

## Copertura discontinua a falde, isolata in estradosso e ventilata

Elemento portante: travi in legno

Elemento di tenuta: tegole in laterizio

Elemento termoisolante: lana di roccia

La soluzione tecnica consiste in una copertura discontinua a falde inclinate con elemento portante in legno.

È isolata termicamente mediante un pannello in lana di roccia a doppia densità, caratterizzato dalla possibilità di supportare direttamente il carico trasmesso dai listelli di supporto dell'elemento di tenuta realizzato in tegole. I listelli sono quindi appoggiati direttamente sull'elemento termoisolante e devono essere ancorati alla struttura principale in legno al fine di evitare la loro delocalizzazione.

La presenza di uno strato di controllo alla tenuta all'acqua, posto all'estradosso dell'elemento termoisolante, garantisce in termini di infiltrazioni accidentali di acqua dovute a rotture di tegole o altro e permette di evidenziare, senza danni, il guasto. La presenza di un elemento di tenuta all'aria è necessaria per evitare infiltrazioni di aria all'interno della stratigrafia con conseguenti possibili fenomeni di condensazione.

La soluzione è identicamente valevole per tegole in laterizio, cemento o simili e viene utilizzata soprattutto nel caso di edifici destinati a residenze sia nel caso di nuova realizzazione sia nel caso di recupero di sottotetto.

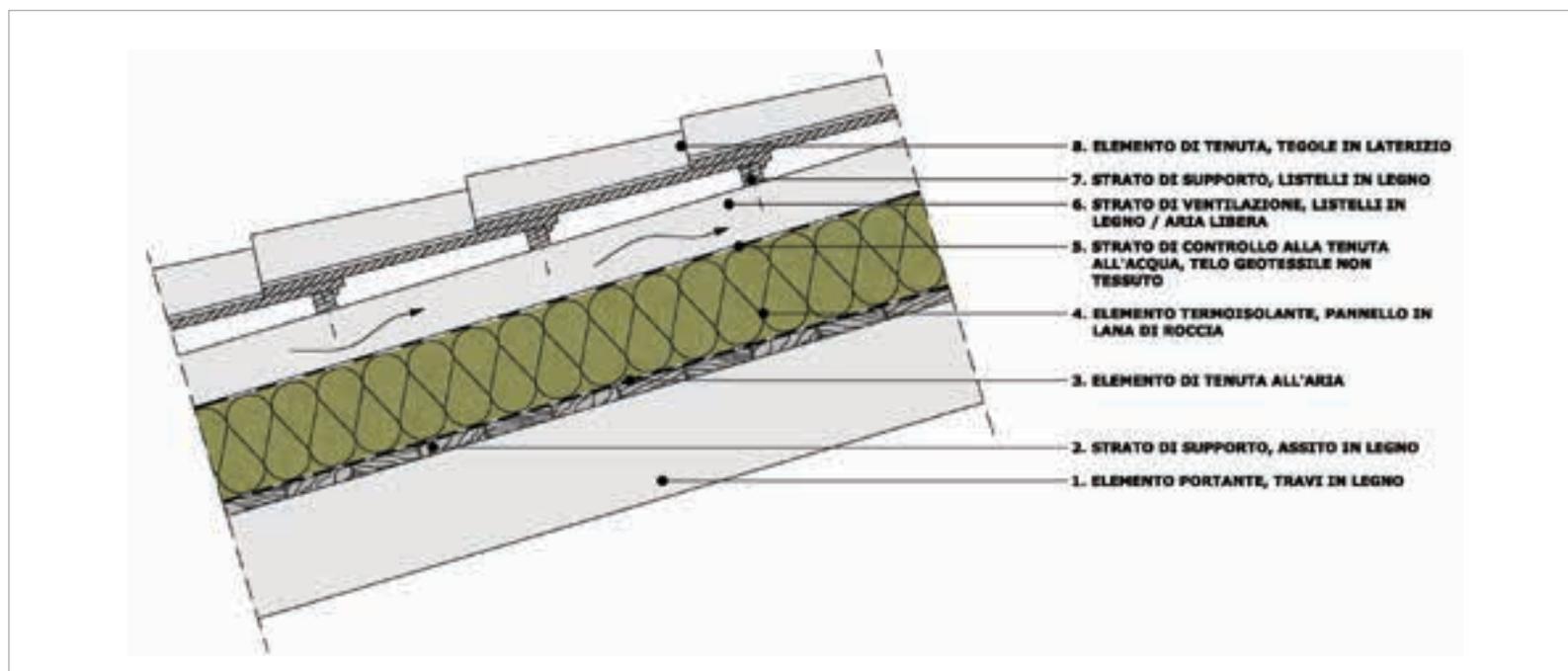


Figura 1.1

Elemento/strato	Caratteristiche principali	Riferimenti normativi
Elemento portante, travi in legno	Resistenza meccanica Freccia massima	legislazione vigente
Strato di supporto, assito in legno	Resistenza meccanica Freccia massima	
Elemento di tenuta all'aria*	Permeabilità all'aria	
Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia	Deformazione sotto carico Conducibilità specifica Resistenza alla diffusione del vapor acqueo Carico puntuale Classe di reazione al fuoco (euroclasse)	UNI EN 826 UNI 10351 UNI EN 12086 UNI EN 12430 UNI EN 13501-1
Strato di controllo alla tenuta all'acqua, telo geotessile non tessuto	Permeabilità al vapore Tenuta all'aria	
Strato di ventilazione, listelli in legno/aria libera	Sezione geometrica, resistenza agli agenti biologici, resistenza all'acqua	UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460
Strato di supporto, listelli in legno	Resistenza agli agenti biologici Resistenza all'acqua	UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460
Elemento di tenuta, coppi in laterizio	Resistenza all'acqua, impermeabilità all'acqua, resistenza al gelo, carico di rottura a flessione, resistenza alla grandine, resistenza agli agenti chimici e biologici	UNI EN 539-1 UNI EN 539-2

\*Sono da utilizzarsi fogli di polietilene o altra tipologia di materiale (con sovrapposizione a tenuta) con permeabilità all'aria equivalente o minore in quanto, sotto l'azione di sovrappressioni interne o depressioni esterne causate dal vento, non si devono determinare flussi di aria dall'interno verso l'esterno che potrebbero provocare elevati fenomeni condensativi.

### 1. Elemento portante, travi in legno

Dovrà essere dimensionato valutando in maniera adeguata i carichi di progetto, compresa la freccia massima, nel rispetto della legislazione vigente. Deve anche essere definita la resistenza agli agenti biologici ed all'acqua e, di conseguenza, stabilito il tipo di trattamento, secondo le normative UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460.

### 2. Strato di supporto, assito in legno

Dovrà essere dimensionato valutando in maniera adeguata i carichi di progetto, compresa la freccia massima. È importante anche indicare il tipo di essenza da impiegare, il trattamento di finitura, il tipo di incastro tra gli elementi.

### 3. Elemento di tenuta all'aria

In genere, per garantire la tenuta all'aria, è sufficiente un foglio\* di spessore di pochi decimi di millimetro. È tuttavia importante, in fase di progetto, indicare che i fogli debbano essere incollati con nastro biadesivo.

### 4. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia

La scelta del materiale deve essere basata sulla resistenza termica, sulla resistenza a compressione (tenendo presenti sia i carichi permanenti che quelli variabili sia la loro distribuzione sulla superficie) e su considerazioni legate al fonoisolamento ed al comportamento in caso di incendio. La resistenza termica dovrà essere determinata attraverso apposito calcolo.

In relazione al fatto che, per questa specifica soluzione, l'elemento termoisolante svolge anche funzioni di tipo meccanico (supporto della listellatura delle tegole), è necessario verificare la sua deformabilità sotto il carico lineare dovuto al listello (cfr. capitolo 9).

### 5. Strato di controllo alla tenuta all'acqua, telo geotessile non tessuto

Il materiale deve garantire una tenuta all'acqua, anche se non assoluta, assicurando, tuttavia, una idonea permeabilità al vapore per determinare la quale deve essere effettuato il calcolo del rischio di condensazione, secondo la UNI 10350.

### 6. Strato di ventilazione, listelli in legno/aria libera

Lo strato di ventilazione ha, in genere, uno spessore di circa 6-8 cm. È importante sottolineare che, con elevati valori di resistenza termica del sistema di copertura, la ventilazione perde sostanzialmente di efficacia ai fini della riduzione del flusso termico entrante nell'edificio in stagione estiva. È tuttavia importante garantire una idonea ventilazione alla zona "sottotegola" per evitare una elevata umidità relativa che potrebbe portare ad un degrado precoce dello

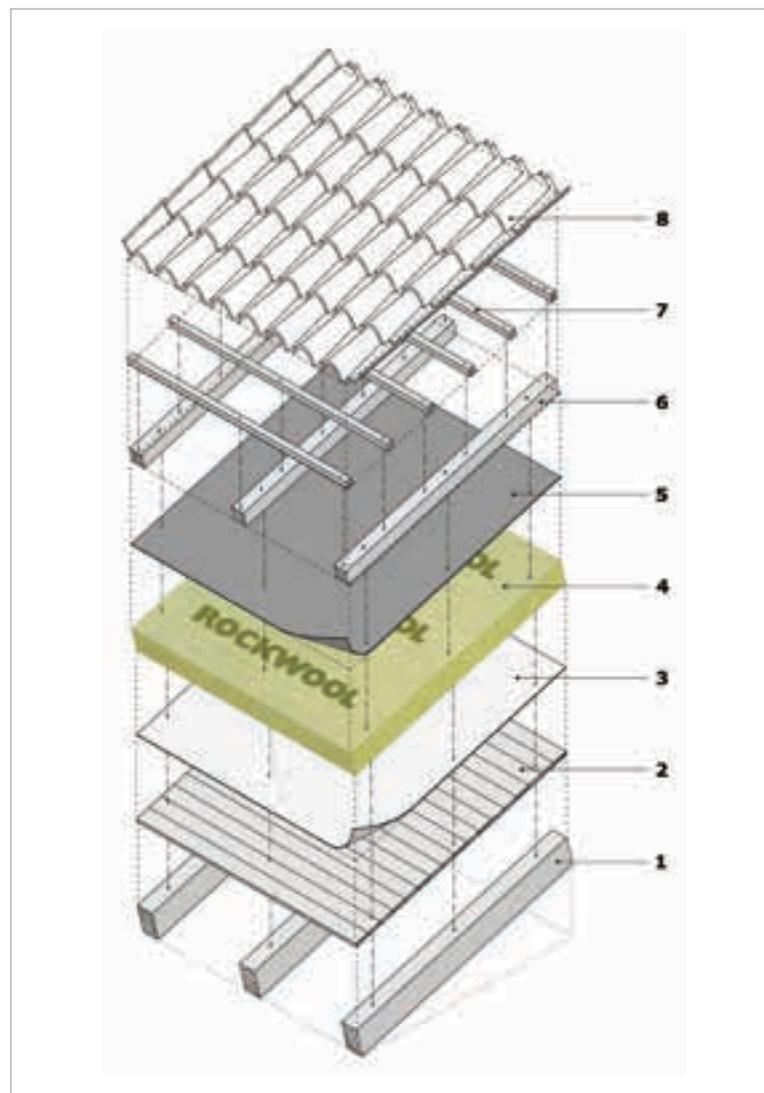


Figura 1.2  
Esplosio assometrico

\*Sono da utilizzarsi fogli di polietilene o altra tipologia di materiale (con sovrapposizione a tenuta) con permeabilità all'aria equivalente o minore in quanto, sotto l'azione di sovrappressioni interne o depressioni esterne causate dal vento, non si devono determinare flussi di aria dall'interno verso l'esterno che potrebbero provocare elevati fenomeni condensativi.

strato di supporto in legno. Per i listelli deve essere definita la resistenza agli agenti biologici ed all'acqua e, di conseguenza, stabilito il tipo di trattamento, secondo le normative UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460. I listelli devono essere idoneamente ancorati alla struttura principale (punto 1: elemento portante, travi in legno).

È consigliabile effettuare una compartimentazione al fuoco dello strato inserendo, con un passo consigliato di circa 5 m, fasce di materiale in Euroclasse A1, come, ad esempio, lana di roccia, per evitare il diffondersi di un eventuale incendio. Le fasce devono saturare completamente l'interspazio presente.

### 7. Strato di supporto, listelli in legno

Deve essere definita la resistenza agli agenti biologici ed all'acqua e, di conseguenza, stabilito il tipo di trattamento, secondo le normative UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460. La distanza fra i listelli dipende dalla conformazione geometrica dell'elemento di tenuta. Il fissaggio dei listelli alla struttura portante deve essere effettuato in base al carico di vento, ai pesi permanenti e variabili ed alla tipologia di materiale utilizzato per i listelli e per il fissaggio, secondo quanto indicato nella parte teorica introduttiva del presente manuale. I listelli devono possedere varchi al fine di garantire il passaggio di acqua verso il canale di gronda, qualora vi fossero infiltrazioni accidentali di acqua sottotegola.

### 8. Elemento di tenuta, tegole in laterizio

L'elemento di tenuta deve essere progettato in termini di resistenza all'acqua, di impermeabilità all'acqua, di resistenza al gelo, di resistenza agli agenti chimici e biologici, di carico di rottura a flessione e di resistenza alla grandine secondo quanto indicato nelle UNI 9308 e UNI 9460. Tutte queste caratteristiche, con i riferimenti normativi indicati, devono essere indicate dal progettista nei documenti di progetto. La lunghezza di sovrapposizione delle tegole è definita dalla UNI 9460 in base alla loro tipologia, alla pendenza ed alla zona climatica.

### Note aggiuntive

#### ■ Pendenza della copertura

Si determina in base a quanto indicato nella normativa UNI 9460 in base alla zona climatica ed alla tipologia delle tegole. In alcuni casi può essere necessario un fissaggio meccanico delle tegole al supporto.

#### ■ Potere fonoisolante

Il potere fonoisolante della copertura deve rispettare i valori minimi previsti dalla legislazione vigente. Per questa specifica soluzione tecnica esso è dato dal comportamento "di sistema" del pacchetto. Ogni singolo elemento quindi contribuisce al risultato finale. In particolare, tuttavia, assumono molta importanza la tipologia dello strato di supporto (assito in legno), dell'elemento termoisolante (massa e porosità aperte) e la tenuta all'aria complessiva. Per il progettista è quindi importante avere a disposizione il dato complessivo sul "pacchetto", certificato dal produttore.

#### ■ Comportamento al fuoco

È consigliabile considerare il ruolo del materiale isolante anche nella prevenzione dei rischi di incendio (cfr. capitolo 8) come protezione passiva dei diversi elementi della copertura ventilata.

### 1. Elemento portante, travi in legno

È necessario, in relazione al fatto che la struttura è a vista, effettuare la posa con la massima attenzione, al fine di evitare danneggiamenti o distacco dello strato protettivo.

### 2. Strato di supporto, assito in legno

È necessario, in relazione al fatto che la struttura è a vista, effettuare la posa con la massima attenzione, al fine di evitare danneggiamenti o distacco dello strato protettivo. La posa, soprattutto nel caso di elementi non maschiati, deve avvenire in modo molto accurato, ad evitare la presenza di fughe.

### 3. Elemento di tenuta all'aria

Ci si deve accertare che gli elementi siano perfettamente collegati e che gli stessi garantiscano la continuità della tenuta anche in corrispondenza di tutti i nodi presenti (lucernari, colmo, ecc.).

### 4. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia

Si deve evitare di posare pannelli mancanti di parti, con presenza di acqua o, in genere, deteriorati. L'accostamento deve essere perfetto ad evitare ponti termici. I pannelli devono essere sfalsati fra di loro.

### 5. Strato di controllo alla tenuta all'acqua, telo geotessile non tessuto

La sovrapposizione dei teli deve essere di almeno 20 cm. I teli devono risvoltare in corrispondenza del colmo e, in genere, di elementi di interruzione quali lucernari o simili e devono permettere lo scarico dell'acqua nel canale di gronda.

### 6. Strato di ventilazione, listelli in legno/aria libera

I listelli devono essere posati perpendicolarmente alla linea di gronda, paralleli fra loro in corrispondenza delle travi strutturali sottostanti (punto 1: elemento portante, travi in legno), alle quali devono essere ancorati mediante fissaggio meccanico.

### 7. Strato di supporto, listelli in legno

I listelli devono essere posati parallelamente alla linea di gronda, paralleli fra loro e perfettamente distanziati ad evitare criticità in fase di posa delle tegole. Il primo listello della fila deve avere un'altezza maggiore rispetto agli altri di un valore pari a quello di una tegola per consentire alla prima fila di queste ultime di avere la stessa pendenza delle altre; l'interasse dei primi due listelli deve essere inferiore a quelli successivi per permettere una adeguata sporgenza della prima fila di tegole sopra il canale di gronda, se presente.

### 8. Elemento di tenuta, tegole in laterizio

La posa delle tegole deve avvenire avendo cura di assicurare la sovrapposizione voluta in fase di progetto. Non devono essere posate tegole mancanti di parti o con presenza di difetti visibili.

Il colmo della presente soluzione tecnica è di tipo ventilato, coerentemente con la tipologia di copertura.

Le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Elemento di aerazione

L'elemento di aerazione viene posato con un sistema di fissaggio ad un supporto in legno vincolato alla struttura principale.

### 2. Sezione di aerazione

La sezione di aerazione, in corrispondenza del colmo, non può essere sensibilmente inferiore rispetto a quella della parte corrente, ad evitare diminuzione dell'efficienza.

### 3. Protezione della bocca di aerazione

In corrispondenza della bocca di aerazione deve essere posato un elemento che protegga rispetto all'accesso di volatili e insetti e che eviti l'ingresso di acqua nella zona sottotegola. L'elemento deve, tuttavia, garantire una idonea ventilazione.

### 4. Strato di controllo alla tenuta all'acqua

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza del colmo, mediante un adeguato risvolto dei teli.

### 5. Elemento termoisolante

In corrispondenza del colmo i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune o riduzione locale degli spessori che indurrebbero ponti termici. È opportuno sfalsare i pannelli.

### 6. Elemento di tenuta all'aria

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza del colmo, mediante un adeguato risvolto dei teli.

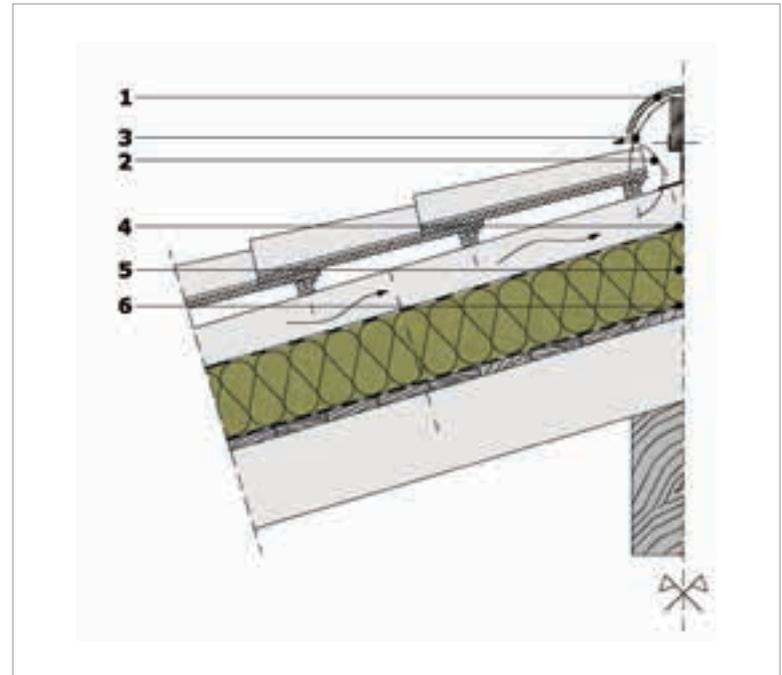


Figura 1.3

Schema grafico del nodo in corrispondenza del colmo

Le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Lucernario

Il sistema di collegamento fra struttura e lucernario dovrà essere predefinito prima della fase di posa in opera al fine di evitare aggiustamenti in cantiere che possano dare luogo a difetti con conseguenti guasti.

### 2. Scossalina

La scossalina dovrà avere una geometria tale da potere evitare infiltrazioni di acqua. Essa viene posta sotto tegola a monte del lucernario e sopra tegola a valle del lucernario. In corrispondenza dei lati del lucernario si ha la sovrapposizione "soprategola-sottotegola" della scossalina. È quindi consigliabile utilizzare per la scossalina un materiale duttile per consentire un facile adeguamento in opera alla reale conformazione geometrica.

### 3. Sguincio del lucernario

In corrispondenza del bordo di monte del lucernario è consigliabile una conformazione geometrica a sguincio per permettere una maggiore illuminazione in occasione delle ore del giorno in cui il sole è più basso.

### 4. Risvolto verticale dello strato di controllo alla tenuta all'acqua

Lo strato di controllo alla tenuta all'acqua deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere almeno la scossalina del lucernario per evitare infiltrazioni di acqua verso l'interno, in occasione di eventuali rotture di elementi del manto di tenuta e permettere il deflusso verso il basso.

### 5. Risvolto verticale dell'elemento di tenuta all'aria

L'elemento di tenuta all'aria deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la scossalina del lucernario per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'interno con pericolo di condensazione. È consigliabile la sigillatura mediante nastro adesivo.

### 6. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino al telaio del lucernario, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 7. Ventilazione

Per lunghezze del lucernario, nel senso perpendicolare alla direzione di ventilazione, maggiori di circa 150 cm, è consigliabile l'inserimento di coppi per l'aerazione al fine di garantire, anche localmente, la ventilazione.

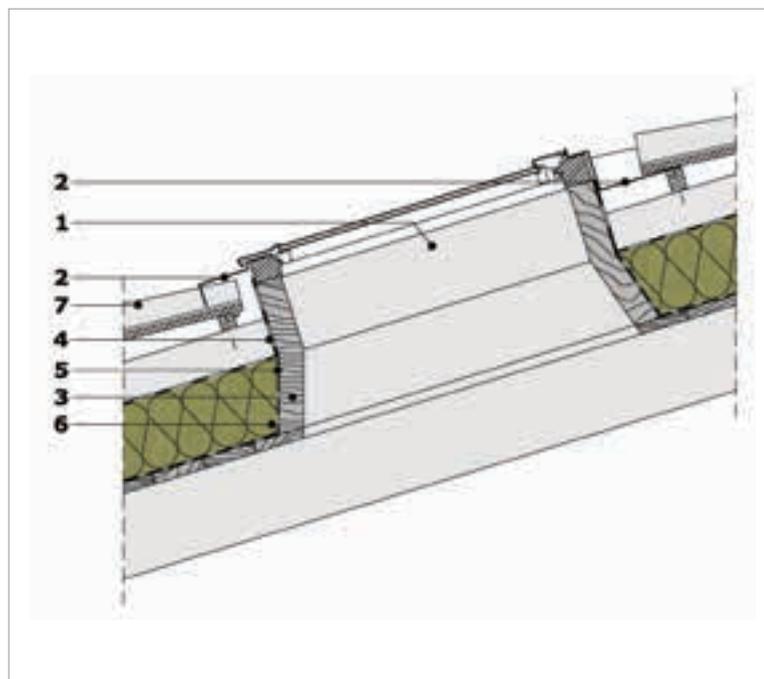


Figura 1.4

Schema grafico del nodo in corrispondenza del lucernario

In corrispondenza di terminali impiantistici le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Fascia di collegamento

La fascia di collegamento dovrà essere posizionata ad una quota, rispetto alla falda, di almeno 15 cm, per evitare possibili infiltrazioni.

La fascia dovrà essere sigillata, in zona protetta dall'azione dei raggi solari.

### 2. Scossalina

La scossalina dovrà avere una geometria tale da potere evitare infiltrazioni di acqua. Essa viene posta sotto tegola a monte del terminale impiantistico e sopra tegola a valle.

In corrispondenza dei lati si ha la sovrapposizione "soprategola-sottotegola" della scossalina.

È quindi consigliabile utilizzare per la scossalina un materiale duttile per consentire un facile adeguamento in opera alla reale conformazione geometrica.

### 3. Supporto dell'elemento di tenuta

L'ultimo supporto dell'elemento di tenuta prima della canalizzazione deve essere conformato in maniera tale da non produrre variazioni di pendenza della falda.

### 4. Risvolto verticale dello strato di controllo alla tenuta all'acqua

Lo strato di controllo alla tenuta all'acqua deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere almeno la scossalina del terminale impiantistico per evitare infiltrazioni di acqua verso l'interno, in occasione di eventuali rotture di elementi del manto di tenuta, e permettere il deflusso verso il basso.

### 5. Scossalina inferiore

È consigliabile che la scossalina venga conformata in maniera tale da evitare concavità che porterebbero ad avere ristagni di acqua o neve.

### 6. Risvolto verticale dell'elemento di tenuta all'aria

L'elemento di tenuta all'aria deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere lo strato di controllo della tenuta all'acqua per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con pericolo di condensazione.

### 7. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino alla canalizzazione, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 8. Sigillatura

In corrispondenza del giunto fra canalizzazione e parte corrente della copertura si dovrà posizionare un sigillante per evitare infiltrazioni di aria.

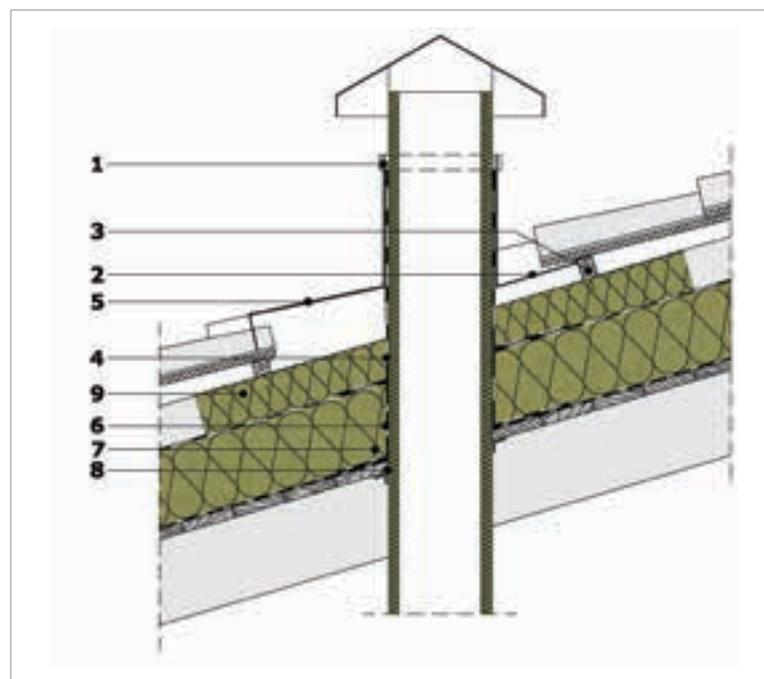


Figura 1.5

Schema grafico del nodo in corrispondenza di terminali impiantistici

### 9. Elemento resistente al fuoco

Nel caso in cui la canalizzazione sia un camino di emissione fumi di una caldaia o simile, si dovrà avere una corona circostante, con una larghezza di circa 50 cm, a completa chiusura dello strato di ventilazione, realizzata con materiale resistente al fuoco, ad esempio lana di roccia, per evitare che, in occasione di incendio, si abbia propagazione delle fiamme.

In corrispondenza del canale di gronda le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Posizione elementi di tenuta

La prima fascia degli elementi di tenuta deve sporgere rispetto al filo interno del canale di gronda di circa  $\frac{1}{3}$  della larghezza stessa del canale per permettere una idonea caduta dell'acqua al suo interno.

### 2. Proseguimento dello strato di controllo alla tenuta all'acqua

Lo strato di controllo alla tenuta all'acqua deve proseguire fino a raggiungere il canale di gronda per evitare infiltrazioni di acqua verso gli strati lignei sottostanti, in occasione di eventuali rotture di elementi del manto di tenuta e per convogliarvi l'acqua di infiltrazione.

### 3. Protezione della bocca di aerazione

In corrispondenza della bocca di aerazione deve essere posato un elemento che protegga rispetto all'accesso di volatili e insetti. L'elemento deve, tuttavia, garantire una idonea ventilazione.

### 4. Cicogna

L'elemento di ancoraggio del canale di gronda è presente quando la larghezza del canale di gronda è notevole oppure quando si hanno intense azioni di neve e vento. L'elemento viene fissato al primo listello di supporto delle tegole.

### 5. Canale di gronda

La sezione del canale di gronda deve essere dimensionata secondo la normativa UNI EN 12056-3.

### 6. Listello di base

In corrispondenza del bordo della gronda è presente un listello con funzione di supporto della prima fascia di tegole. Il primo listello della fila deve avere un'altezza maggiore rispetto agli altri di un valore pari a quello di una tegola per consentire alla prima fila di queste ultime di avere la stessa pendenza delle altre.

