

Il tetto a struttura di legno



Le forze verticali del tetto si scaricano sulle fondamenta

Un edificio a struttura portante di legno, è formato dall'unione di pareti, solai e tetto, opportunamente collegati fra loro e può essere progettato con quattro diversi sistemi:

1. a struttura intelaiata
2. a pannelli portanti di Xlam
3. a tronchi sovrapposti (blockbau)
4. a struttura mista pilastri e traversi

comunque e sempre rispettando il principio della discesa dei carichi verso le fondamenta della costruzione, attraverso le pareti o i pilastri.

Le pareti andranno pertanto calcolate

per sopportare i carichi verticali provenienti dalla copertura, che si distribuiscono di norma su tutto il perimetro dell'edificio. Nelle strutture miste invece, (pilastri lamellari e tamponamenti a telaio o con pannelli) la discesa dei carichi verticali concentrati, non avviene più tramite le pareti, ma devono essere considerati come forze puntiformi concentrate sui pilastri dell'edificio.

Le forze orizzontali sulle strutture scatolari

La forza del vento e del sisma agiscono sia sulla copertura, sia sulle pareti perimetrali, sono considerate come forze agenti sulle controventature orizzontali,



Nel ritocco: il tetto di un cascinale piemontese. La trave di colmo di sinistra aderisce al monaco della capriata e il fusto su una controcatena avvitata ai puntoni. Una mensolina coadiuva con la controcatena nel sorreggere la trave molto pesante. I falsi puntoni sormontano la trave di colmo, e costituiscono il piano di appoggio per le terzere che formano la falda

Elementi costituenti i tetti di legno

L'orditura di un tetto di legno è costituita da una serie di travi portanti, che formano la cosiddetta grossa orditura e da una serie di elementi di dimensioni più piccole, disposti in modo di fornire l'appoggio al manto di copertura costituendo la piccola orditura.

La grossa orditura può assumere due configurazioni, che in Italia sono tradizionalmente indicate come:

- Orditura alla Piemontese
- Orditura alla Lombarda

Gli elementi costituenti l'orditura di legno dei tetti sono:

- trave di colmo: trave di appoggio posta in sommità delle capriate (tetto alla lombarda) oppure a sostegno dei falsi puntoni (tetto alla piemontese);
- falsi puntoni (o paradossi): travi inclinate dell'orditura alla piemontese;
- terzere (o arcarecci, o correnti): travetti orizzontali dell'orditura alla lombarda;
- cantonali: travi inclinate disposte in corrispondenza delle linee di dislivello, aventi una funzione analoga a quella dei falsi puntoni;
- travicelli (o correntini): elementi di sezione più piccola, disposti orizzontalmente sui falsi puntoni;
- travetti (o correntini): elementi inclinati, disposti sulle terzere per fornire l'appoggio ai listelli per la posa delle tegole;
- listelli: elementi atti a fissare i componenti del manto di copertura;
- tavolati: superfici di appoggio di alcuni tipi di tegole bituminose o di lastre;
- passafuori: elementi inclinati di sostegno degli sporti, fissati sui falsi puntoni dell'orditura alla piemontese o sui puntoni delle capriate dell'orditura alla lombarda;
- dormienti (o banchine): elementi che formano l'appoggio dell'estremità inferiore dei falsi puntoni sulle pareti perimetrali dell'edificio;
- controcatene: elementi di collegamento dei falsi puntoni, disposti sotto la trave di colmo;
- saettoni: elementi di irrigidimento delle travi.

in poche parole i solai. I solai sono strutture piane aventi la funzione del trasferimento dei carichi, che essi stessi devono sopportare, alle strutture su cui poggiano, pertanto lavorano a lastra trasferendo le forze orizzontali sulle pareti parallele alla direzione delle forze considerate e da qui sul solaio sottostante fino in fondazione.

La funzione del cordolo

Il collegamento fra i diversi elementi piani formanti l'edificio è fondamentale per il comportamento corretto della struttura portante e deve garantire la trasmissione delle forze tra un elemento e l'altro.

Iniziamo la nostra carrellata esaminando la funzione del cordolo costruito tra una copertura di legno (nella foto, un tetto assemblato a terra) e la muratura di cemento armato o laterizio. (Foto 2) Come si vede la copertura è stata preventivamente fissata al cordolo di legno perimetrale e successivamente sollevata in quota. Il cordolo di legno – che avrà la stessa larghezza della preesistenza – e quindi la copertura, saranno imbullonati mediante barre filettate anegate nella struttura muraria. La precisione con la quale operano le macchine per la lavorazione del legno a controllo numerico (CNC) agevola operazioni di enorme difficoltà, come quella che vediamo in fotografia.

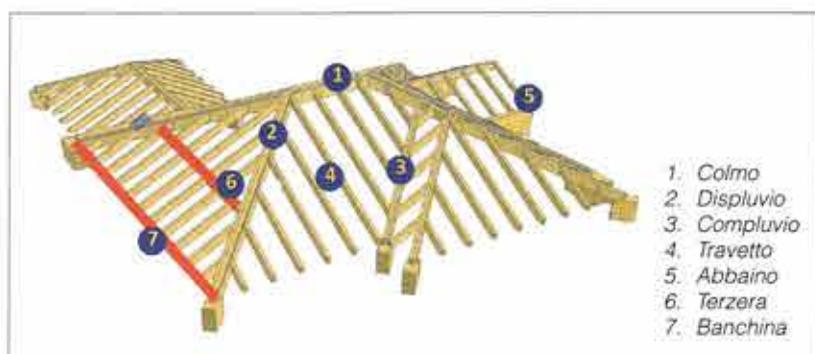
Il cordolo

Definizione: il cordolo è l'elemento di collegamento fra le pareti perimetrali di un edificio e gli elementi orizzontali della struttura (solai). Cioè assicura la connessione strutturale cucendo fra loro le partizioni verticali con quelle orizzontali.

La normativa italiana (NTC 2008), tra l'altro, prescrive la presenza obbligatoria di un cordolo continuo all'intersezione fra solai e pareti per le strutture a setti portanti in muratura,

Cordolo di legno e muratura

E' ovvio che, in assenza di cordolo di muratura, l'utilizzo di un cordolo di legno



collegato direttamente alla muratura, richiede interventi murari di livellazione e precisione delle connessioni.

