioni richieste:

## Compatibilità con materiali e tecniche applicative

- È necessario garantire la compatibilità e il mantenimento della coesione tra i diversi strati funzionale della copertura
- I pannelli in poliuretano espanso rigido offrono:
  - Compatibilità con bitumi
  - Compatibilità con tutti i collanti di natura organica
  - Ottima resistenza ai fissaggi meccanici valutata secondo il Pull Through Test (carico di estrazione del vento)



TETTO  
CALDO

Prestazioni richieste:

## Comportamento al fuoco

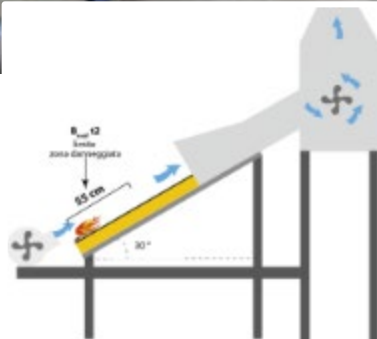
- Per valutare il comportamento dei materiali installati in copertura, in caso di **incendio dall'esterno**, si utilizza la norma armonizzata europea UNI EN 13501-5
- La norma prevede 4 diverse modalità di prova (t1, t2, t3, t4) descritte in UNI CEN/TS 1187
- In tutte le modalità di prova la classe migliore ottenibile è la classe  $B_{\text{roof}}$
- Gli stati membri sono liberi di adottare uno o più dei metodi di prova descritti.



## Test $B_{\text{roof}}(t2)$

- È il test più utilizzato per la valutazione del comportamento delle membrane impermeabili
- Consente di estendere il risultato ottenuto a pacchetti di copertura simili (diverse inclinazioni della copertura e diversi spessori di materiale isolante)
- È citato nel documento «Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici» che prevede, al caso 3A, l'idoneità di coperture  $B_{\text{roof}}(t2)$  o  $(t3)$  o  $(t4)$  all'installazione di pannelli fotovoltaici in classe 2 di reazione al fuoco
- La Guida per l'installazione di impianti fotovoltaici è il primo documento ufficiale italiano (non cogente e limitato agli edifici sottoposti a prevenzione incendi) che tratta il tema del pericolo di incendi in copertura con fuoco proveniente dall'esterno.

## Test $B_{\text{roof}}$ (t2): modalità di prova



- La prova è effettuata su un pacchetto costituito da un supporto, inclinato di 30°, uno strato isolante ed una membrana impermeabile.
- Si appoggia sulla membrana un tizzone incendiato e si attiva una ventilazione di 2 o 4 m/s in presenza di una forza aspirante di 6 m/s.
- Allo spegnimento spontaneo dell'incendio, o al termine dei 15 min previsti per la durata del test, si misura la propagazione del fuoco verso l'alto.
- **Per ottenere la classe  $B_{\text{roof}}$  il tratto danneggiato non deve superare i 55 cm**