### 7. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino a quello posizionato in copertura, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 8. Risvolto verticale dell'elemento di tenuta all'aria

L'elemento di tenuta all'aria deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la muratura perimetrale per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno, con pericolo di condensazione.

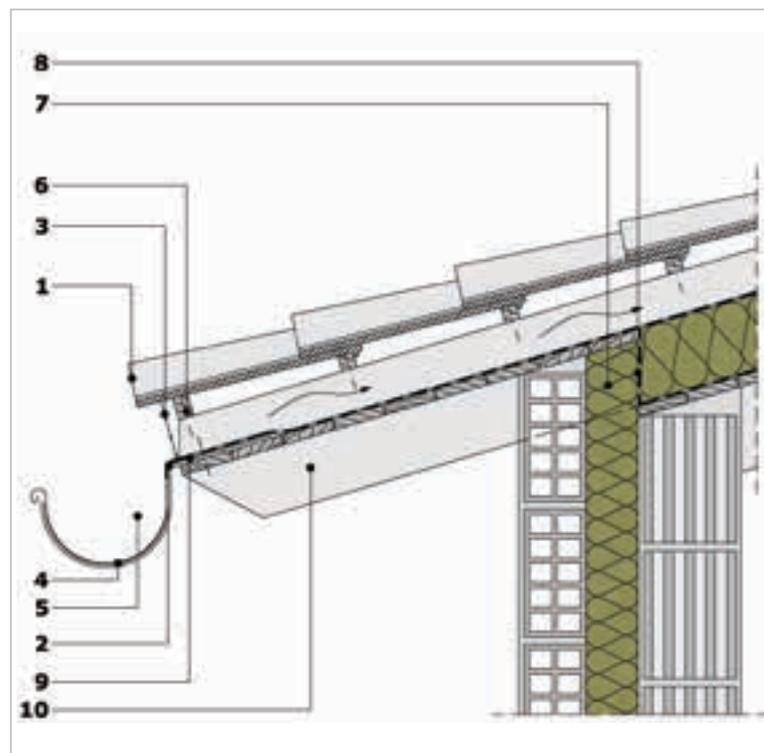


Figura 1.6

Schema grafico del nodo in corrispondenza del canale di gronda

### 9. Risvolto del canale di gronda

L'aletta del canale di gronda deve risvoltare al di sotto del manto di tenuta al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

### 10. Spessore gronda

È consigliabile, per ridurre l'impatto visivo del prospetto della gronda, innalzare i travetti che sorreggono la gronda ad una quota superiore rispetto a quella dei travetti presenti all'interno dell'edificio.

In corrispondenza del parapetto le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Posizione elementi di tenuta

La prima fascia degli elementi di tenuta deve sporgere rispetto al filo interno del canale di gronda per permettere una idonea caduta dell'acqua all'interno dello stesso.

### 2. Proseguimento dello strato di controllo alla tenuta all'acqua

Lo strato di controllo alla tenuta all'acqua deve proseguire fino a raggiungere il canale di gronda per evitare infiltrazioni di acqua verso gli strati lignei sottostanti, in occasione di eventuali rotture di elementi del manto di tenuta. L'aletta del canale di gronda deve proseguire a sua volta al di sotto del manto di tenuta al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

### 3. Protezione della bocca di aerazione

In corrispondenza della bocca di aerazione deve essere posato un elemento che protegga rispetto all'accesso di volatili e insetti. L'elemento deve, tuttavia, garantire una idonea ventilazione.

### 4. Canale di gronda

La sezione del canale di gronda deve essere dimensionata secondo la normativa UNI EN 12056-3. La larghezza deve essere tuttavia tale da potere garantire una idonea manutenzione.

### 5. Listello di base

In corrispondenza del bordo della gronda è presente un listello con funzione di supporto della prima fascia di tegole. Il primo listello della fila deve avere un'altezza maggiore rispetto agli altri di un valore pari a quello di una tegola per consentire alla prima fila di queste ultime di avere la stessa pendenza delle altre.

### 6. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino a quello posizionato in copertura, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 7. Risvolto verticale dell'elemento di tenuta all'aria

L'elemento di tenuta all'aria deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la muratura perimetrale per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno, con pericolo di condensazione.

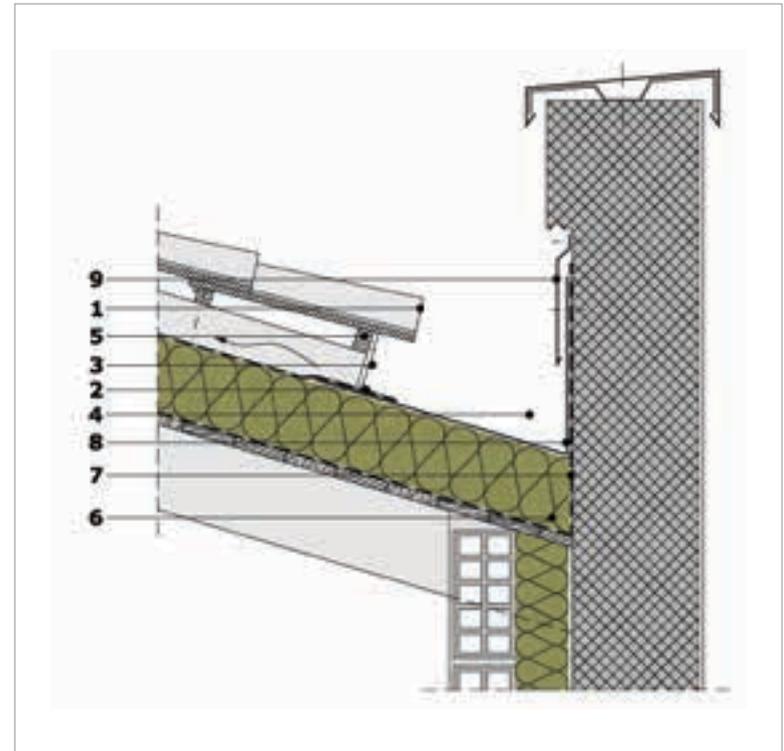


Figura 1.7  
Schema grafico del nodo in corrispondenza del parapetto

### 8. Risvolto verticale del canale di gronda

In corrispondenza del parapetto, il canale di gronda deve avere un risvolto in quanto, in occasione di nevicate, si potrebbe avere un accumulo di neve che bagnerebbe la muratura, degradandola.

### 9. Scossalina di protezione

In corrispondenza del parapetto, il risvolto verticale del canale di gronda deve essere protetto mediante una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. È sconsigliata la sola adozione di sigillanti.

Coerentemente con la tipologia di copertura, le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Sezione di aerazione

La sezione di aerazione in corrispondenza del colmo non può essere sensibilmente inferiore rispetto a quella della parte corrente, ad evitare diminuzione dell'efficienza.

### 2. Protezione della bocca di aerazione

In corrispondenza della bocca di aerazione deve essere posato un elemento che protegga rispetto all'accesso di volatili e insetti e che eviti l'ingresso di acqua nella zona sottotegola. L'elemento deve, tuttavia, garantire una idonea ventilazione.

### 3. Scossalina di protezione

In corrispondenza del colmo, dovrà essere posizionata una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. Essa dovrà risvoltare parallelamente alla copertura in maniera tale che l'acqua portata dal vento non possa infiltrarsi all'interno della copertura.

### 4. Scossalina di protezione

In corrispondenza della parete perimetrale, il risvolto verticale della scossalina deve essere protetto, possibilmente, mediante un risalto della muratura per evitare infiltrazioni di acqua. È sconsigliata la sola adozione di sigillanti. La lunghezza di sovrapposizione dipende della ventosità, dalla pendenza della falda e dalla piovosità del sito.

### 5. Strato di controllo della tenuta all'acqua

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della parete perimetrale, mediante un adeguato risvolto dei teli.

### 6. Elemento termoisolante

In corrispondenza della parete perimetrale i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici.

### 7. Elemento di tenuta all'aria

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della parete perimetrale, mediante un adeguato risvolto verticale dei teli. È consigliato un collegamento mediante adesivo alla parete perimetrale.

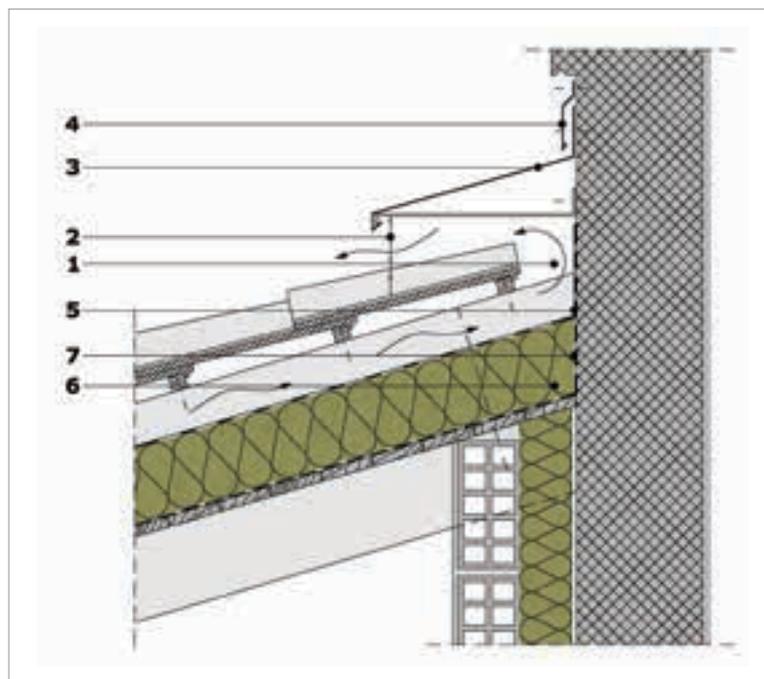


Figura 1.8

Schema grafico del nodo in corrispondenza della parete perimetrale (superiore)

Coerentemente con la tipologia di copertura, le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Scossalina

In corrispondenza del bordo laterale, dovrà essere posizionata una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. Essa dovrà risvoltare verticalmente in maniera tale da evitare percolamenti di acqua sulla facciata.

### 2. Aletta della scossalina

È presente un'aletta verticale, sporgente di alcuni centimetri sopra il piano della copertura, che svolge la funzione di contenimento dell'acqua piovana; la scossalina deve poter accogliere la poca acqua proveniente dalla fascia perimetrale della copertura.

### 3. Risvolto verticale della scossalina

La scossalina deve risvoltare al di sotto del manto di tenuta al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

### 4. Strato di controllo della tenuta all'acqua

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della scossalina, mediante un adeguato risvolto orizzontale dei teli.

### 5. Elemento di supporto della scossalina

L'elemento svolge sia la funzione di supporto, sia di chiusura orizzontale del pacchetto di muratura.

### 6. Elemento termoisolante

In corrispondenza del nodo orizzontale/verticale i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici.

### 7. Elemento di tenuta all'aria

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della parete perimetrale, mediante un adeguato risvolto verticale dei teli. È consigliato un collegamento mediante adesivo al listello di bordo.

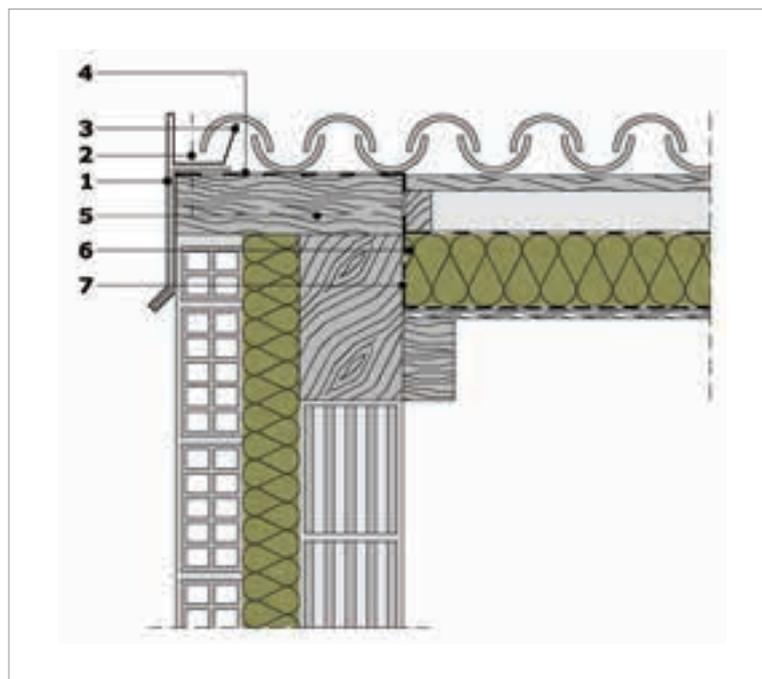
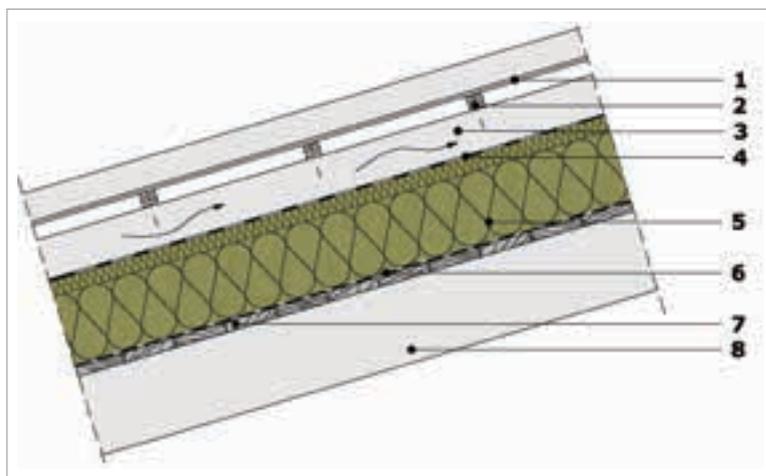


Figura 1.9

Schema grafico del nodo in corrispondenza della parete perimetrale (inferiore)

Pagina a cura di Rockwool

Si riportano di seguito alcune valutazioni analitiche volte ad indicare le prestazioni termiche del pacchetto di copertura, evidenziando il valore di trasmittanza termica U, al variare dello spessore e delle caratteristiche tecniche del pannello isolante utilizzato.



### SOLUZIONE TESTATA ACUSTICAMENTE

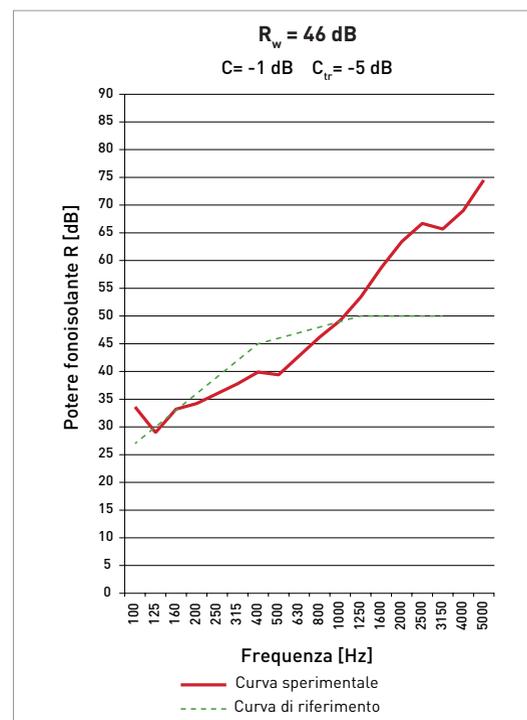
1. Lastra ondulata in fibrocemento\*, spessore 6,5 mm
2. Listello di fissaggio in legno di abete, spessore 30 mm
3. Listello di ventilazione in legno di abete, spessore 60 mm
4. Schermo impermeabile traspirante: strato di tessuto non tessuto in polipropilene
5. Strato di materiale isolante: pannello in lana di roccia a doppia densità ROCKWOOL DUROCK ENERGY, spessore nominale 130 mm, densità media circa 150 kg/m<sup>3</sup> (densità superficiale 210 kg/m<sup>3</sup>, densità del corpo 130 kg/m<sup>3</sup>)
6. Schermo al vapore: strato di tessuto non tessuto in polipropilene
7. Assito in legno: perlina di legno di abete, sezione 150 x 20 mm
8. Travetto in legno lamellare di abete

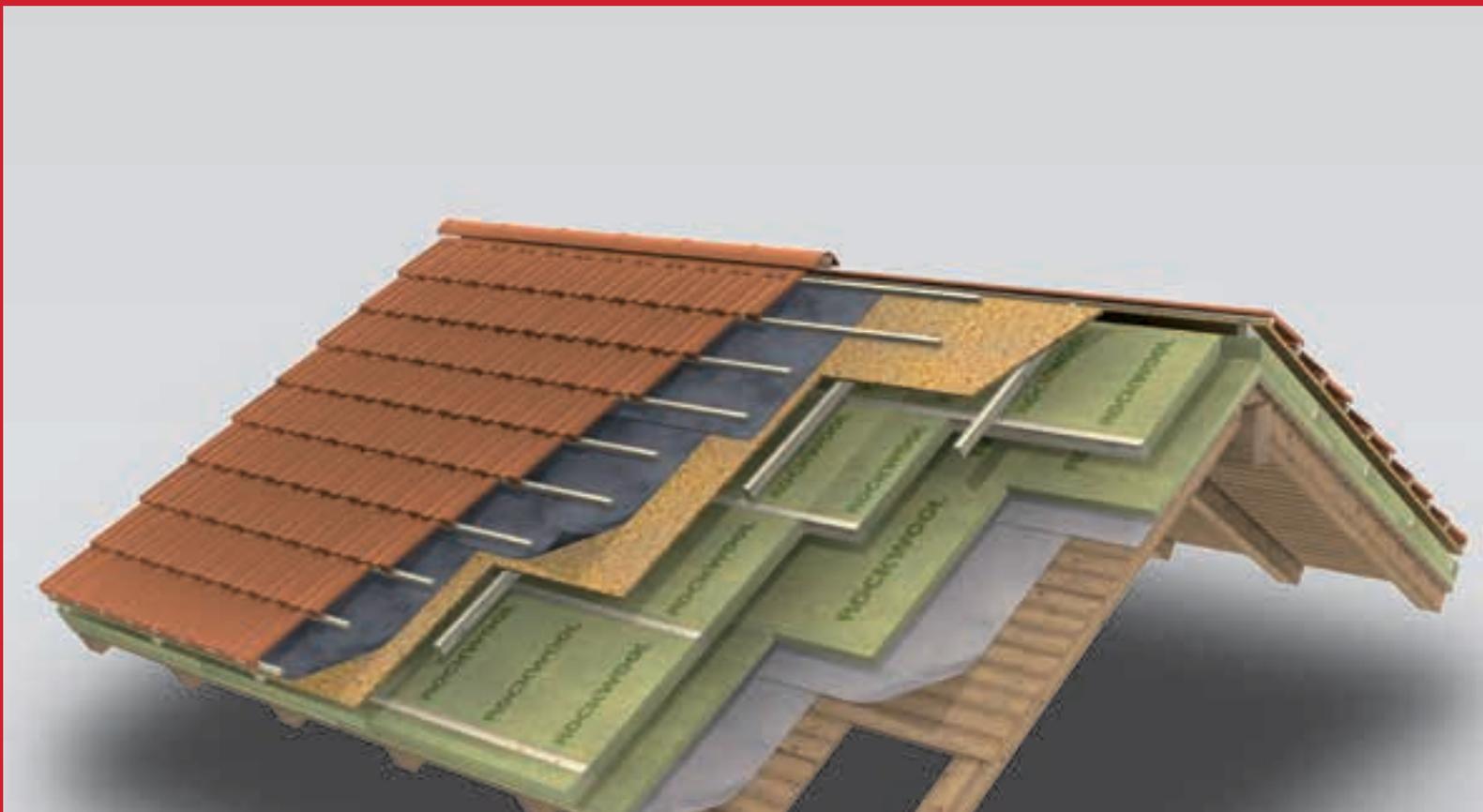
Prova acustica realizzata presso laboratorio ECAMRICERT S.R.L.

\*La lastra ondulata in fibrocemento è stata impiegata nella prova di laboratorio con lo scopo di simulare l'elemento di tenuta in laterizio. Tale elemento e lo strato di ventilazione non sono stati considerati nel calcolo della trasmittanza termica.

$\lambda_D$ [W/mK]	Spessore isolante [cm]	U [W/m <sup>2</sup> K]
0,037 <sup>(1)</sup>	13	0,261
0,037 <sup>(1)</sup>	14	0,244
0,037 <sup>(1)</sup>	16	0,216
0,037 <sup>(1)</sup>	18	0,193
0,037 <sup>(1)</sup>	20	0,175
0,036 <sup>(2)</sup>	12	0,274
0,036 <sup>(2)</sup>	14	0,238
0,036 <sup>(2)</sup>	16	0,210
0,036 <sup>(2)</sup>	20	0,170
0,036 <sup>(2)</sup>	24	0,143

Per ulteriori informazioni sulle caratteristiche tecniche dei prodotti consigliati (DUROCK ENERGY<sup>(1)</sup>, HARDROCK ENERGY<sup>(2)</sup>), si rimanda all'appendice tecnica di pagina 185.





## Copertura discontinua a falde, isolata in estradosso e ventilata, con secondo assito

Elemento portante: travi in legno

Elemento di tenuta: tegole in laterizio

Elemento termoisolante: lana di roccia

La soluzione tecnica consiste in una copertura discontinua a falde inclinate con elemento portante in legno. È isolata termicamente mediante un doppio pannello in lana di roccia, di cui il primo ad alta densità, caratterizzato dalla possibilità di supportare direttamente il carico trasmesso dai listelli di supporto dell'elemento di tenuta realizzato in tegole. È presente una doppia listellatura, la prima poggia sul primo pannello in lana di roccia, la seconda sulla prima, incrociandola.

La prima listellatura è quindi appoggiata direttamente sull'elemento termoisolante e deve essere ancorata alla struttura principale in legno al fine di evitare la sua delocalizzazione. La presenza di uno strato di controllo alla tenuta all'acqua, posto all'estradosso del tavolato superiore, garantisce in termini di infiltrazioni accidentali di acqua dovute a rotture di tegole o altro e permette di evidenziare, senza danni, il guasto.

La soluzione è identicamente valevole per tegole in laterizio, cemento o simili.

La soluzione viene utilizzata soprattutto nel caso di edifici destinati a residenze, sia nel caso di nuova realizzazione, sia nel caso di recupero di sottotetto.

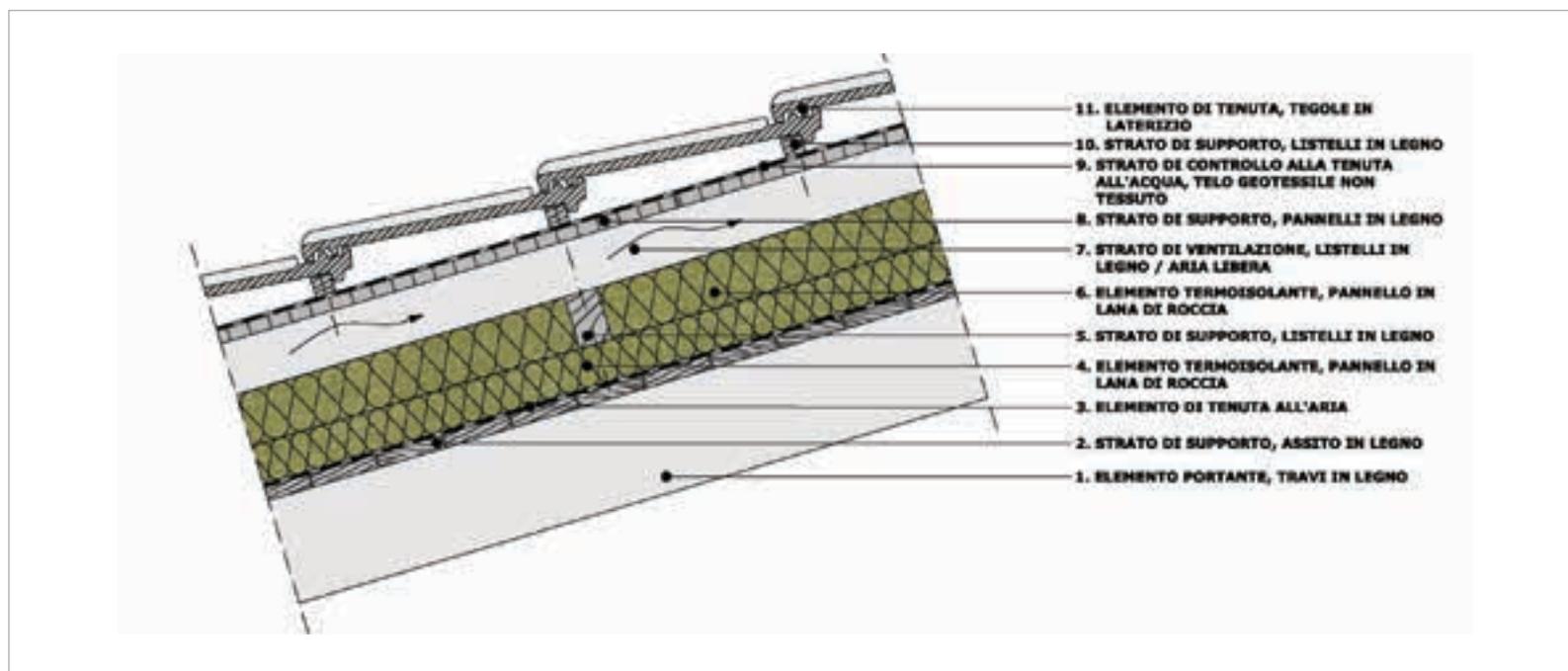


Figura 2.1

Elemento/strato	Caratteristiche principali	Riferimenti normativi
Elemento portante, travi in legno	Resistenza meccanica, freccia massima	legislazione vigente
Strato di supporto, assito in legno	Resistenza meccanica, freccia massima	
Elemento di tenuta all'aria*	Permeabilità all'aria	
Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia (primo strato)	Deformazione sotto carico, conducibilità specifica, resistenza alla diffusione del vapor acqueo Carico puntuale Classe di reazione al fuoco (euroclasse)	UNI EN 826 - UNI 10351 UNI EN 12086 - UNI EN 12430 UNI EN 13501-1
Strato di supporto, listelli in legno (primo strato)	Resistenza agli agenti biologici Resistenza all'acqua	UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460
Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia (secondo strato)	Sezione geometrica, resistenza agli agenti biologici, resistenza all'acquaconducibilità specifica Resistenza alla diffusione del vapore acqueo Classe di reazione al fuoco (euroclasse)	UNI 10351 UNI EN 12086 UNI EN 13501-1
Strato di ventilazione, listelli in legno/aria libera	Sezione geometrica Resistenza agli agenti biologici, resistenza all'acqua	UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460
Strato di supporto, pannelli in legno	Resistenza agli agenti biologici Resistenza all'acqua	UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460
Strato di controllo alla tenuta all'acqua, telo geotessile non tessuto	Permeabilità al vapore Tenuta all'acqua	
Strato di supporto, listelli in legno	Resistenza agli agenti biologici Resistenza all'acqua	UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460
Elemento di tenuta, tegole in laterizio	Resistenza all'acqua, impermeabilità all'acqua Resistenza al gelo, carico di rottura a flessione Resistenza alla grandine Resistenza agli agenti chimici e biologici	UNI EN 539-1 UNI EN 539-2

\*Sono da utilizzarsi fogli di polietilene o altra tipologia di materiale (con sovrapposizione a tenuta) con permeabilità all'aria equivalente o minore in quanto, sotto l'azione di sovrappressioni interne o depressioni esterne causate dal vento, non si devono determinare flussi di aria dall'interno verso l'esterno che potrebbero provocare elevati fenomeni condensativi.

### 1. Elemento portante, travi in legno

Dovrà essere dimensionato valutando in maniera adeguata i carichi di progetto, compresa la freccia massima, nel rispetto della legislazione vigente. Deve anche essere definita la resistenza agli agenti biologici ed all'acqua e, di conseguenza, stabilito il tipo di trattamento, secondo le normative UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e la UNI EN 460.

### 2. Strato di supporto, assito in legno

Dovrà essere dimensionato valutando in maniera adeguata i carichi di progetto, compresa la freccia massima. È importante anche indicare il tipo di essenza da impiegare, il trattamento di finitura, il tipo di incastro tra gli elementi.

### 3. Elemento di tenuta all'aria

In genere, per garantire la tenuta all'aria, è sufficiente un foglio\* di spessore di pochi decimi di millimetro. È tuttavia importante, in fase di progetto, indicare che i fogli debbano essere collegati con nastro biadesivo.

### 4. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia (primo strato)

La scelta del materiale deve essere basata sulla resistenza termica, sulla resistenza a compressione (tenendo presenti sia i carichi permanenti che quelli variabili sia la loro distribuzione sulla superficie) e su considerazioni legate al fonoisolamento ed al comportamento in caso di incendio.

