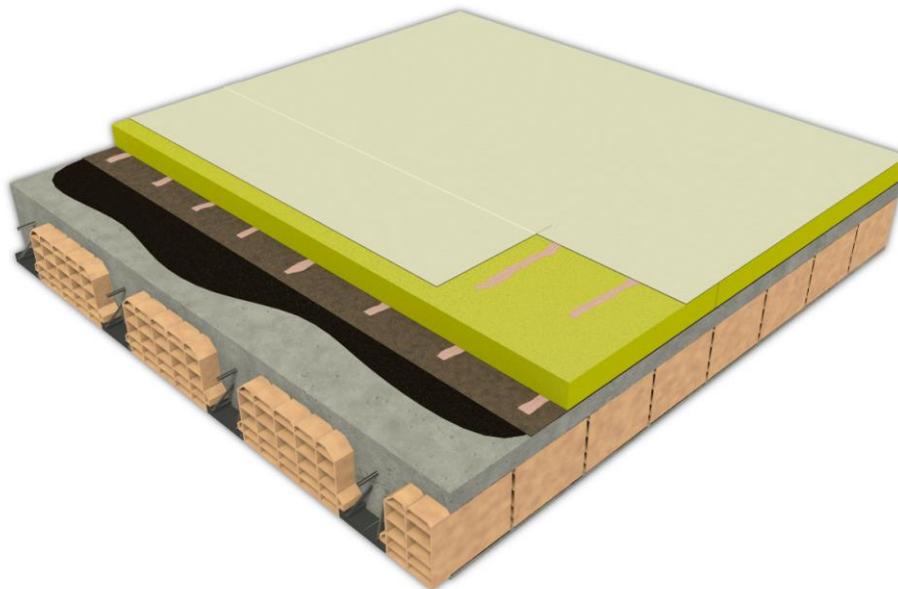




ISOLAMENTO TERMICO DELLE COPERTURE

MANUALE ANIT DI APPROFONDIMENTO TECNICO

Maggio 2016



Tutti i diritti sono riservati.

Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta o divulgata senza l'autorizzazione scritta di ANIT.

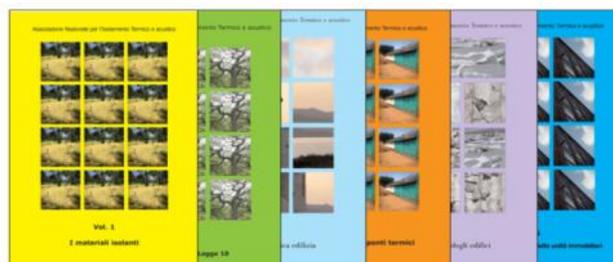
I MANUALI ANIT

ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico, pubblica periodicamente **GUIDE** e **MANUALI** di chiarimento sull'efficienza energetica e l'isolamento acustico degli edifici. Gli argomenti trattati riguardano la normativa di riferimento, le tecnologie costruttive, le indicazioni di posa e molto altro.

Le **GUIDE** analizzano le leggi e le norme del settore e sono riservate ai Soci.

I **MANUALI** invece, caratterizzati da un taglio più pratico e realizzati in collaborazione con le Aziende ANIT, sono scaricabili gratuitamente dal sito www.anit.it

I vari temi sono inoltre approfonditi nei **libri** della collana editoriale ANIT "L'isolamento termico e acustico".



STRUMENTI PER I SOCI

I soci ANIT ricevono



Costante **aggiornamento sulle norme in vigore** con le GUIDE ANIT



Il software **ANIT**, per calcolare **tutti gli aspetti** dell'efficienza energetica e dell'acustica degli edifici



Servizio di **chiarimento tecnico** da parte dello Staff ANIT



Abbonamento alla rivista specializzata **Neo-Eubios**

La quota associativa ha un costo di **€ 95 + IVA** e validità di **12 mesi**. Per informazioni: www.anit.it

MANUALE ANIT REALIZZATO IN COLLABORAZIONE CON



Tutti i diritti sono riservati.

Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta o divulgata senza l'autorizzazione scritta di ANIT. I contenuti sono curati dallo Staff ANIT e sono aggiornati alla data in copertina.

Le informazioni riportate sono da ritenersi comunque indicative ed è sempre necessario riferirsi anche a eventuali documenti ufficiali. Sul sito www.anit.it sono disponibili i testi di legge. Si raccomanda di **verificare sul sito www.anit.it l'eventuale presenza di versioni più aggiornate di questo documento.**

INDICE

1	PREMESSA	2
2	INTRODUZIONE LEGISLATIVA	3
2.1	Le coperture e gli ambiti di intervento	3
2.2	Esclusioni – interventi su edifici esistenti.....	5
3	IL PROBLEMA INVERNALE E IGROTERMICO	6
3.1	Trasmittanza termica U	6
3.2	Coefficiente medio di scambio termico H'_T	9
3.3	Muffe e condense	10
3.4	Verifica del rischio di formazione di muffa e condensazione	13
3.5	Tempi di asciugatura, problematica della continuità del manto	14
4	IL PROBLEMA ESTIVO	16
4.1	Trasmittanza termica periodica Y_{ie}	16
4.2	Riflettanza solare e cool roof.....	19
	ESEMPI DI STRUTTURE IDONEE	21
5	CONTATTI	28

1 PREMESSA

*Il presente documento nasce alla luce della pubblicazione del **DM 26/06/2015**. ANIT fa il punto tecnico-legislativo su cosa cambia rispetto al passato per la progettazione delle coperture. Come di consueto alla teoria si accompagna la proposta di soluzioni tecniche grazie alla collaborazione dell'azienda associata **Polyglass Spa**.*

I temi relativi alle coperture sono diversi: i requisiti minimi di isolamento termico per il problema invernale delle dispersioni, l'approccio serio alla correzione dei ponti termici, il problema del controllo del surriscaldamento estivo, gli ambiti di applicazione e le esclusioni, le possibili interpretazioni di passaggi legislativi.

Scopo del presente documento è di indicare in modo snello e rapido e con possibili soluzioni progettuali come approcciare correttamente alla progettazione di interventi di copertura. E' quindi un manuale dedicato ai professionisti che si occupano trasversalmente della progettazione, direzione lavori e gestione di edifici.

Il documento è così strutturato: una prima parte dedicata alla legislazione nella quale vengono descritti gli ambiti di intervento e le esclusioni presenti nel DM dedicandosi principalmente al tema delle coperture.

Nel secondo capitolo vengono evidenziati i requisiti minimi richiesti al componente "copertura" con un approccio che delinea il requisito minimo e poi viene evidenziato quanto è richiesto. Il lettore potrà quindi analizzare quali sono i principali requisiti e in che momenti si applicano.

Il terzo capitolo è dedicato al problema estivo di controllo del surriscaldamento. Un capitolo che analizza gli aspetti consolidati relativi alla trasmittanza periodica e la parte più delicata relativa al cool roof.

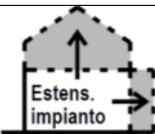
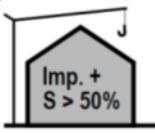
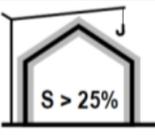
Infine la tecnologia applicata: alcune soluzioni di copertura proposte in collaborazione con Polyglass Spa, azienda associata ad ANIT dal 2002 che produce e commercializza sistemi impermeabili con manti sintetici e membrane in bitume distillato polimero.

2 INTRODUZIONE LEGISLATIVA

2.1 Le coperture e gli ambiti di intervento

Le coperture di edifici definiti di “nuova costruzione” devono essere progettate attentamente ai fini del rispetto del DM 26/06/2015. La progettazione deve prevedere un’attenzione al problema delle dispersioni energetiche invernali con il controllo della **trasmissione termica U** al di sotto di quella di riferimento **U_{ref}**, al problema del surriscaldamento estivo con il controllo della trasmissione termica periodica e dell’attitudine della superficie esterna ad assorbire energia solare ed infine al controllo delle problematiche di condensazione interstiziale e di formazione di muffa sulle superficie interna.

Per capire quali sono gli ambiti di intervento per i quali è necessario progettare le coperture ai fini del rispetto del DM 26/06/2015 segue lo schema elaborato da Anit che descrive gli ambiti e i riferimenti del decreto.

	<p>Nuova costruzione (All.1 Art.1.3)</p> <p>Per edificio di nuova costruzione si intende l’edificio il cui titolo abilitativo sia stato richiesto dopo l’entrata in vigore del DM 26/6/15 (<i>nrd, ovvero dal 1° ottobre 2015</i>)</p>
	<p>Demolizione e ricostruzione (All. 1, Art. 1.3)</p> <p>Rientrano in questa categoria gli edifici sottoposti a demolizione e ricostruzione, qualunque sia il titolo abilitativo necessario.</p>
	<p>Ampliamento di edifici esistenti con nuovo impianto (All. 1 Art. 1.3 e Art. 6.1) (*) (****)</p> <p>Ampliamento di edifici esistenti (dotati di nuovi impianti tecnici) per il quale valga almeno una delle seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • nuovo volume lordo climatizzato > 15% volume lordo climatizzato esistente • nuovo volume lordo climatizzato > 500 m³ <p>La parte ampliata di fatto è trattata come una porzione di nuova costruzione.</p>
	<p>Ampliamento di edifici esistenti con estensione di impianto (All. 1 Art. 1.3 e Art. 6.1) (*)</p> <p>Ampliamento di edifici esistenti (collegati all’impianto tecnico esistente) per il quale valga almeno una delle seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • nuovo volume lordo climatizzato > 15% volume lordo climatizzato esistente • nuovo volume lordo climatizzato > 500 m³
	<p>Ristrutturazioni importanti di primo livello (All. 1 Art. 1.4.1)</p> <p>La ristrutturazione prevede contemporaneamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • un intervento che interessa l’involucro edilizio con un’incidenza > 50 % della superficie disperdente lorda complessiva dell’edificio (**); • la ristrutturazione dell’impianto termico (***) per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva asservito all’intero edificio. <p>In tal caso i requisiti di prestazione energetica si applicano all’intero edificio e si riferiscono alla sua prestazione energetica relativa al servizio o servizi interessati.</p>
	<p>Ristrutturazioni importanti di secondo livello (All. 1 Art. 1.4.1)</p> <p>L’intervento interessa l’involucro edilizio con un incidenza > 25 % della superficie disperdente lorda complessiva dell’edificio (**) e può interessare l’impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva.</p>

Il decreto individua infine la categoria delle “Riqualificazioni energetiche” per tutti gli interventi non riconducibili ai casi precedenti e che hanno, comunque, un impatto sulla prestazione energetica dell’edificio. In questa categoria ricadono interventi sia sull’involucro che sugli impianti come di seguito descritto.

In questi casi relativi a interventi su edifici esistenti che non ricadono nelle casistiche descritte in precedenza, gli interventi di isolamento termico, di controllo igrotermico e del surriscaldamento estivo sono da realizzarsi solo se la copertura è oggetto di riqualificazione energetica. Il criterio generale è quindi un criterio di ragionevole “se intervieni, cogli l’occasione di migliorare le prestazioni energetiche della copertura in accordo con criteri minimi stimati dal Legislatore (trasmissioni limite, controlli igrotermici, ecc...)”