TETTO  
CALDO

## Test $B_{\text{roof}}$ (t2): prove comparative

### PANNELLO PU (PIR)

- Euroclasse B s 1 d0
- Spessore 70 mm
- Densità 47 kg/m<sup>3</sup>

### PANNELLO MW

- Euroclasse A1
- Spessore 100 mm
- Densità media 110 kg/m<sup>3</sup>

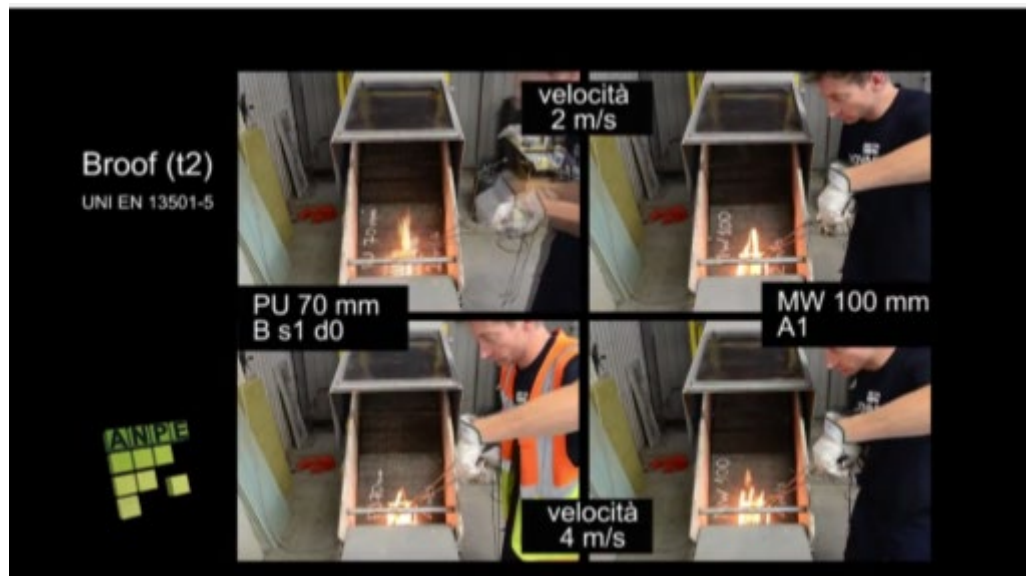
### MEMBRANA BITUMINOSA

allo scopo di valutare meglio il contributo alla propagazione dell'incendio del solo materiale isolante, è stata utilizzata una membrana priva di agenti ritardanti di fiamma e classificata  $F_{\text{roof}}$  (t2)