La resistenza termica dovrà essere determinata attraverso apposito calcolo. In relazione al fatto che, per questa specifica soluzione, l'elemento termoisolante svolge anche funzioni di tipo meccanico (supporto della listellatura delle tegole) è necessario verificare la sua deformabilità sotto il carico lineare dovuto al listello (cfr capitolo 9).

### 5. Strato di supporto, listelli in legno

Deve essere definita la resistenza agli agenti biologici ed all'acqua e, di conseguenza, stabilito il tipo di trattamento, secondo le normative UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e la UNI EN 460. La distanza fra i listelli dipende dalla conformazione geometrica dell'elemento di tenuta. Il fissaggio dei listelli alla struttura portante deve essere effettuato in base al carico di vento, ai pesi permanenti e variabili ed alla tipologia di materiale utilizzato per i listelli e per il fissaggio, secondo quanto indicato nella parte teorica introduttiva del presente manuale.

### 6. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia (secondo strato)

La scelta del materiale deve essere basata sulla resistenza termica che dovrà essere determinata attraverso apposito calcolo e su considerazioni legate al

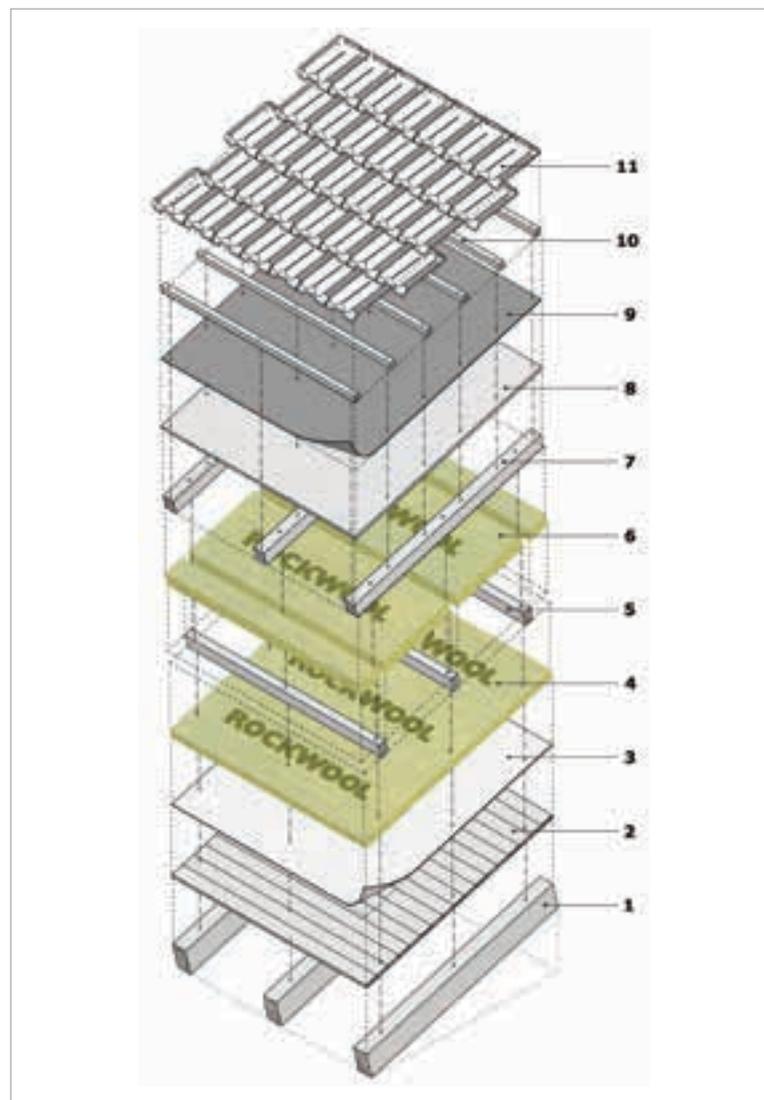


Figura 2.2  
Esploso assometrico

\*Sono da utilizzarsi fogli di polietilene o altra tipologia di materiale (con sovrapposizione a tenuta) con permeabilità all'aria equivalente o minore in quanto, sotto l'azione di sovrappressioni interne o depressioni esterne causate dal vento, non si devono determinare flussi di aria dall'interno verso l'esterno che potrebbero provocare elevati fenomeni condensativi.

fonoisolamento ed al comportamento in caso di incendio.

### 7. Strato di ventilazione, listelli di in legno/aria libera

Lo strato di ventilazione ha, in genere, uno spessore di circa 6÷8 cm. È importante sottolineare che, con elevati valori di resistenza termica del sistema di copertura, la ventilazione perde sostanzialmente di efficacia ai fini della riduzione del flusso termico entrante nell'edificio in stagione estiva. Per i listelli deve essere definita la resistenza agli agenti biologici ed all'acqua e, di conseguenza, stabilito il tipo di trattamento, secondo le normative UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460. I listelli devono essere idoneamente ancorati alla struttura principale (punto 1: elemento portante, travi in legno). È consigliabile effettuare una compartimentazione al fuoco dello strato inserendo, con un passo consigliato di circa 5 m, fasce di materiale in Euroclasse A1, come, ad esempio, lana di roccia, per evitare il diffondersi di un eventuale incendio. Le fasce devono saturare completamente l'interspazio presente.

### 8. Strato di supporto, pannello in legno

Dovrà essere dimensionato valutando in maniera adeguata i carichi di progetto. È importante anche indicare il tipo di pannello da impiegare e l'eventuale trattamento di finitura. Deve essere definita la resistenza agli agenti biologici ed all'acqua e, di conseguenza, stabilito il tipo di trattamento, secondo le normative UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460.

### 9. Strato di controllo alla tenuta all'acqua, telo geotessile non tessuto

Il materiale deve garantire una tenuta all'acqua, anche se non assoluta, assicurando, tuttavia, una idonea permeabilità al vapore per determinare la quale deve essere effettuato il calcolo del rischio di condensazione, secondo la UNI 10350.

### 10. Strato di supporto, listelli in legno

Deve essere definita la resistenza agli agenti biologici ed all'acqua e, di conseguenza, stabilito il tipo di trattamento, secondo le normative UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460. La distanza fra i listelli dipende dalla conformazione geometrica dell'elemento di tenuta. Il fissaggio dei listelli alla struttura portante deve essere effettuato in base al carico di vento, ai pesi permanenti e variabili ed alla tipologia di materiale utilizzato per i listelli e per il fissaggio, secondo quanto indicato nella parte teorica introduttiva del presente manuale. I listelli devono possedere varchi al fine di garantire il passaggio di acqua verso il canale di gronda, qualora vi fossero infiltrazioni accidentali di acqua sottotegola.

### 11. Elemento di tenuta, tegole in laterizio

L'elemento di tenuta deve essere progettato in termini di resistenza all'acqua, di impermeabilità all'acqua, di resistenza al gelo, di resistenza agli agenti chimici e biologici, di carico di rottura a flessione e di resistenza alla grandine secondo quanto indicato nelle UNI 9308 e UNI 9460. Tutte queste caratteristiche,

con i riferimenti normativi indicati, devono essere indicate dal progettista nei documenti di progetto. La lunghezza di sovrapposizione delle tegole è definita dalla UNI 9460 in base alla loro tipologia, alla pendenza ed alla zona climatica.

#### Note aggiuntive

##### ■ Pendenza della copertura

Si determina in base a quanto indicato nella normativa UNI 9460 in base alla zona climatica ed alla tipologia delle tegole. In alcuni casi può essere necessario un fissaggio meccanico delle tegole al supporto.

##### ■ Potere fonoisolante

Il potere fonoisolante della copertura deve rispettare i valori minimi previsti dalla legislazione vigente. Per questa specifica soluzione tecnica esso è dato dal comportamento "di sistema" del pacchetto. Ogni singolo elemento quindi contribuisce al risultato finale. In particolare, tuttavia, assumono molta importanza la tipologia dello strato di supporto (assito in legno), dell'elemento termoisolante (massa e porosità aperte) e la tenuta all'aria complessiva. Per il progettista è quindi importante avere a disposizione il dato complessivo sul "pacchetto", certificato dal produttore.

##### ■ Comportamento al fuoco

È consigliabile considerare il ruolo del materiale isolante anche nella prevenzione dei rischi di incendio (cfr. capitolo 8) come protezione passiva dei diversi elementi della copertura ventilata.

**1. Elemento portante, travi in legno**

È necessario, in relazione al fatto che la struttura è a vista, effettuare la posa con la massima attenzione, al fine di evitare danneggiamenti o distacco dello strato protettivo.

**2. Strato di supporto, assito in legno**

È necessario, in relazione al fatto che la struttura è a vista, effettuare la posa con la massima attenzione, al fine di evitare danneggiamenti o distacco dello strato protettivo. La posa, soprattutto nel caso di elementi non maschiati, deve avvenire in modo molto accurato, ad evitare la presenza di fughe.

**3. Elemento di tenuta all'aria**

Ci si deve accertare che siano perfettamente collegati e che gli stessi garantiscano la continuità della tenuta anche in corrispondenza di tutti i nodi presenti (lucernari, colmo, ecc.).

**4. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia**

Si deve evitare di posare pannelli mancanti di parti, con presenza di acqua o, in genere, deteriorati. L'accostamento deve essere perfetto per evitare ponti termici. I pannelli devono essere sfalsati fra di loro.

**5. Strato di supporto, listelli in legno**

I listelli devono essere posati perfettamente paralleli fra di loro e, per quanto riguarda il secondo strato, ad una distanza tal da potere permettere, possibilmente, l'alloggiamento dei pannelli di lana di roccia senza eccessivi tagli e sfridi.

**6. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia**

Si deve evitare di posare pannelli mancanti di parti, con presenza di acqua o, in genere, deteriorati. L'accostamento deve essere perfetto per evitare ponti termici. I pannelli devono essere sfalsati fra di loro.

**7. Strato di ventilazione, listelli in legno/aria libera**

I listelli devono essere posati perpendicolarmente alla linea di gronda, paralleli fra di loro in corrispondenza delle travi strutturali sottostanti (punto 1: elemento portante, travi in legno), alle quali devono essere ancorati mediante fissaggio meccanico.

**8. Strato di supporto, pannello in legno**

I pannelli devono essere posati così da non avere variazioni di planarità ed in modo sfalsato, per garantire una maggiore legatura della copertura. È necessario garantire fra un pannello e quelli contigui un giunto di alcuni millimetri per assorbire le variazioni termiche, che sono molto consistenti.

**9. Strato di controllo alla tenuta all'acqua, telo geotessile non tessuto**

La sovrapposizione dei teli deve essere di almeno 20 cm. I teli devono risvoltare in corrispondenza del colmo e, in genere, di elementi di interruzione quali lucernari o simili e devono permettere lo scarico dell'acqua nel canale di gronda.

**10. Strato di supporto, listelli in legno**

I listelli devono essere posati parallelamente alla linea di gronda, paralleli fra di loro e perfettamente distanziati ad evitare criticità in fase di posa delle tegole. Il primo listello della fila deve avere un'altezza maggiore rispetto agli altri di un valore pari a quello di una tegola per consentire alla prima fila di queste ultime di avere la stessa pendenza delle altre; l'interasse dei primi due listelli deve essere inferiore a quelli successivi per permettere una adeguata sporgenza della prima fila di tegole sopra il canale di gronda, se presente.

**11. Elemento di tenuta, tegole in laterizio**

La posa delle tegole deve avvenire avendo cura di assicurare la sovrapposizione voluta in fase di progetto. Non devono essere posate tegole mancanti di parti o con presenza di difetti visibili.

Il colmo della presente soluzione tecnica è di tipo ventilato, coerentemente con la tipologia di copertura. Le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Elemento di aerazione

L'elemento di aerazione viene posato con un sistema di fissaggio ad un supporto in legno vincolato alla struttura principale.

### 2. Sezione di aerazione

La sezione di aerazione, in corrispondenza del colmo, non può essere sensibilmente inferiore rispetto a quella della parte corrente, ad evitare diminuzione dell'efficienza.

### 3. Protezione della bocca di aerazione

In corrispondenza della bocca di aerazione deve essere posato un elemento che protegga rispetto all'accesso di volatili e insetti e che eviti l'ingresso di acqua nella zona sottotegola. L'elemento deve, tuttavia, garantire una idonea ventilazione e protezione in caso di acqua battente associata a vento.

### 4. Elemento termoisolante

In corrispondenza del colmo i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici.

### 5. Strato di tenuta all'aria

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza del colmo, mediante un adeguato risvolto dei teli.

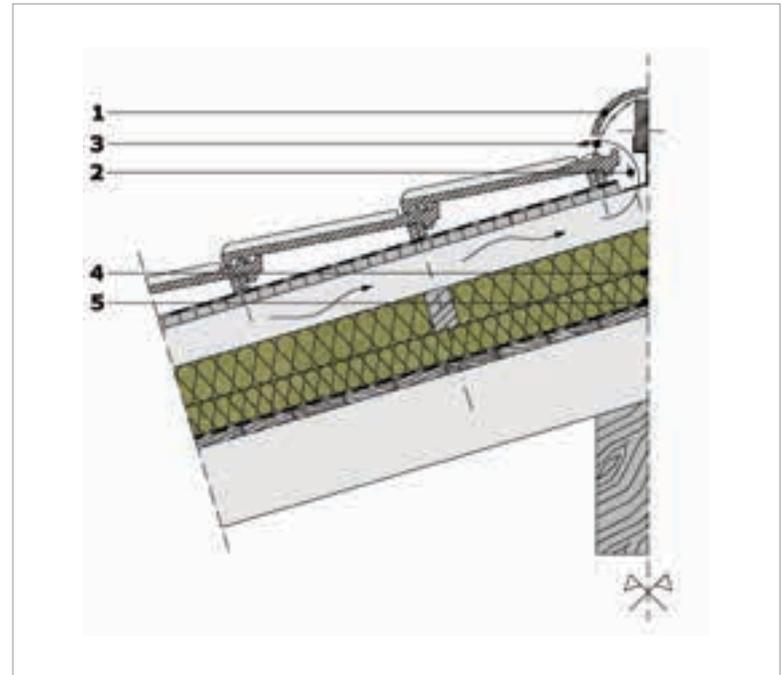


Figura 2.3

Schema grafico del nodo in corrispondenza del colmo

Le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Lucernario

Il sistema di collegamento fra struttura e lucernario dovrà essere predefinito prima della fase di posa in opera al fine di evitare aggiustamenti in cantiere che possono dare luogo a difetti con conseguenti guasti.

### 2. Scossalina

La scossalina dovrà avere una geometria tale da potere evitare infiltrazioni di acqua. Essa viene posta sotto tegola a monte del lucernario e sopra tegola a valle del lucernario. In corrispondenza dei lati del lucernario si ha la sovrapposizione "soprategola-sottotegola" della scossalina. È quindi consigliabile utilizzare per la scossalina un materiale duttile per consentire un facile adeguamento in opera alla reale conformazione geometrica.

### 3. Sguincio del lucernario

In corrispondenza del bordo di monte del lucernario è consigliabile una conformazione geometrica a sguincio per permettere una maggiore illuminazione in occasione delle ore del giorno dove il sole è più basso.

### 4. Risvolto verticale dello strato di controllo alla tenuta all'acqua

Lo strato di controllo alla tenuta all'acqua deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere almeno la scossalina del lucernario per evitare infiltrazioni di acqua verso l'interno, in occasione di eventuali rotture di elementi del manto di tenuta, e per permettere il deflusso verso il basso.

### 5. Risvolto verticale dell'elemento di tenuta all'aria

L'elemento di tenuta all'aria deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la scossalina del lucernario per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con pericolo di condensazione.

### 6. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potersi giungere direttamente fino al telaio del lucernario, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

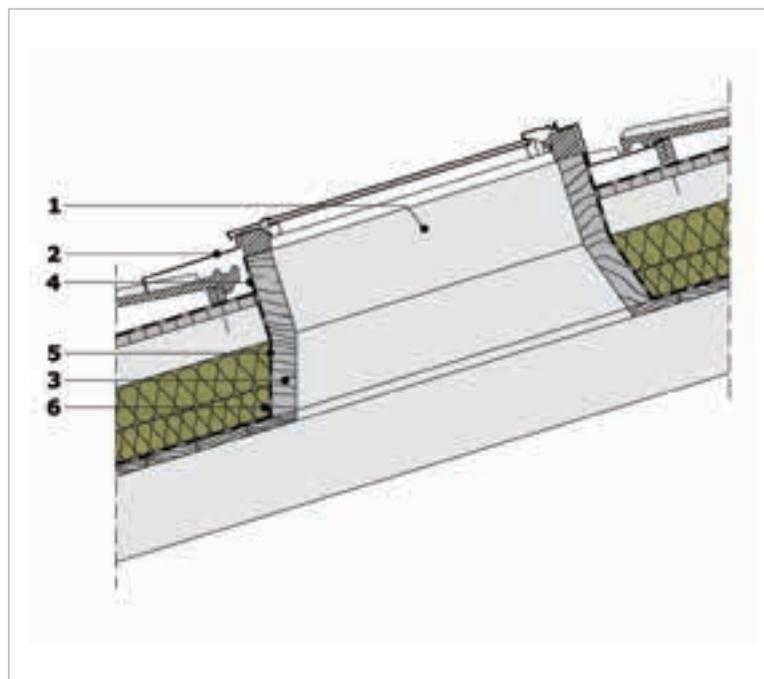


Figura 2.4

Schema grafico del nodo in corrispondenza del lucernario

In corrispondenza di terminali impiantistici le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Fascia di collegamento

La fascia di collegamento dovrà essere posizionata ad una quota, rispetto alla falda, di almeno 15 cm, per evitare possibili infiltrazioni. La fascia dovrà essere sigillata, possibilmente in zona protetta dall'azione dei raggi solari.

### 2. Scossalina

La scossalina dovrà avere una geometria tale da potere evitare infiltrazioni di acqua. Essa viene posta sotto tegola a monte del terminale impiantistico e sopra tegola a valle. In corrispondenza dei lati si ha la sovrapposizione "sopra-tegola-sottotegola" della scossalina.

È quindi consigliabile utilizzare per la scossalina un materiale duttile per consentire un facile adeguamento in opera alla reale conformazione geometrica.

### 3. Supporto dell'elemento di tenuta

L'ultimo supporto dell'elemento di tenuta prima della canalizzazione deve essere conformato in maniera tale da non produrre variazioni di pendenza della falda.

### 4. Risvolto verticale dello strato di controllo alla tenuta all'acqua

Lo strato di controllo alla tenuta all'acqua deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere almeno la scossalina del lucernario per evitare infiltrazioni di acqua verso l'interno, in occasione di eventuali rotture di elementi del manto di tenuta e permettere il deflusso verso il basso.

### 5. Scossalina inferiore

È consigliabile che la scossalina venga conformata in maniera tale da evitare concavità che porterebbero ad avere ristagni di acqua o neve.

### 6. Risvolto verticale dell'elemento di tenuta all'aria

L'elemento di tenuta all'aria deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere lo strato di controllo della tenuta all'acqua per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con pericolo di condensazione.

### 7. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino alla canalizzazione, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 8. Sigillatura

In corrispondenza del giunto fra canalizzazione e parte corrente della copertura si dovrà posizionare un sigillante per evitare infiltrazioni di aria.

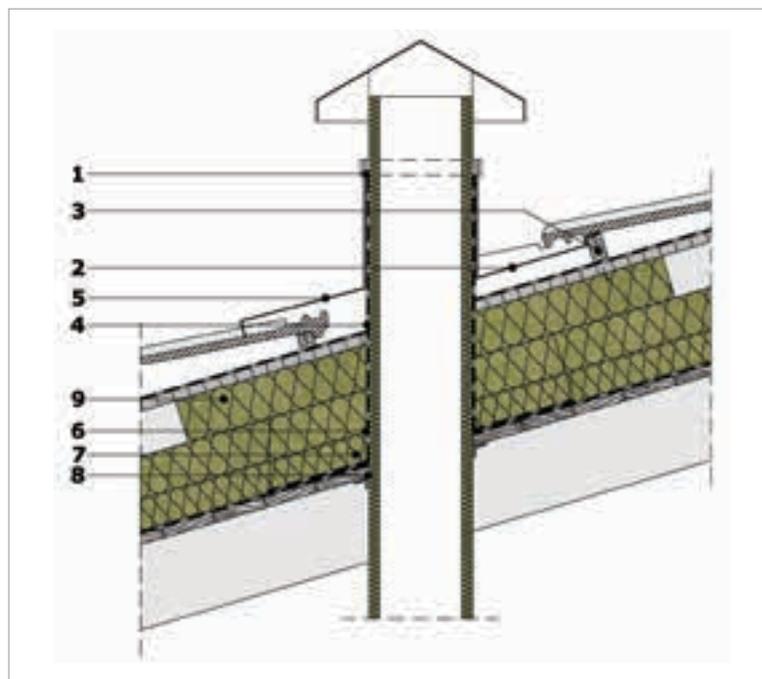


Figura 2.5

Schema grafico del nodo in corrispondenza di terminali impiantistici

### 9. Elemento resistente al fuoco

Nel caso in cui la canalizzazione sia un camino di emissione fumi di una caldaia o simile, si dovrà avere una corona circostante, con una larghezza di circa 50 cm, a completa chiusura dello strato di ventilazione, realizzata con materiale resistente al fuoco, ad esempio lana di roccia, per evitare che, in occasione di incendio, si abbia propagazione delle fiamme.

In corrispondenza del canale di gronda le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Posizione elementi di tenuta

La prima fascia degli elementi di tenuta deve sporgere rispetto al filo interno del canale di gronda di circa  $\frac{1}{3}$  della larghezza stessa del canale per permettere una idonea caduta dell'acqua al suo interno.

### 2. Proseguimento dello strato di controllo alla tenuta all'acqua

Lo strato di controllo alla tenuta all'acqua deve proseguire fino a raggiungere il canale di gronda per evitare infiltrazioni di acqua verso gli strati lignei sottostanti, in occasione di eventuali rotture di elementi del manto di tenuta e per convogliarvi l'acqua di infiltrazione.

### 3. Protezione della bocca di aerazione

In corrispondenza della bocca di aerazione deve essere posato un elemento che protegga rispetto all'accesso di volatili e insetti. L'elemento deve, tuttavia, garantire una idonea ventilazione.

### 4. Cicogna

L'elemento di ancoraggio del canale di gronda è presente quando la larghezza del canale di gronda è notevole oppure quando si hanno intense azioni di neve e vento. L'elemento viene fissato al primo listello di supporto delle tegole.

### 5. Canale di gronda

La sezione del canale di gronda deve essere dimensionata secondo la normativa UNI EN 12056-3.

### 6. Listello di base

In corrispondenza del bordo della gronda è presente un listello con funzione di supporto della prima fascia di tegole. Il primo listello della fila deve avere un'altezza maggiore rispetto agli altri di un valore pari a quello di una tegola per consentire alla prima fila di queste ultime di avere la stessa pendenza delle altre.

### 7. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino a quello posizionato in copertura, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 8. Risvolto verticale dell'elemento di tenuta all'aria

L'elemento di tenuta all'aria deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la muratura perimetrale per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con pericolo di condensazione.

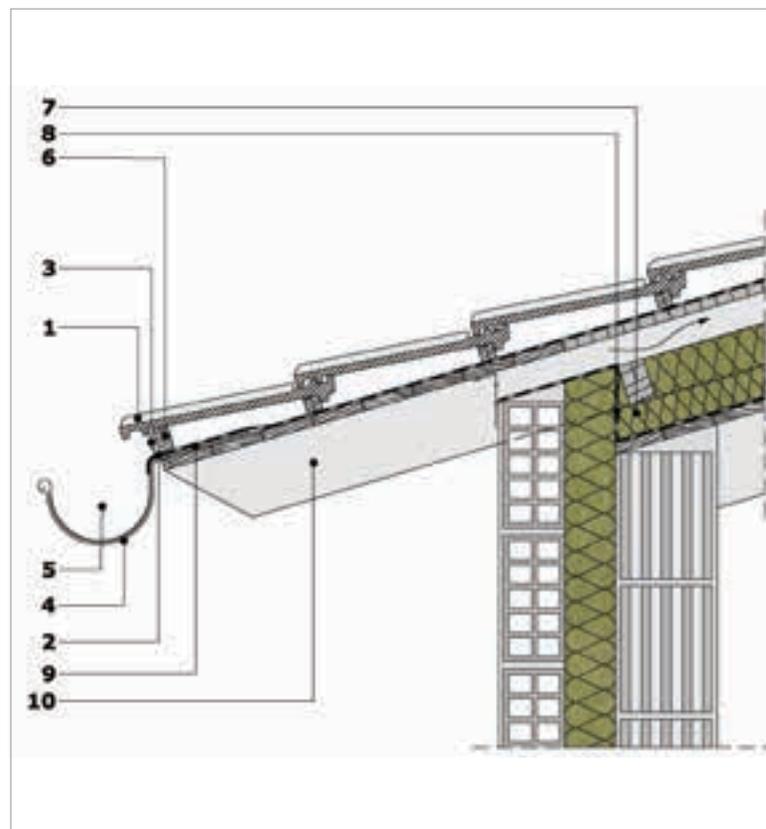


Figura 2.6

Schema grafico del nodo in corrispondenza del canale di gronda

### 9. Risvolto del canale di gronda

L'aletta del canale di gronda deve risvoltare al di sotto del manto di tenuta al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

### 10. Spessore gronda

È consigliabile, per ridurre l'impatto visivo del prospetto della gronda, innalzare i travetti che sorreggono la gronda ad una quota superiore rispetto a quella dei travetti presenti all'interno dell'edificio.

In corrispondenza del parapetto le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Posizione elementi di tenuta

La prima fascia degli elementi di tenuta deve sporgere rispetto al filo interno del canale di bordo di circa 1/3 della larghezza stessa del canale per permettere una idonea caduta dell'acqua al suo interno.

### 2. Protezione della bocca di aerazione

In corrispondenza della bocca di aerazione deve essere posato un elemento che protegga rispetto all'accesso di volatili e insetti. L'elemento deve, tuttavia, garantire una idonea ventilazione.

### 3. Canale di bordo

La sezione del canale di bordo deve essere dimensionata secondo la normativa UNI EN 12056-3. La larghezza deve essere tuttavia tale da potere garantire una idonea manutenzione.

### 4. Listello di base

In corrispondenza del bordo è presente un listello con funzione di supporto della prima fascia di tegole.

Il primo listello della fila deve avere un'altezza maggiore rispetto agli altri di un valore pari a quello di una tegola per consentire alla prima fila di queste ultime di avere la stessa pendenza delle altre.

### 5. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino a quello posizionato in copertura, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici)

### 6. Risvolto verticale dell'elemento di tenuta all'aria

L'elemento di tenuta all'aria deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la muratura perimetrale per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con pericolo di condensazione.

### 7. Risvolto verticale del canale di bordo

In corrispondenza del parapetto, il canale di bordo deve avere un risvolto in quanto, in occasione di nevicate, si potrebbe avere un accumulo di neve che bagnerebbe la muratura, degradandola.

### 8. Scossalina di protezione

In corrispondenza del parapetto, il risvolto verticale del canale di bordo deve essere protetto mediante una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. È sconsigliata la sola adozione di sigillanti.

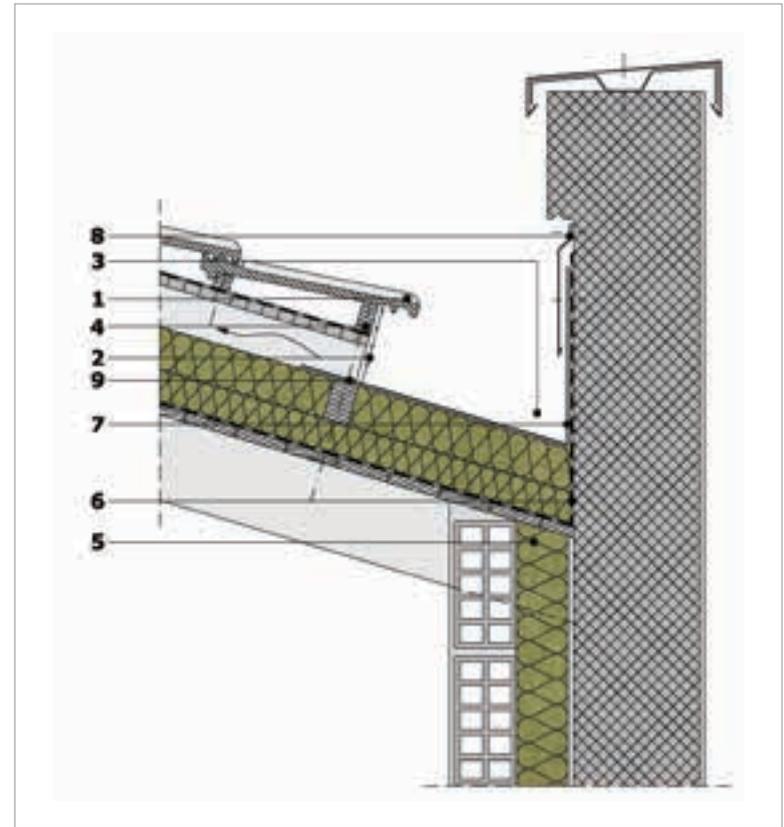


Figura 2.7

Schema grafico del nodo in corrispondenza del parapetto

### 9. Proseguimento del canale di bordo

L'aletta del canale di bordo deve risvoltare al di sotto del manto di tenuta al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

Coerentemente con la tipologia di copertura, le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Sezione di aerazione

La sezione di aerazione in corrispondenza del colmo non può essere sensibilmente inferiore rispetto a quella della parte corrente, ad evitare diminuzione dell'efficienza.

