

Tetto ventilato: un'alleanza tra il vento e il progettista

AUTORE: Virginia Luisella Pascale, Ingegnere libero professionista

ABSTRACT

Attraverso l'analisi di un caso applicativo, vengono illustrate le fasi realizzative e le prestazioni di un manto di copertura termicamente isolato, dotato di intercapedine fortemente ventilata, realizzato nell'ambito di un intervento di ampliamento volumetrico e recupero sottotetto di un edificio residenziale.

Il tetto ventilato

Un tetto ventilato è una copertura discontinua dotata di uno strato di ventilazione che ha lo scopo di migliorare il comportamento termoigrometrico complessivo del componente edilizio.

Nella maggioranza dei casi, la tecnica del tetto ventilato viene adottata per la realizzazione di coperture in cui sia prevista la posa in opera di uno strato di isolamento termico; ciò garantisce un comportamento igrotermico estremamente performante del componente edilizio, sia in regime invernale sia in regime estivo. Il risultato è una copertura che assicura in ogni stagione il comfort abitativo degli ambienti interni e che determina dei fabbisogni energetici contenuti, sia per la climatizzazione invernale sia per la climatizzazione estiva del volume riscaldato, con conseguente risparmio energetico e riduzione dei costi di gestione del fabbricato. Rispetto alle soluzioni tradizionali prive di ventilazione e di isolamento termico, la posa in opera dello strato termoisolante e dell'orditura dello strato di ventilazione comporta un aumento dei carichi permanenti abbastanza moderato, che dipende soprattutto dalla tipologia di materiali impiegati per la realizzazione dello strato di isolamento termico. Ciò fa del tetto ventilato un sistema versatile, che può essere

impiegato sia per la realizzazione di edifici di nuova costruzione che per l'esecuzione di interventi di ristrutturazione.

Le norme UNI di riferimento per la progettazione del tetto ventilato sono la UNI 9460 "Coperture discontinue - Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione di coperture realizzate con tegole di laterizio o calcestruzzo" e la UNI 8178-1 "Edilizia - Coperture - Parte 1: Analisi degli elementi e strati funzionali delle coperture discontinue"; tali norme forniscono criteri di progettazione, esecuzione e manutenzione, nonché specifiche tecniche e dettagli costruttivi, atti a garantire l'efficienza e la sicurezza dei sistemi di copertura.

Si ricorda inoltre che le coperture non rientrano nell'ambito di applicazione della Guida tecnica sui "Requisiti di sicurezza antincendio delle facciate negli edifici civili", allegata alla Circolare del Ministero dell'Interno n. 5043 del 15/04/2013, tuttavia ricadono nell'ambito di applicazione della RTV 13 "Chiusure d'ambito degli edifici civili", introdotta dal D.M. 30/03/2022. La RTV13 definisce la copertura come l'"insieme dei componenti che costituiscono la porzione di chiusura d'ambito sommitale dell'edificio, inclinata con un angolo $\alpha \leq 45^\circ$ rispetto al piano di riferimento" ed individua, in funzione della classificazione delle chiusure d'ambito dell'edificio, del carico d'incendio e delle dotazioni impiantistiche: i requisiti di reazione al fuoco dei materiali da impiegare per la realizzazione delle coperture, i requisiti di resistenza al fuoco delle coperture, le caratteristiche geometriche ed i requisiti di resistenza al fuoco delle fasce di separazione con funzione di compartimentazione da realizzare in copertura, in corrispondenza delle proiezioni degli elementi costruttivi di compartimentazione orizzontale e verticale, i requisiti delle aperture ricadenti all'interno delle fasce di separazione o di altre porzioni di copertura protette. Nel rimandare interamente alla RTV 13 per l'approfondimento dei requisiti di sicurezza antincendio delle coperture, si ricorda che tale regola tecnica verticale è cogente e si applica alle chiusure d'ambito degli edifici civili (es. strutture sanitarie, scolastiche, alberghiere, commerciali, uffici, residenziali ecc), esistenti alla data di entrata in vigore del D.M. 30/03/2022 o di nuova costruzione, sottoposti alle norme tecniche del D. M. 3 agosto 2015, cioè progettati applicando il Codice di Prevenzione Incendi.

Funzionamento del tetto ventilato

Ma come funziona esattamente un tetto ventilato?

Il funzionamento del tetto ventilato si basa sull'effetto Venturi (cioè su un effetto di "risucchio" dell'aria dalla gronda verso il colmo), che garantisce una efficace ventilazione in ogni condizione, anche in totale assenza di vento, assicurando l'aerazione necessaria ad evitare la formazione di muffe e condense.