Copertura e pareti portanti di legno

Nel caso di copertura a contatto diretto con le pareti portanti perimetrali di legno, la funzione del cordolo è assicurata dai collegamenti legno-acciaio che garantiscono la trasmissione delle forze di taglio (squadre) e di trazione (hold down e bande forate) mentre le forze di compressione sono trasmesse per contatto diretto fra gli elementi. Il punto di contatto del cordolo di legno dovrà essere lavorato a L rovesciata per tenere conto dell'inclinazione della falda, dato che la trasmissione di forze verticali tramite pressione di contatto richiede che questo avvenga mediante superfici orizzontali



**Due esempi
di carpenteria evoluta**

In alto: il Geometra Fausto Sala ha progettato un appartamento di 152 metri quadrati, lo ha costruito a terra e poi sollevato in quattro punti con una gru da 18 mila kg per portarlo in quota e sopraelevare una villa a Besana Brianza. Non stupisce tanto la precisione dei lavori di carpenteria, quanto la perfetta tenuta del blocco tetto e pareti, frutto di calcoli scrupolosi ed equilibrati.

In basso il Geometra Adriano De Pra solleva con una gru un tetto di legno costruito a terra, lo porta in quota e inserisce il cordolo prefabbricato del tetto, con la massima precisione, nelle barre filettate annegate nel cemento armato alla sommità delle pareti di un edificio



1



2

Tetto ad unica falda o tetto piano

Il "tetto piano", in una costruzione di legno, è la scelta più semplice sotto il profilo strutturale, poiché è calcolato come un diaframma orizzontale controventante che trasmette i carichi alle pareti esattamente come fosse un solaio intermedio appoggiato e collegato ai muri sottostanti. Unica variante una pendenza minima del 2% per convogliare l'acqua meteorica verso uno dei pluviali. La pressione dovuta ai carichi verticali come il peso della struttura e della neve è da considerare rispettando il principio della discesa dei carichi verso le fondamenta della costruzione attraverso le pareti.

Le pareti andranno pertanto calcolate per sopportare i carichi verticali che si distribuiscono di norma su tutto il perimetro dell'edificio, purché i piani di appoggio del tetto alle pareti siano tutti perfettamente in orizzontale, vale a dire paralleli al piano del solaio sottostante.

Fa eccezione il calcolo relativo al carico del vento. Infatti in regioni percorse da venti forti la forza orizzontale del vento sulla copertura ad una falda tende ad aumentare mano a mano che sale l'angolo di inclinazione della copertura stessa. E' opportuno tenerne conto in fase di progetto della ferramenta di irrigidimento e controventatura.

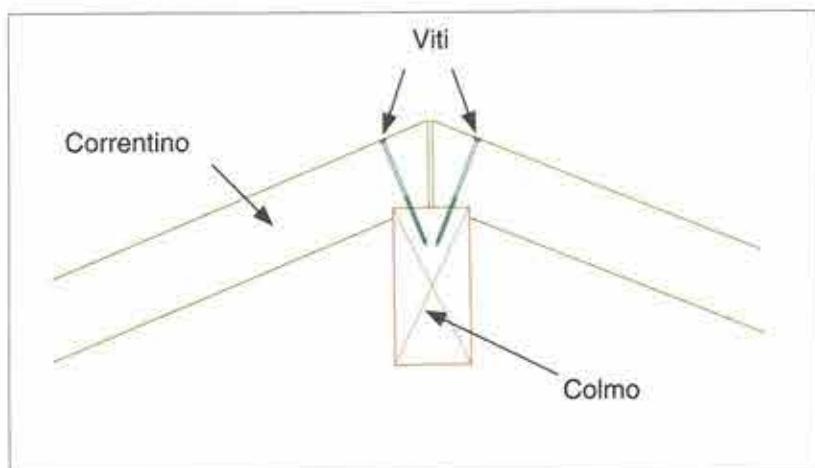
Tetto a due falde e la funzione della capriata

La costruzione più semplice del tetto a due falde è formata da due superfici piane adagiate sui puntoni di una capriata, conosciuta anche con il nome di incastellatura o incavallatura, struttura reticolare di legno formata da travi sovrapposte, strettamente connesse (vedi capitolo precedente)

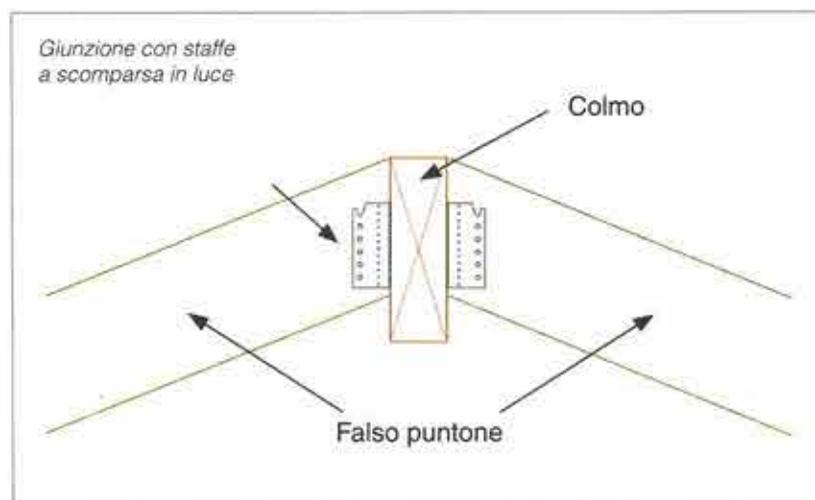
La capriata e di conseguenza l'inclinazione delle falde, assume forma e concezione in funzione della cultura del luogo e quindi varia dalle più acute coperture del Centro-Nord Europa, alle più modeste inclinazioni mediterranee.