### 2. Protezione della bocca di aerazione

In corrispondenza della bocca di aerazione deve essere posato un elemento che protegga rispetto all'accesso di volatili e insetti e che eviti l'ingresso di acqua nella zona sottotegola. L'elemento deve, tuttavia, garantire una idonea ventilazione.

### 3. Scossalina di protezione

In corrispondenza del colmo, dovrà essere posizionata una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. Essa dovrà risvoltare orizzontalmente in maniera tale che l'acqua portata dal vento non possa infiltrarsi all'interno della copertura.

### 4. Scossalina di protezione

In corrispondenza della parete perimetrale, il risvolto verticale della scossalina deve essere protetto, possibilmente, mediante un risalto della muratura per evitare infiltrazioni di acqua.

### 5. Elemento termoisolante

In corrispondenza della parete perimetrale i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici.

### 6. Strato di tenuta all'aria

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della parete perimetrale, mediante un adeguato risvolto verticale dei teli. È consigliato un collegamento mediante adesivo alla parete perimetrale.

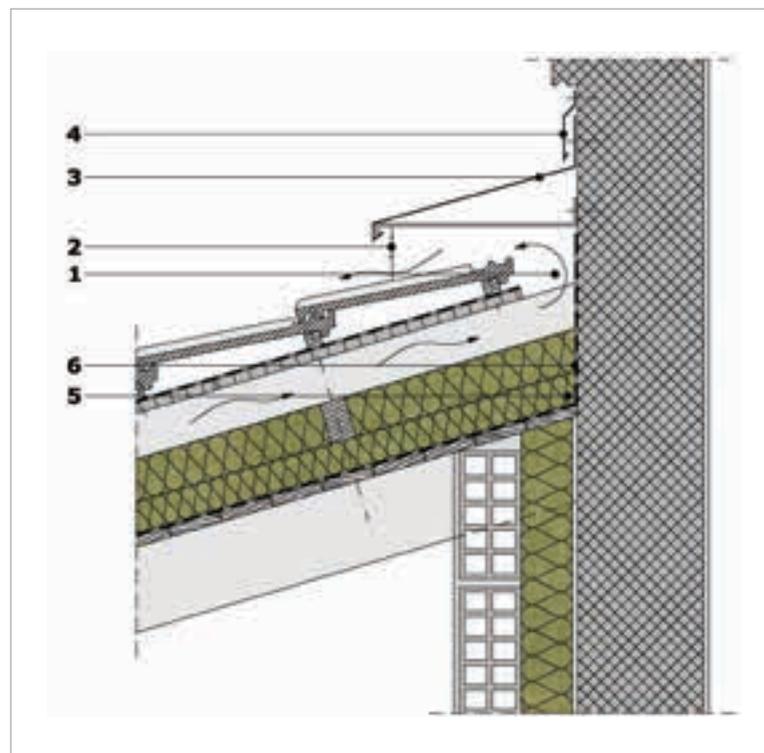


Figura 2.8

Schema grafico del nodo in corrispondenza della parete perimetrale (superiore)

Coerentemente con la tipologia di copertura, le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Scossalina

In corrispondenza del bordo laterale, dovrà essere posizionata una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. Essa dovrà risvoltare verticalmente in maniera tale da evitare percolamenti di acqua sulla facciata.

### 2. Aletta della scossalina

È presente un'aletta verticale, sporgente di alcuni centimetri sopra il piano della copertura, che svolge la funzione di contenimento dell'acqua piovana; la scossalina deve poter accogliere la poca acqua proveniente dalla fascia perimetrale della copertura.

### 3. Risvolto verticale della scossalina

La scossalina deve risvoltare al di sotto del manto di tenuta al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

### 4. Strato di controllo alla tenuta all'acqua

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della scossalina, mediante un adeguato risvolto orizzontale dei teli.

### 5. Elemento di supporto della scossalina

L'elemento svolge sia la funzione di supporto, sia di chiusura orizzontale del pacchetto di muratura.

### 6. Elemento termoisolante

In corrispondenza del nodo orizzontale/verticale i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici.

### 7. Strato di tenuta all'aria

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della parete perimetrale, mediante un adeguato risvolto verticale dei teli. È consigliato un collegamento mediante adesivo al listello di bordo.

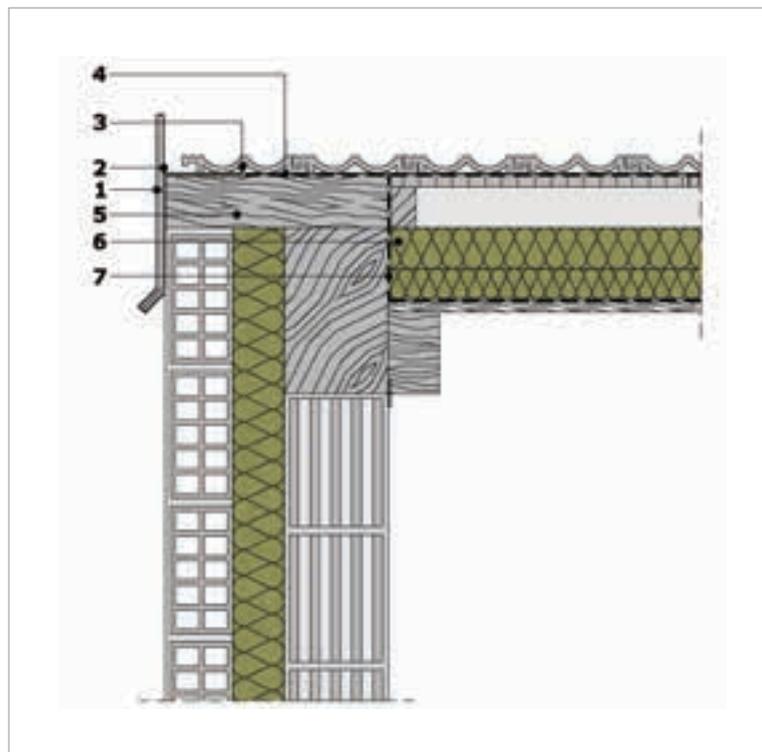
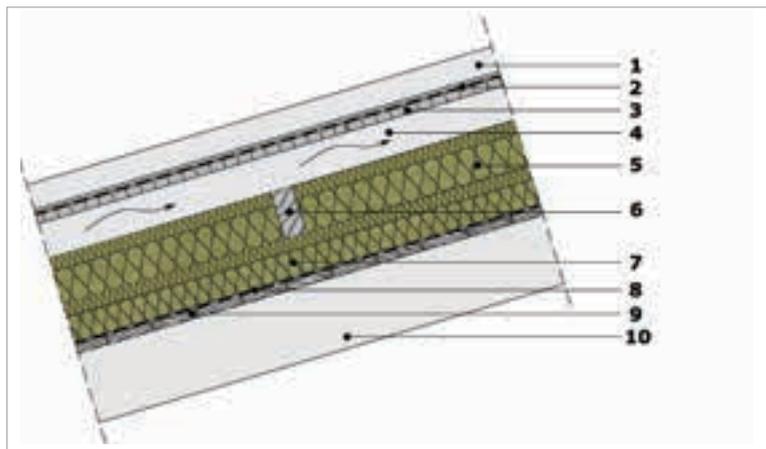


Figura 2.9

Schema grafico del nodo in corrispondenza della parete perimetrale (inferiore)

Si riportano di seguito alcune valutazioni analitiche volte ad indicare le prestazioni termiche del pacchetto di copertura, evidenziando il valore di trasmittanza termica U, al variare dello spessore e delle caratteristiche tecniche del pannello isolante utilizzato.



### SOLUZIONE TESTATA ACUSTICAMENTE

1. Lastra ondulata in fibrocemento\*, spessore 6,5 mm
2. Rivestimento esterno: guaina bituminosa ardesiata, spessore 4 mm
3. Pannello tipo "OSB" in fibre di legno orientate ed incollate tra loro, spessore 15 mm e densità 650 kg/m<sup>3</sup>
4. Listello di ventilazione in legno di abete, spessore 60 mm
5. Strato di materiale isolante: pannello in lana di roccia a doppia densità ROCKWOOL HARDROCK ENERGY, spessore nominale 100 mm, densità media circa 110 kg/m<sup>3</sup> (densità superficiale 190 kg/m<sup>3</sup>, densità del corpo 90 kg/m<sup>3</sup>)
6. Listello di contenimento in legno di abete, sezione 80 x 100 mm
7. Strato di materiale isolante: pannello in lana di roccia a doppia densità ROCKWOOL DUROCK ENERGY, spessore nominale 80 mm, densità media circa 150 kg/m<sup>3</sup> (densità superficiale 210 kg/m<sup>3</sup>, densità del corpo 130 kg/m<sup>3</sup>)
8. Schermo al vapore: strato di tessuto non tessuto in polipropilene
9. Assito in legno: perlina di legno di abete, sezione 150 x 20 mm
10. Travetto in legno lamellare di abete

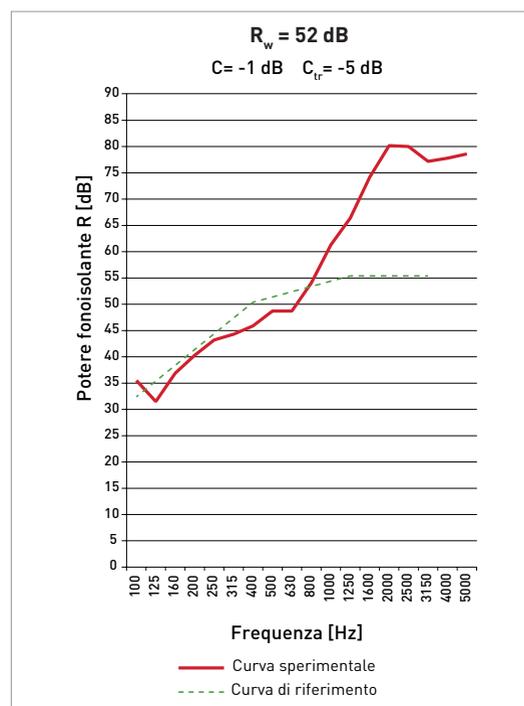
Prova acustica realizzata presso laboratorio ECAMRICERT S.R.L.

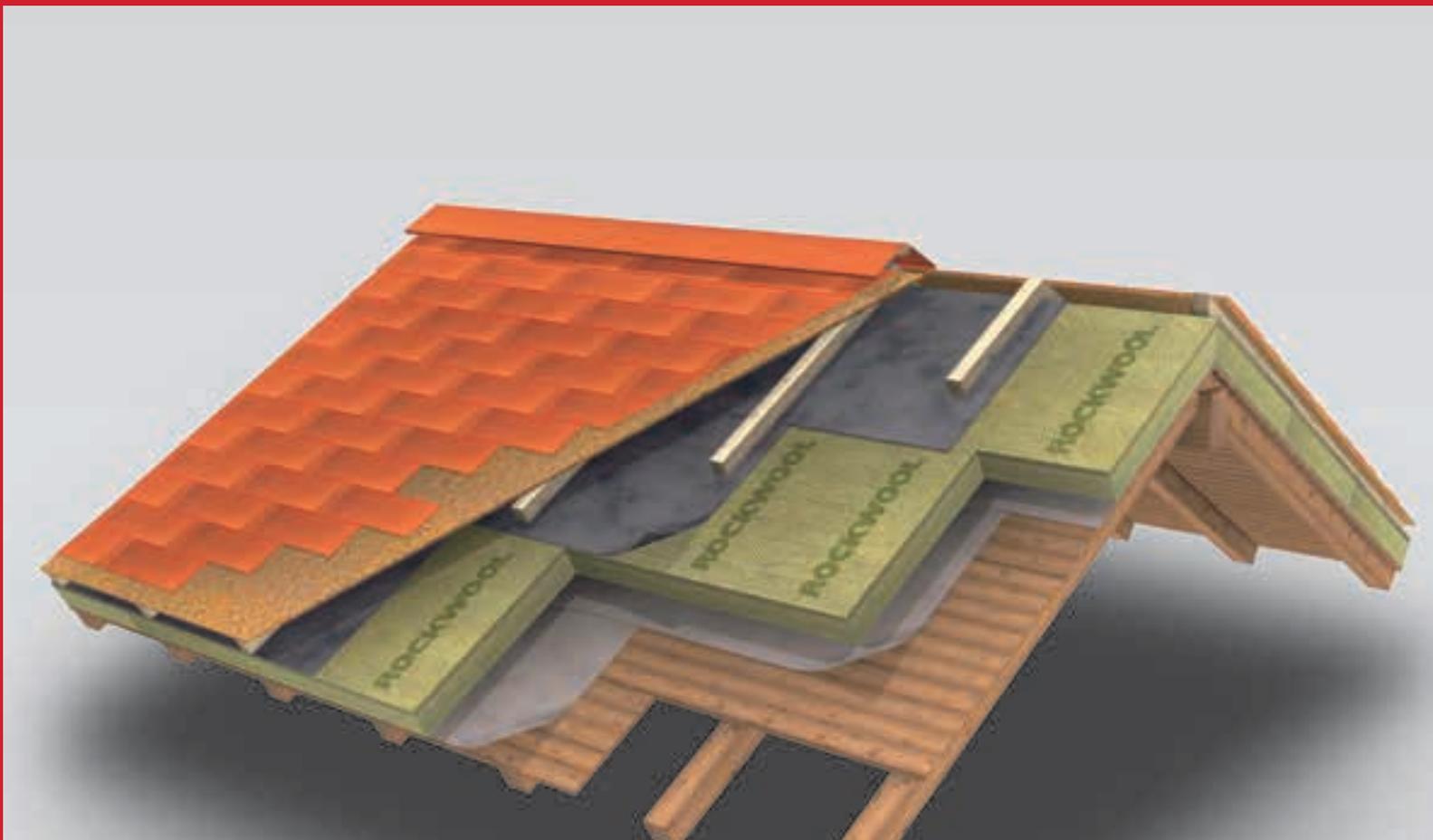
\*La lastra ondulata in fibrocemento è stata impiegata nella prova di laboratorio con lo scopo di simulare l'elemento di tenuta in laterizio. Tale elemento e lo strato di ventilazione non sono stati considerati nel calcolo della trasmittanza termica.

$\lambda_D$ [W/mK]		Spessore isolante [cm]		U [W/m <sup>2</sup> K]
isol. sup.	isol. inf.	isol. sup.	isol. inf.	pacchetto
0,036	0,037	8	8	0,213
0,036	0,037	10	8	0,190
0,036	0,037	14	8	0,157
0,036	0,037	18	8	0,134

Per ulteriori informazioni sulle caratteristiche tecniche dei prodotti consigliati (**strato superiore**: HARDROCK ENERGY, **strato inferiore**: DUROCK ENERGY), si rimanda all'appendice tecnica di pagina 185.

**N.B.** Grazie all'utilizzo di un pannello ad alta densità nello strato superiore (5), è possibile posare l'isolante con continuità, eliminando il listello di contenimento (6).





## Copertura discontinua a falde, isolata in estradosso e ventilata

Elemento portante: travi in legno

Elemento di tenuta: tegole bituminose

Elemento termoisolante: lana di roccia

La soluzione tecnica consiste in una copertura discontinua a falde inclinate con elemento portante in legno.

È isolata termicamente mediante un pannello in lana di roccia ad alta densità, caratterizzato dalla possibilità di supportare direttamente il carico trasmesso dai listelli di supporto dell'elemento di tenuta realizzato in tegole. I listelli sono quindi appoggiati direttamente sull'elemento termoisolante e devono essere ancorati alla struttura principale in legno al fine di evitare la loro delocalizzazione. La soluzione è valevole per tegole bituminose.

La soluzione viene utilizzata soprattutto nel caso di edifici destinati a residenze, sia nel caso di nuova realizzazione, sia nel caso di recupero di sottotetto.

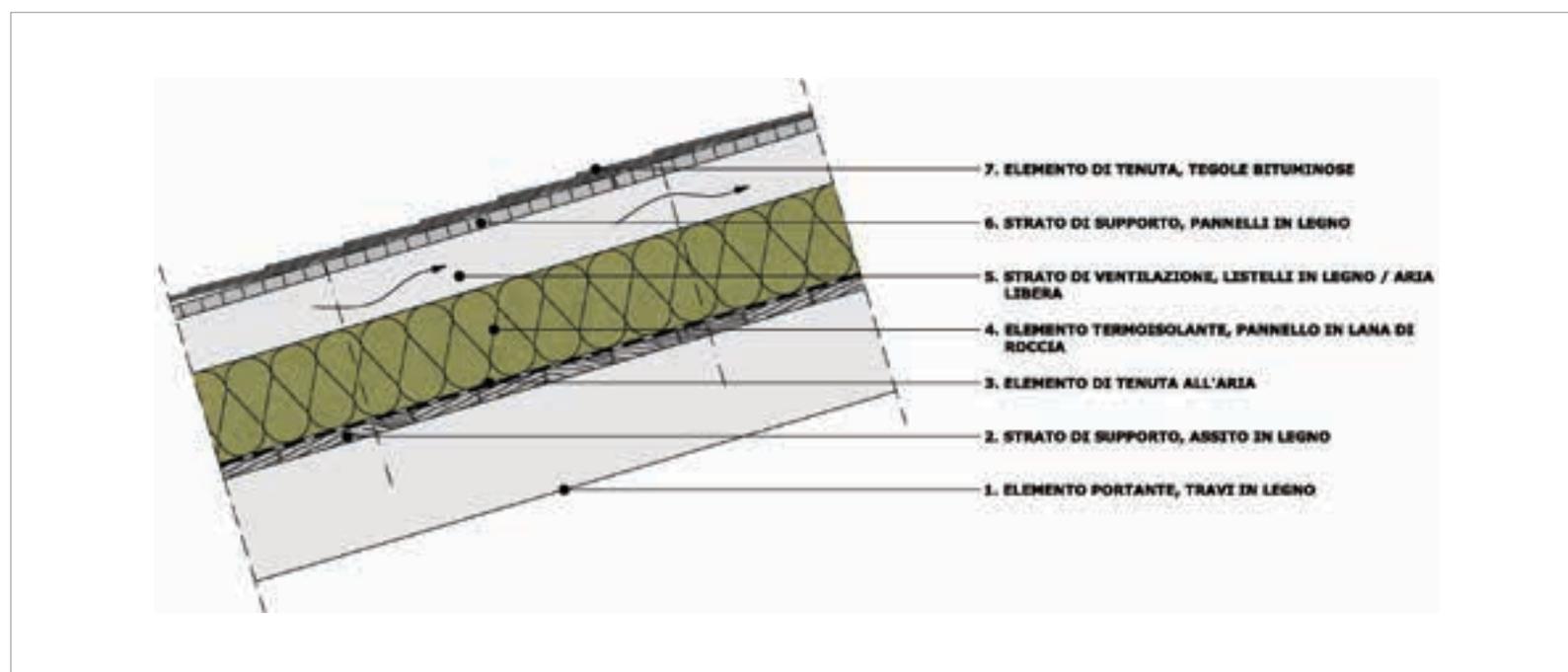


Figura 3.1

Elemento/strato	Caratteristiche principali	Riferimenti normativi
Elemento portante, travi in legno	Resistenza meccanica Freccia massima	legislazione vigente
Strato di supporto, assito in legno	Resistenza meccanica Freccia massima	
Elemento di tenuta all'aria*	Permeabilità all'aria	
Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia	Deformazione sotto carico Conducibilità specifica Resistenza alla diffusione del vapor acqueo Carico puntuale Classe di reazione al fuoco (euroclasse)	UNI EN 826 UNI 10351 UNI EN 12086 UNI EN 12430 UNI EN 13501-1
Strato di ventilazione, listelli in legno/aria libera	Sezione geometrica, resistenza agli agenti biologici, resistenza all'acqua	
Strato di supporto, listelli in legno	Resistenza agli agenti biologici Resistenza all'acqua	UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460
Elemento di tenuta, tegole bituminose	Resistenza all'acqua Assorbimento d'acqua Impermeabilità all'acqua Resistenza ai raggi uv Resistenza al blistering Resistenza ad elevate temperature	UNI EN 544

\*Sono da utilizzarsi fogli di polietilene o altra tipologia di materiale (con sovrapposizione a tenuta) con permeabilità all'aria equivalente o minore in quanto, sotto l'azione di sovrappressioni interne o depressioni esterne causate dal vento, non si devono determinare flussi di aria dall'interno verso l'esterno che potrebbero provocare elevati fenomeni condensativi.

### 1. Elemento portante, travi in legno

Dovrà essere dimensionato valutando in maniera adeguata i carichi di progetto, compresa la freccia massima, nel rispetto della legislazione vigente. Deve anche essere definita la resistenza agli agenti biologici ed all'acqua e, di conseguenza, stabilito il tipo di trattamento, secondo le normative UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e la UNI EN 460.

### 2. Strato di supporto, assito in legno

Dovrà essere dimensionato valutando in maniera adeguata i carichi di progetto, compresa la freccia massima. È importante anche indicare il tipo di essenza da impiegare, il trattamento di finitura, il tipo di incastro tra gli elementi.

### 3. Elemento di tenuta all'aria

In genere, per garantire la tenuta all'aria, è sufficiente un foglio\* di spessore di pochi decimi di millimetro. È tuttavia importante, in fase di progetto, indicare che i fogli debbano essere collegati con nastro biadesivo.

### 4. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia

La scelta del materiale deve essere basata sulla resistenza termica, sulla resistenza a compressione (tenendo presente sia i carichi permanenti che quelli variabili, sia la loro distribuzione sulla superficie) e su considerazioni legate al fonoisolamento ed al comportamento in caso di incendio. La resistenza termica dovrà essere determinata attraverso apposito calcolo. In relazione al fatto che, per questa specifica soluzione, l'elemento termoisolante svolge anche funzioni di tipo meccanico (supporto della listellatura di ventilazione delle tegole) è necessario verificare la sua deformabilità sotto il carico lineare dovuto al listello (cfr. capitolo 9).

### 5. Strato di ventilazione, listelli in legno/aria libera

Lo strato di ventilazione ha, in genere, uno spessore di circa 6÷8 cm. È importante sottolineare che, con elevati valori di resistenza termica del sistema di copertura, la ventilazione perde sostanzialmente di efficacia ai fini della riduzione del flusso termico entrante nell'edificio in stagione estiva. I listelli devono essere idoneamente ancorati alla struttura principale (punto 1: elemento portante, travi in legno).

È consigliabile effettuare una compartimentazione al fuoco dello strato inserendo, con un passo consigliato di circa 5 m, fasce di materiale in Euroclasse A1, come, ad esempio, lana di roccia, per evitare il diffondersi di un eventuale incendio. Le fasce devono saturare completamente l'interspazio presente.

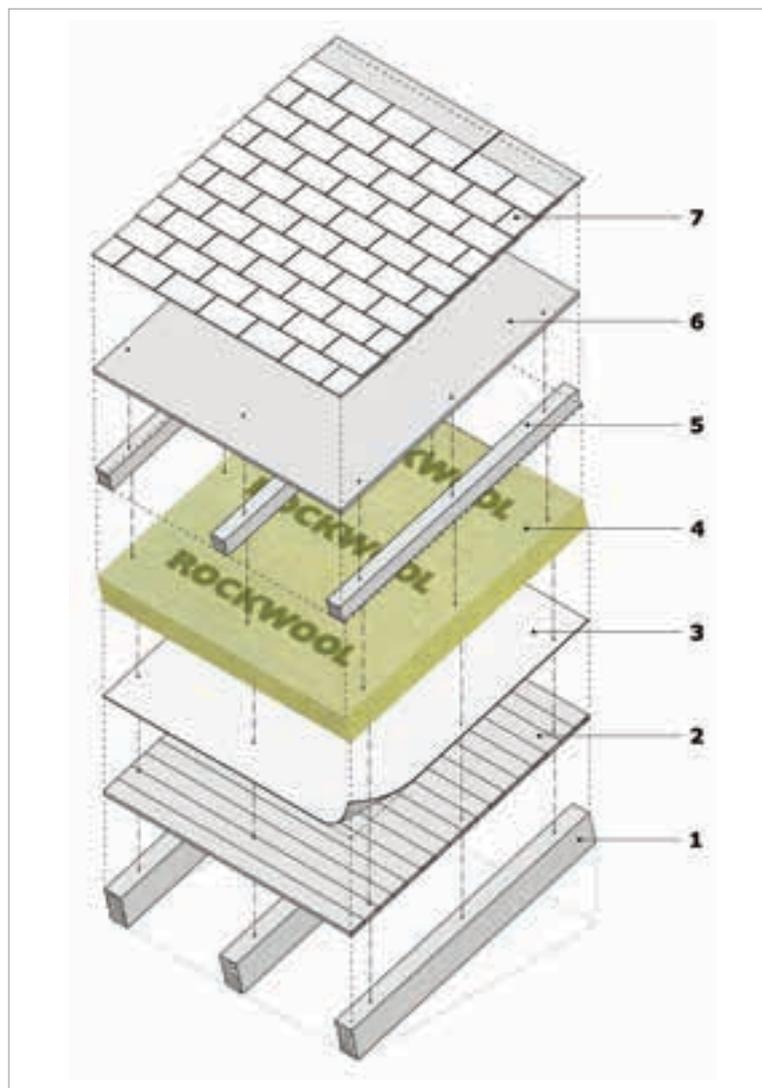


Figura 3.2  
Esplosione assometrica

\*Sono da utilizzarsi fogli di polietilene o altra tipologia di materiale (con sovrapposizione a tenuta) con permeabilità all'aria equivalente o minore in quanto, sotto l'azione di sovrappressioni interne o depressioni esterne causate dal vento, non si devono determinare flussi di aria dall'interno verso l'esterno che potrebbero provocare elevati fenomeni condensativi.

## 6. Strato di supporto, pannelli in legno

Deve essere definita la resistenza agli agenti biologici ed all'acqua e, di conseguenza, stabilito il tipo di trattamento, secondo le normative UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460. Il fissaggio alla struttura portante deve essere effettuato in base al carico di vento, ai pesi permanenti e variabili ed alla tipologia di materiale utilizzato per i listelli e per il fissaggio, secondo quanto indicato nella parte teorica introduttiva del presente manuale. Si deve anche considerare che essi sono sottoposti a forti variazioni termiche in quanto non vi è ventilazione al di sopra di essi.

## 7. Elemento di tenuta, tegole bituminose

L'elemento di tenuta deve essere progettato in termini di resistenza all'acqua, di assorbimento d'acqua, di impermeabilità all'acqua, di resistenza ai raggi UV, di resistenza ad elevate temperature e di resistenza al blistering e, più in generale, secondo quanto indicato nella UNI 9308. Tutte queste caratteristiche, con i riferimenti normativi indicati, devono essere indicate dal progettista nei documenti di progetto. La tipologia di posa, con chiodi o mediante saldatura a fiamma, dipende dalla zona climatica, dalla pendenza e della lunghezza della falda. Per falde molto lunghe o con bassa pendenza è necessario utilizzare un sottomanto realizzato con una membrana bituminosa: in questo caso la finitura a "tegola" ha principalmente uno scopo architettonico e non funzionale.

### Note aggiuntive

#### ■ Potere fonoisolante

Il potere fonoisolante della copertura deve rispettare i valori minimi previsti dalla legislazione vigente. Per questa specifica soluzione tecnica esso è dato dal comportamento "di sistema" del pacchetto. Ogni singolo elemento quindi contribuisce al risultato finale. In particolare, tuttavia, assumono molta importanza la tipologia dello strato di supporto (assito in legno), dell'elemento termoisolante (massa e porosità aperte) e la tenuta all'aria complessiva. Per il progettista è quindi importante avere a disposizione il dato complessivo sul "pacchetto", certificato dal produttore.

#### ■ Comportamento al fuoco

È consigliabile considerare il ruolo del materiale isolante anche nella prevenzione dei rischi di incendio (cfr. capitolo 8) come protezione passiva dei diversi elementi della copertura ventilata.

### 1. Elemento portante, travi in legno

È necessario, in relazione al fatto che la struttura è a vista, effettuare la posa con la massima attenzione, al fine di evitare danneggiamenti o distacco dello strato protettivo.

### 2. Strato di supporto, assito in legno

È necessario, in relazione al fatto che la struttura è a vista, effettuare la posa con la massima attenzione, al fine di evitare danneggiamenti o distacco dello strato protettivo. La posa, soprattutto nel caso di elementi non maschiati, deve avvenire in modo molto accurato, ad evitare la presenza di fughe.