	<p>Riqualificazione energetica dell’involucro (All. 1 Art. 1.4.2) Interventi sull’involucro che coinvolgono una superficie ≤ 25 % della superficie disperdente lorda complessiva dell’edifici (**).</p>
---	--

È importante ricordare che alla base della definizione degli ambiti di applicazione c’è la categorizzazione del DPR 412/93 che elenca gli edifici con le destinazioni d’uso che ricadono negli ambiti di applicazione del DM:

Note:

- (*) In caso di ampliamento i requisiti minimi si applicano alla parte ampliata o al volume recuperato (*ndr, nel caso di ampliamenti con volume $\leq 15\%$ del volume lordo climatizzato o $\leq 500 m^3$, si ritiene che l’intervento sia da considerare come una “Riqualificazione energetica”*).
- (**) Con superficie disperdente si intende la superficie disperdente lorda degli elementi opachi e trasparenti che delimitano il volume a temperatura controllata dall’ambiente esterno e da ambienti non climatizzati quali le pareti verticali, i solai contro terra e su spazi aperti, i tetti e le coperture.
- (***) Con ristrutturazione dell’impianto si intende quanto previsto dal DLgs192/2009 All.A, ovvero:
“l’insieme di opere che comportano la modifica sostanziale sia dei sistemi di produzione che di distribuzione ed emissione del calore; rientrano in questa categoria anche la trasformazione di un impianto termico centralizzato in impianti termici individuali, nonché la risistemazione impiantistica nelle singole unità immobiliari o parti di edificio in caso di installazione di un impianto termico individuale previo distacco dall’impianto termico centralizzato”
- (****) Cambio di destinazione d’uso: nel quadro di sintesi riportato all’art. 6.1, Tabella 4, del decreto, in corrispondenza della descrizione degli ampliamenti volumetrici di un edificio esistente con nuovi impianti tecnici è riportata la seguente specificazione:
“Recupero volumi esistenti precedentemente non climatizzati o cambio di destinazione d’uso (es. recupero sottotetti, depositi, magazzini) se dotati di nuovi impianti tecnici.”

CLASSIFICAZIONE DEGLI EDIFICI (SECONDO IL DPR 412/93)

E. 1	Edifici adibiti a residenza e assimilabili:
E. 2	Edifici adibiti a ufficio e assimilabili pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite ad attività industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell’isolamento termico
E. 3	Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cure e assimilabili ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani nonché le strutture protette per l’assistenza ed il recupero dei tossico-dipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici
E. 4	Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili E.4 (1) quali cinema e teatri, sale di riunione per congressi E.4 (2) quali mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto E.4 (3) quali bar, ristoranti, sale da ballo
E. 5	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili quali negozi, magazzini di vendita all’ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni
E. 6	Edifici adibiti ad attività sportive
E. 7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
E. 8	Edifici adibiti ad attività industriali e artigianali e assimilabili

2.2 Esclusioni – interventi su edifici esistenti

L'applicazione parziale o integrale dei requisiti minimi del DM non è prevista per alcune casistiche specifiche di edifici e di interventi su coperture. Si elencano nello specifico l'assenza di limiti per alcune tipologie di edifici industriali, l'assenza di limiti sulle trasmittanze termiche di interventi sull'esistente di edifici in categoria E.8 e l'esclusione dell'applicazione del DM su strati ininfluenti dal punto di vista termico.

Edifici industriali esclusi dall'ambito di applicazione del DM 26/05/2016

Sono esclusi dall'applicazione del decreto le seguenti categorie di edifici:

- gli edifici industriali e artigianali quando gli ambienti **sono riscaldati per esigenze del processo** produttivo utilizzando refluì energetici del processo produttivo non altrimenti utilizzabili;
- gli edifici che risultano non compresi nelle categorie di edifici classificati sulla base della destinazione d'uso di cui all'articolo 3 del DPR 412/93, il cui utilizzo standard non prevede l'installazione e l'impiego di sistemi tecnici, quali box, cantine, autorimesse, parcheggi multipiano, depositi, strutture stagionali a protezione degli impianti sportivi, fatto salvo le porzioni eventualmente adibite ad uffici e assimilabili, purché scorporabili ai fini della valutazione di efficienza energetica.

E' quindi essenziale capire se l'edificio industriale oggetto di indagine ricade o meno nell'ambito di applicazione del DM.

Edifici E.8 senza limiti sulle trasmittanze termiche U

Un'applicazione parziale dei requisiti si verifica nel caso del rispetto delle trasmittanze termiche di legge U_{lim} nel caso di interventi su edifici esistenti che ricadano nelle casistiche denominate "ristrutturazione importante di secondo livello e riqualificazione energetica". In questi casi non è previsto il rispetto della trasmittanza termica media nel caso la destinazione d'uso degli edifici sia **E.8**. In sostanza gli edifici adibiti ad attività industriali e artigianali e assimilabili non hanno un minimo di trasmittanza termica da rispettare.

La deroga non si applica agli altri requisiti minimi igrotermici e di controllo di surriscaldamento estivo. Inoltre nel caso di ristrutturazione importante di secondo livello rimane in essere il requisito relativo al coefficiente di scambio termico medio H'_T .

Interventi su strati ininfluenti dal punto di vista termico

Sono esclusi dall'ambito di applicazione del DM in accordo con le indicazioni all'articolo 1.4.3 dell'Allegato, "gli interventi di **ripristino dell'involucro edilizio che coinvolgono unicamente strati di finitura, interni o esterni, ininfluenti dal punto di vista termico (quali la tinteggiatura), [...]**".

Su edifici esistenti, di qualsiasi destinazione d'uso, è quindi opportuno verificare se l'intervento di ripristino della copertura ipotizzato riguarda solo strati di finiture ininfluenti dal punto di vista termico; in questi casi non è prevista l'applicazione dei DM.

Nel caso delle membrane impermeabilizzanti, l'intervento è ragionevolmente da considerare ininfluenza se non comporta la sostituzione della membrana ma la riparazione di una porzione della stessa. L'intervento di impermeabilizzazione viene citato come esempio di riqualificazione energetica nella tabella 4 del punto 6 dell'allegato 1 del DM requisiti minimi, pertanto si può interpretare che sia incluso nell'applicazione del decreto e quindi comporti il rispetto dei limiti.

È del resto opportuno ricordare che le occasioni di interventi edilizi su edifici si ripetono con cicli ventennali o di maggiore impegno temporale e che quindi non cogliere l'occasione di isolare termicamente una copertura oggi vuol dire non farlo per i prossimi 20-30 anni.

3 IL PROBLEMA INVERNALE E IGROTERMICO

Alla luce della pubblicazione dei nuovi DM quali sono i requisiti minimi per edifici che riguardano da vicino il mondo delle coperture?

3.1 Trasmittanza termica U

La trasmittanza termica delle coperture rimane il parametro più indicativo della progettazione energetica degli edifici per il rispetto dei requisiti minimi. Sia che l'edificio sia di nuova costruzione, sia che l'intervento riguardi edifici esistenti, il progettista deve confrontarsi con valori di trasmittanza termica limite o di riferimento. In entrambi i casi, i ponti termici presenti nella copertura sono da inglobare all'interno del valore della trasmittanza. Sono possibili due vie: annullare i ponti termici, o, dove non possibile, attenuarne l'incidenza riducendo il valore della sezione corrente.

Le due tabelle sottostanti riassumono i valori di trasmittanza da tenere in considerazione, una tabella per rispettare i limiti sull'esistente, e una per i riferimenti su edifici di nuova costruzione o similari ambiti di applicazione.

Quando sono presenti i valori limite o di riferimento delle trasmittanze termiche di copertura? In tutti i casi.

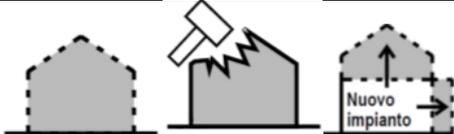
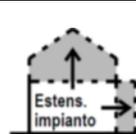
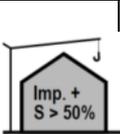
Vedi pagina 5-6 →					
E1(1)	Tabella 1 valori di riferimento per il rispetto dell'EP_{H,nd}, dell'EP_{C,nd} e dell'EP_{gl,tot} 				Tabella 2 valori Limite 
E1(2)					
E1(3)					
E2					
E3					
E4					
E5					
E7					
E6					
E8					Esclusione per le coperture

Tabella 1		
TRASMITTANZE DI RIFERIMENTO		
TABELLA APPENDICE A Trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura , verso l'esterno e ambienti non riscaldati		
Zona climatica	U _{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,38	0,35
C	0,36	0,33
D	0,30	0,26
E	0,25	0,22
F	0,23	0,20

Tabella 2		
TRASMITTANZE LIMITE SU EDIFICI ESISTENTI		
TABELLA APPENDICE B Strutture opache orizzontali o inclinate di copertura , verso l'esterno in riqualificazione.		
Zona climatica	U _{rif} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2019/2021
A-B	0,34	0,32
C	0,34	0,32
D	0,28	0,26
E	0,26	0,24
F	0,24	0,22

La trasmittanza di progetto della struttura si calcola in accordo con le indicazioni della norma UNI EN ISO 6946 come:

$$U_{progetto} = \frac{H_D}{A} = \frac{\sum_i (A_i \cdot U_i) + \sum_j (\psi_j \cdot l_j \cdot F_p)}{\sum_i A_i}$$

dove:

A estensione dell'area oggetto di intervento [m²]

U è la trasmittanza termica della struttura oggetto di intervento [W/m²K]

ψ_j è la trasmittanza lineica del ponte termico considerato [W/mK]

l_j è l'estensione lineare del ponte termico j-esimo [m]

F_p è un fattore di ponderazione pari a 1 o a 0.5 a seconda della competenza del ponte termico

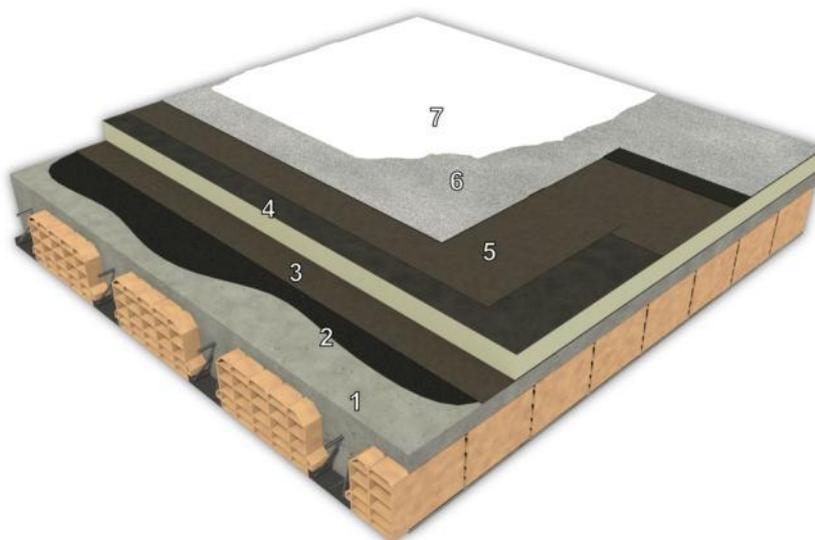
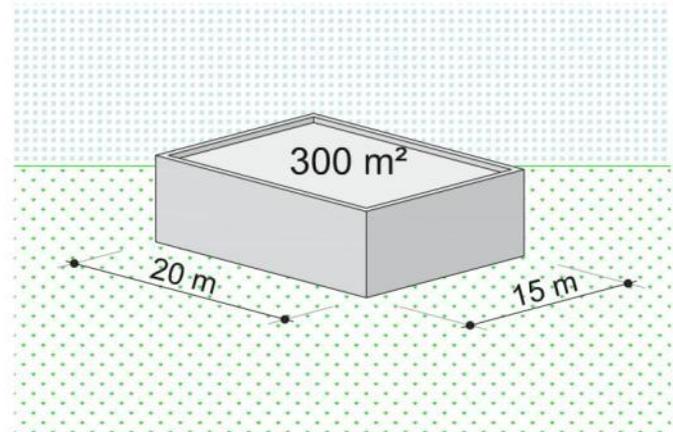
H_D è il coefficiente di scambio termico verso l'esterno

In questo caso, di riqualificazione energetica o di ristrutturazione importante di secondo livello, come si esegue il calcolo del rispetto della trasmittanza termica limite? Vedi esempio di calcolo seguente.