Lo strato di ventilazione viene realizzato al di sotto delle tegole, mediante listelli di ventilazione posati perpendicolarmente alla linea di gronda. La circolazione dell'aria dalla gronda verso il colmo è garantita dalla presenza della gronda aerata e del colmo ventilato. Affinché, all'interno dello strato di ventilazione, si instauri una efficace circolazione dell'aria, idonea ad evitare il ristagno di umidità all'interno dei materiali che compongono la stratigrafia della copertura, le superfici di areazione della gronda e del colmo devono rispettare delle dimensioni precise:

- in gronda, la sezione d'ingresso dell'aria deve essere di almeno $200 \text{ cm}^2/\text{m}$,
- al colmo, la sezione di uscita dell'aria deve essere inferiore rispetto alla sezione d'ingresso presente sulla linea di gronda, ma non deve essere meno del 25% di quest'ultima.

Vantaggi del tetto ventilato

I principali vantaggi offerti dal tetto ventilato consistono nella rimozione del vapore acqueo dai materiali che compongono il tetto e nel miglioramento della prestazione termica della copertura.

- I. La ventilazione è garantita in ogni condizione, anche in totale assenza di vento, in quanto l'aria presente nello strato di ventilazione, essendo più calda, assume un moto ascensionale, incrementato dalle caratteristiche costruttive del tetto ventilato.
- II. Il costante flusso d'aria circolante dalla gronda verso il colmo permette di espellere l'aria umida, ciò consente non solo di evitare la formazione di condense e muffe all'interno dei materiali del tetto, ma anche di conseguire un risparmio energetico nei mesi freddi, quando la prestazione termica dei materiali isolanti decade a causa del contenuto di umidità degli stessi.
- III. Nei mesi più caldi, lo strato di ventilazione consente di espellere costantemente l'aria riscaldata dall'azione della radiazione solare

incidente sul tetto, ciò aumenta l'inerzia termica della copertura, con conseguente risparmio energetico anche in estate.

- IV. Grazie all'effetto Venturi, più forte tira il vento, più saldamente le tegole aderiscono al tetto.

Tetto ventilato: un caso pratico

Si illustra di seguito un caso pratico di tetto ventilato con struttura portante in legno ed isolamento termico in lana di vetro, realizzato nell'ambito di un intervento di ampliamento volumetrico e recupero sottotetto, con sopraelevazione, di un edificio residenziale.

La struttura portante è stata realizzata mediante travi di legno lamellare in abete GL24h, disposte parallelamente alla linea di gronda, che insistono su un cordolo perimetrale in calcestruzzo armato (ved. Figure da 5 a 8 e Figura 19). La trave di colmo ha una sezione di 14x24 cm, le altre travi hanno una sezione di 12x24 cm, i passafuori hanno invece una sezione di 8x12 cm (ved. Figura 1).

L'inclinazione delle falde di copertura è pari a 21°.

Una volta realizzata l'orditura portante in legno, si è proceduto alla posa del manto di copertura, la cui stratigrafia, dall'interno verso l'esterno, è articolata come segue (ved. Figura 2):

- Assito in perline di abete da 20,0 mm
- Membrana freno vapore da 0,2 mm
- Tavole a fibre orientate (OSB) da 19,0 mm
- Pannello in lana di vetro con densità pari a 97 kg/m³ da 80,0 mm
- Pannello in lana di vetro con densità pari a 97 kg/m³ da 80,0 mm
- Tavole a fibre orientate (OSB) da 19,0 mm
- Telo traspirante al vapore e impermeabile all'acqua da 0,7 mm
- Intercapedine d'aria fortemente ventilata da 40,0 mm
- Tegole in laterizio da 15,0 mm.

La massa superficiale del manto di copertura è pari a circa 94 kg/m², inclusi i listelli di contenimento del materiale isolante, i listelli dello strato di ventilazione, i listelli portategole ed il listello di chiusura in gronda.

Fasi realizzative del manto di copertura

Una volta completata la posa in opera dell'orditura portante in legno lamellare, di cui non ci occupiamo in questa sede (anche per evitare il rischio che le mie povere

conoscenze in ambito strutturale causino il crollo di qualche tetto...), si è passati alla realizzazione del manto di copertura. La lavorazione è risultata piuttosto articolata, a causa dell'elevato numero di strati previsti in progetto.