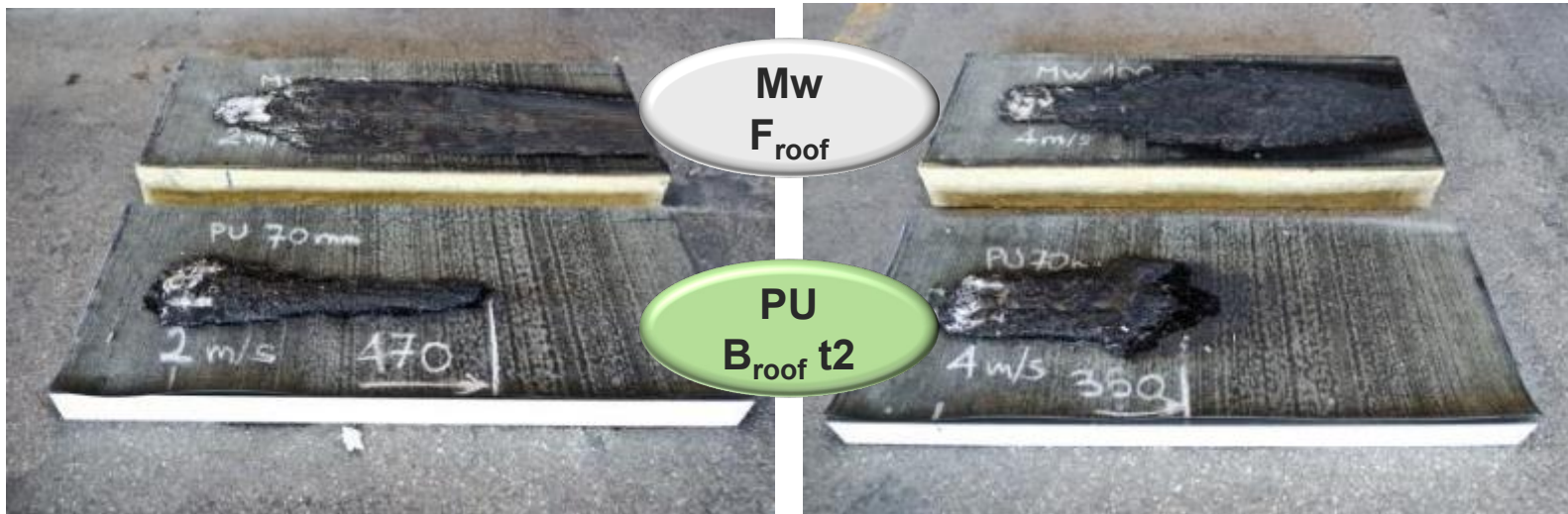
## Le prove comparative



## I risultati: la classificazione

Pacchetto con Pannello PU:  $B_{\text{roof}} t2$

Pacchetto con Pannello MW:  $F_{\text{roof}}$

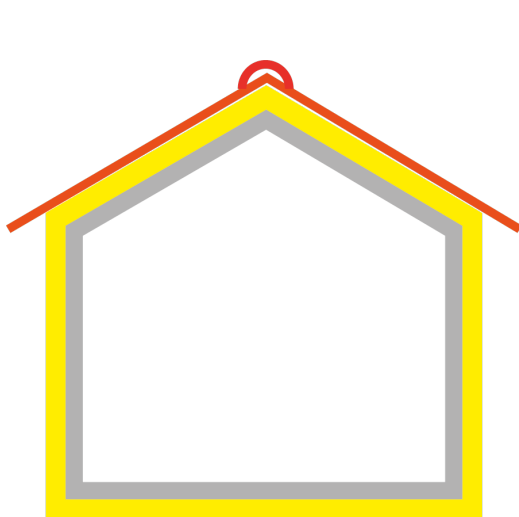


### I risultati: considerazioni

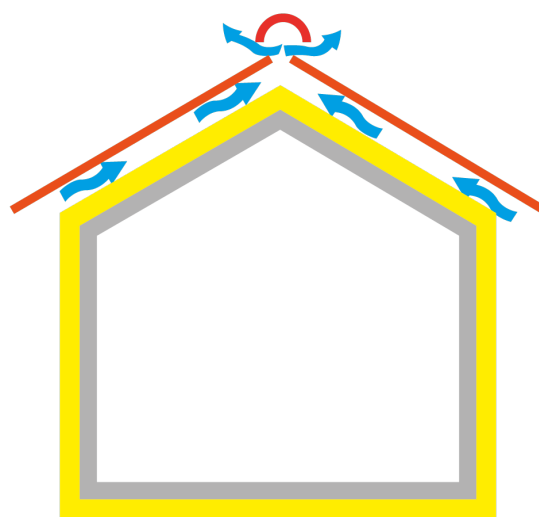
Il pannello PU testato, grazie alla carbonizzazione della schiuma e al contributo del particolare rivestimento utilizzato, costituisce una efficace barriera contro la propagazione delle fiamme.