Esempio di calcolo

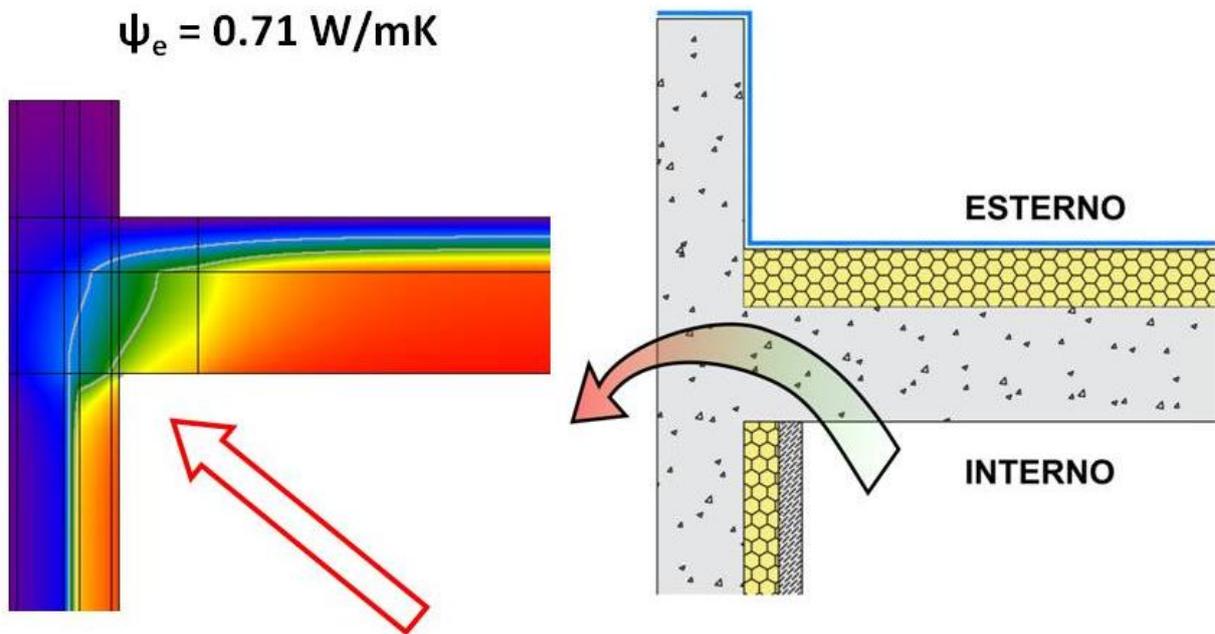
Si ipotizza la seguente situazione esemplificativa mostrata nell'immagine: un edificio con una superficie di copertura di $A = 300 \text{ m}^2$ e un perimetro complessivo della copertura pari a $P = 70 \text{ m}$ è oggetto di riqualificazione energetica ovvero di isolamento della copertura in laterocemento.

La stratigrafia della copertura piana è quella indicata nell'immagine sottostante e descritta dagli strati.



1. Supporto – Solaio in latero cemento
2. Primer bituminoso IDROPRIMER
3. Barriera al vapore POLYVAP RADONSHIELD
4. Pannello isolante in poliuretano PUR VB
5. Guaina impermeabilizzante POLYSHIELD TS 4 (primo strato)
6. Guaina impermeabilizzante POLYSHIELD TS 4 Granigliata (secondo strato)
7. Trattamento riflettente bianco POLYVER SUPER WHITE

Per prima cosa si stabiliscono quali sono le strutture oggetto di studio sulla copertura oggetto di intervento. L'immagine descrive la necessità di studiare la trasmittanza termica della copertura piana e l'interazione che essa ha con le pareti. Oltre alla trasmittanza è necessario quindi studiare i due coefficienti lineari dei ponti termici presenti.



Una volta individuate le strutture si procede con il calcolo della trasmittanza della copertura ($U = 0.17$ [W/m²K]) e con i valori del coefficiente lineare dei ponti termici PT_1. Per valutare il coefficiente lineare e il rispettivo fattore di ponderazione è consigliabile l'impiego di software agli elementi finiti validati in accordo con la norma UNI EN ISO 10211.

Determinate le caratteristiche termiche si associano ad esse quelle geometriche di area della copertura e di perimetro della stessa valutando il **coefficiente dispersivo** complessivo pari a $H_D = 75.9$ [W/K]. Il valore di trasmittanza termica media sarà quindi il rapporto tra H_D totale e l'area della copertura A pari a $U_m = 0.25$ [W/m²K] da confrontare con il limite di legge.

	Trasmittanza della copertura U	Area della copertura A	Coefficiente dispersivo $H1 = A \times U$
Copertura	[W/m ² K]	[m ²]	[W/K]
Stratigrafia B02	0.17	300	51

	Coefficiente lineare ψ_e	Lunghezza l	Fattore di ponderazione F_p	Coefficiente dispersivo ponti termici $H2 = \psi_e \times l \times F_p$
Ponti termici	[W/mK]	[m]	[%]	[W/K]
PT_1	0.71	70	0.5	24.9

Totale $H_D = H1 + H2 =$	75.9
--	-------------

La progettazione di interventi di isolamento termico delle coperture è quindi da realizzarsi con un attento studio dell'incidenza dei ponti termici.

3.2 Coefficiente medio di scambio termico H'_T

Il coefficiente medio globale di scambio termico H'_T è la trasmittanza media dell'involucro costituito dalle superfici disperdenti (opache e trasparenti).

Il limite dipende dalla zona climatica e dal rapporto S/V mentre il valore di progetto di un edificio è dato dal rapporto tra il coefficiente di dispersioni per trasmissione e l'area disperdente:

$$H'_T = \frac{H_{tr,adj}}{\sum_k A_k} = \frac{H_D + H_g + H_U + H_A}{\sum_k A_k}$$

dove:

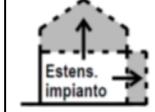
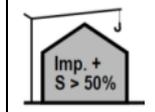
H_D è il coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno [W/K]

H_g è il coefficiente di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno [W/K]

H_U è il coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso gli ambienti non climatizzati [W/K]

H_A è il coefficiente di scambio termico verso altre zone (interne o meno all'edificio) climatizzate a temperatura differenti [W/K]

Quando sono presenti i valori limiti di coefficiente di scambio termico medio? In tutti gli interventi di edificio di nuova costruzione e assimilati e negli interventi che coinvolgono superfici importanti opache. Nel caso di ristrutturazione di secondo livello, solo le superfici oggetto di intervento.

Vedi pagina 5-6 →						
E1(1)						
E1(2)						
E1(3)						
E2						
E3		✓				
E4			✓	✓	✓	
E5						
E7						
E6						
E8						

NB1. Il rispetto del parametro H'_T è richiesto anche in caso di ristrutturazione importante di 2° livello su edifici di categoria E8. Questi edifici, cioè, risultano esclusi dal rispetto del limite di trasmittanza sulle coperture e sui serramenti, ma non da quello su questo parametro. E' quindi necessario che i valori di trasmittanza anche delle strutture esonerate da un rispetto di un proprio limite sia tale da riuscire a rispettare H'_T .

NB2. Il valore di H'_T è molto influenzato dalle caratteristiche dimensionali ed energetiche dei componenti trasparenti. Dal momento che nel calcolo si tiene conto sia delle componenti opache sia di quelle trasparenti, in edifici con molte superfici vetrate (che hanno una trasmittanza più alta) il rispetto del parametro può risultare difficile.

3.3 Muffe e condense

Si deve verificare, in conformità alla normativa tecnica vigente (UNI EN ISO 13788 e UNI EN 15026), che per ogni struttura dell'involucro a contatto con l'esterno (con particolare attenzione ai ponti termici) non ci sia rischio di formazione di muffa sulla superficie interna e non ci sia rischio di condensa interstiziale.

Per eseguire la verifica i valori interni di umidità e temperatura sono definiti in base alla classe di concentrazione di vapore dell'utenza (appendice A UNI EN ISO 13788) a meno della presenza di un impianto in grado di controllare l'umidità relativa interna (quindi non si usa più la definizione dell'ambiente interno a 20°C e 65%UR).

Le classi di produzione di vapore negli ambienti

La norma UNI EN ISO 13788 dà la possibilità di calcolare l'umidità relativa dell'ambiente interno a partire da quella esterna, sulla base della destinazione d'uso dell'edificio. Questo metodo può essere utile ogni qualvolta che si debba ipotizzare un livello standard di umidità degli ambienti in funzione della tipologia d'utenza.

Gli ambienti interni sono suddivisi in 5 categorie dette "classi di produzione di vapore" come riportato di seguito e per ognuna di esse è proposta una funzione che lega le condizioni climatiche esterne (temperatura esterna) a quelle interne (pressione e vapore interno).

Classi di produzione di vapore negli ambienti	
Classe	Tipo di edificio
1	Magazzini per stoccaggio di materiale secco, edifici non occupati
2	Uffici, negozi, alloggi con ventilazione meccanica controllata
3	Alloggi senza ventilazione meccanica controllata, edifici con indice di affollamento noto
4	Palestre, cucine, mense
5	Edifici particolari, per esempio lavanderie, distillerie, piscine

Classi di produzione di vapore negli ambienti. Fonte: UNI EN ISO 13788:2013

Proviamo a realizzare una valutazione di come cambia la valutazione delle condizioni interne di umidità relativa con il metodo delle classi di concentrazione rispetto alle condizioni fisse del 65%:

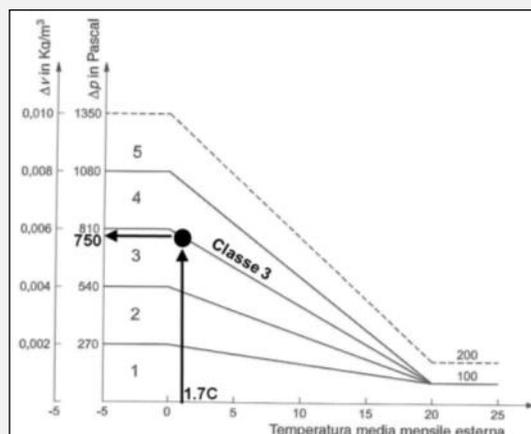
Esempio

Utilizziamo il valore di temperatura esterna di gennaio per la località di Milano (pari a 1.7°C) nel grafico della figura per un edificio residenziale (classe 3): $\Delta P =$ circa 750 Pa.