Dopo aver posato l'assito in abete battentato, si è proceduto alla posa della membrana avente funzione di freno al vapore. La membrana è stata posta in opera garantendo una sovrapposizione di almeno 10 cm tra i teli ed il risvolto degli stessi di almeno 20 cm in verticale in corrispondenza dei corpi emergenti dal manto di copertura (ved. Figura 11). Le sovrapposizioni dei teli sono state sigillate con apposito nastro, mentre le giunzioni perimetrali sono state chiuse mediante idoneo sigillante in cartuccia.

Si è quindi proceduto alla posa del primo strato di pannelli OSB (ved. Figura 9).

L'isolamento è stato realizzato con un doppio strato incrociato di pannelli in lana di vetro, con elevata resistenza a compressione (resistenza alla compressione con deformazione del 10% > 50 kPa, resistenza al carico puntuale > 800 N) e classe di reazione al fuoco A2-s1-d0. I pannelli sono stati posti in opera all'interno di una doppia orditura incrociata di listelli di contenimento in legno di abete, aventi sezione pari a 60 x 80 mm. Il primo ordine di listelli è stato disposto perpendicolarmente alla linea di gronda, mentre il secondo ordine di listelli è stato disposto parallelamente alla linea di gronda; in corrispondenza del secondo ordine di listelli sono stati impiegati degli spezzoni di listello per chiudere il perimetro del tetto senza lasciare a vista il materiale isolante (ved. Figura 10 e Figura 17).

È stato quindi posato il secondo strato di pannelli OSB.

La stratigrafia sin qui descritta è stata completata mediante la posa di un listello di chiusura in legno di abete, avente sezione 100x205 mm, disposto lungo la linea di gronda, al di sopra dell'assito in perline di abete.

Si è quindi proceduto all'installazione di listelli di ventilazione in legno di abete, aventi sezione pari a 50x40 mm, che sono stati posati perpendicolarmente alla linea di gronda, al di sopra del secondo strato di pannelli OSB, con passo 0,5 m.

Il telo sottotegola, traspirante al vapore e impermeabile all'acqua, è stato posato parallelamente alla linea di gronda, al di sopra dei listelli di ventilazione, partendo dal basso (cioè dalla gronda) e garantendo sovrapposizioni di almeno 10 cm tra i teli.

Sono stati quindi installati i listelli portategole in legno di abete, aventi sezione pari a 50x30 mm (ved. Figura 12).

Al fine di garantire l'efficace circolazione dell'aria all'interno dello strato di ventilazione, sono stati quindi realizzati la gronda aerata ed il colmo ventilato.

Lungo la linea di gronda, si è provveduto ad installare una griglia, avente altezza pari alla somma delle altezze dei listelli di ventilazione e dei listelli portategole, per consentire l'aerazione dello strato di ventilazione ed impedire l'intrusione di piccoli animali (ved. Figura 16).

Il colmo ventilato è stato realizzato mediante la posa in opera di listelli portacoppesse in acciaio inox AISI 430 di spessore 0,8 mm, dotati di fori di ventilazione in grado di garantire un'aerazione di circa 270 cm²/m (ved. Figura 14).

I listelli impiegati sono muniti di fasce laterali in alluminio plissettato 8079 H 00, da sagomare sulle tegole, aventi spessore 1,5 mm e dotate di striscia adesiva in butilico sul bordo esterno. I listelli sono stati installati su staffe di sostegno in acciaio inox AISI 430 di spessore 1 mm, regolabili in altezza mediante cavallotti, ed è stata garantita una sovrapposizione tra i listelli di 5 cm (montaggio di tipo testa-coda). Le staffe sono state posate lungo la linea di colmo, ad 1 m di distanza l'una dall'altra, e sono state fissate ai listelli di ventilazione del tetto (ved. Figura 13); la prima e l'ultima staffa sono state posizionate a 0,5 m dalle estremità della linea di colmo.

Si è quindi proceduto a realizzare l'elemento di tenuta (cioè il manto esterno impermeabile), mediante la posa in opera di tegole marsigliesi in laterizio, fissate ai listelli portategole con l'ausilio di clip laterali (ved. Figura 18). Il colmo è stato completato mediante l'installazione di coppesse con incastro testa-coda, fissate ai listelli postacoppesse con viti munite di guarnizione (ved. Figura 14); sono stati inoltre installati i terminali di colmo.