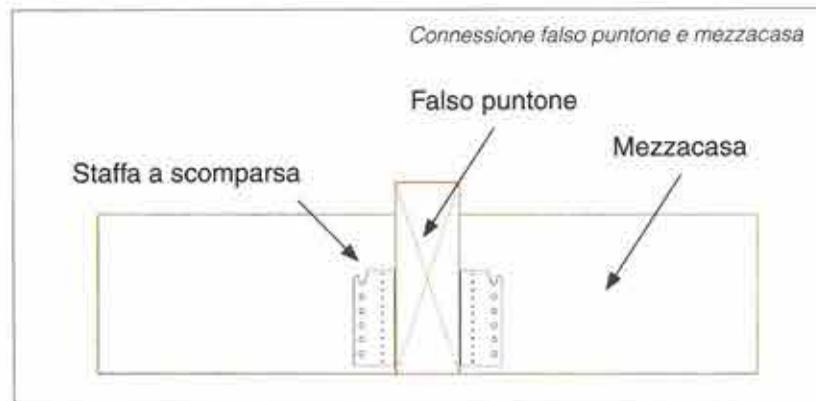
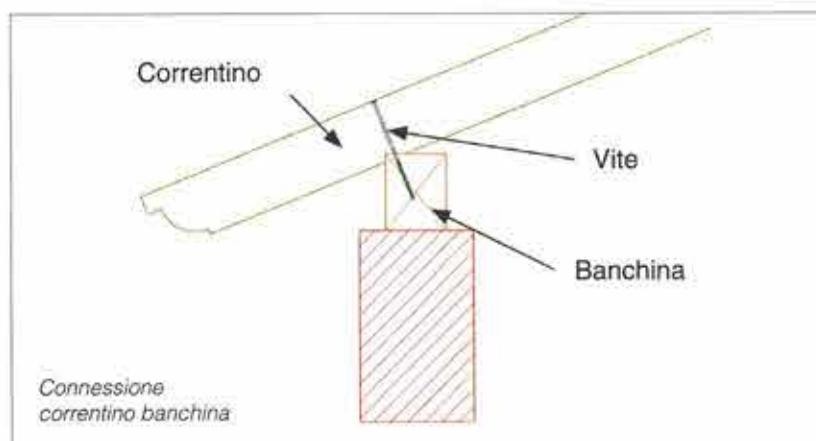
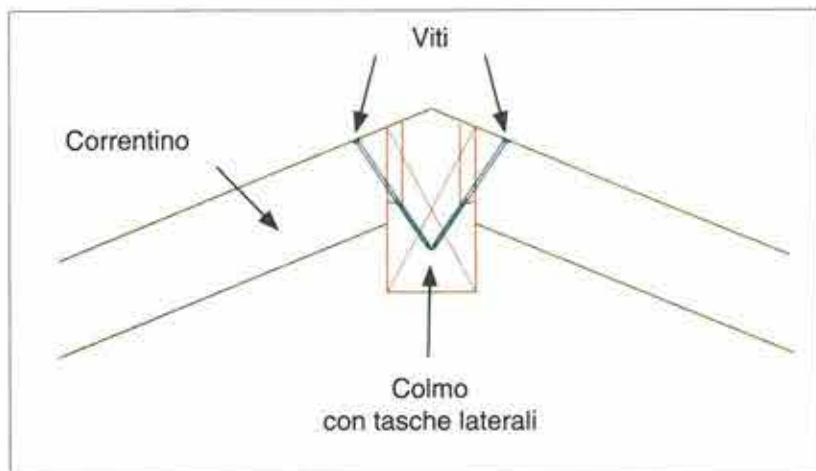
Esempi di connessione tra elementi di legno nella costruzione dei tetti. Fare attenzione: ogni connessione deve essere avvita come mostrano le figure seguenti



Staffa a scomparsa



Connessione a coda di rondine



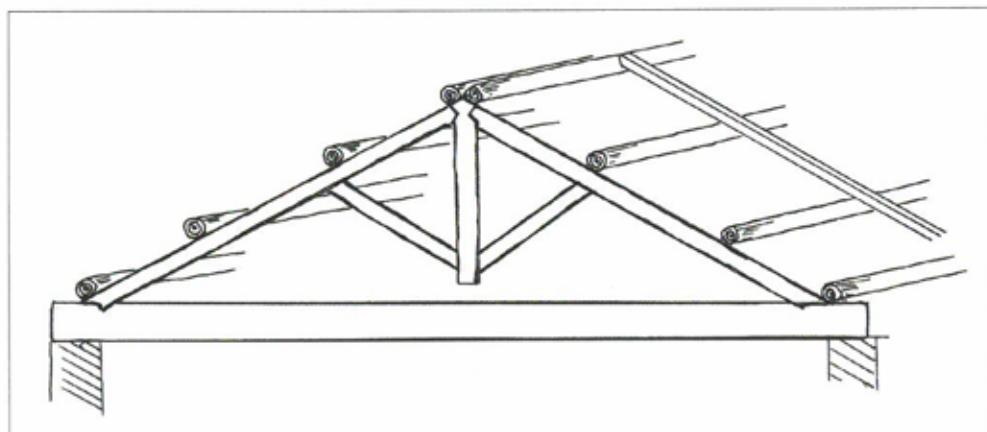
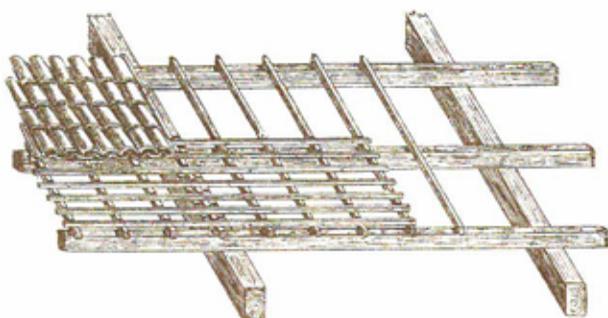
Il giunto Cidori, un vecchio gioco giapponese, un insieme di bastoni di legno con giunti di forma unica, che può essere montato semplicemente ruotando i bastoncini, senza chiodi o raccordi di metallo. Questa architettura è stata utilizzata da Kengo Kuma per la costruzione del padiglione del Giappone per Expo 2015

IL TETTO ALLA LOMBARDA

E' formato da una serie di capriate secondo progetto.

La trave o le travi di colmo si appoggiano sulla testa del monaco.

Sui puntoni delle capriate si stendono le terzere o arcarecci parallelamente alla trave di colmo, formando un piano inclinato, sul quale si posano i travetti o correntini; infine sui correntini si poserà l'orditura dei listelli porta tegola.