Ricordando che la pressione esterna per Milano a gennaio è pari a 590 Pa otteniamo la stima della pressione interna $P_{vap} = 590 + 750 = 1340$ Pa nel mese di gennaio

Ricordando inoltre che per un ambiente a 20°C P_{sat} vale 2337 Pa, possiamo calcolare l'indice di umidità relativa come segue: $100\% : P_{sat} = UR : 1340$ $UR = 57\%$

Quindi il livello standard di un umidità relativa interna per un ambiente residenziale in condizioni climatiche pari a quelle di Milano nel mese di gennaio si attesta intorno al 57%. Un valore inferiore alle precedenti condizioni del 65%.

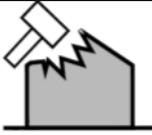
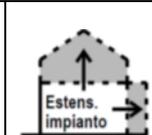
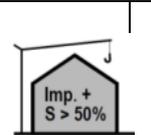


Rischio muffa e condensazione superficiale

Il fenomeno della condensazione superficiale avviene quando in corrispondenza della faccia interna di una struttura edilizia si raggiungono le condizioni di saturazione ($UR=100\%$). Il rischio di muffa si può presentare, invece, molto prima che si crei condensazione. La norma UNI EN ISO 13788 propone un metodo per calcolare la soglia d'allarme con cui il progettista confronta i suoi risultati in riferimento al rischio di formazione di muffa considerando non la saturazione, ma un valore di umidità superficiale pari all'80%.

Ad esempio per un ambiente con le condizioni interne di 20°C e $UR\ 57\%$ si ottiene la temperatura critica pari a $14,6^{\circ}\text{C}$. Alle stesse condizioni la temperatura di rischio di condensazione superficiale è pari a $11,2^{\circ}\text{C}$. E' quindi chiaro che, in fase di progetto, la verifica del rischio di muffa risulta più severa: tutti i punti dell'involucro devono avere una temperatura superficiale superiore a quella di rischio muffa. Nella normativa precedente (DPR 59/09) era sufficiente verificare che la temperatura in ogni punto non superasse quella di rischio di condensazione.

Quando sono presenti le verifiche sull'assenza di formazione di muffa sulle coperture? In tutti gli ambiti di applicazione in cui si realizzano nuove coperture o interventi su coperture esistenti.

Vedi pagina 5-6 →						
E1(1)						
E1(2)						
E1(3)						
E2						
E3						
E4		✓				
E5			✓	✓	✓	✓
E7						
E6						
E8						

La traspirabilità delle strutture

La traspirabilità delle strutture è una caratteristica fondamentale per mantenere il buon funzionamento dell'involucro edilizio. Essa è effettivamente molto utile per smaltire eventuale acqua di costruzione residua o piccoli accumuli di condensa all'interno della struttura. **È sbagliato però aspettarsi che attraverso la sola traspirabilità dell'involucro opaco si possa garantire il corretto numero di ricambi d'aria all'interno di un ambiente confinato.** Infatti anche l'involucro più traspirante avrà una capacità di regolazione delle condizioni igrometriche circa cento volte inferiore rispetto alla possibilità offerta da una corretta ventilazione dei locali.

Per dimostrare questo ci serviamo di un esempio.

È importante sottolineare che l'esempio che segue non tiene conto dei fenomeni dinamici, ma semplicemente del calcolo in regime stazionario. Esso quindi, non considera le capacità d'accumulo e rilascio di vapore all'interno delle strutture. L'esempio è proposto semplicemente per dimostrare l'impossibilità di governare le condizioni igrometriche dell'ambiente interno senza il contributo di una ventilazione accuratamente progettata.

Esempio di confronto di migrazione di umidità attraverso le strutture opache

Supponiamo di voler valutare il flusso di vapore che può essere smaltito all'interno di una stanza sia attraverso le pareti che attraverso l'apertura di una finestra.

Flusso di vapore attraverso la parete

Il vapore passante attraverso la parete perimetrale di un ambiente, composta da un doppio tavolato in mattoni forati con interposto un materiale isolante tipo lana di vetro si valuta a partire dalla resistenza al passaggio di vapore R_v di ogni strato (R_v è pari al rapporto s/δ):

	s(m)	δ (kg/msPa)	R_v (Pa m²s/kg)
Intonaco	0.015	5.00 · 10 ⁻¹²	0.003000 · 10 ⁻¹²
Forato 12cm	0.12	18.75 · 10 ⁻¹²	0.006400 · 10 ⁻¹²
Lana di vetro	0.04	150.00 · 10 ⁻¹²	0.000267 · 10 ⁻¹²
Forato da 8cm	0.08	18.75 · 10 ⁻¹²	0.004267 · 10 ⁻¹²
Intonaco	0.015	18.00 · 10 ⁻¹²	0.000833 · 10 ⁻¹²
totale =			0.014767 · 10 ⁻¹²

$$R_{v\text{ totale}} = 0.014767 \cdot 10^{-12} \text{ Pa m}^2\text{s/kg}$$

Ipotizziamo ora le seguenti condizioni al contorno:

superficie disperdente verso l'esterno = 23.4 m²

ambiente interno: T=20°C; UR= 62%; P_{vi}=1450Pa

ambiente esterno: T=4.2°C; UR= 80%; P_{ve}=660Pa

A questo punto possiamo calcolare il flusso di vapore attraverso la struttura:

$$\Delta P / R_{v\text{ totale}} = (1450-660) / 0.014767 \cdot 10^{-12} = 5.35 \cdot 10^{-8} \text{ kg/s m}^2$$

Il flusso di vapore attraverso la facciata si trova moltiplicando per l'area in gioco:

$$V = 5.35 \cdot 10^{-8} \cdot 23.4 = 125 \cdot 10^{-8} \text{ kg/s}$$

Infine il flusso di vapore orario si ottiene come segue moltiplicando per 3600:

$$g'_{\text{orario}} = 125 \cdot 10^{-8} \cdot 3600 = 0.0045 \text{ kg/h} \quad \text{cioè } \mathbf{4.5 \text{ g/h}}$$

Flusso di vapore attraverso la finestra

Verifichiamo ora le possibilità di smaltimento del vapore attraverso la ventilazione ipotizzando 0.5 ric/ora e un ambiente con un volume di 56 m³.

Da questi dati si ottiene un ricambio d'aria pari a: volume · 0.5 ric/ora = 28 m³/ora

Ricordando che la densità dell'aria è pari a 1.3 kg/m³, la massa d'aria di ricambio vale: 1.3 kg/m³ · 28 m³/ora = 36.4 kg/ora

Dal diagramma psicrometrico si ricava:

- contenuto di umidità dell'aria ambiente (alle condizioni riportate sopra) = 9 g/kg
- contenuto di umidità dell'aria di ricambio (alle condizioni riportate sopra) = 4 g/kg

Da cui ne consegue che:

con l'aria in entrata si immettono: 4 g/kg · 36.4 kg/ora = 146 g/h di vapore

con l'aria in uscita asporto 9 · 36.4 = 328 g/h di vapore

Smaltisco quindi con la ventilazione 328 - 146= 182 g/h di vapore

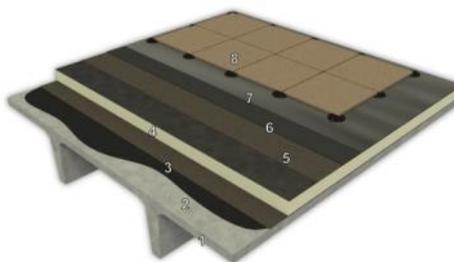
Confronto dei risultati

Per il nostro esempio si ha che la traspirazione attraverso i muri pesa 4.5 g/h contro 182 g/h dovuti alla ventilazione.

3.4 Verifica del rischio di formazione di muffa e condensazione

Segue un esempio di calcolo su di una stratigrafia di copertura ai fini della valutazione del rischio di condensazione interstiziale.

La struttura oggetto di indagine è la copertura di un ambiente che può essere classificato di classe 3 e che è localizzato a Milano in zona climatica E. La tabella sottostante riassume le condizioni interne ed esterne di temperatura e umidità relativa media mensile. La verifica in accordo con la normativa vigente è infatti realizzata mese per mese con dati medi.



1. Supporto – Tegoli prefabbricati
2. Primer bituminoso IDROPRIMER
3. Barriera al vapore
POLYVAP RADONSHIELD
4. Pannello isolante in poliuretano PUR VB
5. Guaina impermeabilizzante
POLYFLEX LIGHT (primo strato)
6. Guaina impermeabilizzante
POLYFLEX LIGHT (secondo strato)
7. Strato separatore con foglio in LDPE
MAPEPLAN VB PE
8. Pavimentazione galleggiante

Condizioni esterne e interne

Mese	Temperatura aria esterna [°C]	Pressione di vapore esterna [Pa]	Temperatura aria interna [°C]	Pressione di vapore interna [Pa]
ottobre	14,0	1412	20,0	1725
novembre	7,9	958	20,0	1488
dicembre	3,1	671	20,0	1371
gennaio	4,2	645	20,0	1340
febbraio	9,2	943	20,0	1306
marzo	14,0	1163	20,0	1426
aprile	17,9	1326	20,0	1476
maggio	22,5	1840	18,0	1501
giugno	25,1	1736	22,5	1940
luglio	24,1	2012	25,1	1836
agosto	20,4	1921	24,1	2112
settembre	1,7	590	20,4	2021

Per poter valutare il rischio di formazione di muffa o condensazione superficiale è necessario studiare la temperatura superficiale interna della struttura in relazione alle condizioni climatiche interne ed esterne. Per ogni mese vengono valutate le temperature di rischio e di progetto. La temperatura di progetto deve essere superiore a quella di rischio.

	Rischio condensa	Rischio formazione muffe	Progetto
Mese	Temperatura minima superficiale [°C]	Temperatura minima superficiale [°C]	Temperatura progetto superficiale [°C]
ottobre	15,2	18,7	19,8
novembre	12,9	16,4	19,7
dicembre	11,7	15,1	19,6
gennaio	11,3	14,7	19,6
febbraio	10,9	14,3	19,7
marzo	12,3	15,7	19,8

La condensa interstiziale non è presente (La condensa è stata considerata non presente in presenza di meno di 1 g annuo di condensa accumulata e rievaporata).

3.5 Tempi di asciugatura, problematica della continuità del manto

La norma UNI EN ISO 13788 ha al suo interno un metodo di calcolo per valutare i tempi di asciugatura di materiali di una stratigrafia ipotizzabili impregnati di umidità. **Il calcolo non è una verifica di legge** e non sono presenti riferimenti in tal senso nel DM 26/05/2015. Il calcolo del tempo di asciugatura è quindi uno strumento di progettazione e verifica in dotazione al professionista per valutare l'importanza delle corrette modalità di stoccaggio e di posa dei materiali. Tali attività devono infatti essere realizzate in modo che il materiale rimanga asciutto. Per le coperture infatti, quando si parla di strati impermeabilizzanti, la tenuta all'acqua del manto comporterà un rallentamento nella possibilità di asciugatura dei materiali impregnati di umidità compresi tra diversi manti impermeabilizzanti.

Il metodo di calcolo delinea la capacità di asciugatura di strutture edilizie, in particolar modo quelle interposte tra due strati ad alta resistenza al passaggio del vapore, come barriere al vapore, membrane impermeabilizzanti o rivestimenti con $S_d > 2m$, per i quali non sia stata rilevata una quantità critica di condensa con le verifiche sopra descritte. Gli strati di una struttura possono essersi bagnati per umidità da costruzione, per pioggia durante la costruzione stessa, per una perdita da impianti, ecc.