In concomitanza con la posa delle tegole marsigliesi, si è proceduto ad installare il lucernario, che è stato posato, completo di raccordo a tetto, cornice isolante, barriera al vapore e collare impermeabilizzate, su un controtelaio in legno di spessore 4 cm e di altezza pari all'altezza del piano di posa delle tegole, realizzato in opera ed installato sull'assito in perline di abete. La cornice isolante e la barriera al vapore sono state posate all'interno del controtelaio (con la cornice isolante a contatto con il controtelaio e la barriera al vapore posta a separare la cornice isolante dall'ambiente interno), mentre il collare impermeabilizzante, realizzato in

tessuto traspirante al vapore e impermeabile all'acqua, è stato posato all'esterno del controtelaio, in modo da creare continuità con il telo traspirante ed impermeabile del tetto; il raccordo a tetto è stato installato al di sopra delle tegole (ved. Figura 15).

Il tetto è stato poi completato con la posa in opera di scossaline, canali di gronda e pluviali, completi dei relativi elementi di fissaggio (ved. Figura 20).

Prestazioni termiche e acustiche del manto di copertura

Le prestazioni termo - acustiche della copertura sono descritte dai seguenti parametri:

- trasmittanza termica pari a $0,201 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$,
- sfasamento dell'onda termica pari a $8\text{h } 30'$,
- trasmittanza termica periodica Y_{ie} pari a $0,133 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$,
- potere fonoisolante R_w pari a 51 dB .

In accordo con la norma UNI EN ISO 6946, la trasmittanza termica e la resistenza termica del componente edilizio sono state calcolate trascurando la resistenza termica dell'intercapedine fortemente ventilata e quella di tutti gli altri strati posizionati tra l'intercapedine e l'ambiente esterno ed imponendo una resistenza superficiale esterna pari al valore della resistenza superficiale interna del componente edilizio (ved. Tabella 1e Figura 3).

Le verifiche relative al rischio di formazione di muffe e condense, condotte secondo la norma UNI EN ISO 13788, hanno dato esiti positivi, pertanto la copertura non risulta soggetta a fenomeni di condensa interstiziale né al rischio di formazione di muffa e di condensa superficiale.

Le performance dell'involucro edilizio si mantengono elevate anche in corrispondenza del ponte termico tra il tetto ventilato e la parete esterna dell'edificio. Quest'ultima ha una trasmittanza di $0,222 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ed un potere fonoisolante R_w pari a 52 dB , è realizzata in blocchi di laterizio Poroton 800, isolati esternamente con cappotto termico in lana di roccia, e presenta nella parte sommitale un cordolo perimetrale in calcestruzzo armato, che funge da base d'appoggio per le travi dell'orditura portante del tetto.

Il valore della trasmittanza termica lineica esterna ψ_e associato al ponte termico risulta pari a $-0,020 \text{ W}/(\text{mK})$, mentre il valore della trasmittanza termica lineica

interna ψ_i risulta pari a 0,062 W/(mK), valori tanto contenuti indicano che la variazione di densità del flusso termico dovuta alla discontinuità dell'involucro edilizio è minima e che la sua influenza sul fabbisogno energetico complessivo dell'involucro è marginale. Inoltre, la temperatura superficiale interna minima dell'involucro opaco in corrispondenza del nodo costruttivo raggiunge un valore decisamente elevato, pari a 19,35°C, e ciò assicura, come dimostrato dalle verifiche condotte secondo la norma UNI EN ISO 13788, l'assenza del rischio di formazione di muffe e condense superficiali (ved. Figura 4).