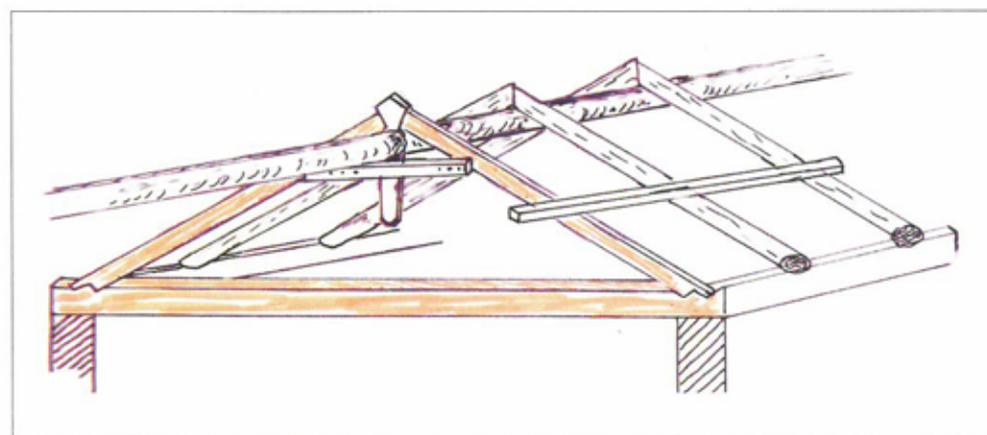
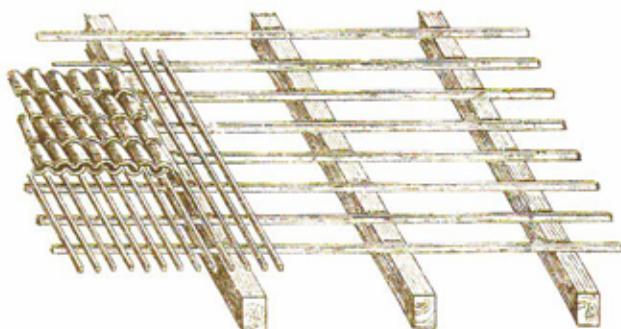


IL TETTO ALLA PIEMONTESE

Il tetto alla piemontese è costituito da una prima capriata abbracciata, quasi in sommità, da due controcatene (una a sinistra e una a destra del monaco) inchiodate ai puntoni. Le controcatene fungono da supporto per sorreggere la trave di colmo, che sarà appoggiata al monaco.

Il sistema consente di fare sormontare la trave di colmo da una serie di falsi puntoni in modo da formare un unico piano sul quale si "stende" l'orditura dei correntini orizzontali. A questi ultimi si sovrappongono i listelli nel senso del massimo pendio.

Sui listelli si posano le tegole.



Aspetti igrometrici delle coperture



Il manto impermeabile

Un manto impermeabile discontinuo deve assicurare un rapido allontanamento dell'acqua piovana, in pratica alla inclinazione di falda, alla tipologia degli elementi di copertura, alla sovrapposizione degli elementi stessi, al sistema di posa è demandata la funzionalità del manto. Una posa in opera approssimativa, un sistema di supporto impreciso rischia di compromettere le funzioni più elementari

Aspetti igrometrici delle coperture

Progettare una copertura a falde inclinate significa mettere in relazione diversi elementi, funzionali soprattutto alle esigenze del luogo in cui si intende costruire il tetto.

Il tetto infatti non può essere considerato soltanto un riparo dalle intemperie, bensì un componente tecnologico in grado di fornire una serie di prestazioni che devono tenere conto delle temperature medie del luogo, della tenuta all'acqua, della resistenza al vento e al sisma.

La microventilazione sottomanto

Al di là della struttura portante (definita dalla norma UNI 8627) le prestazioni di una copertura sono demandate al manto impermeabile di copertura e alla sua capacità di evacuare rapidamente l'acqua meteorica e di conseguenza all'inclinazione della falda. Il rivestimento superficiale può essere costituito da: pietre, lastre di ardesia, coppi, tegole e scandole di legno, posati in parziale sovrapposizione su una griglia di listelli di legno che assicuri

una minima lama per la circolazione dell'aria nel sottomanto, definita *microventilazione*. L'elemento di supporto più diffuso è un listello della dimensione di 4x4 centimetri.

I listelli dovranno interrompersi con regolarità per facilitare il deflusso di eventuale vapore o di condensa verso le grondaie.

A cosa serve la microventilazione

- Contribuisce al processo di asciugatura delle tegole, sia dopo un eventuale periodo di piogge, sia per smaltire il vapore acqueo che proviene dagli ambienti sottostanti
- Contribuisce a mantenere ventilato il solaio
- Contribuisce a mantenere ventilata la struttura portante di legno
- E' una prima valida barriera all'azione delle elevate temperature estive.

La camera di ventilazione e lo strato isolante

La camera di ventilazione interposta fra il manto di copertura e il piano inclinato del solaio di falda, ha il compito

di controllare e di mitigare l'effetto del calore sulla struttura, soprattutto durante la stagione calda. E' infatti intuitivo che essendo collegata con l'esterno, immediatamente sotto il manto di copertura, il suo contributo nella stagione fredda è nullo.

Lo strato termoisolante ha invece la funzione di limitare le dispersioni di calore nella stagione fredda, ma anche di respingere il caldo prodotto dai raggi solari nella stagione calda, purché sia impiegato a questo scopo un materiale di massa adeguata a realizzare i valori di sfasamento termico richiesti.

**Ventilazione sottomanto
o tetto ventilato: secondo strato**

E' definita come ventilazione sottomanto (tetto ventilato) la camera d'aria posta sotto gli elementi di supporto del manto impermeabile discontinuo. In pratica i listelli portategola della microventilazione sono fissati su un tavolato continuo di legno a sua volta posato su listelli perpendicolari alla linea di gronda dello spessore di 6/8 centimetri.

Si realizza in questo modo, tra il solaio di falda e la microventilazione un ulteriore sistema di circolazione dell'aria. La ventilazione sottomanto è parte integrante del progetto architettonico e sarà progettata in funzione delle condizioni climatiche, dell'orientamento della falda, delle tecnologie costruttive scelte dal progettista, infine dalle condizioni ambientali e climatiche.