La norma fornisce anche una metodologia per la verifica del rischio di condensazione interstiziale in altre interfacce di una struttura, per effetto dell'evaporazione da uno strato bagnato.

Metodo di calcolo

La metodologia ipotizza che ci sia un accumulo di umidità pari a 1 kg/m^2 concentrato al centro dello strato bagnato. Si utilizzano le condizioni esterne medie mensili per calcolare la quantità evaporata in ciascuno dei 12 mesi dell'anno. Questo ciclo di un anno deve essere ripetuto finché il contenuto di umidità dello strato diventi nullo. Questo tempo espresso in mesi viene assunto come il tempo di completa asciugatura della struttura. Nello stesso tempo viene verificato il rischio di condensazione nelle altre interfacce, causato dall'evaporazione dell'accumulo di umidità.

In pratica:

1. si definisce lo strato che si suppone bagnato;
2. si divide lo strato in due parti uguali, con un'interfaccia tra le due;
3. si assume 1 kg/m^2 di umidità in questa interfaccia.

Si esegue poi la procedura per il calcolo della condensazione interstiziale descritta nel capitolo dedicato, partendo dal mese più opportuno e ripetendo il calcolo mensile finché tutta l'umidità in eccesso sia asciugata oppure finché si sia proceduto al calcolo su 10 anni.

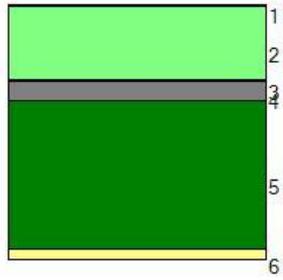
Si riportano i risultati nei casi descritti nei seguenti punti a), b) o c):

- a) Asciugatura entro 10 anni senza condensazione in altri strati. In questo caso si riporti il tempo di asciugatura in mesi e la valutazione del rischio di degrado dello strato bagnato.
- b) Asciugatura entro 10 anni con temporanea formazione di condensa in altri strati. In questo caso si riporti il tempo di asciugatura in mesi, la massima quantità di condensazione che si forma ad ogni interfaccia e il mese in cui si verifica. Inoltre, deve essere valutato il rischio di fuoriuscita di acqua o degrado dei materiali e degrado delle proprietà termiche dovuta alla quantità massima di condensa accumulata calcolata. Questa verifica deve essere eseguita secondo le norme vigenti o altri criteri descritti nelle norme di prodotto.
- c) Il tempo di asciugatura supera i 10 anni.

Esempio di calcolo

Consideriamo un tetto piano isolato ed impermeabilizzato, nel quale lo strato isolante si è bagnato durante il periodo di costruzione a causa della pioggia.

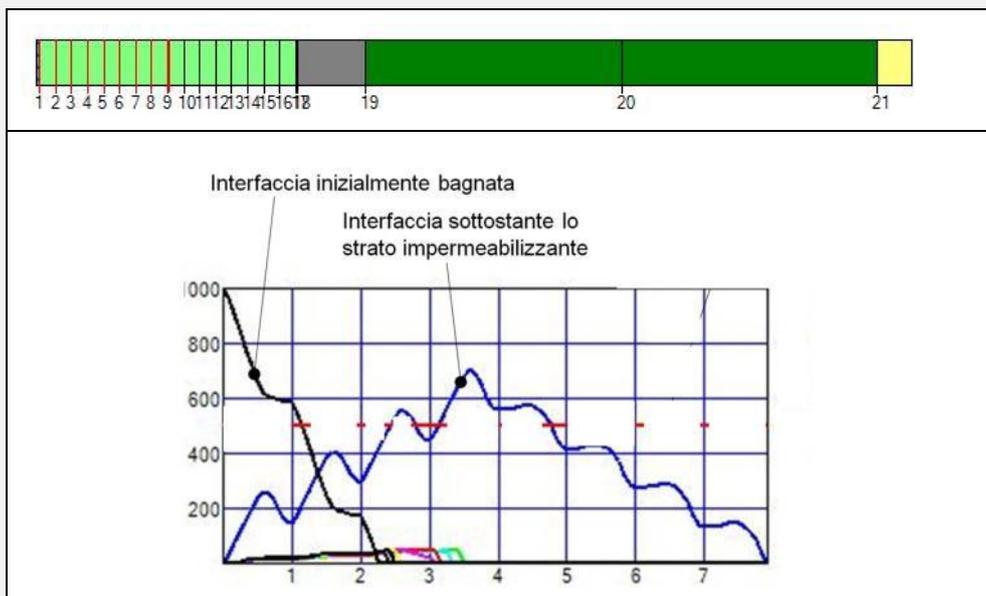
La località di progetto è Milano e la stratigrafia è quella sotto riportata:

	1	IMP	Membrana impermeabile
	2	ISO	PSE in lastre ricavate da blocchi
	3	IMP	Barriera al vapore
	4	CLS	Cls alleggerito
	5	SOL	Solaio di laterocemento
	6	INT	Intonaco di calce e gesso

Supponiamo di posizionare 1 kg/m² d’acqua nella mezzeria dello strato isolante e di ripetere la verifica di Glaser mensilmente per un periodo di 10 anni per valutare la migrazione dell’umidità.

Per la verifica lo strato isolante viene suddiviso in strati più piccoli della resistenza massima di 0.25 m²K/W. L’acqua presente nella mezzeria dello strato isolante tende a spostarsi verso l’esterno e a raggiungere l’interfaccia 1 (quella subito al di sotto dello strato impermeabilizzante).

Da qui poi gradualmente rievapora nell’arco di 95 mesi, con un andamento sinusoidale dovuto all’accumulo di condensazione interstiziale nello stesso punto durante le stagioni invernali. Tutte le interfacce tra la mezzeria dello strato isolante e l’interfaccia 1 sono soggette ad accumuli di umidità che si smaltiscono progressivamente.



Il grafico mostra l’andamento della quantità di umidità presente (in g/m²) nei primi 8 anni, ovvero dall’inizio della simulazione fino al momento d’asciugatura.

Nell’esempio il tempo d’asciugatura corrisponde a 95 mesi, quindi, ragionevolmente è necessario impedire che il materiale si possa bagnare.

4 IL PROBLEMA ESTIVO

Con l'entrata in vigore del DM 26 giugno 2015 la progettazione delle prestazioni estive dell'involucro viene ad assumere una rilevanza molto maggiore rispetto a quanto in essere nella legislazione precedente. Nei nuovi edifici (e ristrutturazioni importanti di primo livello) è infatti prescritta la verifica di $EP_{C,nd}$, indice di prestazione energetica estiva di involucro, un parametro che esprime la capacità dell'involucro di controllare il carico termico in entrata in estate.

Soprattutto per le coperture questo aspetto è sottolineato in modo marcato attraverso la prescrizione della valutazione della convenienza dell'uso di materiali atti a migliorarne le prestazioni da questo punto di vista. Queste tecnologie sono rivestimenti ad alta riflettanza solare che consentono di mantenere una temperatura superficiale esterna della copertura più bassa riducendo così il flusso termico in entrata. Questa prescrizione è valida per tutti gli ambiti di intervento (nuovi edifici, ristrutturazioni e riqualificazione energetica).

Sui nuovi edifici e ristrutturazioni importanti di primo livello sono inoltre definiti requisiti da rispettare sulla trasmittanza termica periodica delle strutture in località con irradianza $> 290 \text{ W/m}^2$.

Infine, sussiste l'obbligo di rispetto del valore limite di trasmittanza termica periodica per tutti gli interventi di riqualificazione energetica.

4.1 Trasmittanza termica periodica Y_{ie}

Il DM 26/06/2015 prescrive per le coperture, per i nuovi edifici e ristrutturazioni importanti di primo livello, quanto segue:

“Il progettista, al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti:

[...]

- a) *esegue, a eccezione degli edifici classificati nelle categorie E.6 ed E.8, in tutte le zone climatiche a esclusione della F, per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale, nel mese di massima insolazione estiva, $I_{m,sv}$ sia maggiore o uguale a 290 W/m^2 :*

[...]

- ii. *la verifica, relativamente a tutte le pareti opache orizzontali e inclinate, che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica Y_{ie} , di cui alla lettera d), del comma 2, dell'articolo 2, del presente decreto, sia inferiore a $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$.*

- b) *qualora ritenga di raggiungere i medesimi effetti positivi che si ottengono con il rispetto dei valori di massa superficiale o trasmittanza termica periodica delle pareti opache di cui alla lettera b), **con l'utilizzo di tecniche e materiali, anche innovativi, ovvero coperture a verde, che permettano di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti in funzione dell'andamento dell'irraggiamento solare, produce adeguata documentazione e certificazione delle tecnologie e dei materiali che ne attestino l'equivalenza con le citate disposizioni**”*

La trasmittanza termica periodica mette in relazione la variazione del flusso termico sulla superficie esterna del componente edilizio con la conseguente variazione di temperatura sul lato interno dello stesso.

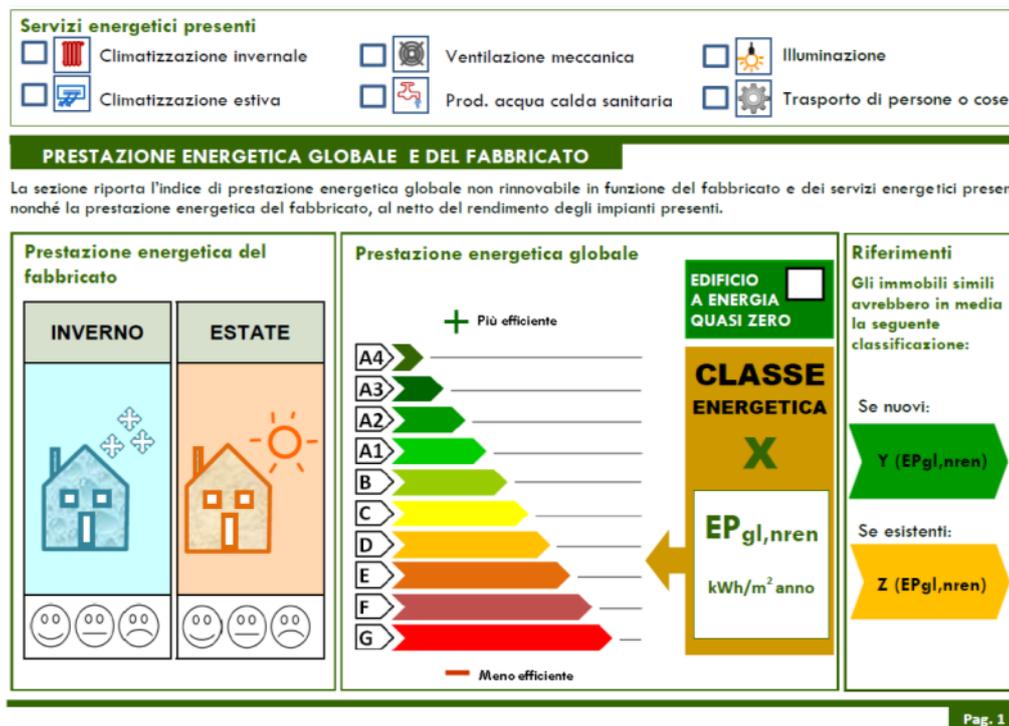
Si capisce quindi che, dal punto di vista estivo, il comportamento di una parete sarà tanto migliore quanto minore è la sua trasmittanza termica periodica.