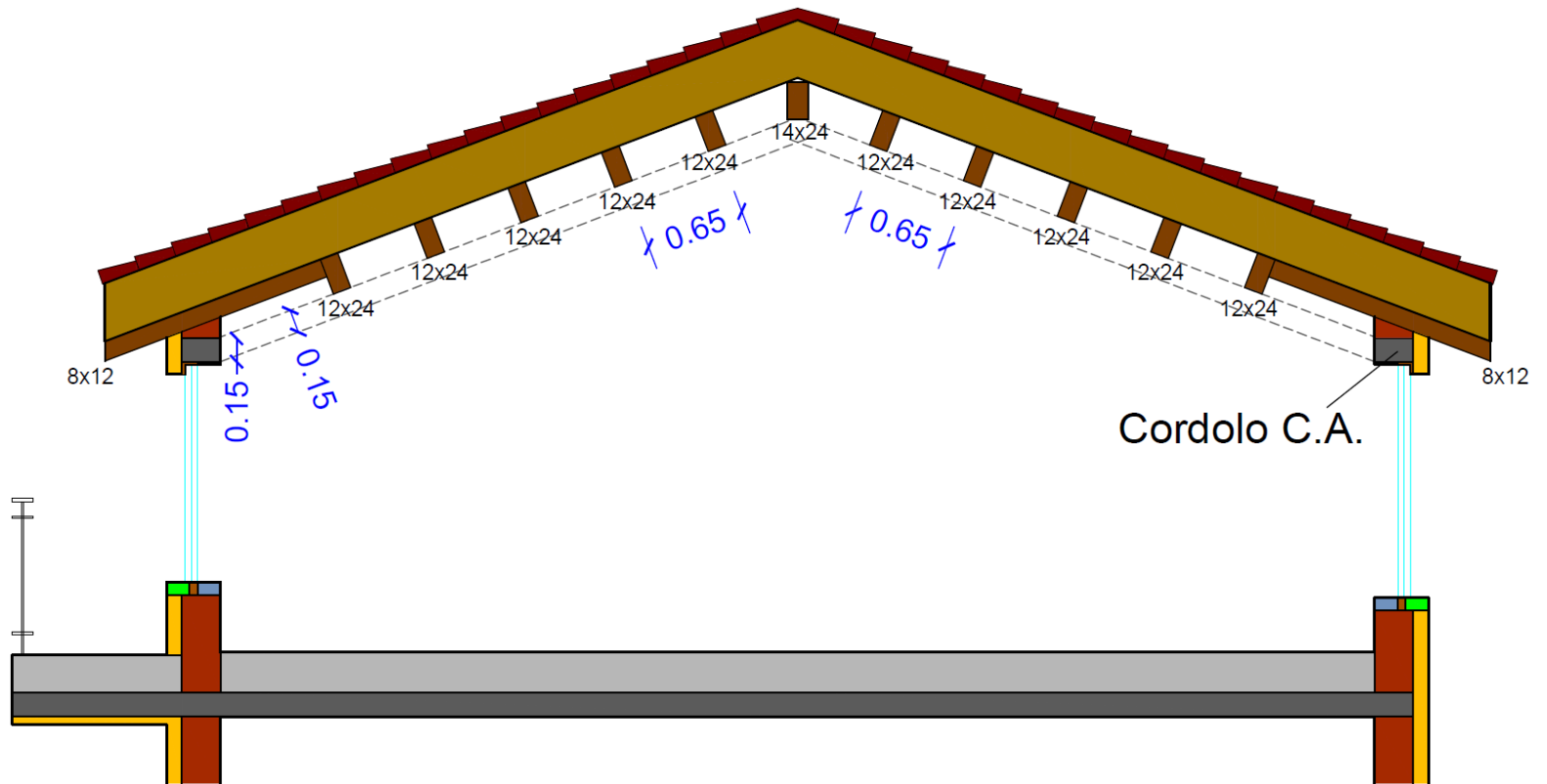


Figura 1 - Tetto ventilato - Dettaglio esecutivo dell'orditura portante in legno lamellare.