Il terzo strato

Sono diverse le tecnologie di costruzione del terzo strato che possiamo definire come coibentazione termica. I materiali utilizzati variano dai massetti alleggeriti con argilla espansa, con vermiculite, con polistirolo espanso, polistirene, poliuretano, con lana di vetro, lana di roccia, lana di pecora, sughero, fibra di legno. Sempre e comunque non varia il principio di base: l'effetto coibente è dato dalla presenza di bollicine di gas imprigionato nella matrice del prodotto che si traduce in conducibilità termica molto bassa.

Il tetto caldo e il tetto freddo

La progettazione dei tetti si divide in due sistemi costruttivi,

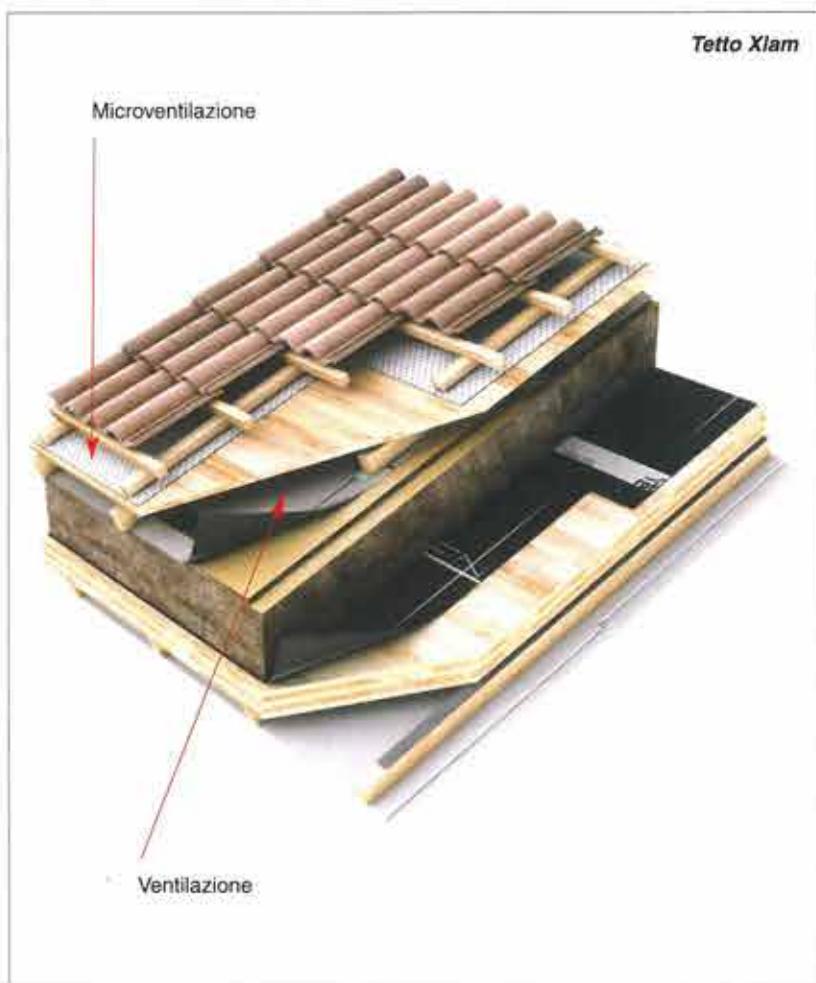
*Il **tetto caldo** è indubbiamente il più diffuso specialmente nell'edilizia industriale.*

Nel caso in cui non si ritenga necessario prevedere in copertura un'intercapedine aperta di ventilazione (ad esempio quando la pendenza di falda è minima o addirittura nulla) si abbandona l'idea del tetto ventilato, sostituendo il freno a vapore a vantaggio della barriera a vapore. In tal caso l'isolante deve essere in grado di mantenere la sua funzionalità anche quando il tasso di umidità è elevato. A questo punto il materiale isolante deve essere in grado di assolvere pienamente il suo ruolo pertanto sarebbe necessario passare dalla fibra di legno al vetro cellulare. Questo materiale, infatti, essendo vetro, non subisce nel tempo alcun fenomeno di degrado pur essendo totalmente impermeabile sia all'acqua sia al vapore acqueo. Anche il sughero, materiale

biodegradabile per eccellenza, è adattissimo allo scopo, poiché è resistente all'umidità. Basti pensare al contatto sughero - vino per comprenderne in pieno il valore.

*Invece il **tetto freddo**, detto anche tetto ventilato, è il preferito per coperture di edifici residenziali soprattutto in riferimento ai sistemi costruttivi con il legno.*

La differenza sta nella compattezza della stratigrafia di costruzione: nel tetto caldo, dove tutti gli strati impiegati sono adiacenti gli uni agli altri, la stratigrafia è compatta, mentre nel tetto freddo è previsto uno spazio di ventilazione, che separa gli strati, solitamente interposto tra isolamento e sovra copertura. Per limitare la formazione delle condense l'utilizzo di un freno a vapore sotto l'isolante (cioè un elemento artificiale come una guaina che consenta di "frenare" il flusso di vapore acqueo nel passaggio dagli strati più caldi agli strati più freddi prima che



attraversi il pacchetto isolante) è indubbiamente buona norma. Purché vi sia una adeguata ventilazione al di sopra dello strato isolante (che migliora l'evaporazione e la fuoriuscita di possibili condense dalla parte coibentata del tetto verso la copertura. Ecco di seguito un esempio di stratigrafia corretta dal punto di vista della verifica delle condense interstiziali dall'esterno all'interno:

1. Manto in coppi
2. Listelli e contro-listelli per formare uno strato di ventilazione di circa 3-5 cm
3. Telo traspirante $sd = 0,1 \text{ m}$
4. Strato isolante di fibra di legno circa 8 cm
5. Telo freno vapore $sd = 2 \text{ m}$
6. Tavolato 3 cm

La ventilazione offre numerosi vantaggi anche nel periodo estivo, ma sono più evidenti in autunno e in inverno poiché il passaggio d'aria sotto i coppi favorisce l'eliminazione dei ristagni d'acqua sul manto di copertura, dovuti a forti piogge o al lento scioglimento della neve. A

proposito di neve, l'osservatore attento noterà che, durante la stagione invernale, il manto nevoso non si scioglie sui tetti ventilati dato che l'ultimo strato di copertura, essendo separato dalla stratigrafia sottostante da una camera di ventilazione collegata con l'esterno, rimane freddo. Quindi l'uso di tavolati di spessore rilevante e l'uso dei termoriflettori agevola nettamente il comfort estivo. L'adozione del tetto ventilato ha tanto più valore quanto più è coerente con l'intero pacchetto di copertura nel suo insieme. Ciò comporta, come già specificato nel testo, l'adozione di teli regolatori del flusso di umidità: il freno a vapore posizionato appena al di sotto dell'isolante (lato caldo) e da una guaina a diffusione aperta posizionata sul lato superiore dell'isolante (lato freddo). Il primo attenua il passaggio di umidità, mentre il secondo favorisce il passaggio dell'umidità dal materassino isolante verso l'esterno e, contemporaneamente, protegge l'isolante da eventuali infiltrazioni esterne.