La trasmittanza termica periodica è espressa in $\text{W/m}^2\text{K}$.

Quando sono presenti i valori limite di trasmittanza termica periodica?

E1(1)					
E1(2)					
E1(3)					
E2					
E3					
E4					
E5					
E7					
E6					
E8					

Come precedentemente specificato la prescrizione del controllo di Y_{ie} vale per le località con irradianza solare media mensile $> 290 \text{ W/m}^2$. In realtà però questo parametro è impiegato anche nella metodologia per la certificazione energetica degli edifici per la valutazione della qualità estiva dell'involucro. Infatti, nel nuovo modello di APE (come da Linee Guida DM 26/06/2015) sono presenti due riquadri in cui l'utente finale può trovare la valutazione della qualità dell'involucro del suo edificio espressa attraverso degli emoticon (Vedi figura sotto)



Il nuovo modello di APE (stralcio della prima pagina). Fonte DM 26/6/15, LGN15 Appendice B.

Prestazione energetica estiva dell'involucro edilizio

L'indicatore è definito in base alla trasmittanza termica periodica Y_{iE} e all'area solare equivalente estiva per unità di superficie $A_{sol,est}/A_{sup\ Utile}$ con riferimento ai parametri del DM requisiti minimi.

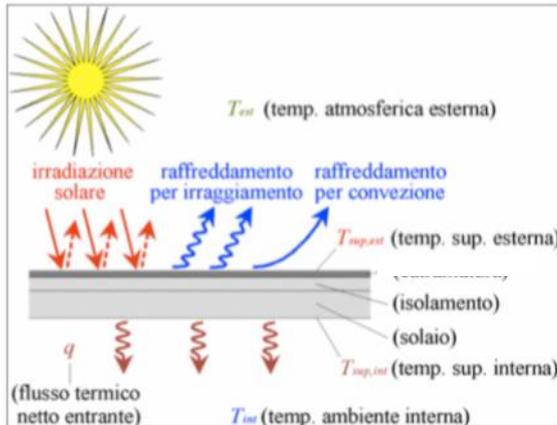
TABELLA 4 (LGN15)			
Indicatore della prestazione energetica estiva dell'involucro, al netto dell'efficienza degli impianti presenti			
Prestazione estiva dell'involucro		Qualità	Indicatore
$A_{sol,est}/A_{sup\ Utile} \leq 0,03$	$Y_{iE} \leq 0,14$	alta	
$A_{sol,est}/A_{sup\ Utile} \leq 0,03$	$Y_{iE} > 0,14$	media	
$A_{sol,est}/A_{sup\ Utile} > 0,03$	$Y_{iE} \leq 0,14$		
$A_{sol,est}/A_{sup\ Utile} > 0,03$	$Y_{iE} > 0,14$	bassa	

Nel caso della trasmittanza termica periodica si prende in considerazione il valore medio pesato in base alle superfici, con l'esclusione delle superfici verticali esposte a nord. In caso di immobili con esposizione esclusivamente a nord delle superfici verticali, la trasmittanza termica periodica è posta pari a 0,14.

4.2 Riflettanza solare e cool roof

Nella climatizzazione passiva, la superficie esterna di una struttura può essere trattata con rivestimenti con un'alta riflettanza solare (basso assorbimento solare) e un'alta emissività.

In questo modo la struttura risulterà smaltire molto il suo calore (grazie all'elevata emissività) e riflettere molto la radiazione solare, con un abbassamento della temperatura superficiale e di conseguenza del flusso di calore entrante. Questo meccanismo funziona perfettamente durante il periodo estivo e ad alte temperature. Gli apporti solari verranno quindi ostacolati dalla presenza di trattamenti superficiali di questa natura.



Riflettanza solare alta:

- riduce il guadagno di calore solare
- diminuisce la temperatura del tetto

Emissività elevata:

- facilita il raffreddamento radiativo
- aiuta a mantenere bassa la temperatura del tetto

L'abbassamento della temperatura del tetto può ridurre:

- elettricità per il raffreddamento dell'edificio
- picco di domanda di energia
- la temperatura dell'aria negli ambienti

Processi di scambio termico in un tetto piano (Fonte : Studio ENEA Report RdS/2011/146)

Nel DM 26/06/15 è prescritto quanto segue:

“Per le strutture di copertura degli edifici è obbligatoria la verifica dell'efficacia, in termini di rapporto costi-benefici, dell'utilizzo di:

- materiali a elevata riflettanza solare per le coperture (cool roof), assumendo per questi ultimi un valore di riflettanza solare non inferiore a:
 - o 0,65 nel caso di coperture piane,
 - o 0,30 nel caso di copertura a falde;
- tecnologie di climatizzazione passiva (a titolo esemplificativo e non esaustivo: ventilazione, coperture a verde). “

Da sottolineare il fatto che nel testo di legge (DM 26/06/2016 requisiti minimi, allegato 1 art 2.3 comma 3) l'obbligo riguarda la valutazione dell'efficacia in termini di rapporto costi benefici e non l'impiego del materiale stesso. In tutti gli ambiti di applicazione in cui si realizzano nuove coperture o interventi su coperture esistenti è prescritta la valutazione economica dell'impiego dei materiali ad alta riflettanza solare.

Nella relazione tecnica viene poi richiesto quanto segue (DM 26/06/2015 Relazione tecnica allegati 1 e 2):

Adozione di materiali ad elevata riflettanza solare per le coperture <> sì <> no

Se “sì” descrizione e caratteristiche principali:

.....

Valore di riflettanza solare => 0.65 per coperture piane

Valore di riflettanza solare => 0.30 per coperture a falda

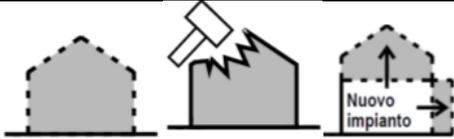
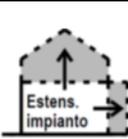
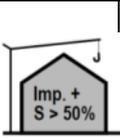
Se “no” riportare le ragioni tecnico-economiche che hanno portato al non utilizzo dei materiali riflettenti:

.....

Viene quindi chiesto di giustificare la scelta in caso di mancato utilizzo di queste tecnologie.

E' necessario quindi valutare l'efficacia e nel caso non si utilizzi il rivestimento giustificarne le ragioni tecnico economiche.

Quando è presente la richiesta della verifica dell'efficacia?

					
E1(1)					
E1(2)					
E1(3)					
E2					
E3					
E4	✓				
E5		✓	✓	✓	✓
E7					
E6					
E8					

Come si valuta la convenienza dell'intervento?

La modalità di valutazione della convenienza economica di questo intervento non è stata chiarita dal dispositivo di legge. Proponiamo qui un possibile metodo di analisi.

La valutazione del contributo alla riduzione dei consumi energetici estivi per mezzo della riduzione del coefficiente di assorbimento solare α della superficie esterna può essere condotta in maniera semplificata valutando la riduzione di energia giornaliera media entrante dalla superficie opaca per effetto dell'intervento. La riduzione può essere valutata in accordo con i valori di diversa oscillazione di temperatura esterna (derivanti dalla temperatura aria sole).

Ciò che si otterrà è quindi una valutazione tra una condizione iniziale A con una certa quantità di energia entrante Q_A (kJ/m² giorno) e una condizione finale B a seguito dell'intervento di tinteggiatura esterna che porta a una diversa e minore quantità di energia entrante Q_B (kJ/m² giorno). La differenza tra le due condizioni è la quantità di energia che non sarà necessario sottrarre all'ambiente interno con un impianto di condizionamento. Nell'ipotesi che l'impianto di condizionamento operi per sottrarre energia, è tutta energia sottratta a questa necessità.

In base alla differenza di energia di cui sopra è possibile calcolare il risparmio energetico totale sulla stagione e, di conseguenza, tenendo conto del costo dell'energia elettrica (di solito vettore energetico per il raffrescamento), il risparmio economico ottenibile.

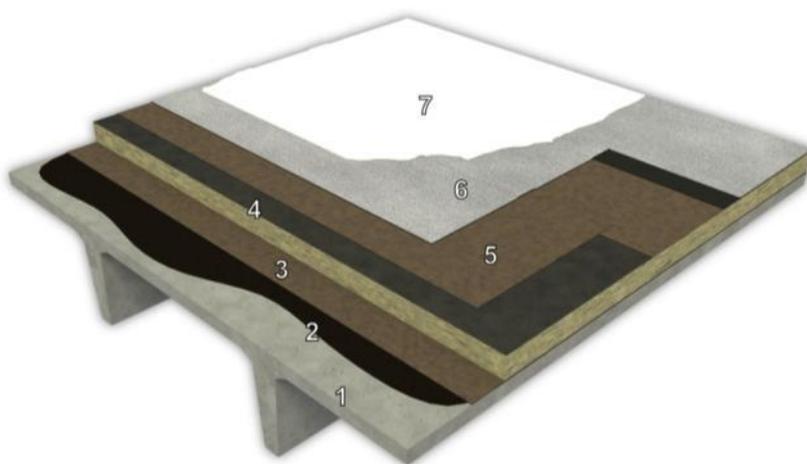
Confrontando poi i risparmi col costo di realizzazione dell'intervento e facendo le opportune valutazioni (tempi di ritorno ecc...) è possibile valutare la convenienza dell'intervento.

ESEMPI DI STRUTTURE IDONEE

Segue un elenco di strutture di copertura per il rispetto dei requisiti del DM 26/06/2015. Lo spirito di questa parte del documento è evidenziare le possibili configurazioni di stratigrafia di copertura che possano rispondere ai requisiti nuovi dedicati alle coperture e con indicati dati tecnici dei vari componenti. Le presenti stratigrafie sono solo proposte, **il progettista della relazione ex-Legge è e rimane il responsabile dei calcoli che realizza e che certifica con la dichiarazione in relazione**. I limiti di legge di trasmittanza termica rispettati (a ponte termico corretto) sono relativi alla zona E proiettati al 2019/21.