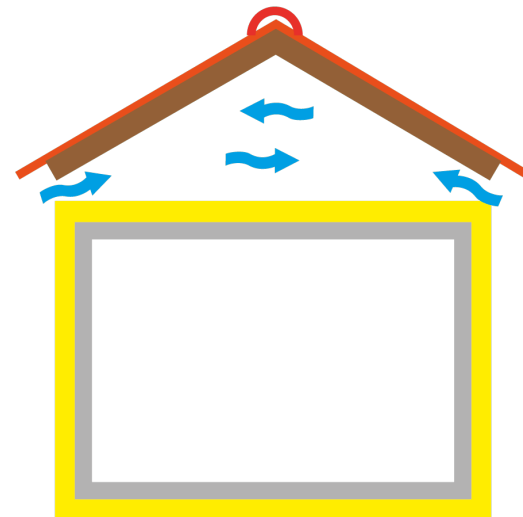
## Definizione norma UNI 8627



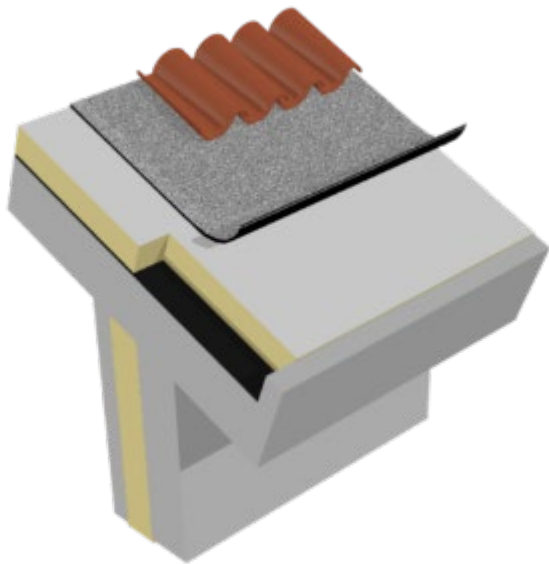
Non ventilata



Ventilata



Ventilata sotto tetto

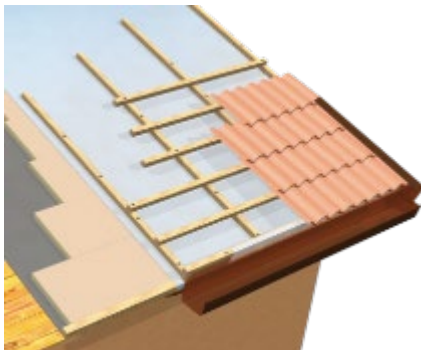


## Non ventilate con manto impermeabile

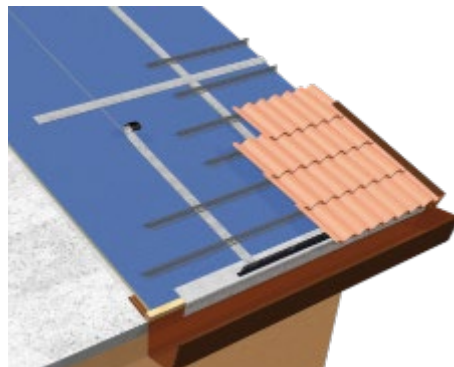
- Soluzione a tetto caldo con l'isolante posto al di sotto dello strato impermeabile
- Realizzabile con diverse tipologie di pannelli da selezionare anche in funzione del tipo di fissaggio previsto per il manto impermeabile (a caldo o con fissaggi meccanici)
- Il manto impermeabile protegge l'opera durante la posa degli elementi di copertura e in caso di loro rotture o spostamenti accidentali
- I manti impermeabili con finitura ardesiata ostacolano lo scivolamento degli elementi di copertura in caso di assenza di listellatura di sostegno

## COPERTURE DISCONTINUE A FALDE

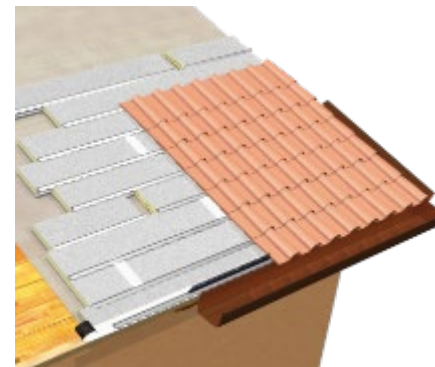
# Soluzioni ventilate



Diverse tipologie di pannelli e doppia listellatura per ventilazione e aggancio di coppi/tegole



Pannelli con rivestimento impermeabile all'acqua e permeabile al vapore e con listelli in legno inglobati nella schiuma utilizzati per il fissaggio sia del pannello alla struttura e sia del profilo di ventilazione e aggancio di coppi/tegole



Pannelli con rivestimento impermeabile in alluminio gofrato e con inglobato un profilo metallico preforato per la ventilazione e l'aggancio di coppi/tegole.