### 3. Elemento di tenuta all'aria

Ci si deve accertare che gli elementi siano perfettamente collegati e che gli stessi garantiscano la continuità della tenuta anche in corrispondenza di tutti i nodi presenti (lucernari, colmo, ecc.).

### 4. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia

Si deve evitare di posare pannelli mancanti di parti, con presenza di acqua o, in genere, deteriorati. L'accostamento deve essere perfetto per evitare ponti termici. I pannelli devono essere sfalsati fra di loro.

### 5. Strato di ventilazione, listelli in legno/aria libera

I listelli devono essere posati perpendicolarmente alla linea di gronda, paralleli fra di loro in corrispondenza delle travi strutturali sottostanti (punto 1: elemento portante, travi in legno), alle quali devono essere ancorati mediante fissaggio meccanico.

### 6. Strato di supporto, pannelli in legno

I pannelli devono essere posati in modo tale da non avere variazioni di planarità ed in modo sfalsato, per garantire una maggiore legatura della copertura. È necessario garantire fra un pannello e quelli contigui un giunto di alcuni millimetri, per assorbire le variazioni termiche, che sono molto consistenti.

### 7. Elemento di tenuta, tegole bituminose

La posa delle tegole deve avvenire avendo cura di assicurare la sovrapposizione voluta in fase di progetto. Per falde molto lunghe o con bassa pendenza è necessario utilizzare un sottomanto realizzato con una membrana e/o un'imprimatura bituminosa: in questo caso la finitura a "tegola" ha principalmente uno scopo architettonico e non funzionale. A tale proposito si raccomanda di consultare sempre le istruzioni di posa del produttore delle tegole.

Il colmo della presente soluzione tecnica è di tipo ventilato, coerentemente con la tipologia di copertura.

Le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Elemento di aerazione

L'elemento di aerazione, realizzato mediante una scossalina metallica, viene posato con un sistema di fissaggio ad un supporto vincolato alla struttura principale.

### 2. Sezione di aerazione

La sezione di aerazione, in corrispondenza del colmo, non può essere sensibilmente inferiore rispetto a quella della parte corrente, ad evitare diminuzione dell'efficienza.

### 3. Protezione della bocca di aerazione

In corrispondenza della bocca di aerazione deve essere posato un elemento che protegga rispetto all'accesso di volatili e insetti e che eviti l'ingresso di acqua nella zona sottotegola. L'elemento deve, tuttavia, garantire una idonea ventilazione.

### 4. Elemento termoisolante

In corrispondenza del colmo i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici.

### 5. Strato di tenuta all'aria

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza del colmo, mediante un adeguato risvolto dei teli.

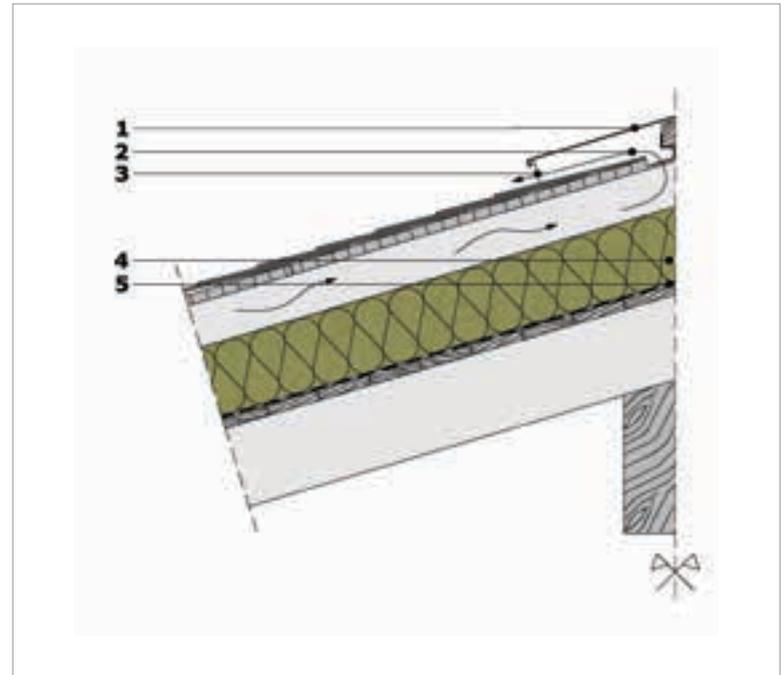


Figura 3.3

Schema grafico del nodo in corrispondenza del colmo

Le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Lucernario

Il sistema di collegamento fra struttura e lucernario dovrà essere predefinito prima della fase di posa in opera al fine di evitare aggiustamenti in cantiere che possono dare luogo a difetti con conseguenti guasti.

### 2. Continuità della tenuta all'acqua

La continuità della tenuta all'acqua viene garantita con un collo realizzato in materiale bituminoso compatibile con quello delle tegole. È possibile anche la risoluzione del nodo mediante una scossalina metallica, anche se la sua realizzazione è più difficoltosa.

### 3. Sguincio del lucernario

In corrispondenza del bordo di monte del lucernario è consigliabile una conformazione geometrica a sguincio per permettere una maggiore illuminazione in occasione delle ore del giorno dove il sole è più basso.

### 4. Risolto verticale dell'elemento di tenuta all'aria

L'elemento di tenuta all'aria deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la scossalina del lucernario per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con pericolo di condensazione.

### 5. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino al telaio del lucernario, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

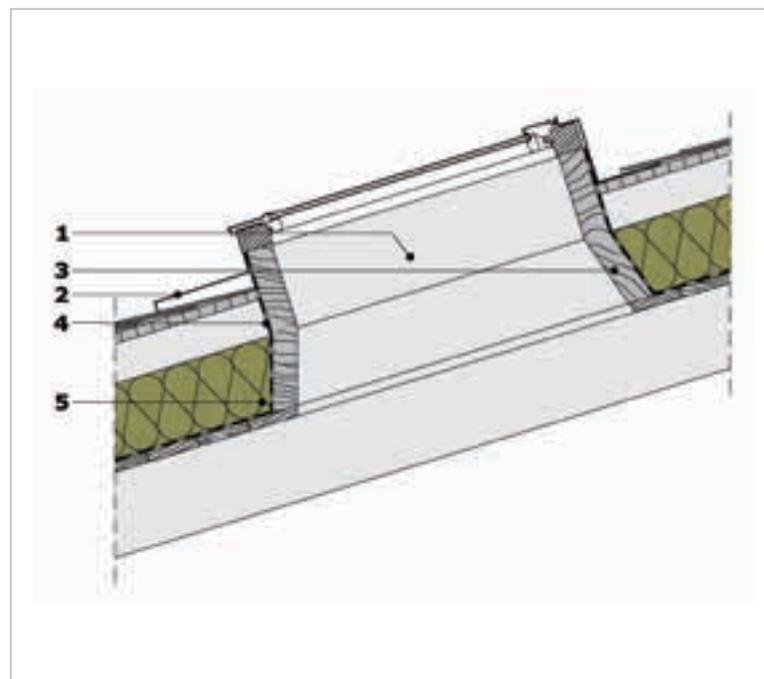


Figura 3.4  
Schema grafico del nodo in corrispondenza del lucernario

In corrispondenza di terminali impiantistici le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Fascia di collegamento

La fascia di collegamento dovrà essere posizionata ad una quota, rispetto alla falda, di almeno 15 cm, per evitare possibili infiltrazioni. La fascia dovrà essere sigillata, possibilmente in zona protetta dall'azione dei raggi solari.

### 2. Continuità della tenuta all'acqua

La continuità della tenuta all'acqua viene garantita con un controtubo dotato di flangia realizzato in materiale bituminoso compatibile e saldabile con quello delle tegole. È possibile la risoluzione del nodo mediante una scossalina metallica, anche se la sua realizzazione è più difficoltosa.

### 3. Risvolto verticale dell'elemento di tenuta all'aria

L'elemento di tenuta all'aria deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere il controtubo per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno, con pericolo di condensazione.

### 4. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino alla canalizzazione, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 5. Sigillatura

In corrispondenza del giunto fra canalizzazione e parte corrente della copertura si dovrà posizionare un sigillante per evitare infiltrazioni di aria.

### 6. Elemento resistente al fuoco

Nel caso in cui la canalizzazione sia un camino di emissione fumi di una caldaia o simile, si dovrà avere una corona circostante, con una larghezza di circa 50 cm, a completa chiusura dello strato di ventilazione, realizzata con materiale resistente al fuoco, ad esempio lana di roccia, per evitare che, in occasione di incendio, si abbia propagazione delle fiamme.

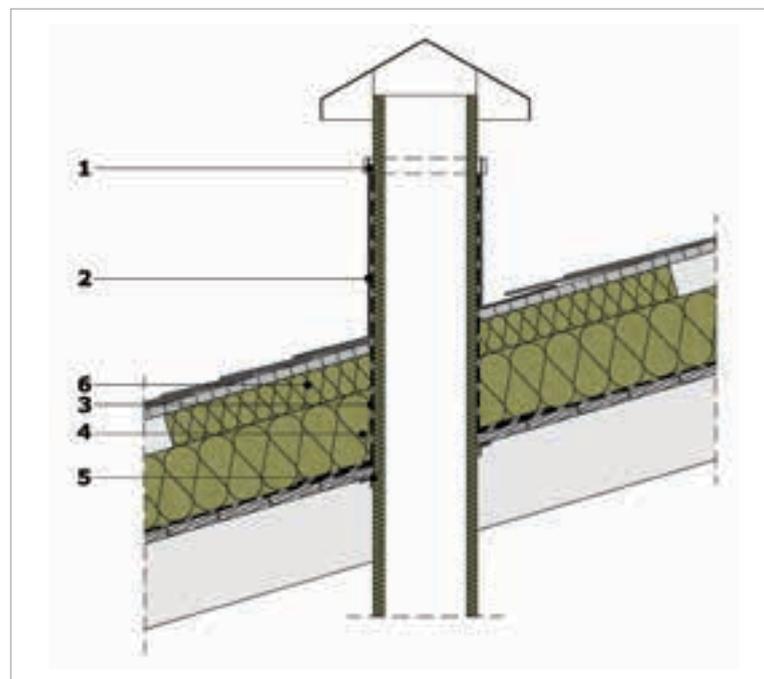


Figura 3.5  
Schema grafico del nodo in corrispondenza di terminali impiantistici

In corrispondenza del canale di gronda le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Protezione della bocca di aerazione

In corrispondenza della bocca di aerazione deve essere posato un elemento che protegga rispetto all'accesso di volatili e insetti. L'elemento deve, tuttavia, garantire una idonea ventilazione.

### 2. Cicogna

L'elemento di ancoraggio del canale di gronda è presente quando la larghezza del canale di gronda è notevole, oppure quando si hanno intense azioni di neve e vento.

### 3. Canale di gronda

La sezione del canale di gronda deve essere dimensionata secondo la normativa UNI EN 12056-3. La larghezza deve essere tuttavia tale da potere garantire una idonea manutenzione.

### 4. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino a quello posizionato in copertura, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 5. Risvolto verticale dell'elemento di tenuta all'aria

L'elemento di tenuta all'aria deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la muratura perimetrale, per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con pericolo di condensazione.

### 6. Risvolto del canale di gronda

L'aletta del canale di gronda deve risvoltare al di sotto del manto di tenuta al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

### 7. Spessore della gronda

È consigliabile posizionare i travetti di sostegno della gronda ad una quota superiore rispetto a quelli principali della copertura, per ridurre lo spessore totale della gronda così da assicurare un minore impatto visivo.

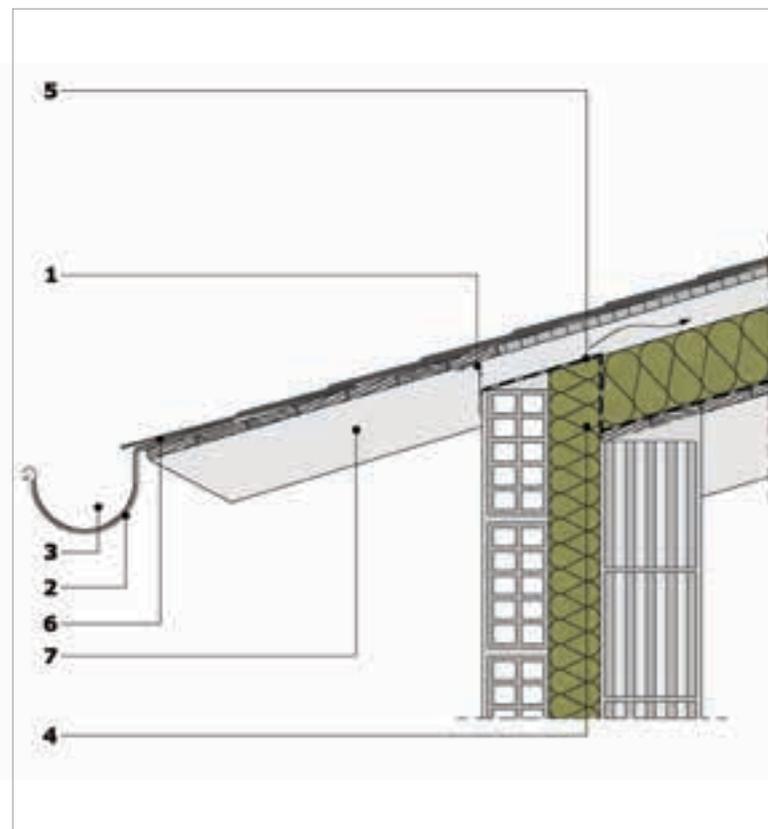


Figura 3.6

Schema grafico del nodo in corrispondenza del canale di gronda

In corrispondenza del parapetto le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Posizione elementi di tenuta

E' opportuno prevedere il posizionamento di un elemento metallico, con funzione di gocciolatoio.

### 2. Protezione della bocca di aerazione

In corrispondenza della bocca di aerazione deve essere posato un elemento che protegga rispetto all'accesso di volatili e insetti. L'elemento deve, tuttavia, garantire una idonea ventilazione.

### 3. Canale di gronda

La sezione del canale di gronda deve essere dimensionata secondo la normativa UNI EN 12056-3. La larghezza deve essere tuttavia tale da potere garantire una idonea manutenzione.

### 4. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino a quello posizionato in copertura, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 5. Risvolto verticale dell'elemento di tenuta all'aria

L'elemento di tenuta all'aria deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la muratura perimetrale, per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con pericolo di condensazione.

### 6. Risvolto verticale del canale di gronda

In corrispondenza del parapetto, il canale di gronda deve avere un risvolto in quanto, in occasione di nevicate, si potrebbe avere un accumulo di neve che bagnerebbe la muratura, degradandola.

### 7. Scossalina di protezione

In corrispondenza del parapetto, il risvolto verticale del canale di gronda deve essere protetto mediante una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. È sconsigliata la sola adozione di sigillanti.

### 8. Risvolto del canale di gronda

L'aletta del canale di gronda deve risvoltare al di sotto del manto di tenuta al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

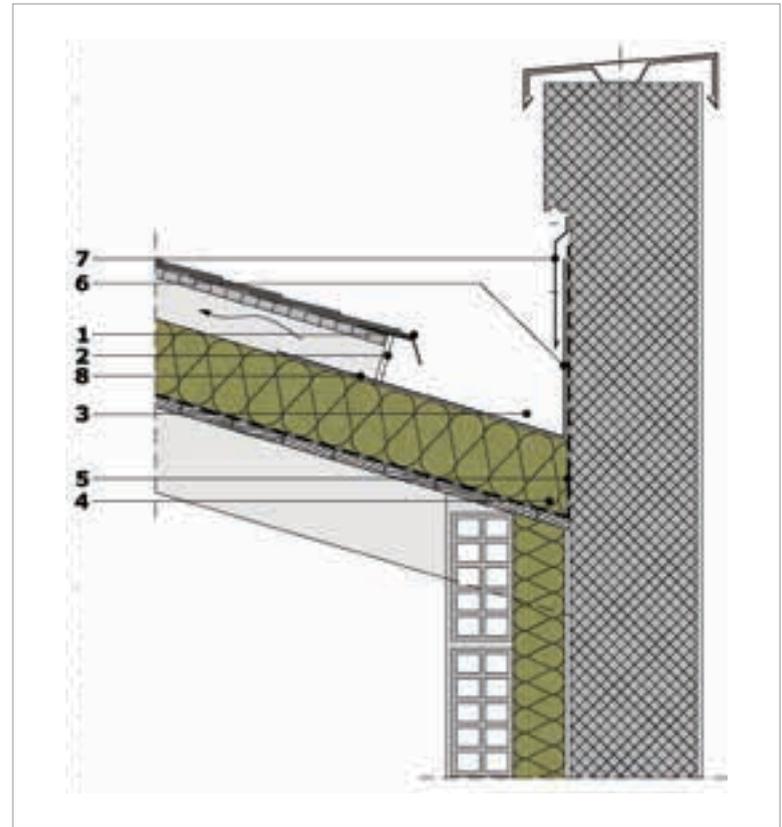


Figura 3.7

Schema grafico del nodo in corrispondenza del parapetto

Coerentemente con la tipologia di copertura, le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Sezione di aerazione

La sezione di aerazione in corrispondenza del colmo non può essere sensibilmente inferiore rispetto a quella della parte corrente, ad evitare diminuzione dell'efficienza.

### 2. Protezione della bocca di aerazione

In corrispondenza della bocca di aerazione deve essere posato un elemento che protegga rispetto all'accesso di volatili e insetti e che eviti l'ingresso di acqua nella zona sottotegola. L'elemento deve, tuttavia, garantire una idonea ventilazione.

### 3. Scossalina

In corrispondenza del colmo dovrà essere posizionata una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. Essa dovrà risvoltare orizzontalmente in maniera tale che l'acqua portata dal vento non possa infiltrarsi all'interno della copertura.

### 4. Scossalina di protezione

In corrispondenza della parete perimetrale, il risvolto verticale della scossalina deve essere protetto, possibilmente, mediante un risalto della muratura per evitare infiltrazioni di acqua.

È sconsigliata la sola adozione di sigillanti. La lunghezza di sovrapposizione dipende dalla ventosità, dalla pendenza della falda e dalla piovosità del sito.

### 5. Elemento termoisolante

In corrispondenza della parete perimetrale i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici.

### 6. Strato di tenuta all'aria

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della parete perimetrale, mediante un adeguato risvolto verticale dei teli. È consigliato un collegamento mediante adesivo alla parete perimetrale.

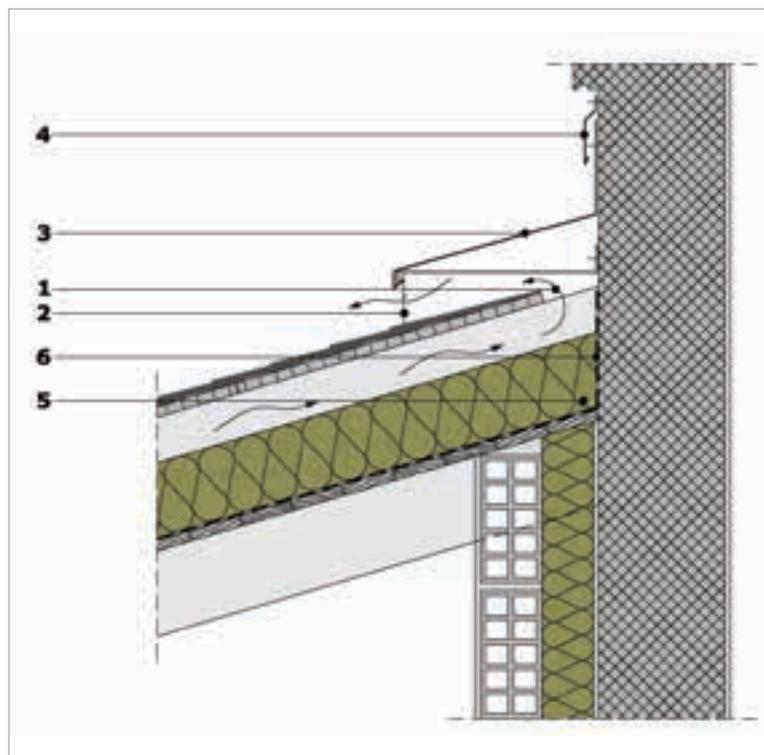


Figura 3.8

Schema grafico del nodo in corrispondenza della parete perimetrale (superiore)

Coerentemente con la tipologia di copertura, le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Scossalina

In corrispondenza del bordo laterale, dovrà essere posizionata una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. Essa dovrà risvoltare verticalmente in maniera tale da evitare percolamenti di acqua sulla facciata. Deve essere realizzata con materiale compatibile e saldabile con quello con cui sono realizzate le tegole.

### 2. Aletta della scossalina

È presente un'aletta verticale, sporgente di alcuni centimetri sopra il piano della copertura, che svolge la funzione di contenimento dell'acqua piovana; la scossalina deve poter accogliere la poca acqua proveniente dalla fascia perimetrale della copertura.

### 3. Elemento di supporto della scossalina

L'elemento svolge sia la funzione di supporto, sia quella di chiusura orizzontale del pacchetto di muratura.

### 4. Elemento termoisolante

In corrispondenza del nodo orizzontale/verticale, i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici.

### 5. Strato di tenuta all'aria

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della parete perimetrale, mediante un adeguato risvolto verticale dei teli. È consigliato un collegamento mediante adesivo al listello di bordo.

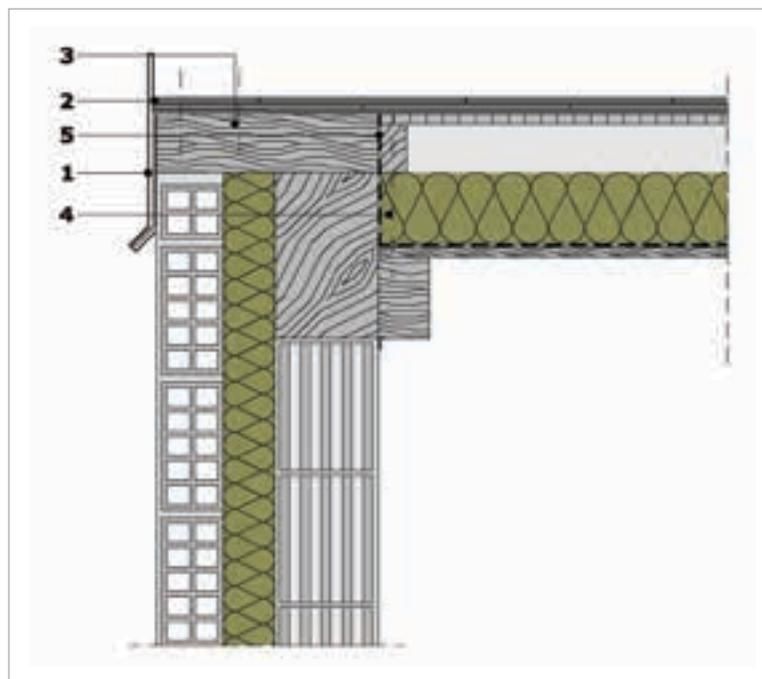
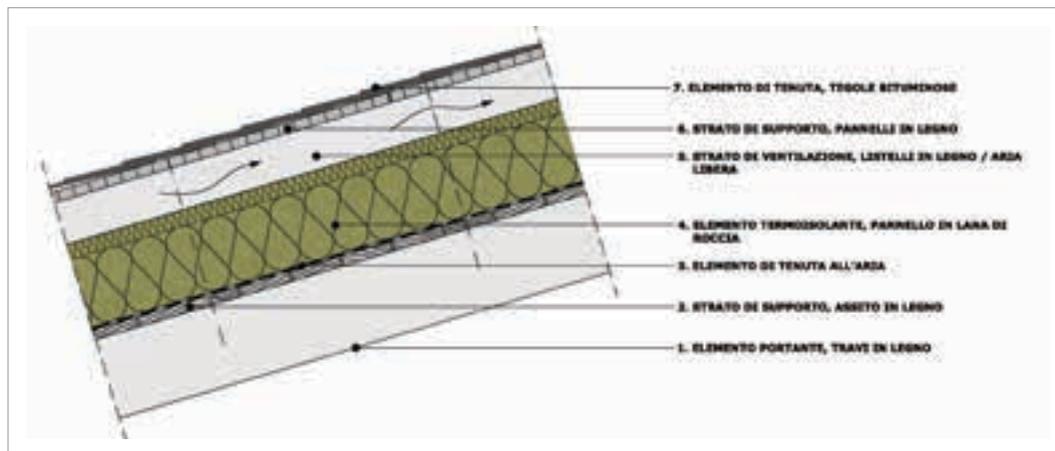


Figura 3.9

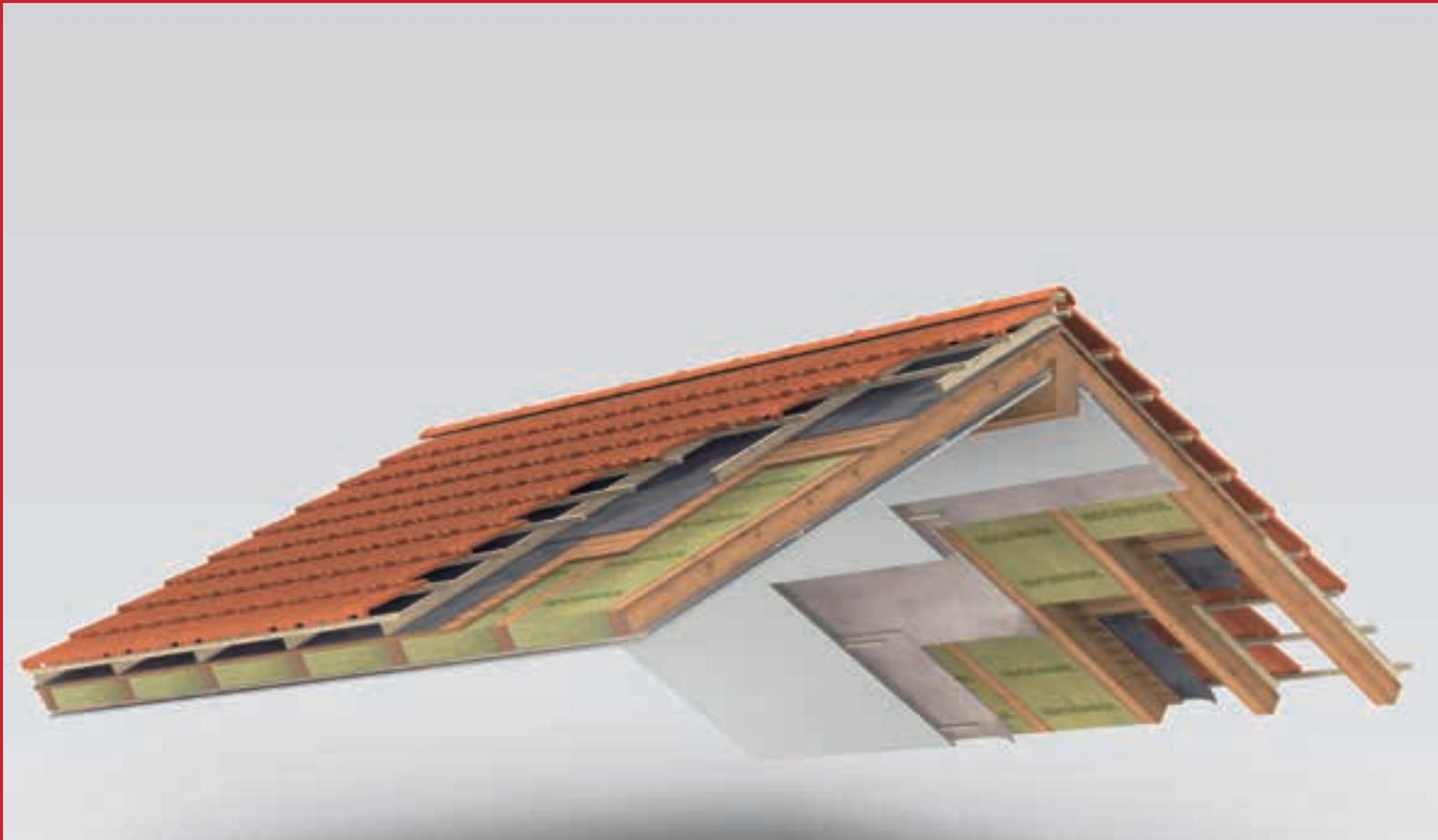
Schema grafico del nodo in corrispondenza della parete perimetrale (inferiore)

Si riportano di seguito alcune valutazioni analitiche volte ad indicare le prestazioni termiche del pacchetto di copertura, evidenziando il valore di trasmittanza termica U, al variare dello spessore e delle caratteristiche tecniche del pannello isolante utilizzato.