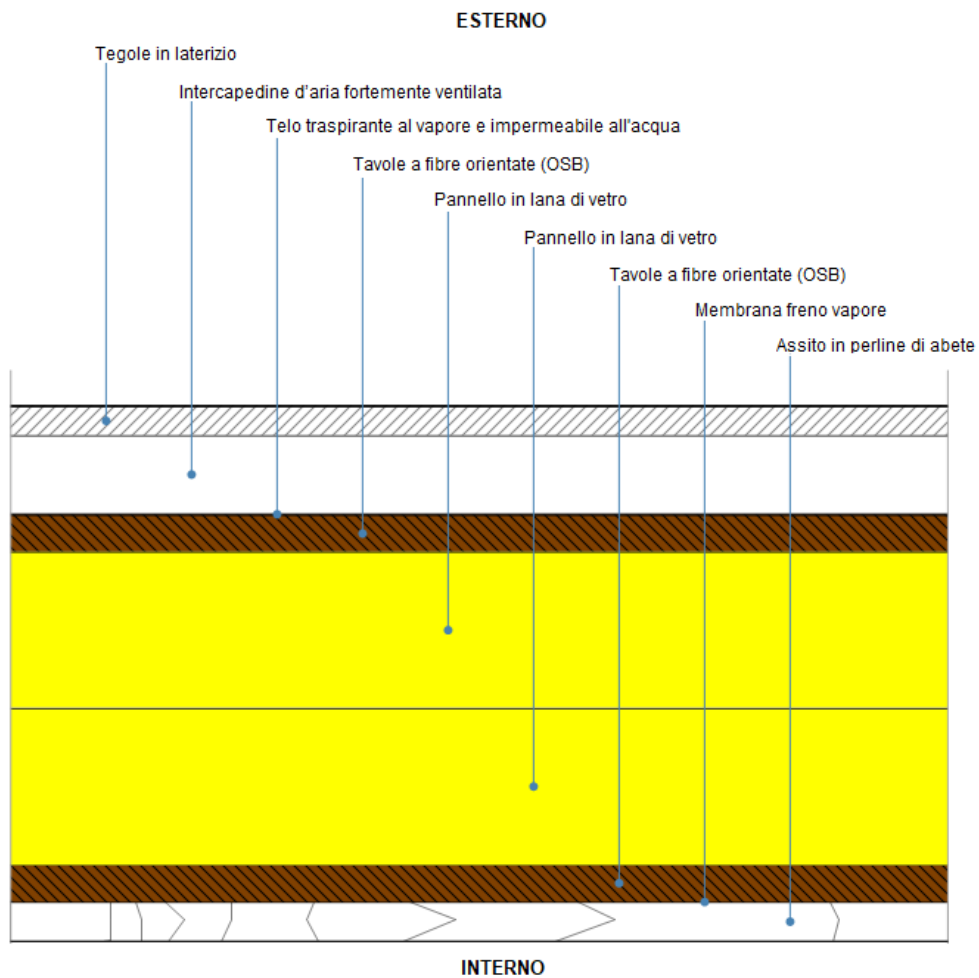


Figura 2 - *Stratigrafia del tetto ventilato*

Descrizione	Spessore s	Conduttività λ	Resistenza R	Densità ρ	Capacità C	Fattore μ
	mm	W/(mK)	m ² K/W	Kg/m ³	kJ/(kgK)	-
Adduttanza interna	-	-	0,100	-	-	-
Assito in abete	20,0	0,120	0,167	450	1,38	33,3
Membrana freno vapore	0,2	0,220	0,001	400	1,00	12.500,0
Tavole a fibre orientate (OSB)	19,0	0,130	0,146	650	1,70	30,0
Pannello in lana di vetro	80,0	0,037	2,162	97	1,03	1,0
Pannello in lana di vetro	80,0	0,037	2,162	97	1,03	1,0
Tavole a fibre orientate (OSB)	19,0	0,130	0,146	650	1,70	30,0
Telo traspirante e impermeabile	0,7	1,000	0,001	214	1,00	28,6
Adduttanza interna	-	-	0,100	-	-	-
TOTALE	218,9		4,985			

Tabella 1 - *Strati del tetto ventilato considerati ai fini del calcolo della resistenza termica. In accordo con la norma UNI EN ISO 6946, ai fini del calcolo del flusso termico, la resistenza termica totale del componente edilizio è stata ottenuta trascurando la resistenza termica dell'intercapedine fortemente ventilata e quella di tutti gli altri strati posizionati tra l'intercapedine e l'ambiente esterno ed imponendo una resistenza superficiale esterna pari al valore della resistenza superficiale interna del componente edilizio.*

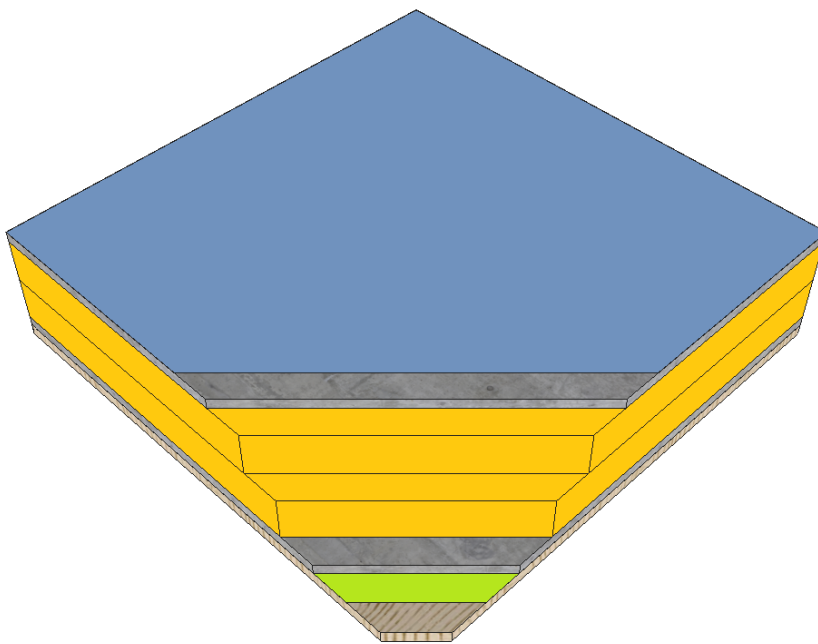


Figura 3 - Strati del tetto ventilato considerati ai fini del calcolo della resistenza termica. Dettaglio 3D della stratigrafica dall'assito in abete al telo traspirante ed impermeabile.