## COPERTURE DISCONTINUE A FALDE



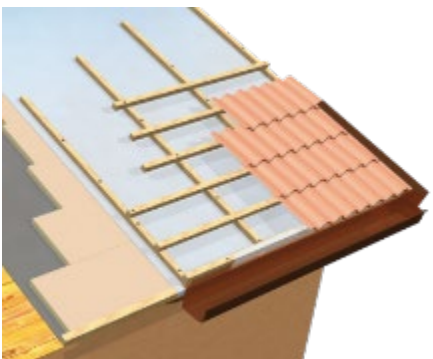
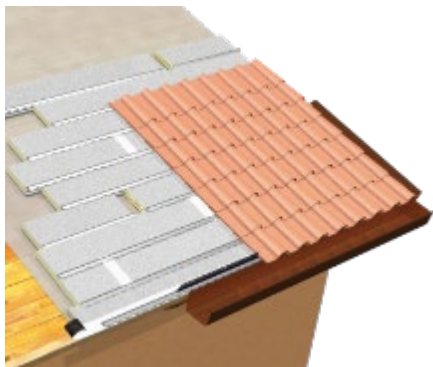
- Le verifiche estive sono richieste per le zone con irradianza al suolo maggiore o uguale a  $290 \text{ W/m}^2$  nel mese di massima insolazione.
- Esclusa la zona climatica F.
- Esclusi gli edifici adibiti ad attività sportive e assimilabili (E6) e quelli adibiti ad attività industriali, artigianali e assimilabili (E8)

## Coperture leggere e benessere estivo

Per garantire il benessere estivo il DM «Metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche...» 26/6/2015, prevede per le coperture di nuovi edifici, ampliamenti e ristrutturazioni di primo livello la verifica del: Modulo di Trasmittanza Termica Periodica  $Y_{ie} < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Il parametro di Trasmittanza termica periodica può essere rispettato anche utilizzando strutture di copertura leggere

# COPERTURE DISCONTINUE A FALDE



## Verifica Trasmissione Termica Periodica

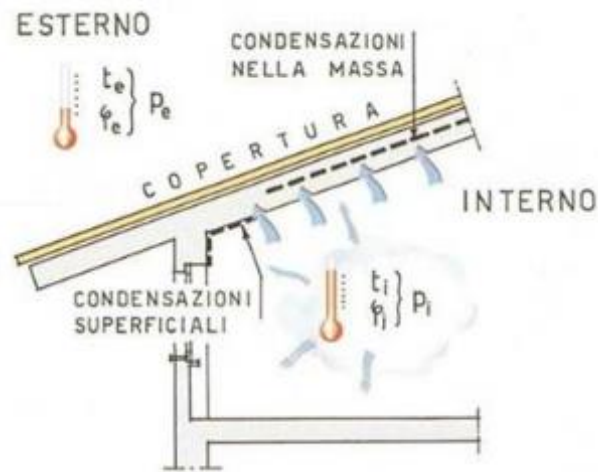
Stratigrafia	s	$\rho$	$\mu$	c	$\lambda$	R
(int-est)	[cm]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/kgK]	[W/mK]	[m <sup>2</sup> K/W]
Strato liminare interno						0,10
Tavolato in legno	2,5	600	50	2720	0,220	
Membrana traspirante	0,2	1000	30	1000	0,230	
<b>pannello PU</b>	<b>10,0</b>	<b>35</b>	<b>56</b>	<b>1464</b>	<b>0,022</b>	
aria	4,0	1	1	1000		0,15
coppi o tegole	2,0	1800	7	837	0,360	
Strato liminare esterno						0,04

<b>Trasmittanza termica periodica (<math>Y_{ie}</math>)</b>	<b>0,143 W/m<sup>2</sup>K</b>
Resistenza termica (R)	5,095 m <sup>2</sup> K/W
<b>Trasmittanza termica (U)</b>	<b>0,196 W/m<sup>2</sup>K</b>

10 cm di poliuretano garantiscono il comfort estivo e invernale e limitano i consumi energetici in tutte le stagioni

## COPERTURE DISCONTINUE A FALDE

# Termoigrometria delle coperture discontinue



La copertura deve ridurre le dispersioni termiche e deve essere realizzata in modo che non si creino situazioni termoigrometriche critiche (soprattutto in inverno quando gli ambienti interni sono riscaldati e le temperature esterne sono ridotte).