$\lambda_D$ [W/mK]	Spessore isolante [cm]	U [W/m <sup>2</sup> K]
0,037 <sup>(1)</sup>	13	0,261
0,037 <sup>(1)</sup>	14	0,244
0,037 <sup>(1)</sup>	18	0,193
0,037 <sup>(1)</sup>	20	0,175
0,037 <sup>(1)</sup>	26	0,136
0,037 <sup>(1)</sup>	30	0,119
0,036 <sup>(2)</sup>	12	0,274
0,036 <sup>(2)</sup>	14	0,238
0,036 <sup>(2)</sup>	18	0,188
0,036 <sup>(2)</sup>	20	0,170
0,036 <sup>(2)</sup>	26	0,133
0,036 <sup>(2)</sup>	30	0,116

Per ulteriori informazioni sulle caratteristiche tecniche dei prodotti consigliati (DUROCK ENERGY<sup>(1)</sup>, HARDROCK ENERGY<sup>(2)</sup>), si rimanda all'appendice tecnica di pagina 185.



## Copertura discontinua a falde, isolata in intradosso e ventilata

Elemento portante: travi in legno

Elemento di tenuta: tegole in laterizio

Elemento termoisolante: lana di roccia

La soluzione tecnica consiste in una copertura discontinua a falde inclinate con elemento portante in legno. È isolata termicamente all'intradosso del tavolato in legno mediante un pannello in lana di roccia posizionato tra gli elementi portanti della copertura.

I pannelli di lana di roccia sono nascosti da lastre di rivestimento (gesso rivestito, gessofibra o legno) fissate, tramite una listellatura secondaria, ai travetti principali della copertura.

I listelli di supporto delle tegole sono appoggiati sul listello di ventilazione.

La presenza di uno strato di controllo alla tenuta all'acqua, posto all'estradosso dell'assito in legno, garantisce in termini di infiltrazioni accidentali di acqua dovute a rotture di tegole o altro e permette di evidenziare, senza danni, il guasto.

La soluzione è identicamente valevole per tegole in laterizio, cemento o simili. La soluzione viene utilizzata soprattutto nel caso di edifici destinati a residenze, sia nel caso di nuova realizzazione sia nel caso di recupero di sottotetto.

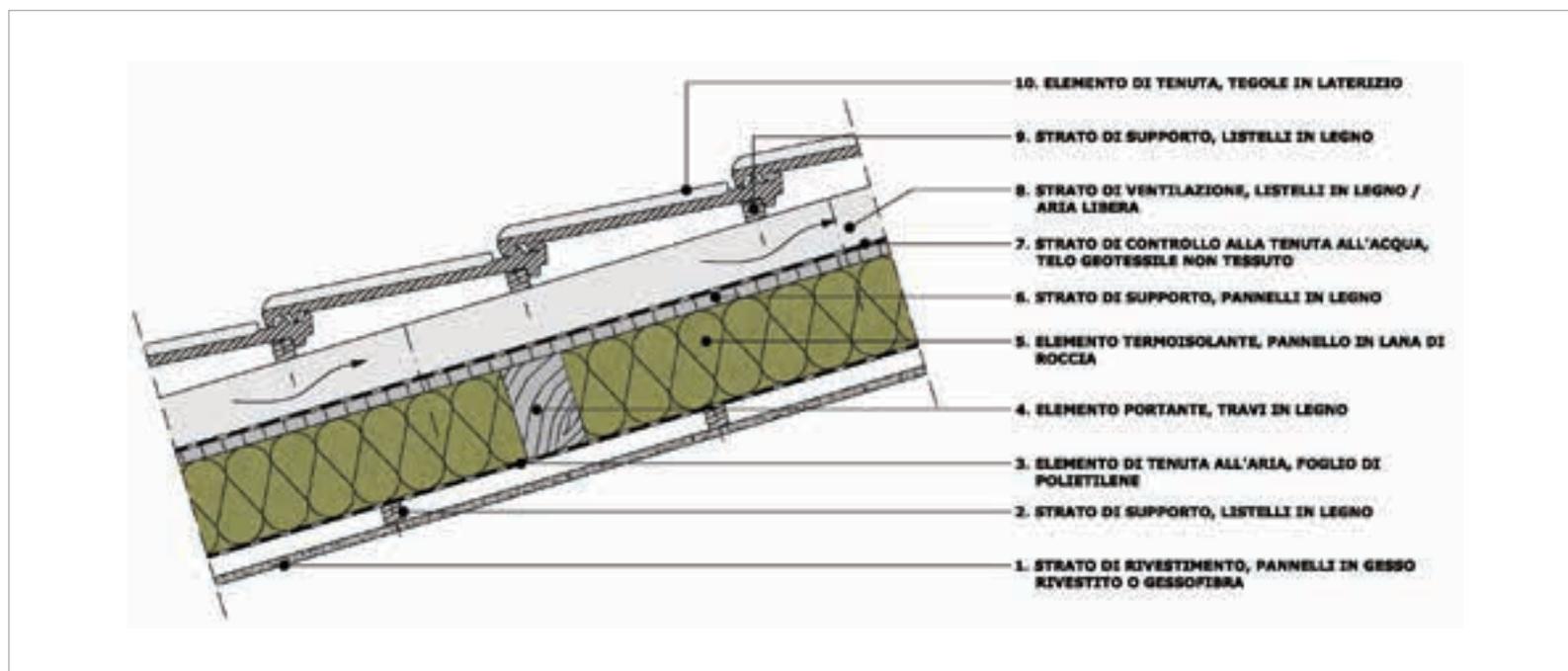


Figura 4.1

Elemento/strato	Caratteristiche principali	Riferimenti normativi
Strato di rivestimento, lastre in gesso rivestito o gessofibra	Planarità	
Elemento di supporto, listelli in legno	Resistenza meccanica	
Elemento di tenuta all'aria	Permeabilità all'aria	
Elemento portante, travi in legno	Resistenza meccanica, freccia massima	legislazione vigente
Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia	Conducibilità specifica Resistenza alla diffusione del vapore acqueo Classe di reazione al fuoco (euroclasse)	UNI 10351 UNI EN 12086 UNI EN 13501-1
Strato di supporto, assito in legno	Resistenza meccanica, freccia massima	
Strato di controllo alla tenuta all'acqua, telo geotessile non tessuto	Permeabilità al vapore Tenuta all'acqua	
Strato di ventilazione, listelli in legno/aria libera	Sezione geometrica Resistenza agli agenti biologici Resistenza all'acqua	UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2, UNI EN 460
Strato di supporto, listelli in legno	Resistenza agli agenti biologici Resistenza all'acqua	UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2, UNI EN 460
Elemento di tenuta, tegole in laterizio	Resistenza all'acqua Impermeabilità all'acqua Resistenza al gelo Carico di rottura a flessione Resistenza alla grandine Resistenza agli agenti chimici e biologici	UNI EN 539-1 UNI EN 539-2

### 1. Strato di rivestimento, lastre in gesso rivestito o gessofibra

Per lo strato, in caso di lastre in gesso rivestito, dovrà essere data una idonea indicazione secondo la normativa UNI 10718:1999.

Qualora le lastre di gesso fossero a contatto con un ambiente a possibile elevato contenuto di umidità è necessario richiedere uno specifico trattamento che ne limiti l'assorbimento idrico totale.

A seconda delle varie necessità, è possibile richiedere un assorbimento massimo del 5% (lastre tipo "H1"), 10% (lastre tipo "H2") e 25% (lastre tipo "H3"), determinato con il metodo descritto nella normativa sopra indicata.

### 2. Elemento di supporto, listelli in legno

Dovrà essere dimensionato valutando in maniera adeguata i carichi di progetto dovuti al peso dello strato di rivestimento.

### 3. Elemento di tenuta all'aria, foglio di polietilene

In genere, per garantire la tenuta all'aria, è sufficiente un foglio di spessore di pochi decimi di millimetro. È tuttavia importante, in fase di progetto, indicare che i fogli debbano essere collegati con nastro biadesivo.

È necessario valutare la resistenza al passaggio di vapore acqueo minima necessaria di questo strato in base ad una verifica termoigrometrica, secondo la UNI EN ISO 13788. Nel caso la verifica imponesse la presenza di barriera al vapore, il presente elemento di tenuta all'aria (foglio di polietilene) può assolvere a questa funzione.

### 4. Elemento portante, travi in legno

Dovrà essere dimensionato valutando in maniera adeguata i carichi di progetto, compresa la freccia massima, nel rispetto della legislazione vigente. Deve anche essere definita la resistenza agli agenti biologici ed all'acqua e, di conseguenza, stabilito il tipo di trattamento, secondo le normative UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460.

### 5. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia

La scelta del materiale deve essere basata sulla resistenza termica, che dovrà essere determinata attraverso apposito calcolo, e su considerazioni legate al fonisolamento ed al comportamento in caso di incendio.

### 6. Strato di supporto, pannello in legno

Dovrà essere dimensionato valutando in maniera adeguata i carichi di progetto, compresa la freccia massima. È importante anche indicare il tipo di pannello da impiegare, il trattamento di finitura, il tipo di incastro tra gli elementi.

### 7. Strato di controllo alla tenuta all'acqua, telo geotessile non tessuto

Il materiale deve garantire una tenuta all'acqua, anche se non assoluta, assicurando, tuttavia, una idonea permeabilità al vapore per determinare la qua-

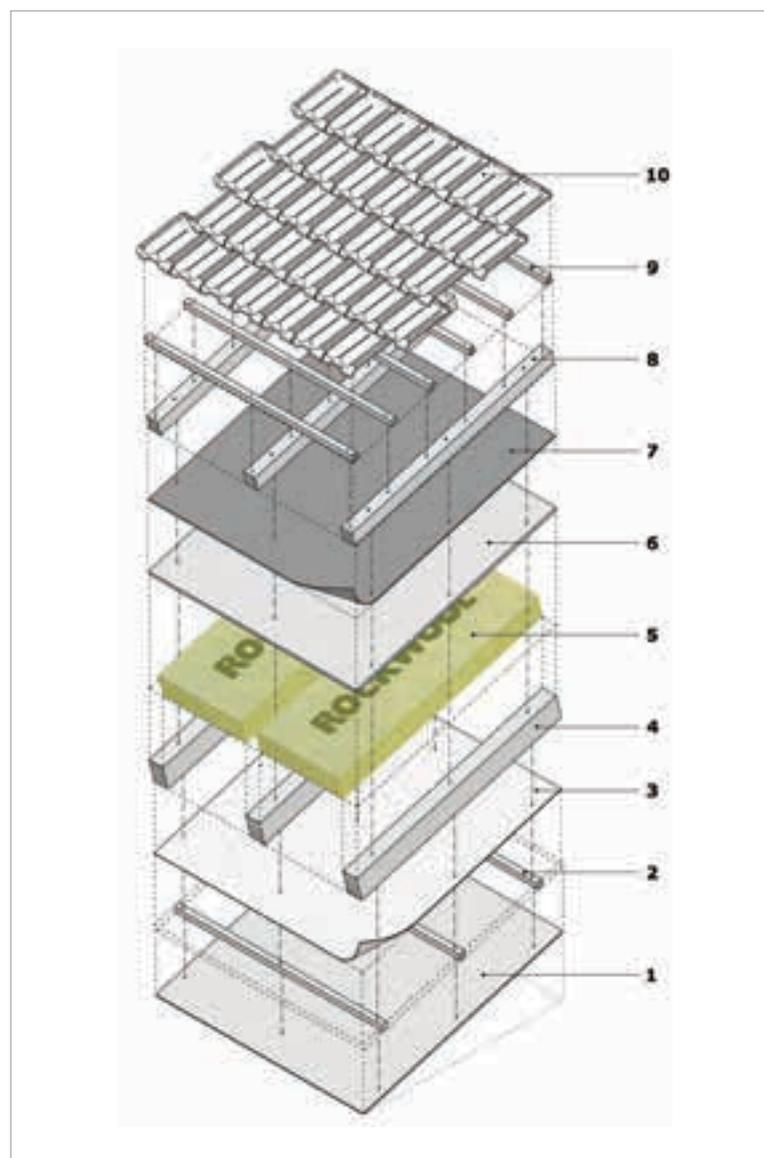


Figura 4.2  
Esploso assometrico

le deve essere effettuato il calcolo del rischio di condensazione, secondo la UNI EN ISO 13788.

### 8. Strato di ventilazione, listelli in legno/aria libera

Lo strato di ventilazione ha, in genere, uno spessore di circa 6+8 cm. È importante sottolineare che, con elevati valori di resistenza termica del sistema di copertura, la ventilazione perde sostanzialmente di efficacia ai fini della riduzione del flusso termico entrante nell'edificio in stagione estiva. È tuttavia importante garantire una idonea ventilazione alla zona "sottotegola" per evitare una elevata umidità relativa che potrebbe portare ad un degrado precoce dello strato di supporto in legno. I listelli devono essere idoneamente ancorati alla struttura principale.

Per i listelli deve essere definita la resistenza agli agenti biologici ed all'acqua e, di conseguenza, stabilito il tipo di trattamento, secondo le normative UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460.

I listelli devono essere idoneamente ancorati alla struttura principale (punto 1: elemento portante, travi in legno). È consigliabile effettuare una compartimentazione al fuoco dello strato inserendo, con un passo consigliato di circa 5 m, fasce di materiale in Euroclasse A1, come, ad esempio, lana di roccia, per evitare il diffondersi di un eventuale incendio. Le fasce devono saturare completamente l'interspazio presente.

### 9. Strato di supporto, listelli in legno

Deve essere definita la resistenza agli agenti biologici ed all'acqua e, di conseguenza, stabilito il tipo di trattamento, secondo le normative UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460. La distanza fra i listelli dipende dalla conformazione geometrica dell'elemento di tenuta. Il fissaggio dei listelli alla struttura portante deve essere effettuato in base al carico di vento, ai pesi permanenti e variabili ed alla tipologia di materiale utilizzato per i listelli e per il fissaggio, secondo quanto indicato nella parte teorica introduttiva del presente manuale.

### 10. Elemento di tenuta, tegole in laterizio

L'elemento di tenuta deve essere progettato in termini di resistenza all'acqua, di impermeabilità all'acqua, di resistenza al gelo, di resistenza agli agenti chimici e biologici, di carico di rottura a flessione e di resistenza alla grandine secondo quanto indicato nelle UNI 9308 e UNI 9460. Tutte queste caratteristiche, con i riferimenti normativi indicati, devono essere specificate dal progettista nei documenti di progetto. La lunghezza di sovrapposizione delle tegole è definita dalla UNI 9460 in base alla loro tipologia, alla pendenza ed alla zona

## Note aggiuntive

### ■ Pendenza della copertura

Si determina in base a quanto indicato nella normativa UNI 9460 in base alla zona climatica ed alla tipologia delle tegole. In alcuni casi può essere necessario un fissaggio meccanico delle tegole al supporto.

### ■ Potere fonoisolante

Il potere fonoisolante della copertura deve rispettare i valori minimi previsti dalla legislazione vigente. Per questa specifica soluzione tecnica esso è dato dal comportamento "di sistema" del pacchetto. Ogni singolo elemento, quindi, contribuisce al risultato finale. In particolare, tuttavia, assumono molta importanza la tipologia dello strato di rivestimento, dello strato di supporto (assito in legno), dell'elemento termoisolante (massa e porosità aperte) e la tenuta all'aria complessiva. Per il progettista è quindi importante avere a disposizione il dato complessivo sul "pacchetto", certificato dal produttore.

### ■ Comportamento al fuoco

È consigliabile considerare il ruolo del materiale isolante anche nella prevenzione dei rischi di incendio (cfr. capitolo 8) come protezione passiva dei diversi elementi della copertura ventilata.

**1. Strato di rivestimento, lastre in gesso rivestito o gessofibra**

Le lastre devono essere posizionate avendo cura della planarità (adeguando, se necessario, quella imposta dai travetti), della contiguità delle stesse e dei dettagli in corrispondenza delle zone perimetrali.

**2. Elemento di supporto, listelli in legno**

I listelli devono essere posti in opera secondo uno schema regolare, paralleli tra loro ed a distanza determinata in relazione alla dimensione dei pannelli costituenti lo strato di rivestimento.

I listelli devono essere adeguatamente ancorati, mediante fissaggio meccanico, alle travi portanti principali.

**3. Elemento di tenuta all'aria, foglio in polietilene**

Ci si deve accertare che i fogli siano perfettamente collegati e che gli stessi garantiscano la continuità della tenuta anche in corrispondenza di tutti i nodi presenti (lucernari, colmo, ecc.).

**4. Elemento portante, travi in legno**

È necessario, in relazione al fatto che la struttura fa da supporto alle lastre in gesso rivestito, effettuare la posa con la massima attenzione, al fine di evitare difetti di planarità.

**5. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia**

Si deve evitare di posare pannelli mancanti di parti, con presenza di acqua o, in genere, deteriorati. L'accostamento ai travetti deve essere perfetto al fine di evitare ponti termici.

**6. Strato di supporto, pannelli in legno**

È necessario effettuare la posa con molta attenzione, al fine di evitare danneggiamenti. La posa, soprattutto nel caso di elementi non maschiati, deve avvenire in modo molto accurato, ad evitare la presenza di fughe.

**7. Strato di controllo alla tenuta all'acqua, telo geotessile non tessuto**

La sovrapposizione dei teli deve essere di almeno 20 cm. I teli devono risvoltare in corrispondenza del colmo e, in genere, di elementi di interruzione quali lucernari o simili e devono permettere lo scarico dell'acqua nel canale di gronda.

**8. Strato di ventilazione, listelli in legno/ aria libera**

I listelli devono essere posati perpendicolarmente alla linea di gronda, paralleli fra di loro in corrispondenza delle travi strutturali sottostanti, alle quali devono essere ancorati mediante fissaggio meccanico.

**9. Strato di supporto, listelli in legno**

I listelli devono essere posati parallelamente alla linea di gronda, paralleli fra di loro e perfettamente distanziati ad evitare criticità in fase di posa delle tegole. Il primo listello della fila deve avere un'altezza maggiore rispetto agli altri di un valore pari a quello di una tegola per consentire alla prima fila di queste ultime di avere la stessa pendenza delle altre; l'interasse dei primi due listelli deve essere inferiore a quelli successivi per permettere una adeguata sporgenza della prima fila di tegole sopra il canale di gronda, se presente.

**10. Elemento di tenuta, tegole in laterizio**

La posa delle tegole deve avvenire avendo cura di assicurare la sovrapposizione voluta in fase di progetto. Non devono essere posate tegole mancanti di parti o con presenza di difetti visibili.

Il colmo della presente soluzione tecnica è di tipo ventilato, coerentemente con la tipologia di copertura.

Le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Elemento di aerazione

L'elemento di aerazione viene posato con un sistema di fissaggio ad un supporto in legno vincolato alla struttura principale.

### 2. Sezione di aerazione

La sezione di aerazione, in corrispondenza del colmo, non può essere sensibilmente inferiore rispetto a quella della parte corrente, al fine di evitare la diminuzione dell'efficienza.

### 3. Protezione della bocca di aerazione

In corrispondenza della bocca di aerazione deve essere posato un elemento che protegga rispetto all'accesso di volatili e insetti e che eviti l'ingresso di acqua nella zona sottotegola. L'elemento deve, tuttavia, garantire una idonea ventilazione.

### 4. Strato di controllo della tenuta all'acqua

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza del colmo, mediante un adeguato risvolto dei teli.

### 5. Elemento termoisolante

In corrispondenza del colmo i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici.

### 6. Strato di tenuta all'aria

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza del colmo, mediante un adeguato risvolto dei teli.

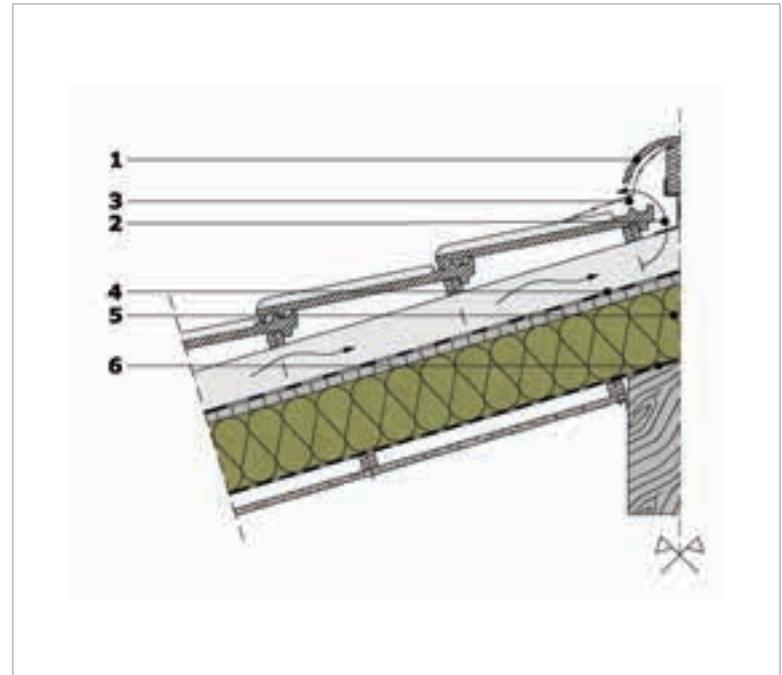


Figura 4.3

Schema grafico del nodo in corrispondenza del colmo

Le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Lucernario

Il sistema di collegamento fra struttura e lucernario dovrà essere predefinito prima della fase di posa in opera al fine di evitare aggiustamenti in cantiere che possono dare luogo a difetti con conseguenti guasti.

### 2. Scossalina

La scossalina dovrà avere una geometria tale da potere evitare infiltrazioni di acqua. Essa viene posta sotto tegola a monte del lucernario e sopra tegola a valle del lucernario. In corrispondenza dei lati del lucernario si ha la sovrapposizione "soprategola-sottotegola" della scossalina. È quindi consigliabile utilizzare per la scossalina un materiale duttile per consentire un facile adeguamento in opera alla reale conformazione geometrica.

### 3. Sguincio del lucernario

In corrispondenza del bordo di monte del lucernario, è consigliabile una conformazione geometrica a sguincio per permettere una maggiore illuminazione in occasione delle ore del giorno dove il sole è più basso.

### 4. Risvolto verticale dello strato di controllo alla tenuta all'acqua

Lo strato di controllo alla tenuta all'acqua deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere almeno la scossalina del lucernario, per evitare infiltrazioni di acqua verso l'interno, in occasione di eventuali rotture di elementi del manto di tenuta, e permettere il deflusso verso il basso.

### 5. Risvolto verticale dell'elemento di tenuta all'aria

L'elemento di tenuta all'aria deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la scossalina del lucernario per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con pericolo di condensazione.

### 6. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino al telaio del lucernario, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

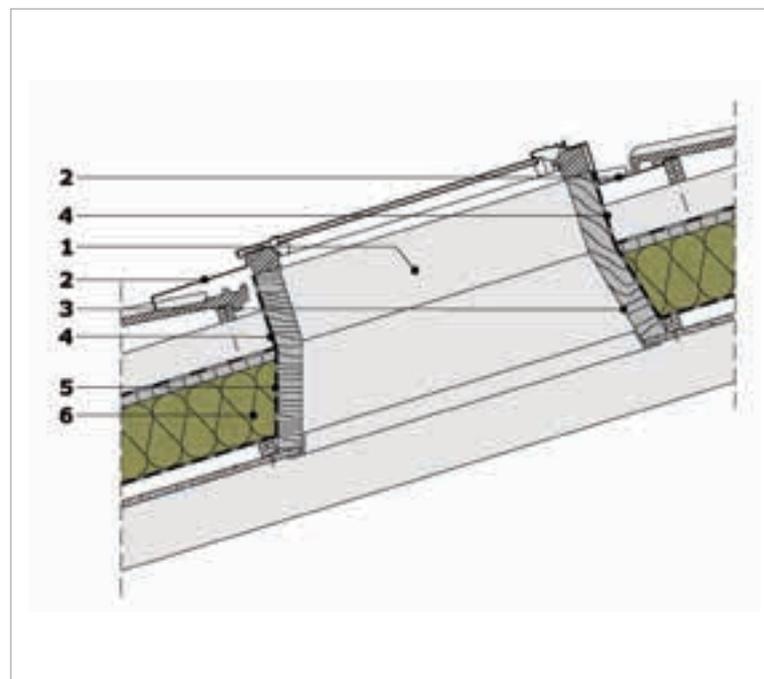


Figura 4.4

Schema grafico del nodo in corrispondenza del lucernario

In corrispondenza di terminali impiantistici le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Fascia di collegamento

La fascia di collegamento dovrà essere posizionata ad una quota, rispetto alla falda, di almeno 15 cm, per evitare possibili infiltrazioni. La fascia dovrà essere sigillata, possibilmente in zona protetta dall'azione dei raggi solari.

### 2. Scossalina

La scossalina dovrà avere una geometria tale da poter evitare infiltrazioni di acqua. Essa viene posta sottotegola a monte del terminale impiantistico e soprattegola a valle. In corrispondenza dei lati si ha la sovrapposizione "soprattegola-sottotegola" della scossalina. È quindi consigliabile utilizzare per la scossalina un materiale duttile, per consentire un facile adeguamento in opera alla reale conformazione geometrica.

### 3. Supporto dell'elemento di tenuta

L'ultimo supporto dell'elemento di tenuta prima della canalizzazione deve essere conformato in maniera tale da non produrre variazioni di pendenza della falda.

### 4. Risvolto verticale dello strato di controllo alla tenuta all'acqua

Lo strato di controllo alla tenuta all'acqua deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere almeno la scossalina per evitare infiltrazioni di acqua verso l'interno, in occasione di eventuali rotture di elementi del manto di tenuta, e permettere il deflusso verso il basso.

### 5. Scossalina inferiore

È consigliabile che la scossalina venga conformata in maniera tale da evitare concavità che porterebbero ad avere ristagni di acqua o neve.

### 6. Risvolto verticale dell'elemento di tenuta all'aria

L'elemento di tenuta all'aria deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere lo strato di controllo della tenuta all'acqua per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con pericolo di condensazione.

### 7. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino alla canalizzazione, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 8. Sigillatura

In corrispondenza del giunto fra canalizzazione e parte corrente della copertura si dovrà posizionare un sigillante per evitare infiltrazioni di aria.

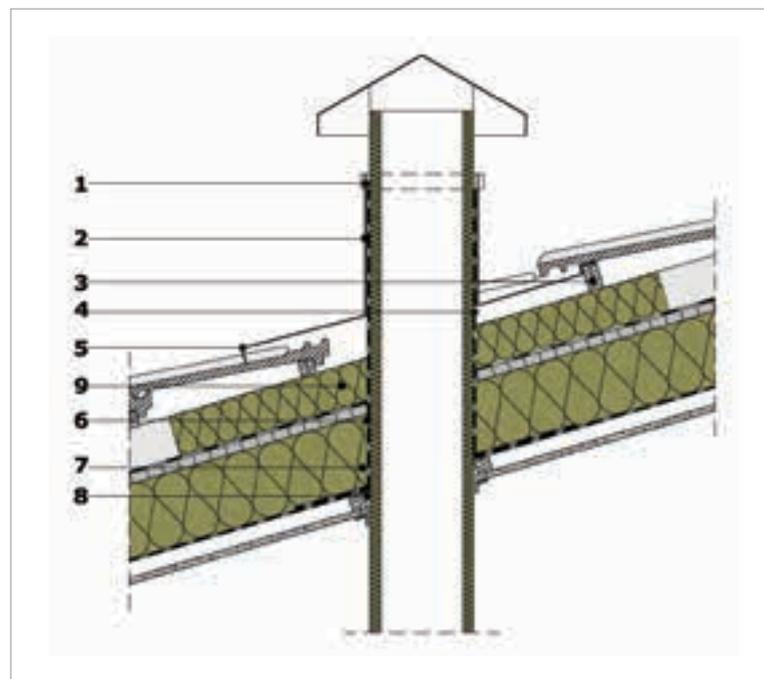


Figura 4.5

Schema grafico del nodo in corrispondenza di terminali impiantistici

### 9. Elemento resistente al fuoco

Nel caso in cui la canalizzazione sia un camino di emissione fumi di una caldaia o simile, si dovrà avere una corona circostante, con una larghezza di circa 50 cm, a completa chiusura dello strato di ventilazione, realizzata con materiale resistente al fuoco, ad esempio lana di roccia, per evitare che, in caso di incendio, si abbia propagazione delle fiamme.

In corrispondenza del canale di gronda le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Posizione elementi di tenuta

La prima fascia degli elementi di tenuta deve sporgere rispetto al filo interno del canale di gronda di circa  $\frac{1}{3}$  della larghezza stessa del canale per permettere una idonea caduta dell'acqua al suo interno.

### 2. Proseguimento dello strato di controllo alla tenuta all'acqua

Lo strato di controllo alla tenuta all'acqua deve proseguire fino a raggiungere il canale di gronda per evitare infiltrazioni di acqua verso gli strati lignei sottostanti, in occasione di eventuali rotture di elementi del manto di tenuta.