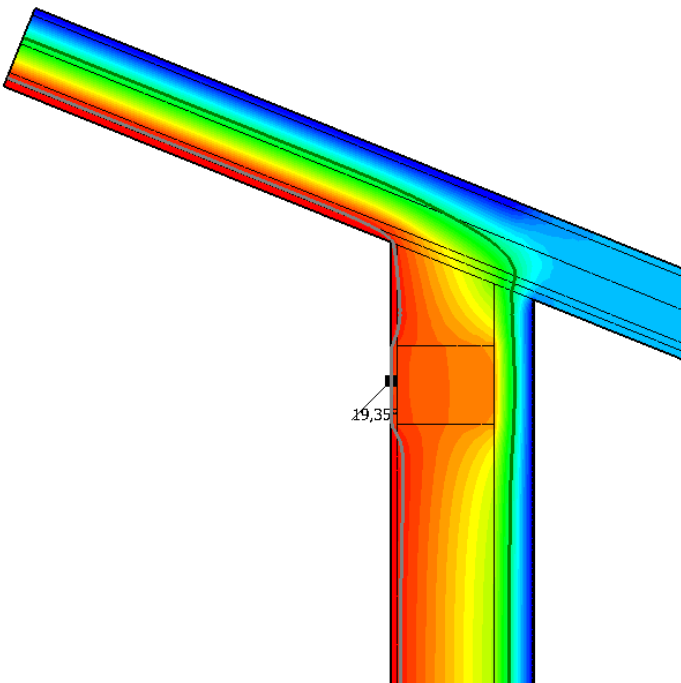
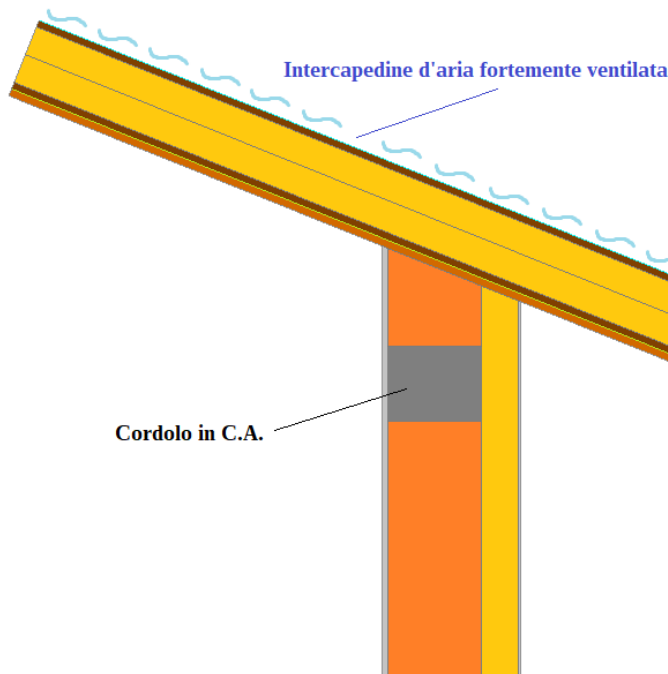


Figura 4 – *Nodo costruttivo parete - tetto ventilato. La parete è realizzata in blocchi Poroton 800 con cappotto esterno in lana di roccia e presenta, nella parte sommitale, un cordolo in calcestruzzo armato. Trasmittanza della parete: $0,222 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Potere fonoisolante R_w della parete: 52 dB. La stratigrafia del tetto ventilato, dall'interno verso l'esterno, sino allo strato di ventilazione, è articolata in: assito in perline d'abete, membrana freno vapore, pannello OSB, doppio strato isolante in lana di vetro, pannello OSB, telo traspirante ed impermeabile. Trasmittanza del tetto ventilato: $0,201 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Potere fonoisolante R_w del tetto ventilato: 51 dB. La trasmittanza termica lineica esterna ψ_e del ponte termico parete – tetto ventilato risulta pari a $-0,020 \text{ W}/(\text{mK})$. La soluzione garantisce una temperatura superficiale interna minima in corrispondenza del nodo costruttivo pari a 19,35 gradi, valore che è ben al di sopra della temperatura minima necessaria per evitare la formazione di muffa e condensa superficiale, assicurando così un confort termico ottimale.*