Il volano termico

E' una funzione svolta da uno strato di termoisolante che può essere collocato in diversi punti della struttura del tetto:

1. sull'estradosso dell'ultimo solaio orizzontale in caso di solaio aerato. Solitamente è un solaio non abitato, dove comunque è consentita l'ispezione. Il materassino isolante deve consentire la pedonabilità. Il tavolato del solaio orizzontale funge da volano termico

2. all'intradosso del solaio strutturale di falda, dove necessita ovviamente di un controsoffitto (perlinatura) di protezione e sostegno dell'isolamento. E' il caso classico in cui il volano termico rappresentato dall'ultimo solaio perde la sua funzione.

3. quando è applicato all'esterno e cioè sul piano inclinato del solaio di falda, è posto immediatamente sotto i listelli della ventilazione. E' opportuno utilizzare materiali di coibentazione sensibili alle variazioni di umidità.

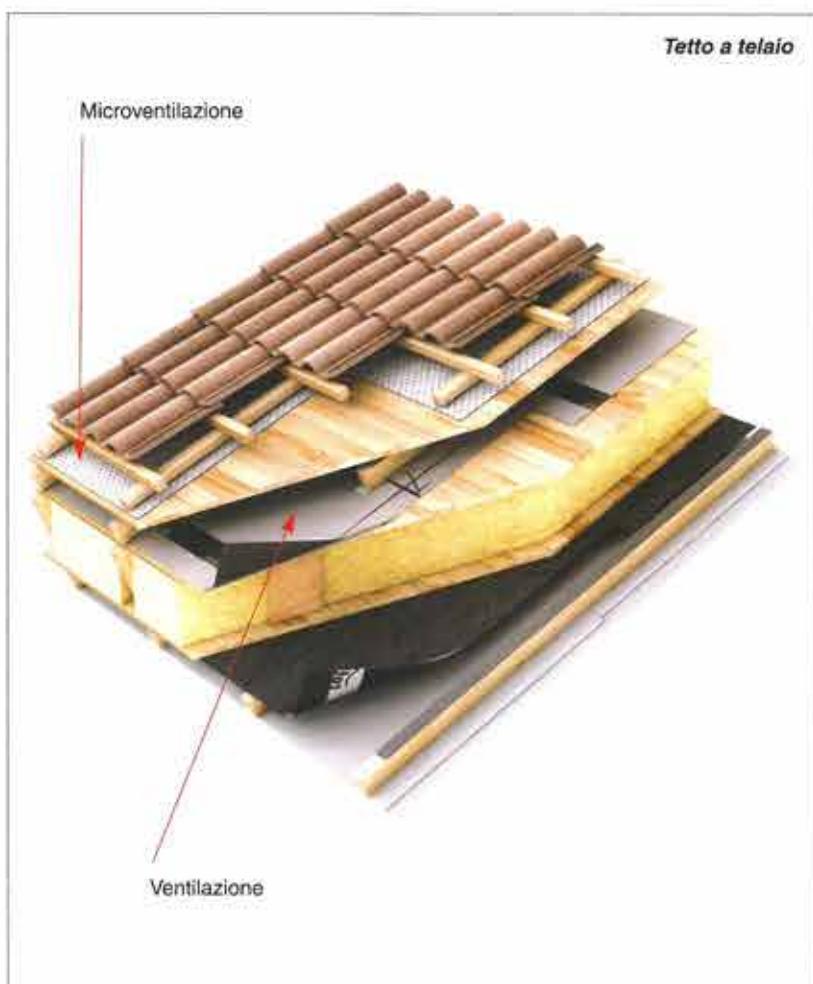
4. il materassino coibente è posto fra i listelli di ventilazione. In questo caso i listelli dovranno essere di dimensioni tali da lasciare fra il materassino stesso e il tavolato che separa dalla microventilazione almeno 6-8 cm di aria.

(Estratto da una lezione del Prof. Arch. Gianni Zannoni - IUAV - Venezia-per Progetto Legno - Ribera Editore)

Materiali di copertura

E' molto diffuso l'utilizzo di pannelli sandwich strutturali realizzati da due compensati fenolici che contengono uno strato intermedio di coibente come volano termico. I pannelli sandwich hanno caratteristiche di giunzione a scomparsa e di finitura a vista molto elevata. Nell'estradosso è possibile, tra l'altro, fissare i listelli per la microventilazione.

E' volano termico anche il lamellare in orizzontale. Tali pannelli sono ottimi elementi per costruire impalcati di solaio o di copertura, proprio perché avendo le fibre orientate in senso longitudinale offrono garanzia di resistenza alla compressione, alla flessione, e non necessitano di finiture o intonaci.



Inoltre avendo una massa che arriva a superare i 100 kg/mq consentono ottimi valori di isolamento e di sfasamento termico. Il pannello lamellare in orizzontale per coperture è subito calpestabile. Visto da sotto rappresenta una superficie finita ed elegante.

Per la costruzione del tetto degli edifici la tendenza è di utilizzare non più perlinati o pannelli OSB di esiguo spessore, bensì veri elementi strutturali di spessore fra i 10 e i 12 centimetri, in grado di svolgere funzione statica, ma soprattutto di restituire un grado di comfort notevole per l'utilizzatore finale.

Quali devono essere i requisiti di una copertura a falde?

Sono numerosi i requisiti richiesti ad una copertura (elemento tecnico "chiusura superiore") codificati dalla norma UNI 8290.