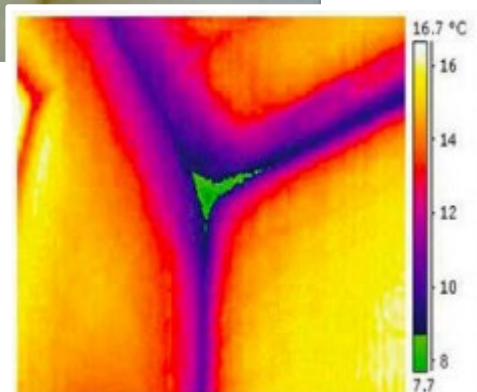
Queste situazioni possono portare alla formazione di condensazioni del vapor d'acqua di due tipi:

- superficiali (su soffitti, angoli tra pareti, ecc.)
- interstiziali, all'interno della copertura stessa (negli strati isolanti, ecc.)

La presenza di acqua (di condensa) a contatto degli elementi edilizi può portare a:

- Degrado di rivestimento e strutture
- Peggioramento del potere isolante dei materiali

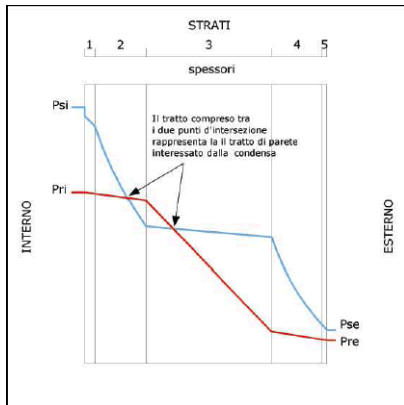
## COPERTURE DISCONTINUE A FALDE



## Condensazioni superficiali

- Le condensazioni superficiali si possono formare quando l'aria, ad una certa temperatura e con un certo tasso di umidità, si raffredda al contatto di superfici che sono a temperatura inferiori. In questo caso se il vapor d'acqua contenuto nell'aria viene a risultare superiore alla quantità di saturazione per la nuova temperatura più bassa, il vapore in eccesso si condensa.
- In carenza di areazione dei locali, sulle pareti soggette al fenomeno di condensazione vi è la formazione di muffe.
- Aumentando la resistenza termica  $R$  del sistema la temperatura superficiale interna  $t_{si}$  aumenta e tende ad avvicinarsi alla temperatura ambiente  $t_i$ , ovviando alle condensazioni superficiali.

# COPERTURE DISCONTINUE A FALDE



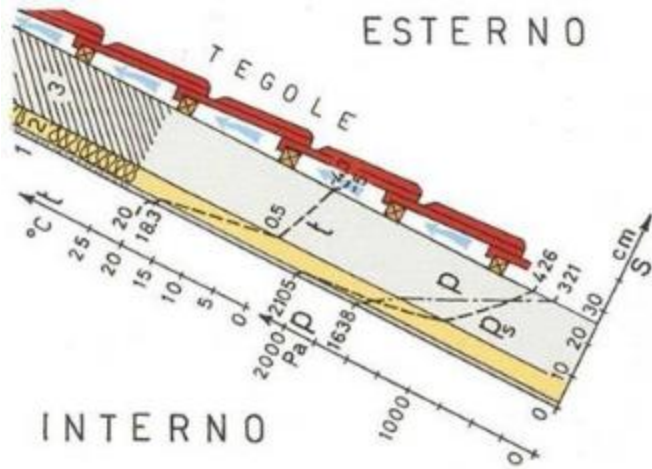
## Condensazioni interstiziali

Le condensazioni all'interno degli elementi edilizi, dipendono prevalentemente dal fatto che il vapor d'acqua tende a spostarsi per effetto del fenomeno di diffusione del vapore attraverso i materiali edili, spesso porosi.