Figura 5 - Tetto ventilato - Travi portanti in legno lamellare e passafuori



Figura 6 - Tetto ventilato - Travi portanti in legno lamellare e passafuori



Figura 7 - Tetto ventilato - Travi portanti in legno lamellare posate su cordolo perimetrale in calcestruzzo armato



Figura 8 - Tetto ventilato - Travi portanti in legno lamellare posate su cordolo perimetrale in calcestruzzo armato



Figura 9 - Tetto ventilato - Assito in perline di abete, membrana freno vapore e primo strato di pannelli OSB



Figura 10 - Tetto ventilato - Doppio strato incrociato di pannelli in lana di vetro, posti in opera tra i listelli di contenimento



Figura 11 - Tetto ventilato - Passaggio per canna fumaria. Si nota il risvolto della membrana freno vapore.



Figura 12 - Tetto ventilato - Secondo strato di pannelli OSB, listelli di ventilazione perpendicolari alla linea di gronda, telo traspirante ed impermeabile, listelli portategole e tegole.



Figura 13 -
*Tetto ventilato
- Telo
sottotegola
traspirante ed
impermeabile,
listelli
portategole,
tegole poste in
opera
mediante clip
laterali, staffe
portalistello in
acciaio inox
per colmo
ventilato,
passaggi per
canne fumarie*



Figura 14 - Tetto ventilato - Colmo ventilato composto da: coppesse con incastro testa-coda, listelli portacoppesse in acciaio inox, fascia sottocolmo in alluminio.



Figura 15 - Tetto ventilato –
Installazione del lucernario,
completo di raccordo a tetto,
cornice isolante, barriera al
vapore e collare
impermeabilizzate, su un
controtelaio in legno di
spessore 4 cm e di altezza pari
all'altezza del piano di posa
delle tegole, realizzato in
opera ed installato sull'assito
in perline di abete. Dati tecnici
del serramento: trasmittanza
termica U_w pari a $0,92 \text{ W/m}^2\text{K}$,
potere fonoisolante R_w pari a
42 dB, classe 4 di permeabilità
all'aria, vetrata 33.1BE-11Kr-
3-11Kr-8T, fattore solare g
pari a 0,47.



Figura 16 - Tetto ventilato - Gronda aerata composta da: 1) listello di chiusura in legno di abete da 100x205 mm, 2) griglia parapasseri, installata per consentire l'areazione dello strato di ventilazione



Figura 17 - *Tetto ventilato - Listelli di contenimento perimetrali*

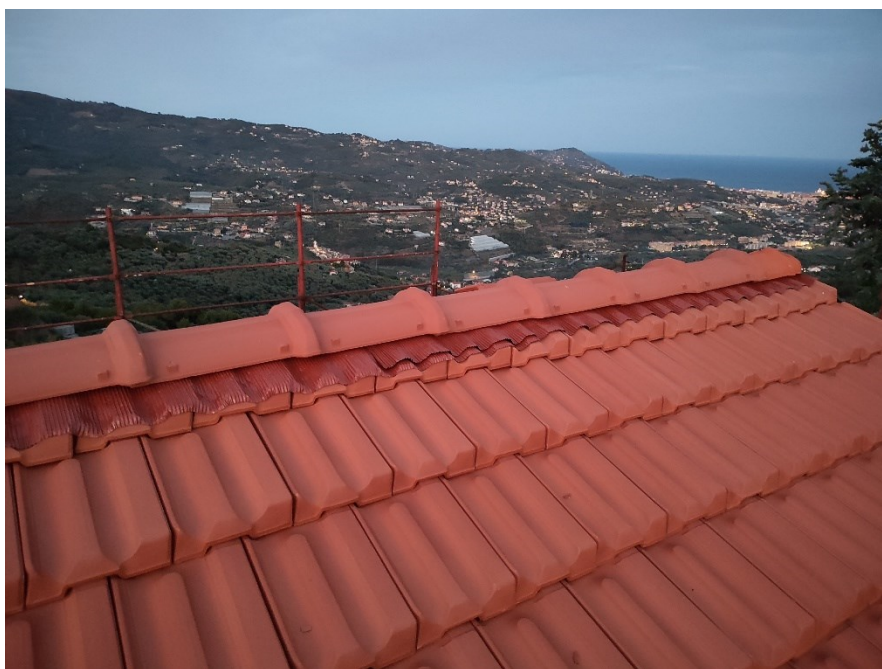


Figura 18 - *Tetto ventilato - Manto in tegole marsigliesi e colmo*



Figura 19 - *Tetto ventilato - Vista interna*



Figura 20 - Tetto ventilato - Tetto completo di canale di gronda e scossaline