Per tutte le strutture indicate sono state ipotizzate le seguenti condizioni:

Isolamento ipotizzato: 14 cm di EPS o 14/16 cm di lana minerale (roccia o vetro) o 12 cm PUR
 Zona climatica ipotizzata: E – (Milano)
 Condizioni ambientali interna: metodo delle classi di concentrazione, classe 3

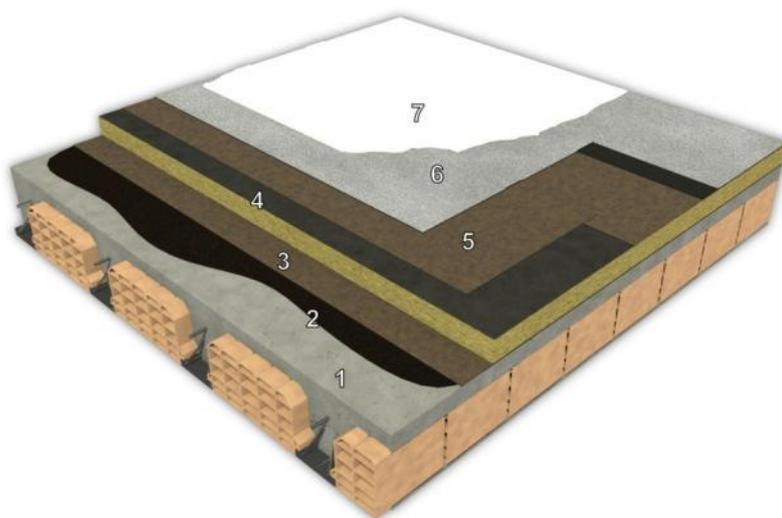


1. Supporto – Tegole prefabbricati
2. Primer bituminoso IDROPRIMER
3. Barriera al vapore
POLYVAP RADONSHIELD
4. Pannello isolante in lana di roccia
5. Guaina impermeabilizzante
POLYFLEX LIGHT (primo strato)
6. Guaina impermeabilizzante
POLYFLEX LIGHT Mineral
(secondo strato)
7. Trattamento riflettente bianco
POLYSINT SUN REFLECT

Verifiche di legge

	Valore	Rispetto del limite di legge
Trasmittanza termica U^1	0,22 W/m ² K	✓
Verifiche di rischio muffa e condensazione interstiziale	Nessun rischio di muffa e condensa interstiziale	✓
Trasmittanza termica periodica Y_{ie}	0,085 W/m ² K	✓

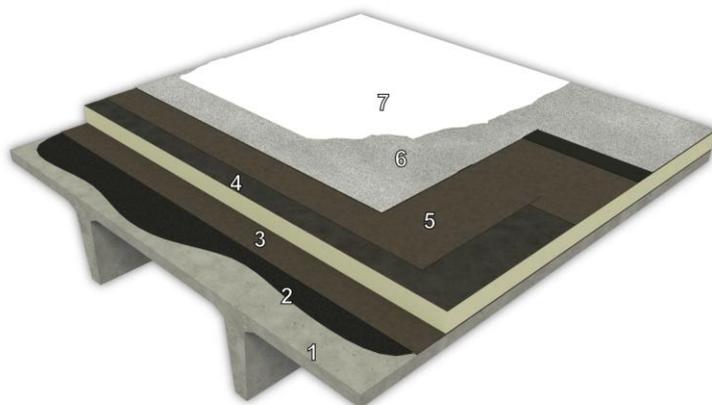
¹ La trasmittanza termica da confrontare con i valori di riferimento o di legge è comprensiva dei ponti termici.



1. Supporto – Solaio in latero cemento
2. Primer bituminoso IDROPRIMER
3. Barriera al vapore
POLYVAP RADONSHIELD
4. Pannello isolante in lana di vetro
5. Guaina impermeabilizzante
POLYSHIELD TS 4 (primo strato)
6. Guaina impermeabilizzante
POLYSHIELD TS 4 Granigliata (secondo strato)
7. Trattamento riflettente bianco
POLYVER SUPER WHITE

Verifiche di legge

	Valore	Rispetto del limite di legge
Trasmittanza termica U^2	0,22 W/m ² K	✓
Verifiche di rischio muffa e condensazione interstiziale	Nessun rischio di muffa e condensa interstiziale	✓
Trasmittanza termica periodica Y_{ie}	0,059 W/m ² K	✓

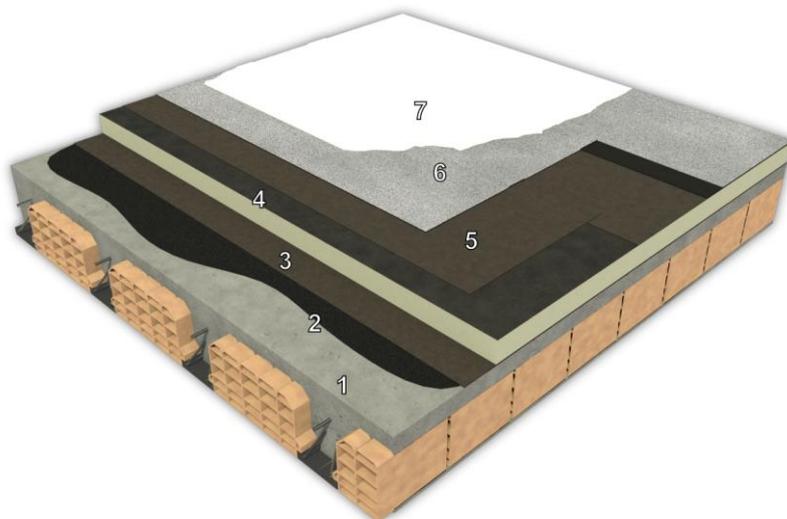


1. Supporto – Tegoli prefabbricati
2. Primer bituminoso IDROPRIMER
3. Barriera al vapore
POLYVAP RADONSHIELD
4. Pannello isolante in poliuretano PUR VB
5. Guaina impermeabilizzante
POLYFLEX LIGHT (primo strato)
6. Guaina impermeabilizzante
POLYFLEX LIGHT Mineral (secondo strato)
7. Trattamento riflettente bianco
POLYSINT SUN REFLECT

Verifiche di legge

	Valore	Rispetto del limite di legge
Trasmittanza termica U^2	0,21 W/m ² K	✓
Verifiche di rischio muffa e condensazione interstiziale	Nessun rischio di muffa e condensa interstiziale	✓
Trasmittanza termica periodica Y_{ie}	0,063W/m ² K	✓

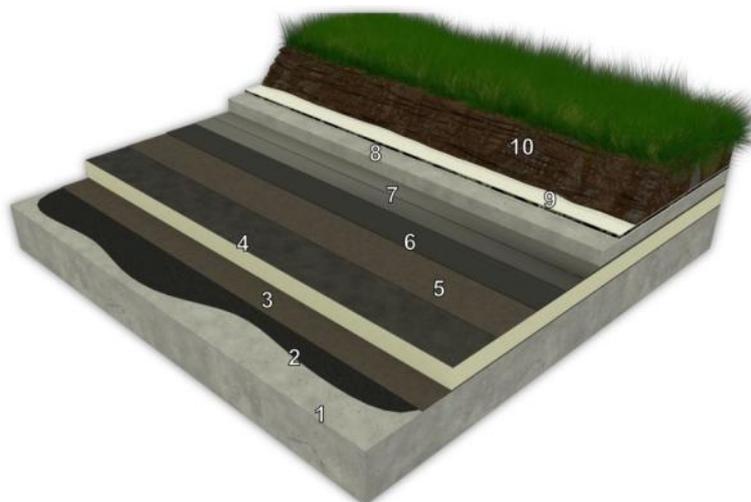
² La trasmittanza termica da confrontare con i valori di riferimento o di legge è comprensiva dei ponti termici.



1. Supporto – Solaio in latero cemento
2. Primer bituminoso IDROPRIMER
3. Barriera al vapore
POLYVAP RADONSHIELD
4. Pannello isolante in poliuretano PUR VB
5. Guaina impermeabilizzante
POLYSHIELD TS 4 (primo strato)
6. Guaina impermeabilizzante
POLYSHIELD TS 4 Granigliata
(secondo strato)
7. Trattamento riflettente bianco
POLYVER SUPER WHITE

Verifiche di legge

	Valore	Rispetto del limite di legge
Trasmittanza termica U^3	0,19 W/m ² K	✓
Verifiche di rischio muffa e condensazione interstiziale	Nessun rischio di muffa e condensa interstiziale	✓
Trasmittanza termica periodica Y_{ie}	0,045 W/m ² K	✓

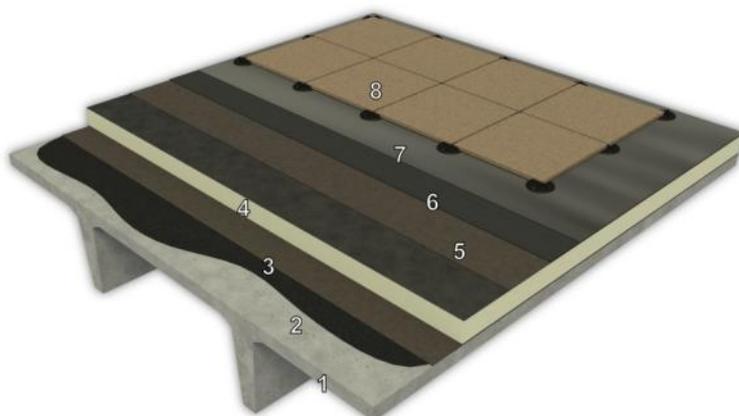


1. Supporto – Soletta in cemento armato
2. Primer bituminoso IDROPRIMER
3. Barriera al vapore
POLYVAP RADONSHIELD
4. Pannello isolante in poliuretano PUR VB
5. Guaina impermeabilizzante
POLYFLEX LIGHT (primo strato)
6. Guaina impermeabilizzante
ANTIRADICE P LIGHT (secondo strato)
7. Strato separatore con doppio
foglio in LDPE MAPEPLAN VB PE
8. Cappa di protezione in cls
9. Geo-composito drenante
POLYSTUOIA 20
10. Terreno

Verifiche di legge

	Valore	Rispetto del limite di legge
Trasmittanza termica U^3	0,21 W/m ² K	✓
Verifiche di rischio muffa e condensazione interstiziale	Nessun rischio di muffa e condensa interstiziale	✓
Trasmittanza termica periodica Y_{ie}	0,055 W/m ² K	✓

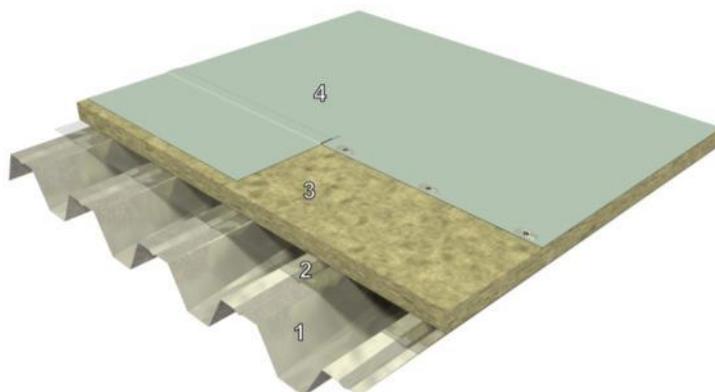
³ La trasmittanza termica da confrontare con i valori di riferimento o di legge è comprensiva dei ponti termici.