### 3. Protezione della bocca di aerazione

In corrispondenza della bocca di aerazione deve essere posato un elemento che protegga rispetto all'accesso di volatili e insetti. L'elemento deve, tuttavia, garantire una idonea ventilazione.

### 4. Cicogna

L'elemento di ancoraggio del canale di gronda è presente quando la larghezza del canale di gronda è notevole oppure quando si hanno intense azioni di neve e vento. L'elemento viene fissato al tavolato in legno.

### 5. Canale di gronda

La sezione del canale di gronda deve essere dimensionata secondo la normativa UNI EN 12056-3. La larghezza deve essere tuttavia tale da potere garantire una idonea manutenzione.

### 6. Listello di base

In corrispondenza del bordo della gronda è presente un listello con funzione di supporto della prima fascia di tegole. Il primo listello della fila deve avere un'altezza maggiore rispetto agli altri di un valore pari a quello di una tegola per consentire alla prima fila di queste ultime di avere la stessa pendenza delle altre.

### 7. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino a quello posizionato in copertura, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 8. Risvolto verticale dell'elemento di tenuta all'aria

L'elemento di tenuta all'aria deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la muratura perimetrale per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con pericolo di condensazione.

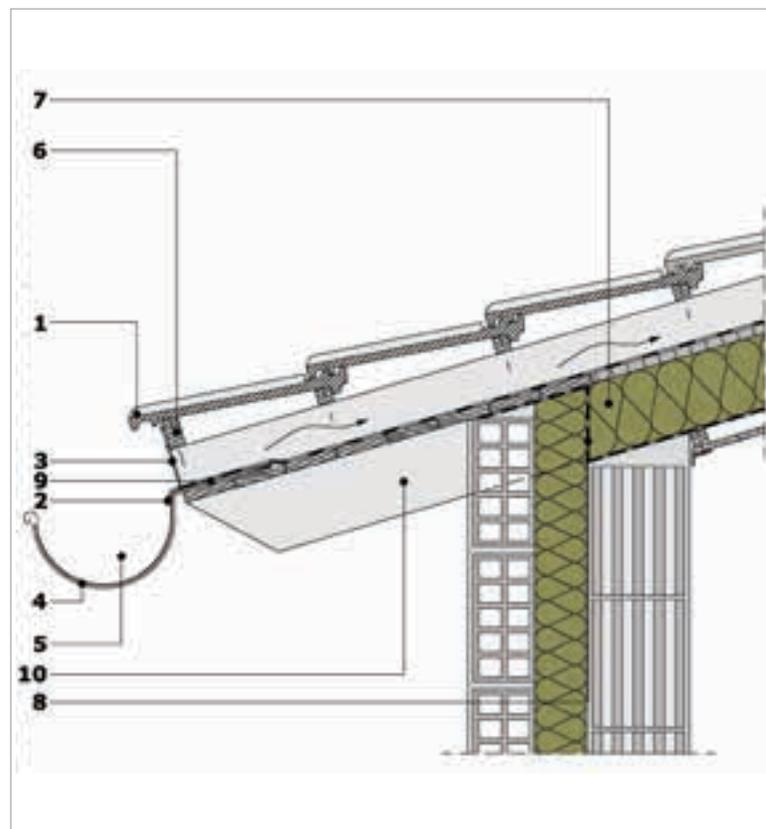


Figura 4.6

Schema grafico del nodo in corrispondenza del canale di gronda

### 9. Risvolto del canale di gronda

L'aletta del canale di gronda deve risvoltare al di sotto del manto di tenuta al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

### 10. Spessore della gronda

È consigliabile posizionare i travetti di sostegno della gronda ad una quota superiore rispetto a quelli principali della copertura per ridurre lo spessore totale della gronda, così da assicurare un minore impatto visivo.

In corrispondenza del parapetto le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Posizione elementi di tenuta

La prima fascia degli elementi di tenuta deve sporgere rispetto al filo interno del canale di gronda di circa  $\frac{1}{3}$  della larghezza stessa del canale per permettere una idonea caduta dell'acqua al suo interno.

### 2. Proseguimento dello strato di controllo alla tenuta all'acqua

Lo strato di controllo alla tenuta all'acqua deve proseguire fino a raggiungere il canale di gronda per evitare infiltrazioni di acqua verso gli strati lignei sottostanti, in occasione di eventuali rotture di elementi del manto di tenuta.

### 3. Protezione della bocca di aerazione

In corrispondenza della bocca di aerazione deve essere posato un elemento che protegga rispetto all'accesso di volatili e insetti. L'elemento deve, tuttavia, garantire una idonea ventilazione.

### 4. Canale di gronda

La sezione del canale di gronda deve essere dimensionata secondo la normativa UNI EN 12056-3. La larghezza deve essere, tuttavia, tale da potere garantire una idonea manutenzione.

### 5. Listello di base

In corrispondenza del bordo della gronda è presente un listello con funzione di supporto della prima fascia di tegole. Il primo listello della fila deve avere un'altezza maggiore rispetto agli altri di un valore pari a quello di una tegola per consentire alla prima fila di queste ultime di avere la stessa pendenza delle altre.

### 6. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino a quello posizionato in copertura, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 7. Risolto verticale dell'elemento di tenuta all'aria

L'elemento di tenuta all'aria deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la muratura perimetrale per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con pericolo di condensazione.

### 8. Risolto verticale del canale di gronda

In corrispondenza del parapetto, il canale di gronda deve avere un risvolto in quanto, in occasione di nevicate, si potrebbe avere un accumulo di neve che bagnerebbe la muratura, degradandola.

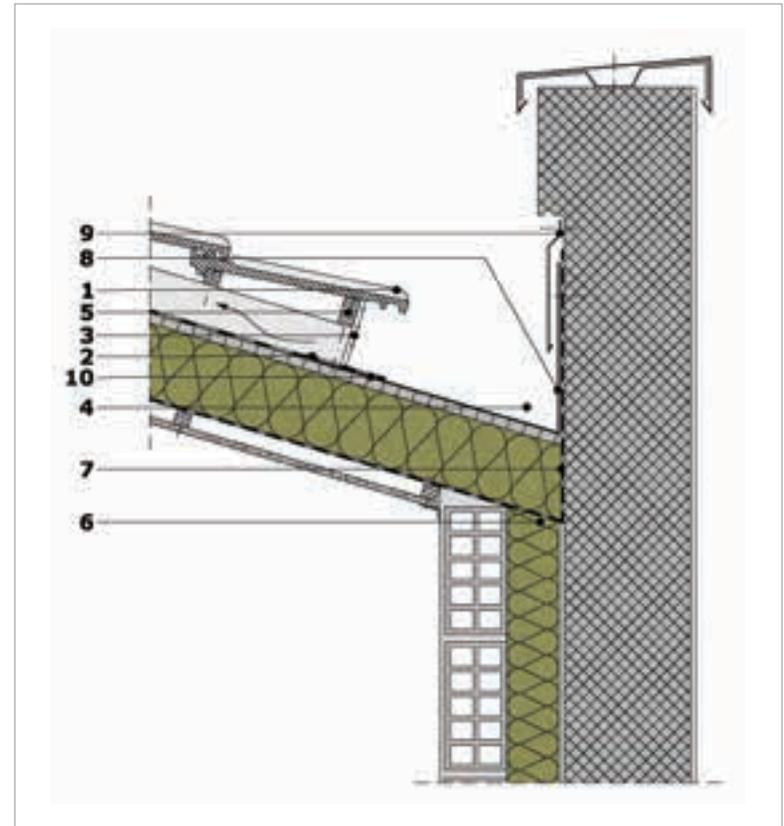


Figura 4.7

Schema grafico del nodo in corrispondenza del parapetto

### 9. Scossalina

In corrispondenza del parapetto, il risvolto verticale del canale di gronda deve essere protetto mediante una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. È sconsigliata la sola adozione di sigillanti.

### 10. Risolto del canale di gronda

L'aletta del canale di gronda deve risvoltare al di sotto del manto di tenuta al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

Coerentemente con la tipologia di copertura, le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Sezione di aerazione

La sezione di aerazione in corrispondenza del colmo non può essere sensibilmente inferiore rispetto a quella della parte corrente, ad evitare diminuzione dell'efficienza.

### 2. Protezione della bocca di aerazione

In corrispondenza della bocca di aerazione deve essere posato un elemento che protegga rispetto all'accesso di volatili e insetti e che eviti l'ingresso di acqua nella zona sottotegola. L'elemento deve, tuttavia, garantire una idonea ventilazione.

### 3. Scossalina di protezione

In corrispondenza del colmo, dovrà essere posizionata una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. Essa dovrà risvoltare orizzontalmente in maniera tale che l'acqua portata dal vento non possa infiltrarsi all'interno della copertura.

La lunghezza di sovrapposizione dipende dalla ventosità, dalla pendenza della falda e dalla piovosità del sito.

### 4. Scossalina di protezione

In corrispondenza della parete perimetrale, il risvolto verticale della scossalina deve essere protetto, possibilmente, mediante un risalto della muratura per evitare infiltrazioni di acqua. È sconsigliata la sola adozione di sigillanti.

### 5. Strato di controllo della tenuta all'acqua

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della parete perimetrale, mediante un adeguato risvolto dei teli.

### 6. Elemento termoisolante

In corrispondenza della parete perimetrale i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune, che indurrebbero ponti termici, e devono poter giungere direttamente fino a quelli posizionati in parete, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 7. Strato di tenuta all'aria

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della parete perimetrale, mediante un adeguato risvolto verticale dei teli. È consigliato un collegamento mediante adesivo alla parete perimetrale.

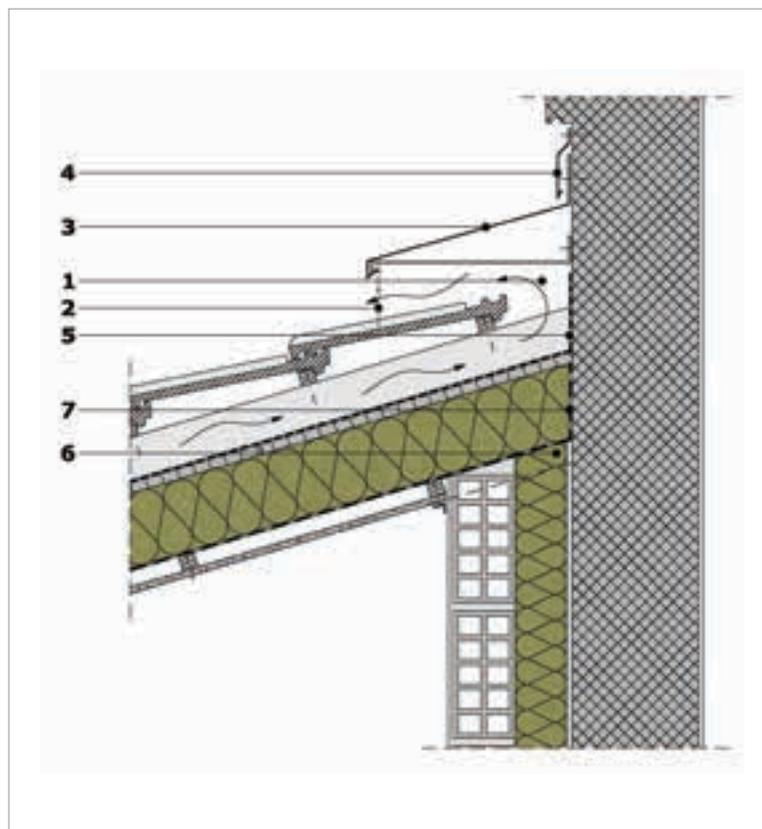


Figura 4.8

Schema grafico del nodo in corrispondenza della parete perimetrale (superiore)

Coerentemente con la tipologia di copertura, le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Scossalina

In corrispondenza del bordo laterale, dovrà essere posizionata una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. Essa dovrà risvoltare verticalmente in maniera tale da evitare percolamenti di acqua sulla facciata.

### 2. Aletta della scossalina

È presente un'aletta verticale, sporgente di alcuni centimetri sopra il piano della copertura, che svolge la funzione di contenimento dell'acqua piovana; la scossalina deve poter accogliere la poca acqua proveniente dalla fascia perimetrale della copertura.

### 3. Risvolto verticale della scossalina

La scossalina deve risvoltare al di sotto del manto di tenuta al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

### 4. Strato di controllo della tenuta all'acqua

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza del canale di bordo, mediante un adeguato risvolto orizzontale dei teli.

### 5. Elemento di supporto della scossalina

L'elemento svolge sia la funzione di supporto, sia di chiusura orizzontale del pacchetto di muratura.

### 6. Elemento termoisolante

In corrispondenza nodo orizzontale/verticale i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici. È necessario che gli ultimi elementi del paramento interno vengano realizzati con materiale a bassa conducibilità termica, per evitare il ponte termico. È possibile anche la loro sostituzione direttamente con materiale specificamente termoisolante, qualora non vi siano problematiche statiche di tale parete.

### 7. Strato di tenuta all'aria

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della parete perimetrale, mediante un adeguato risvolto verticale dei teli. È consigliato un collegamento mediante adesivo al listello di bordo.

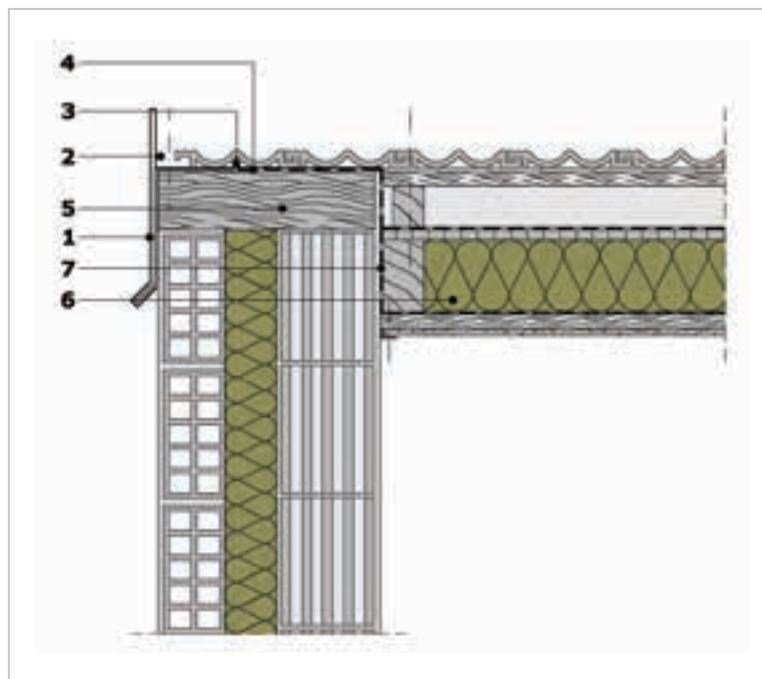
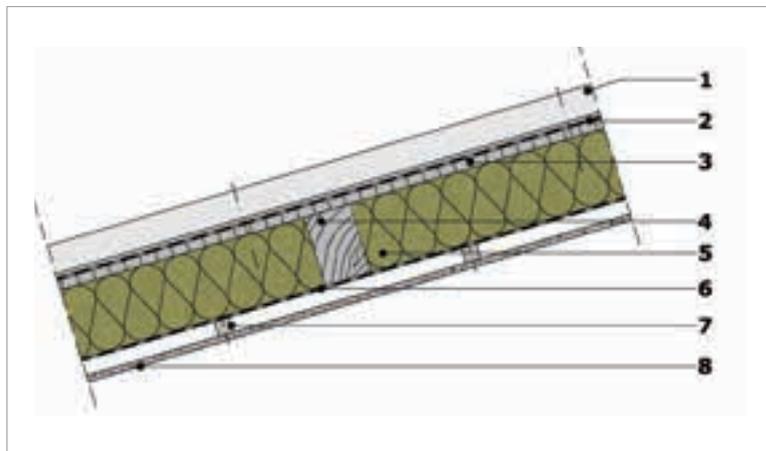


Figura 4.9

Schema grafico del nodo in corrispondenza della parete perimetrale (inferiore)

Si riportano di seguito alcune valutazioni analitiche volte ad indicare le prestazioni termiche del pacchetto di copertura, evidenziando il valore di trasmittanza termica U, al variare dello spessore e delle caratteristiche tecniche del pannello isolante utilizzato.



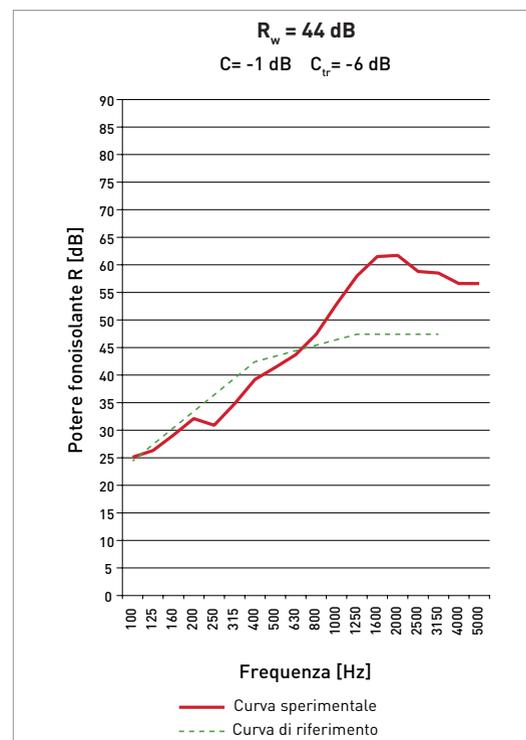
### SOLUZIONE TESTATA ACUSTICAMENTE

1. Lastra ondulata\* in fibrocemento, spessore 6,5 mm
2. Schermo impermeabile traspirante: strato di tessuto non tessuto in polipropilene
3. Assito in legno: perlina in legno di abete, sezione 130 x 23 mm
4. Travetto in legno lamellare di abete, sezione 80 x 120 mm
5. Strato di materiale isolante: pannello ROCKWOOL 220 in lana di roccia, spessore nominale 120 mm e densità 50 Kg/m<sup>3</sup>
6. Barriera al vapore: pellicola multistrato in poliestere con rivestimento in alluminio e pellicola in polietilene, rete di rinforzo, massa superficiale 180 g/m<sup>2</sup>
7. Listello di fissaggio in legno di abete, sezione 60 x 30 mm
8. Rivestimento in lastre di gessofibra, spessore 12,5 mm, avvitate ai travetti in legno e quindi stuccate sui giunti con stucco per giunti a base di gesso.

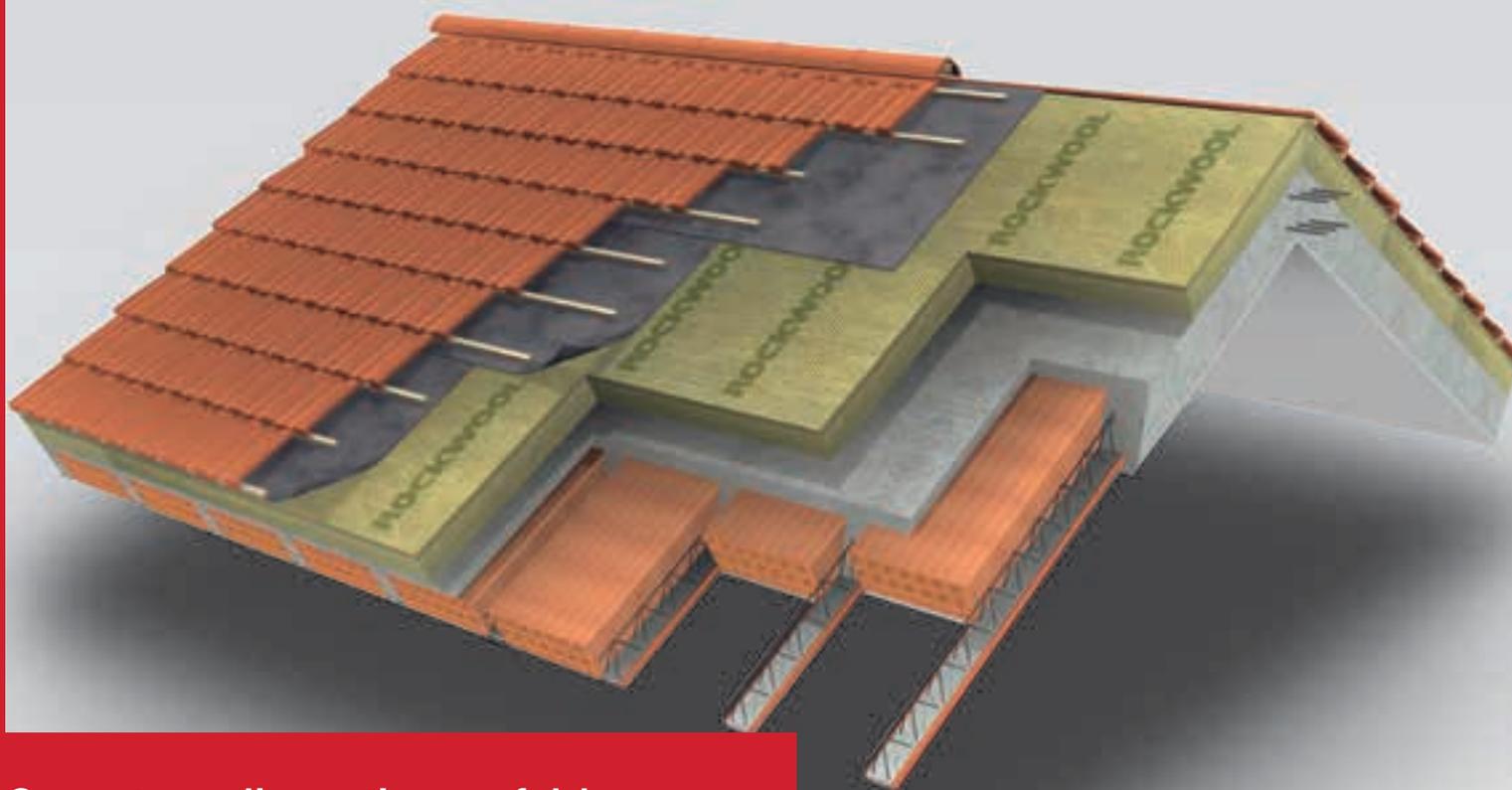
Prova acustica effettuata presso Modulo Uno S.p.A. di Torino

$\lambda_0$ [W/mK]	Spessore isolante [cm]	U [W/m <sup>2</sup> K]
0,035	12	0,262
0,035	18	0,181
0,035	24	0,138
0,035	28	0,119

Per ulteriori informazioni sulle caratteristiche tecniche dei prodotti consigliati (ROCKWOOL 220), si rimanda all'appendice tecnica di pagina 185.



\*La lastra ondulata in fibrocemento è stata impiegata nella prova di laboratorio con lo scopo di simulare l'elemento di tenuta in laterizio.



## Copertura discontinua a falde, isolata in estradosso e non ventilata

Elemento portante: solaio in laterocemento

Elemento di tenuta: tegole in laterizio

Elemento termoisolante: lana di roccia

La soluzione tecnica consiste in una copertura discontinua a falde inclinate con elemento portante in laterocemento. È isolata termicamente mediante un pannello in lana di roccia posizionato sopra il solaio.

I listelli sono quindi appoggiati direttamente sull'elemento termoisolante e devono essere ancorati al solaio al fine di evitare la loro delocalizzazione.

La presenza di uno strato di controllo alla tenuta all'acqua, posto all'estradosso dell'elemento termoisolante, garantisce in caso di infiltrazioni accidentali di acqua dovute a rotture di tegole o altro e permette di evidenziare, senza danni, il guasto.

La soluzione è identicamente valevole per tegole in laterizio, cemento o simili. La soluzione viene utilizzata soprattutto nel caso di edifici destinati a residenze, sia nel caso di nuova realizzazione, sia nel caso di recupero di sottotetto.

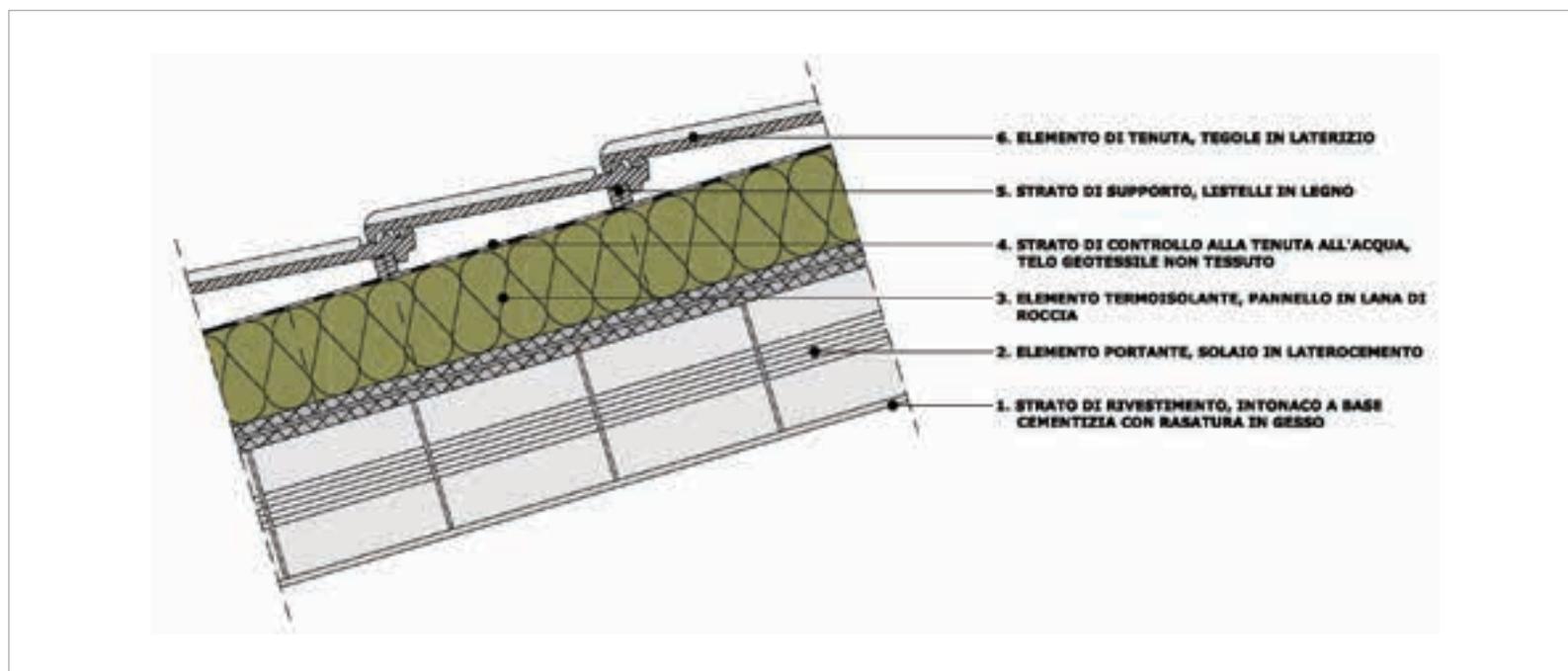


Figura 5.1

Elemento/strato	Caratteristiche principali	Riferimenti normativi
Strato di rivestimento, intonaco a base cementizia con rasatura a gesso	Planarità, adesione al supporto Assenza di difetti visibili	
Elemento portante, solaio in laterocemento	Resistenza meccanica Freccia massima	legislazione vigente
Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia	Deformazione sotto carico Conducibilità specifica Resistenza alla diffusione del vapore acqueo Carico puntuale Classe di reazione al fuoco (euroclasse)	UNI EN 826 UNI 10351 UNI EN 12086 UNI EN 12430 UNI EN 13501-1
Strato di controllo alla tenuta all'acqua, telo geotessile non tessuto	Permeabilità al vapore Tenuta all'acqua	
Strato di supporto, listelli in legno	Resistenza agli agenti biologici Resistenza all'acqua	UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2, UNI EN 460
Elemento di tenuta, tegole in laterizio	Resistenza all'acqua Impermeabilità all'acqua Resistenza al gelo Carico di rottura a flessione Resistenza alla grandine Resistenza agli agenti chimici e biologici	UNI EN 539-1 UNI EN 539-2

### 1. Strato di rivestimento, intonaco a base cementizia con rasatura a gesso

### 2. Elemento portante, solaio in laterocemento

Dovrà essere dimensionato valutando in maniera adeguata i carichi di progetto, compresa la freccia massima, nel rispetto della legislazione vigente.

### 3. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia

La scelta del materiale deve essere basata sulla resistenza termica, sulla resistenza a compressione (tenendo in considerazione sia i carichi permanenti che quelli variabili sia la loro distribuzione sulla superficie). La resistenza termica dovrà essere determinata attraverso apposito calcolo. In relazione al fatto che, per questa specifica soluzione, l'elemento termoisolante svolge anche funzioni di tipo meccanico (supporto della listellatura delle tegole) è necessario verificare la sua deformabilità sotto il carico lineare dovuto al listello (cfr. capitolo 9).