### DIFFUSIONE DEL VAPORE:

- Questo fenomeno si riscontra in clima invernale quando negli ambienti riscaldati si hanno pressioni parziali del vapor d'acqua maggiori di quelle esterne creando una tendenza del vapore a spostarsi dall'interno verso l'esterno diffondendosi all'interno degli strati porosi delle strutture edilizie.
- A seconda dell'andamento della temperatura nei vari strati, si possono creare in certe zone valori della pressione del vapore tali da raggiungere il valore di saturazione con conseguenti condensazioni.

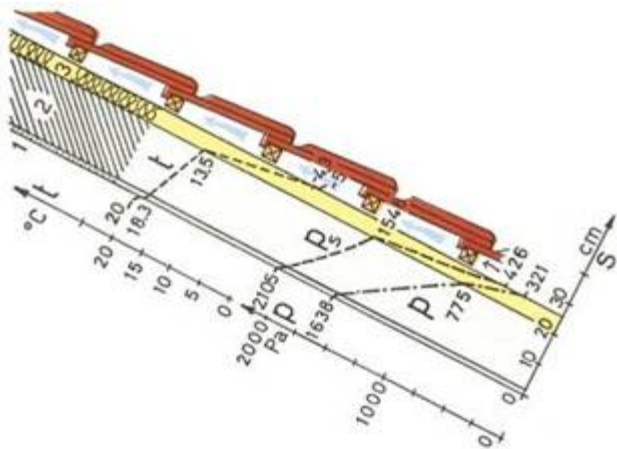
## Strato isolante applicato dall'interno della struttura



- Con lo strato isolante spostato verso l'interno, gran parte degli strati della copertura hanno temperature vicine a quella esterna, le pressioni di saturazione del vapore corrispondenti sono piuttosto ridotte e facilmente raggiungibili da parte del vapore diffuso
- Nella zona di separazione tra l'isolamento termico e la struttura continua della copertura vi è la possibilità che si creino condensazioni.



## Strato isolante applicato all'esterno della struttura



- Con lo strato isolante spostato verso l'esterno, gli strati sottostanti sono a temperature piuttosto vicine a quelle interne, le pressioni di saturazione sono più alte e più difficilmente raggiungibili.
- Inoltre se verso l'interno si hanno strati che si oppongono alla diffusione del vapore (struttura) e verso l'esterno strati che ne consentono la diffusione (manto di tegole), la pressione del vapore si stabilizza su valori che difficilmente raggiungono i valori di saturazione.

# Coibentazione e ventilazione

La ventilazione agisce sul comportamento termoigrometrico delle coperture ed i suoi effetti sono:

## ESTATE

- Attivazione dei ricambi d'aria all'interno dell'intercapedine grazie al moto convettivo
- Espulsione dell'aria riscaldata prima che trasmetta il calore agli ambienti sottostanti
- Eliminazione del ristagno di umidità al di sotto dello strato impermeabilizzante

## INVERNO

- Smaltimento verso l'esterno del vapore proveniente dagli ambienti riscaldati
- Smaltimento regolare del manto nevoso in copertura



# COPERTURE DISCONTINUE A FALDE



## UNI 9460:2008 Coperture discontinue - Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione di coperture realizzate con tegole di laterizio o calcestruzzo

La ventilazione sottotegola, avviene generalmente con flussi d'aria naturali tra la linea di gronda ed il colmo e per passaggio attraverso i giunti delle tegole...