1. Supporto – Tegoli prefabbricati
2. Primer bituminoso IDROPRIMER
3. Barriera al vapore
POLYVAP RADONSHIELD
4. Pannello isolante in poliuretano PUR VB
5. Guaina impermeabilizzante
POLYFLEX LIGHT (primo strato)
6. Guaina impermeabilizzante
POLYFLEX LIGHT (secondo strato)
7. Strato separatore con foglio in LDPE
MAPEPLAN VB PE
8. Pavimentazione galleggiante

Verifiche di legge

	Valore	Rispetto del limite di legge
Trasmittanza termica U^4	0,20 W/m ² K	✓
Verifiche di rischio muffa e condensazione interstiziale	Nessun rischio di muffa e condensa interstiziale	✓
Trasmittanza termica periodica Y_{ie}	0,059 W/m ² K	✓



1. Supporto – Lamiera grecata
2. Barriera al vapore MAPEPLAN VB PE
3. Pannello isolante in lana di roccia
4. Manto impermeabile in TPO/FPO fissato meccanicamente MAPEPLAN T M

Verifiche di legge

	Valore	Rispetto del limite di legge
Trasmittanza termica U^4	0,21 W/m ² K	✓
Verifiche di rischio muffa e condensazione interstiziale	Nessun rischio di muffa e condensa interstiziale	✓
Trasmittanza termica periodica Y_{ie}	0,10 W/m ² K	✓

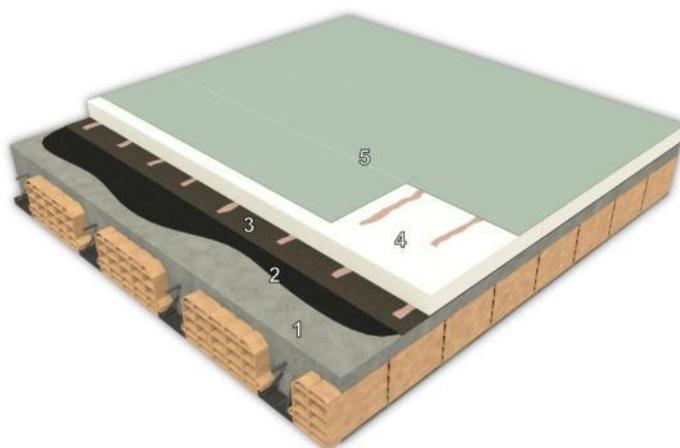
⁴ La trasmittanza termica da confrontare con i valori di riferimento o di legge è comprensiva dei ponti termici.



1. Supporto – Lamiera grecata
2. Barriera al vapore MAPEPLAN VB PE
3. Pannello in fibra di legno
4. Pannello isolante fissato meccanicamente EPS 150 kPa
5. Manto impermeabile in TPO/FPO fissato meccanicamente MAPEPLAN T M

Verifiche di legge

	Valore	Rispetto del limite di legge
Trasmittanza termica U^5	0,18 W/m ² K	✓
Verifiche di rischio muffa e condensazione interstiziale	Nessun rischio di muffa e condensa interstiziale	✓
Trasmittanza termica periodica Y_{ie}	0,10 W/m ² K	✓

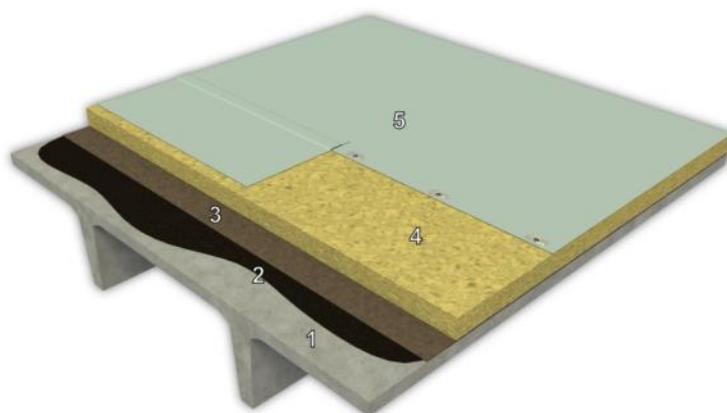


1. Supporto – Solaio in latero cemento
2. Primer bituminoso IDROPRIMER
3. Barriera al vapore POLYVAP RADONSHIELD
4. Pannello isolante incollato EPS 150 kPa
5. Manto impermeabile in TPO/FPO incollato MAPEPLAN T Af

Verifiche di legge

	Valore	Rispetto del limite di legge
Trasmittanza termica U^5	0,21 W/m ² K	✓
Verifiche di rischio muffa e condensazione interstiziale	Nessun rischio di muffa e condensa interstiziale	✓
Trasmittanza termica periodica Y_{ie}	0,066 W/m ² K	✓

⁵ La trasmittanza termica da confrontare con i valori di riferimento o di legge è comprensiva dei ponti termici.



1. Supporto – Tegoli prefabbricati
2. Primer bituminoso IDROPRIMER
3. Barriera al vapore
POLYVAP RADONSHIELD
4. Pannello isolante in lana di vetro
5. Manto impermeabile in TPO/FPO fissato
meccanicamente MAPEPLAN T M

Verifiche di legge

	Valore	Rispetto del limite di legge
Trasmittanza termica U^6	0,21 W/m ² K	✓
Verifiche di rischio muffa e condensazione interstiziale	Nessun rischio di muffa e condensa interstiziale	✓
Trasmittanza termica periodica Y_{ie}	0,06 W/m ² K	✓



1. Supporto – Tegoli prefabbricati
2. Primer bituminoso IDROPRIMER
3. Barriera al vapore
POLYVAP RADONSHIELD
4. Pannello isolante fissato meccanicamente
EPS 150 kPa
5. Manto impermeabile in TPO/FPO fissato
meccanicamente MAPEPLAN T M

Verifiche di legge

	Valore	Rispetto del limite di legge
Trasmittanza termica U^6	0,23 W/m ² K	✓
Verifiche di rischio muffa e condensazione interstiziale	Nessun rischio di muffa e condensa interstiziale	✓
Trasmittanza termica periodica Y_{ie}	0,12 W/m ² K	✓

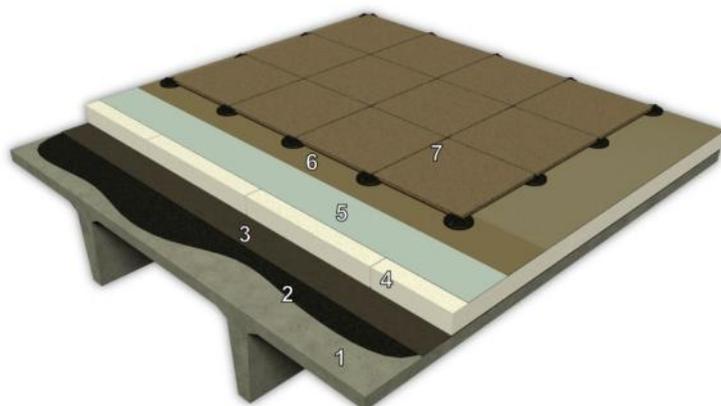
⁶ La trasmittanza termica da confrontare con i valori di riferimento o di legge è comprensiva dei ponti termici.



1. Supporto – Soletta in cemento armato
2. Primer bituminoso IDROPRIMER
3. Barriera al vapore
POLYVAP RADONSHIELD
4. Pannello isolante EPS 200 kPa
5. Manto impermeabile in TPO/FPO
MAPEPLAN T B
6. Geo-composito drenante
POLYSTUOIA 20
7. Terreno

Verifiche di legge

	Valore	Rispetto del limite di legge
Trasmittanza termica U^7	0,23 W/m ² K	✓
Verifiche di rischio muffa e condensazione interstiziale	Nessun rischio di muffa e condensa interstiziale	✓
Trasmittanza termica periodica Y_{ie}	0,084 W/m ² K	✓

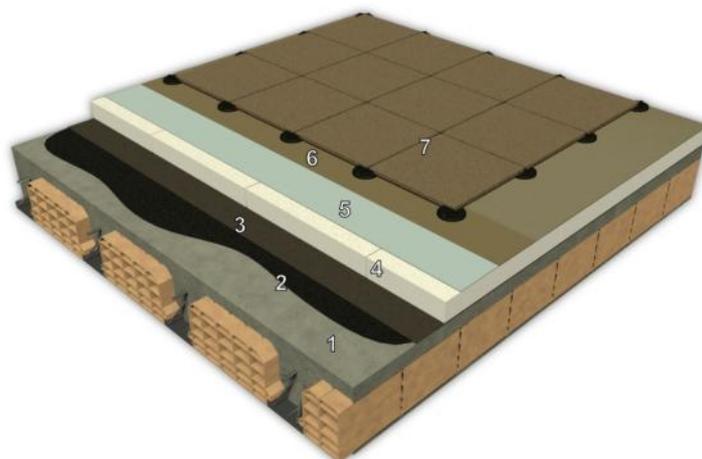


1. Supporto – Tegoli prefabbricati
2. Primer bituminoso IDROPRIMER
3. Barriera al vapore
POLYVAP RADONSHIELD
4. Pannello isolante EPS 200 kPa
5. Manto impermeabile in TPO/FPO
MAPEPLAN T B
6. Strato di protezione in TNT
POLYDREN PP
7. Pavimentazione galleggiante

Verifiche di legge

	Valore	Rispetto del limite di legge
Trasmittanza termica U^7	0,23 W/m ² K	✓
Verifiche di rischio muffa e condensazione interstiziale	Nessun rischio di muffa e condensa interstiziale	✓
Trasmittanza termica periodica Y_{ie}	0,12 W/m ² K	✓

⁷ La trasmittanza termica da confrontare con i valori di riferimento o di legge è comprensiva dei ponti termici.



1. Supporto – Solai in latero cemento
2. Primer bituminoso IDROPRIMER
3. Barriera al vapore
POLYVAP RADONSHIELD
4. Pannello isolante EPS 200 kPa
5. Manto impermeabile in TPO/FPO
MAPEPLAN T B
6. Strato di protezione in TNT
POLYDREN PP
7. Pavimentazione galleggiante

Verifiche di legge

	Valore	Rispetto del limite di legge
Trasmittanza termica U^8	0,21 W/m ² K	✓
Verifiche di rischio muffa e condensazione interstiziale	Nessun rischio di muffa e condensa interstiziale	✓
Trasmittanza termica periodica Y_{ie}	0,065 W/m ² K	✓

5 CONTATTI

- **ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico**
www.anit.it
info@anit.it
- **POLYGLASS SPA – MAPEI GROUP**
 Sede Legale: V.le E. Jenner, 4 - 20159 MILANO
 Sede Amministrativa: Via Dell'Artigianato, 34 - 31047 Ponte di Piave (TV) – Italy
 Tel. +39 04227547 - Fax +39 0422854118
www.polyglass.com - E-mail: info@polyglass.it

⁸ La trasmittanza termica da confrontare con i valori di riferimento o di legge è comprensiva dei ponti termici.

ANIT

Associazione
Nazionale
per l'Isolamento
Termico e acustico



ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico, ha tra gli obiettivi generali la diffusione, la promozione e lo sviluppo dell'isolamento termico ed acustico nell'edilizia e nell'industria come mezzo per salvaguardare l'ambiente e il benessere delle persone.

ANIT

- diffonde la corretta informazione sull'isolamento termico e acustico degli edifici
- promuove la normativa legislativa e tecnica
- raccoglie, verifica e diffonde le informazioni scientifiche relative all'isolamento termico ed acustico
- promuove ricerche e studi di carattere tecnico, normativo, economico e di mercato.

I soci **ANIT** si dividono nelle categorie

- **SOCI INDIVIDUALI**: Professionisti e studi di progettazione
- **SOCI AZIENDA**: Produttori di materiali e sistemi per l'isolamento termico e acustico
- **SOCI IMPRESA**: Imprese di costruzione
- **SOCI ONORARI**: Enti pubblici e privati, Università e Scuole Edili, Ordini e Collegi professionali

I soci individuali ricevono:



Costante **aggiornamento sulle norme in vigore** con le GUIDE ANIT



I software **ANIT**, per calcolare tutti gli aspetti dell'efficienza energetica e dell'acustica degli edifici



Servizio di **chiarimento tecnico** da parte dello Staff ANIT



Abbonamento alla rivista specializzata **Neo-Eubios**

La quota associativa ha un costo di **€ 95 + IVA** e validità di **12 mesi**. Per informazioni: www.anit.it

ANIT - Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico
Via Savona 1B - 20144 – Milano

www.anit.it

info@anit.it

Tel. 0289415126