L'elenco organizzato secondo le diverse classi esigenti comprende infatti:

Classi esigenti	Requisiti
Sicurezza	resistenza meccanica ai carichi statici e ai carichi dinamici stabilità dimensionale resistenza agli urti resistenza al fuoco e reazione al fuoco sicurezza alle esplosioni sicurezza ai fenomeni elettromagnetici resistenza alle deformazioni resistenza allo shock termico resistenza al gelo resistenza agli agenti chimici, biologici, radioattivi
Fruibilità	facilità di manovra di parti mobili flessibilità
Benessere	ventilazione isolamento acustico isolamento termico inerzia termica tenuta all'aria e all'acqua controllo della condensa interstiziale e superficiale resistenza alla formazione delle muffe illuminazione
Aspetto	compatibilità ambientale regolarità geometrica aspetto e finiture
Gestione	contenimento dei consumi energetici facilità di accesso

Fonte: Prof Arch. Gianni Zannoni - IUAV - Venezia

La ventilazione sottomanto

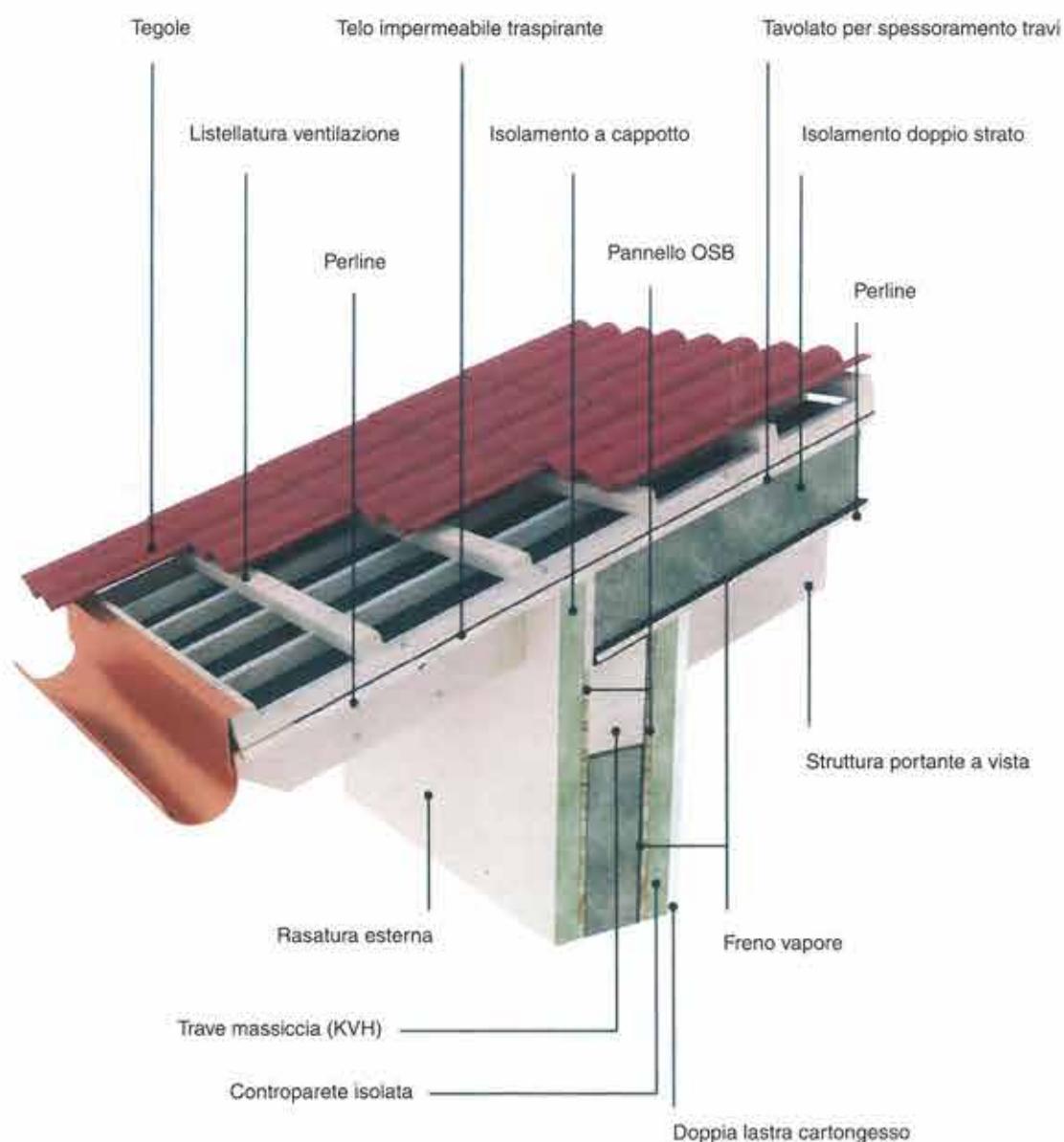
Dato che il calore del sole si trasmette rapidamente attraverso il manto di copertura, dotato di massa consistente, il primo requisito è di interporre la ventilazione sottomanto, fra tale massa e il materassino di coibentazione.

La camera di ventilazione sottomanto è quella lama d'aria che si inserisce posando dei listelli di legno, dello spessore desiderato, perpendicolari alla linea di gronda, al di sopra del solaio di

falda. Listelli porta tegola e listellatura della camera di ventilazione possono essere con-presenti, raggiungendo in questo caso lo spessore di 10/12 cm di aria.

Talvolta si interpongono degli sfiatatoi sul colmo del tetto per facilitare il ricambio di aria fresca, che entra dalla linea di gronda ed esce dalla parte più alta, creando in tal modo l'effetto camino.

*Costruzione a telaio
con ventilazione sottomanto*



La norma UNI 8627 prevede quattro schemi di funzionamento del tetto

Copertura senza elemento termoisolante e senza strato di ventilazione

Si tratta di una copertura semplicemente composta da struttura portante, manto impermeabile, elementi di supporto del manto impermeabile.