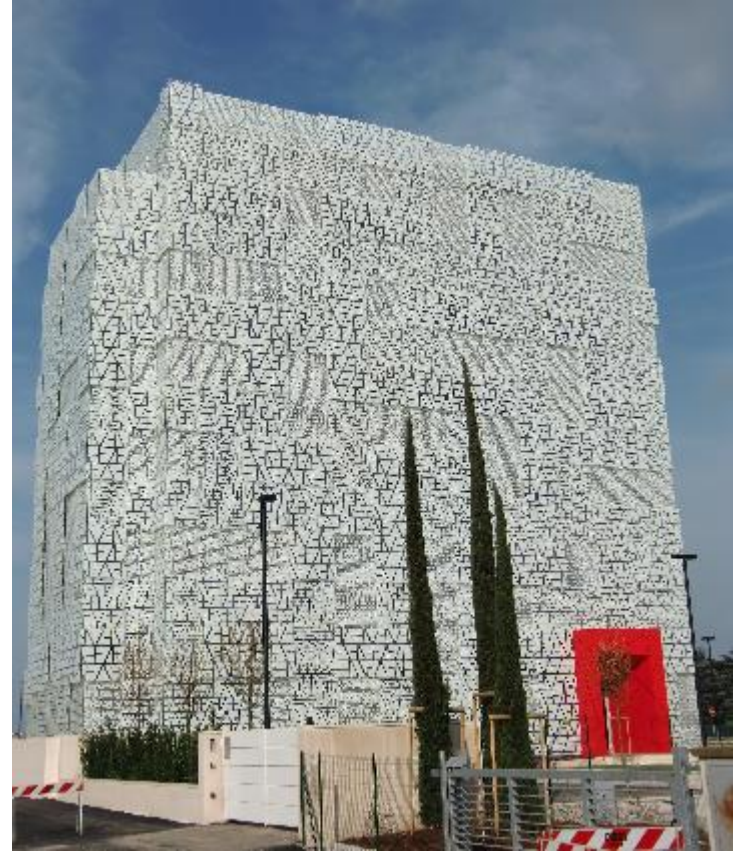
..nel caso in cui non sia prioritaria l'esigenza della massima ventilazione estiva e in presenza di lunghi periodi con ambiente umido, possono essere adottate coperture che assicurino lo smaltimento di eventuale vapore d'acqua accumulatosi nella copertura, sia in inverno che nelle stagioni intermedie, con uno spessore dell'intercapedine tale da assicurare una sezione libera di almeno  $200 \text{ cm}^2$  per metro di larghezza della falda.

..deve essere assicurata sulla copertura una adeguata sezione di ingresso dell'aria in corrispondenza della linea di gronda e di uscita in corrispondenza del colmo. Tale sezione è ottenibile con fessure continue o discontinue, protette dall'ingresso di volatili e insetti.

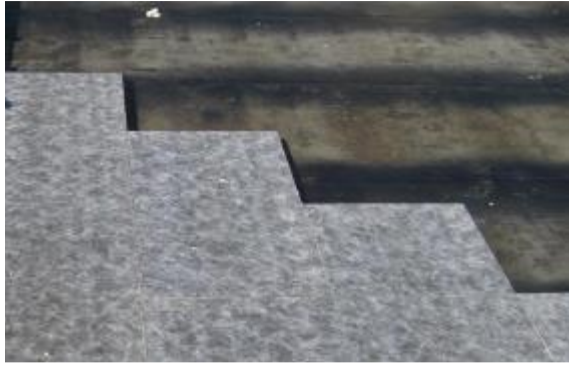
DIN 4108-3:2001

Anche la normativa tedesca di riferimento (DIN 4108-3) prevede per assicurare una ventilazione sottotegola una sezione libera di almeno  $200 \text{ cm}^2$  per metro di larghezza della falda.

# Sede Akron - Imola



# Mercedes Benz – Fiano Romano (Roma)





# Fabbrica del vapore - Milano





# Residenziale – Galliate (NO)



Casa Attiva



# Asilo Nido BabyLife - Milano





# Villa: rifacimento copertura – Iseo



# Villa – Trezzo Tinella (CN)



Casa attiva





# M9 – Mestre - Venezia



# Squero - Venezia





# Villa – Anguillara Sabazia (Roma)



Classe A+  
CasaClima Gold





# CERN - Ginevra



# Ricostruzione zona sismica – Norcia (PG)



# Stabilimento Industriale - Medolla





# Museo Burri – Città di Castello





.04

**Grazie per l'attenzione**

Lisa Favilli  
[www.poliuretano.it](http://www.poliuretano.it)