Copertura senza elemento isolante, con strato di ventilazione

La circolazione di una lama d'aria, opportunamente attivata nel pacchetto di copertura, contribuisce al

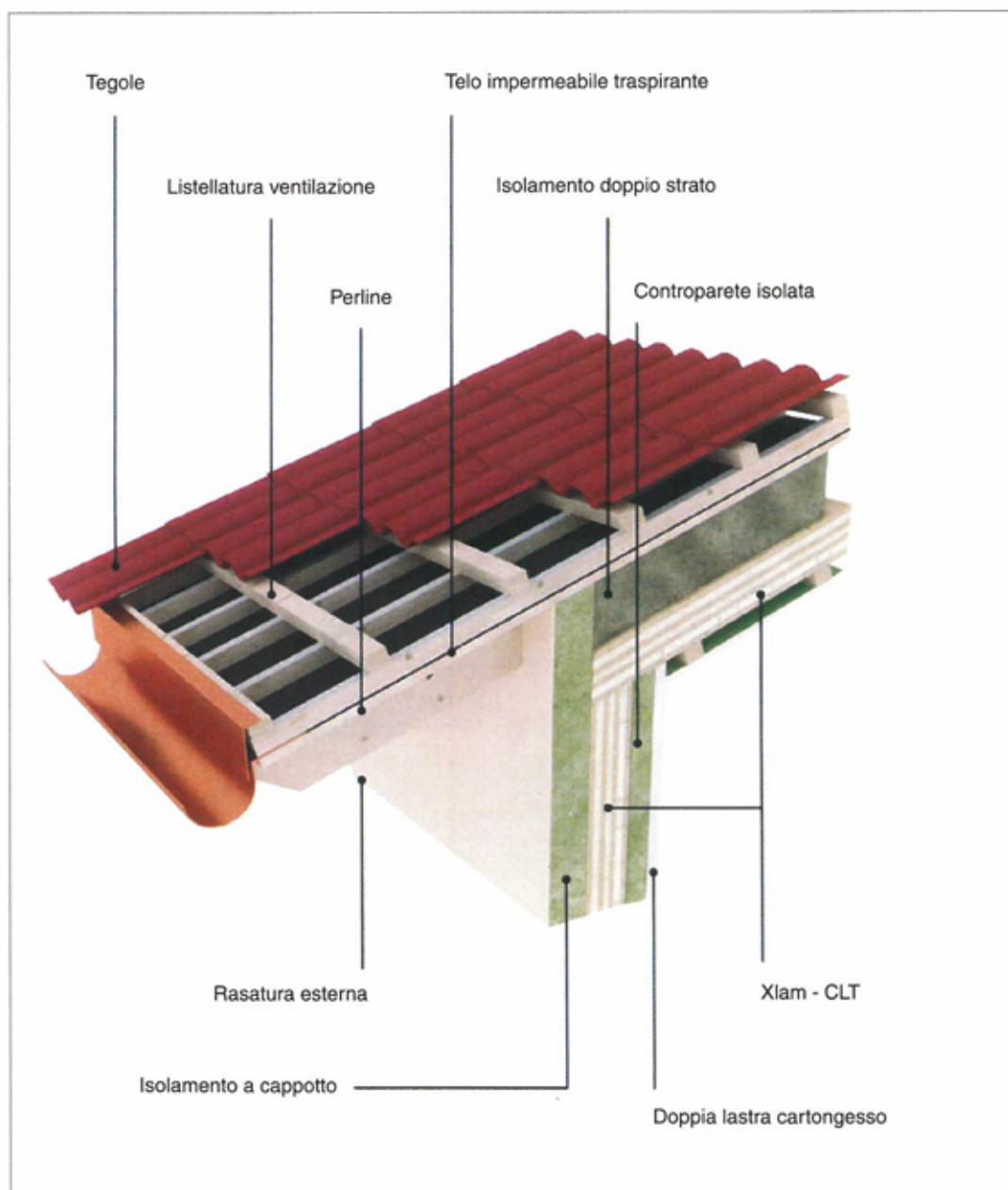
controllo della temperatura e dell'umidità.

Copertura con elemento termoisolante, senza strato di ventilazione

E' previsto un materassino di materiale termoisolante, collocato in copertura, che contribuisce al controllo della temperatura.

Copertura con elemento termoisolante, con strato di ventilazione

E' prevista la presenza di entrambi gli strati per ottenere condizioni di isolamento termoacustico e di controllo dell'umidità.



Costruzione con Xlam con ventilazione sottomanto

Le guaine, la condensa e il vapore acqueo

Guaine freno vapore

Legato strettamente all'aspetto dell'isolamento termico è il fenomeno della condensa: il vapore sempre presente nell'aria, anche in piccole quantità, si trasforma in acqua se viene a contatto con superfici fredde.

La quantità di vapore che rimane in sospensione nell'aria è direttamente proporzionale alla temperatura ambiente. Più è elevata la temperatura e maggiore sarà il vapore in sospensione.

A finestre chiuse la quantità di vapore contenuta nell'aria che può essere assorbita da una parete di legno o da un solaio di legno è veramente esigua. In ogni caso, sia il solaio, sia la parete, non consentono al vapore di attraversare uno spessore di 12 centimetri di pannello Xlam, ma sono in grado di assorbirne una parte e di renderla quando la temperatura interna torna a salire. In concreto il legno lavora come una spugna ed il bilancio è indubbiamente positivo.

Nel caso si desideri limitare l'assorbimento di vapore acqueo sia nei solai sia nelle pareti di legno si applichino le guaine denominate come freno al vapore. Si tratta di guaine che si oppongono al passaggio del vapore con moderazione.

Guaine traspiranti/impermeabili

Sono guaine utilizzate immediatamente sotto il manto di copertura. Si tratta di tessuti microforati, il cui foro lascia passare la molecola di vapore di dimensioni ridotte rispetto alla molecola di acqua. Pertanto traspira lo stato gassoso, ma non quello liquido. Si utilizzano soprattutto quando la pendenza di falda non è elevata.

Barriera al vapore

Sono membrane bituminose che si oppongono totalmente al passaggio del vapore. Oppure membrane costituite da un foglio di polietilene e uno di alluminio. Essendo vere e proprie barriere al vapore, l'acqua che si accumula in prossimità della membrana deve essere in qualche modo smaltita. Pertanto è necessario dotare l'ambiente interno di ventilazione forzata.

Membrane traspiranti

lo indica il nome stesso della membrana: oppone una barriera molto modesta al passaggio del vapore. Quindi l'uso di membrane traspiranti è consigliato dai periti di fisica tecnica in ambienti molto carichi di vapore, la condensa che si forma immediatamente al di là della membrana però deve essere eliminata, poiché potrebbe provocare accumuli eccessivi di condensa interstiziale.