### 4. Strato di controllo alla tenuta all'acqua, telo geotessile non tessuto

Il materiale deve garantire una tenuta all'acqua, anche se non assoluta, assicurando, tuttavia, una idonea permeabilità al vapore per determinare la quale deve essere effettuato il calcolo del rischio di condensazione, secondo la UNI EN ISO 13788.

### 5. Strato di supporto, listelli in legno

Deve essere definita la resistenza agli agenti biologici ed all'acqua e, di conseguenza, stabilito il tipo di trattamento, secondo le normative UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460. La distanza fra i listelli dipende dalla conformazione geometrica dell'elemento di tenuta. Il fissaggio dei listelli alla struttura portante deve essere effettuato in base al carico di vento, ai pesi permanenti e variabili ed alla tipologia di materiale utilizzato per i listelli e per il fissaggio, secondo quanto indicato nella parte teorica introduttiva del presente manuale.

### 6. Elemento di tenuta, tegole in laterizio

L'elemento di tenuta deve essere progettato in termini di resistenza all'acqua, di impermeabilità all'acqua, di resistenza al gelo, di resistenza agli agenti chimici e biologici, di carico di rottura a flessione e di resistenza alla grandine secondo quanto indicato nelle UNI 9308 e UNI 9460. Tutte queste caratteristiche, con i riferimenti normativi indicati, devono essere indicate dal progettista nei documenti di progetto. La lunghezza di sovrapposizione delle tegole è definita dalla UNI 9460 in base alla loro tipologia, alla pendenza ed alla zona climatica.

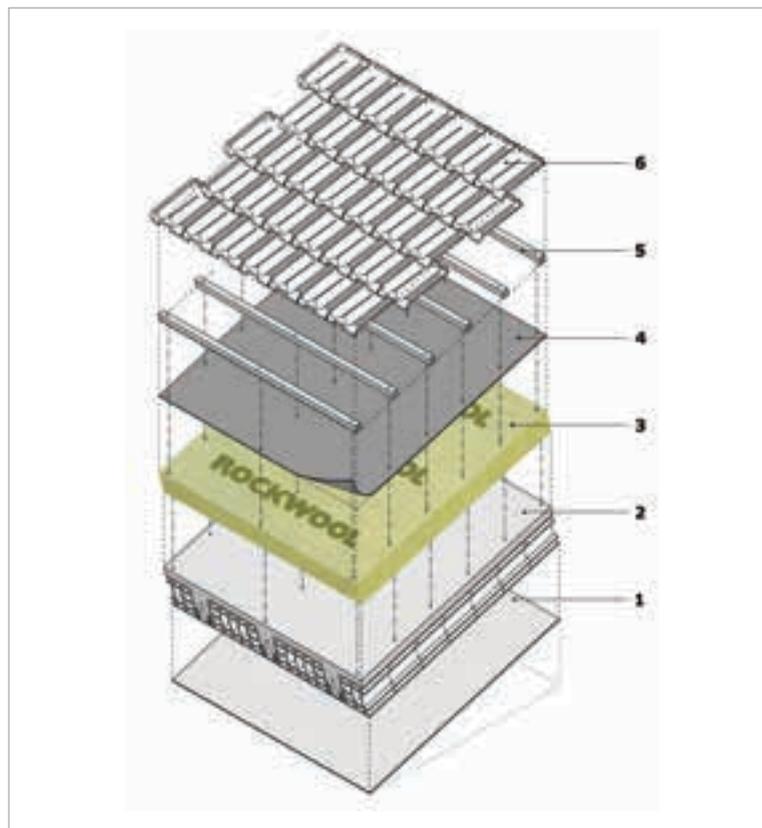


Figura 5.2  
Esplosivo assometrico

## Note aggiuntive

### ■ Pendenza della copertura

Si determina in base a quanto indicato nella normativa UNI 9460 in base alla zona climatica ed alla tipologia delle tegole. In alcuni casi può essere necessario un fissaggio meccanico delle tegole al supporto.

### ■ Potere fonoisolante

Il potere fonoisolante della copertura deve rispettare i valori minimi previsti dalla legislazione vigente. Per questa specifica soluzione tecnica esso è dato dal comportamento "di sistema" del pacchetto. Ogni singolo elemento quindi contribuisce al risultato finale. In particolare, tuttavia, assume molta importanza la tipologia e la massa dell'elemento portante (solaio in laterocemento). Per il progettista è importante avere a disposizione il dato complessivo sul "pacchetto", certificato dal produttore.

### ■ Comportamento al fuoco

È consigliabile considerare il ruolo del materiale isolante anche nella prevenzione dei rischi di incendio (cfr. capitolo 8) come protezione passiva dei diversi elementi della copertura ventilata.

### 1. Strato di rivestimento, intonaco a base di malta e rasatura a gesso

L'intonacatura deve essere realizzata avendo cura della planarità e dei dettagli in corrispondenza con le zone perimetrali.

### 2. Elemento portante, solaio in laterocemento

Al fine di evitare eccessivi riporti di materiale sia all'intradosso sia all'estradosso, con funzioni di livellamento, è necessario effettuare una cassetatura e getto in maniera accurata.

### 3. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia

Si deve evitare di posare pannelli mancanti di parti, con presenza di acqua o, in genere, deteriorati.

L'accostamento deve essere perfetto per evitare ponti termici. I pannelli devono essere sfalsati fra di loro.

### 4. Strato di controllo alla tenuta all'acqua, telo geotessile non tessuto

La sovrapposizione dei teli deve essere di almeno 20 cm. I teli devono risvoltare in corrispondenza del colmo e, in genere, di elementi di interruzione quali lucernari o simili e devono permettere lo scarico dell'acqua nel canale di gronda.

### 5. Strato di supporto, listelli in legno

I listelli devono essere posati parallelamente alla linea di gronda, paralleli fra di loro e perfettamente distanziati ad evitare criticità in fase di posa delle tegole. Il primo listello della fila deve avere un'altezza maggiore rispetto agli altri di un valore pari a quello di una tegola per consentire alla prima fila di queste ultime di avere la stessa pendenza delle altre; l'interasse dei primi due listelli deve essere inferiore a quelli successivi per permettere una adeguata sporgenza della prima fila di tegole sopra il canale di gronda, se presente. I listelli devono possedere varchi al fine di garantire il passaggio di acqua verso il canale di gronda, qualora vi fossero infiltrazioni accidentali di acqua sottotegola.

### 6. Elemento di tenuta, tegole in laterizio

La posa delle tegole deve avvenire avendo cura di assicurare la sovrapposizione voluta in fase di progetto. Non devono essere posate tegole mancanti di parti o con presenza di difetti visibili.

Il colmo della presente soluzione tecnica è di tipo ventilato, coerentemente con la tipologia di copertura.

Le attenzioni progettuali sono le seguenti:

**1. Elemento di tenuta**

L'elemento viene posato direttamente sulle tegole contigue con giunti in malta.

**2. Strato di controllo della tenuta all'acqua**

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza del colmo, mediante un adeguato risvolto dei teli.

**3. Elemento termoisolante**

In corrispondenza del colmo i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici.

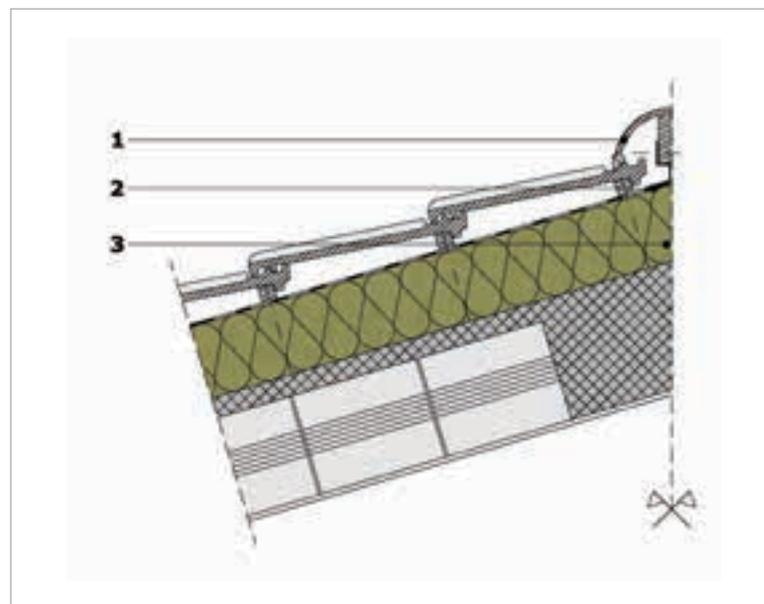


Figura 5.3

Schema grafico del nodo in corrispondenza del colmo

Le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Lucernario

Il sistema di collegamento fra struttura e lucernario dovrà essere predefinito prima della fase di posa in opera al fine di evitare aggiustamenti in cantiere che possono dare luogo a difetti con conseguenti guasti.

### 2. Scossalina

La scossalina dovrà avere una geometria tale da potere evitare infiltrazioni di acqua. Essa viene posta sotto tegola a monte del lucernario e sopra tegola a valle del lucernario. In corrispondenza dei lati del lucernario si ha la sovrapposizione "soprategola-sottotegola" della scossalina. È quindi consigliabile utilizzare per la scossalina un materiale duttile per consentire un facile adeguamento in opera alla reale conformazione geometrica.

### 3. Sguincio del lucernario

In corrispondenza del bordo di monte del lucernario è consigliabile una conformazione geometrica a sguincio per permettere una maggiore illuminazione in occasione delle ore del giorno dove il sole è più basso.

### 4. Risvolto verticale dello strato di controllo alla tenuta all'acqua

Lo strato di controllo alla tenuta all'acqua deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere almeno la scossalina del lucernario per evitare infiltrazioni di acqua verso l'interno, in occasione di eventuali rotture di elementi del manto di tenuta, e permettere il deflusso verso il basso.

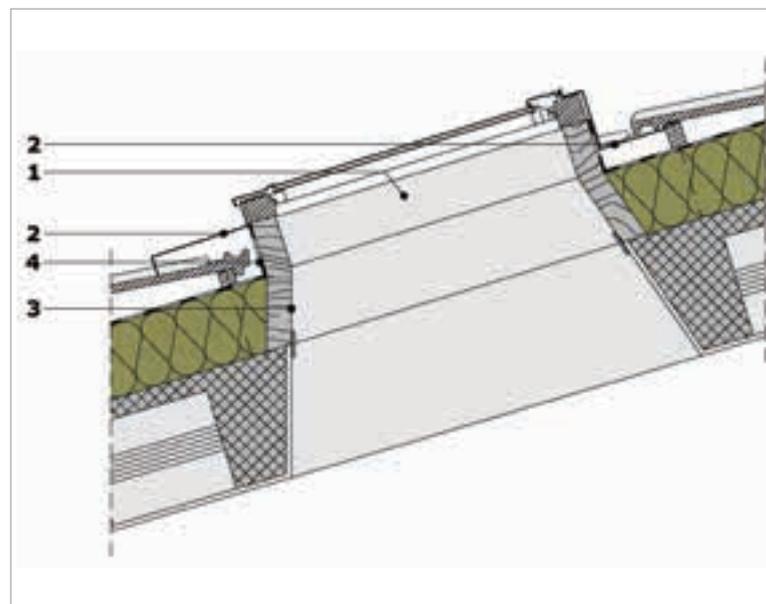


Figura 5.4

Schema grafico del nodo in corrispondenza del lucernario

In corrispondenza di terminali impiantistici le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Fascia di collegamento

La fascia di collegamento dovrà essere posizionata ad una quota, rispetto alla falda, di almeno 15 cm, per evitare possibili infiltrazioni. La fascia dovrà essere sigillata, possibilmente in zona protetta dall'azione dei raggi solari.

### 2. Scossalina

La scossalina dovrà avere una geometria tale da potere evitare infiltrazioni di acqua. Essa viene posta sotto tegola a monte del terminale impiantistico e sopra tegola a valle. In corrispondenza dei lati si ha la sovrapposizione "soprategola-sottotegola" della scossalina. È quindi consigliabile utilizzare per la scossalina un materiale duttile per consentire un facile adeguamento in opera alla reale conformazione geometrica.

### 3. Supporto dell'elemento di tenuta

L'ultimo supporto dell'elemento di tenuta prima della canalizzazione deve essere conformato in maniera tale da non produrre variazioni di pendenza della falda.

### 4. Risvolto verticale dello strato di controllo alla tenuta all'acqua

Lo strato di controllo alla tenuta all'acqua deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere almeno la scossalina del lucernario per evitare infiltrazioni di acqua verso l'interno, in occasione di eventuali rotture di elementi del manto di tenuta, e permettere il deflusso verso il basso.

### 5. Scossalina inferiore

È consigliabile che la scossalina venga conformata in maniera tale da evitare concavità che porterebbero ad avere ristagni di acqua o neve.

### 6. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino alla canalizzazione, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 7. Sigillatura

In corrispondenza del giunto fra canalizzazione e parte corrente della copertura si dovrà posizionare un sigillante per evitare infiltrazioni di aria.

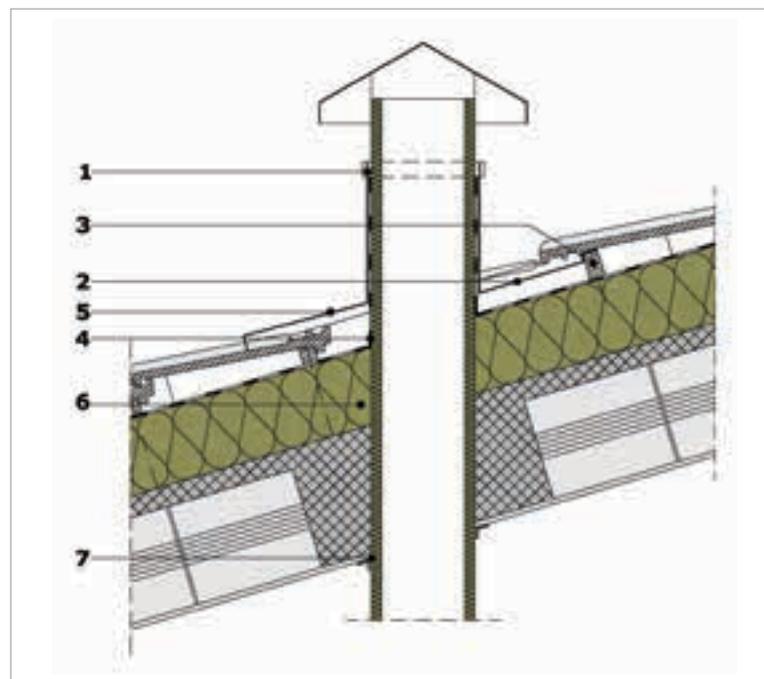


Figura 5.5

Schema grafico del nodo in corrispondenza di terminali impiantistici

In corrispondenza del canale di gronda le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Posizione elementi di tenuta

La prima fascia degli elementi di tenuta deve sporgere rispetto al filo interno del canale di gronda di circa  $1/3$  della larghezza stessa del canale per permettere una idonea caduta dell'acqua al suo interno.

### 2. Proseguimento dello strato di controllo alla tenuta all'acqua

Lo strato di controllo alla tenuta all'acqua deve proseguire fino a raggiungere il canale di gronda per evitare infiltrazioni di acqua verso gli strati sottostanti, in occasione di eventuali rotture di elementi del manto di tenuta.

### 3. Cicogna

L'elemento di ancoraggio del canale di gronda è presente quando la larghezza del canale di gronda è notevole oppure quando si hanno intense azioni di neve e vento. L'elemento viene fissato al primo listello di supporto delle tegole.

### 4. Canale di gronda

La sezione del canale di gronda deve essere dimensionata secondo la normativa UNI EN 12056-3. La larghezza deve essere tuttavia tale da potere garantire una idonea manutenzione.

### 5. Listello di bordo

In corrispondenza del bordo inferiore della gronda è presente un listello con funzione di chiusura, di supporto e di contenimento di elementi e strati funzionali. Su questo elemento viene vincolato anche il canale di gronda.

### 6. Listello di base

In corrispondenza del bordo della gronda è presente un listello con funzione di supporto della prima fascia di tegole. Il primo listello della fila deve avere un'altezza maggiore rispetto agli altri di un valore pari a quello di una tegola per consentire alla prima fila di queste ultime di avere la stessa pendenza delle altre. Su questo elemento viene vincolata anche la cicogna.

### 7. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino a quello posizionato in copertura, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 8. Risvolto del canale di gronda

L'aletta del canale di gronda deve risvoltare al di sotto del manto di tenuta al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

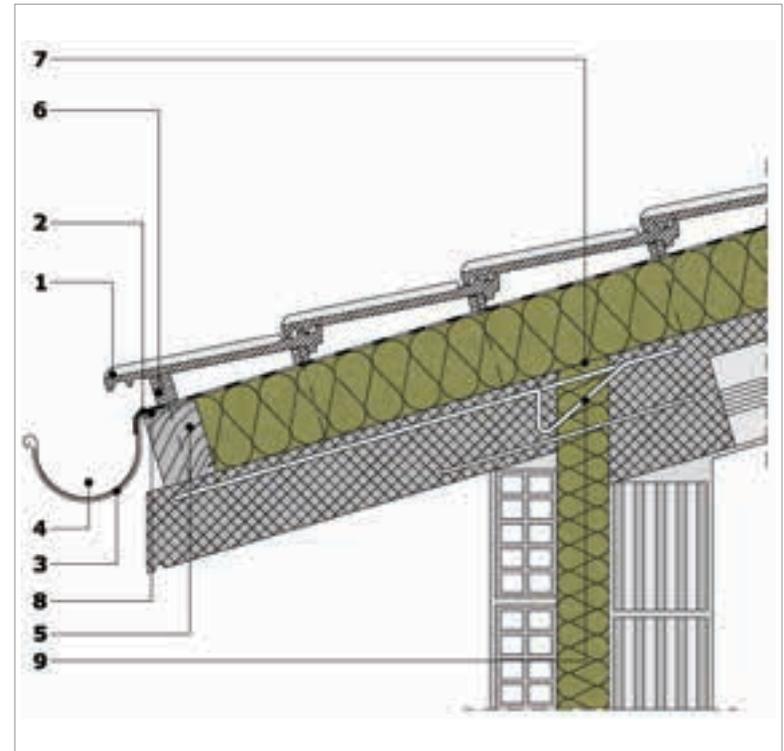


Figura 5.6

Schema grafico del nodo in corrispondenza del canale di gronda

### 9. Taglio termico della struttura portante

La gronda, realizzata in calcestruzzo, al fine di evitare ponti termici, deve essere sezionata termicamente rispetto al solaio principale. Uno dei sistemi possibili consiste nell'utilizzare barre o profili in acciaio distanziatori con capacità portanti. Fra il solaio e la gronda può quindi essere posizionato un isolante termico.

In corrispondenza del parapetto le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Posizione elementi di tenuta

La prima fascia degli elementi di tenuta deve sporgere rispetto al filo interno del canale di gronda di circa  $\frac{1}{3}$  della larghezza stessa del canale per permettere una idonea caduta dell'acqua al suo interno.

### 2. Proseguimento dello strato di controllo alla tenuta all'acqua

Lo strato di controllo alla tenuta all'acqua deve proseguire fino a raggiungere il canale di gronda per evitare infiltrazioni di acqua verso gli strati lignei sottostanti, in occasione di eventuali rotture di elementi del manto di tenuta. L'aletta del canale di gronda deve proseguire al di sotto del manto di tenuta al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

### 3. Canale di gronda

La sezione del canale di gronda deve essere dimensionata secondo la normativa UNI EN 12056-3. La larghezza deve essere tuttavia tale da potere garantire una idonea manutenzione.

### 4. Listello di base

In corrispondenza del bordo della gronda è presente un listello con funzione di supporto della prima fascia di tegole. Il primo listello della fila deve avere un'altezza maggiore rispetto agli altri di un valore pari a quello di una tegola per consentire alla prima fila di queste ultime di avere la stessa pendenza delle altre.

### 5. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino a quello posizionato in copertura, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 6. Risolto verticale del canale di gronda

In corrispondenza del parapetto, il canale di gronda deve avere un risvolto in quanto, in occasione di nevicate, si potrebbe avere un accumulo di neve che bagnerebbe la muratura, degradandola.

### 7. Scossalina di protezione

In corrispondenza del parapetto, il risvolto verticale del canale di gronda deve essere protetto mediante una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. È sconsigliata la sola adozione di sigillanti.

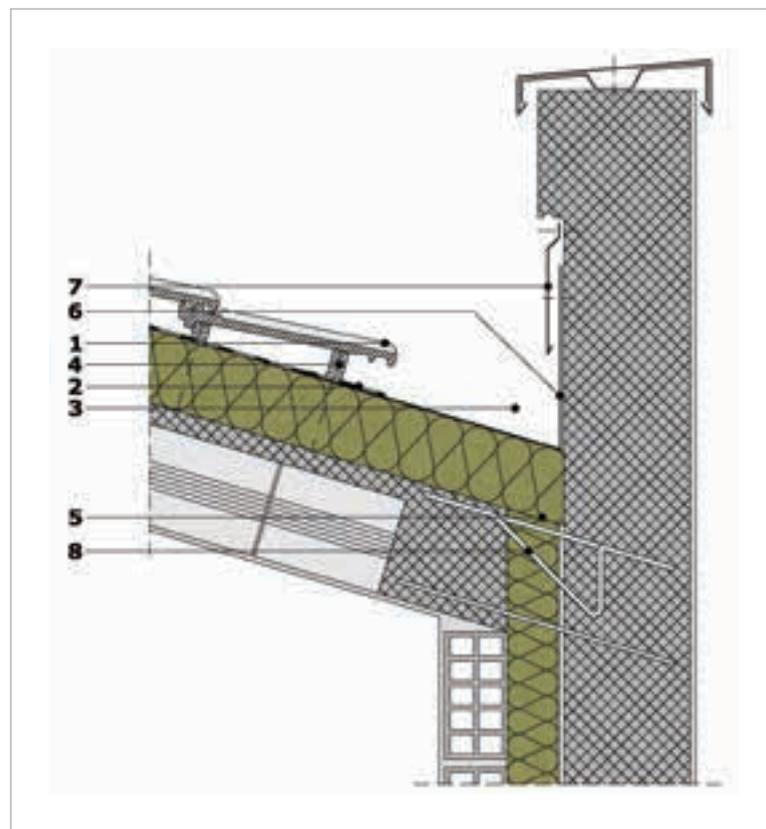


Figura 5.7

Schema grafico del nodo in corrispondenza del parapetto

### 8. Taglio termico della struttura portante (eventuale)

Il parapetto, realizzato in calcestruzzo, al fine di evitare ponti termici, deve essere sezionato termicamente rispetto al solaio principale. Se vi fosse necessità di collegamento al solaio principale, uno dei sistemi possibili consiste nell'utilizzare barre o profili in acciaio distanziatori con capacità portanti. Fra il solaio e il parapetto può quindi essere posizionato un isolante termico.

Coerentemente con la tipologia di copertura, le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Scossalina di protezione

In corrispondenza del colmo, dovrà essere posizionata una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. Essa dovrà risvoltare orizzontalmente in maniera tale che l'acqua portata dal vento non possa infiltrarsi all'interno della copertura. La lunghezza di sovrapposizione dipende dalla ventosità, dalla pendenza della falda e dalla piovosità del sito.

### 2. Scossalina di protezione

In corrispondenza della parete perimetrale, il risvolto verticale della scossalina deve essere protetto, possibilmente, mediante un risalto della muratura per evitare infiltrazioni di acqua. È sconsigliata la sola adozione di sigillanti.

### 3. Strato di controllo della tenuta all'acqua

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della parete perimetrale, mediante un adeguato risvolto dei teli.

### 4. Elemento termoisolante

In corrispondenza della parete perimetrale i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici.

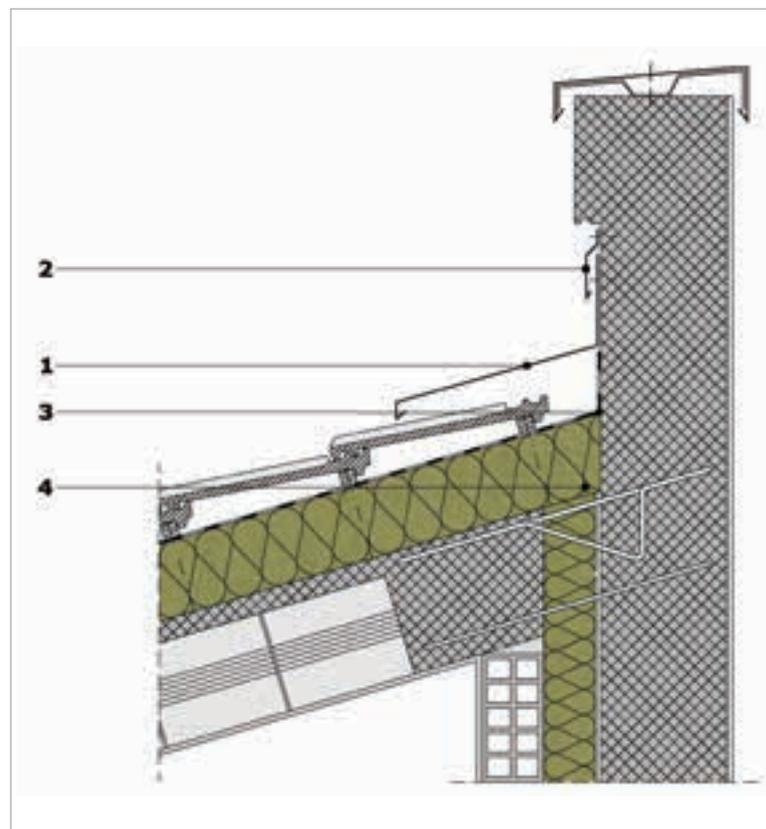


Figura 5.8

Schema grafico del nodo in corrispondenza della parete perimetrale (superiore)

Coerentemente con la tipologia di copertura, le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Scossalina

In corrispondenza del bordo laterale, dovrà essere posizionata una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. Essa dovrà risvoltare verticalmente in maniera tale da evitare percolamenti di acqua sulla facciata.

### 2. Aletta della scossalina

È presente un'aletta verticale, sporgente di alcuni centimetri sopra il piano della copertura, che svolge la funzione di contenimento dell'acqua piovana; la scossalina deve poter accogliere la poca acqua proveniente dalla fascia perimetrale della copertura.

### 3. Risvolto verticale della scossalina

La scossalina deve risvoltare al di sotto del manto di tenuta al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

### 4. Strato di controllo della tenuta all'acqua

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della scossalina, mediante un adeguato risvolto orizzontale dei teli.

### 5. Elemento di supporto della scossalina

L'elemento svolge sia la funzione di supporto, sia di chiusura orizzontale del pacchetto di muratura.

### 6. Elemento termoisolante

In corrispondenza del nodo orizzontale/verticale i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici.

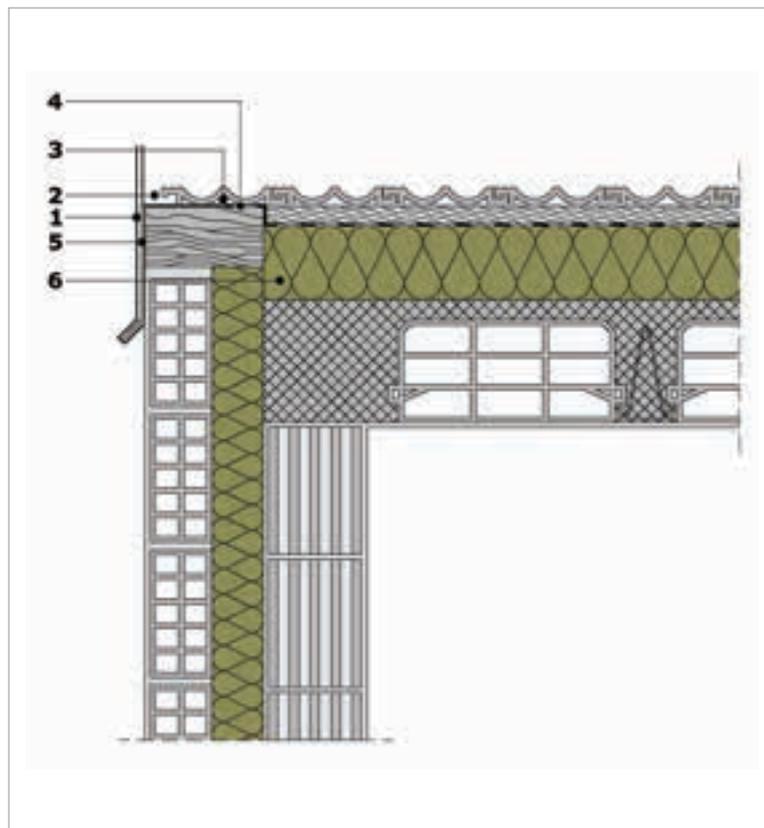
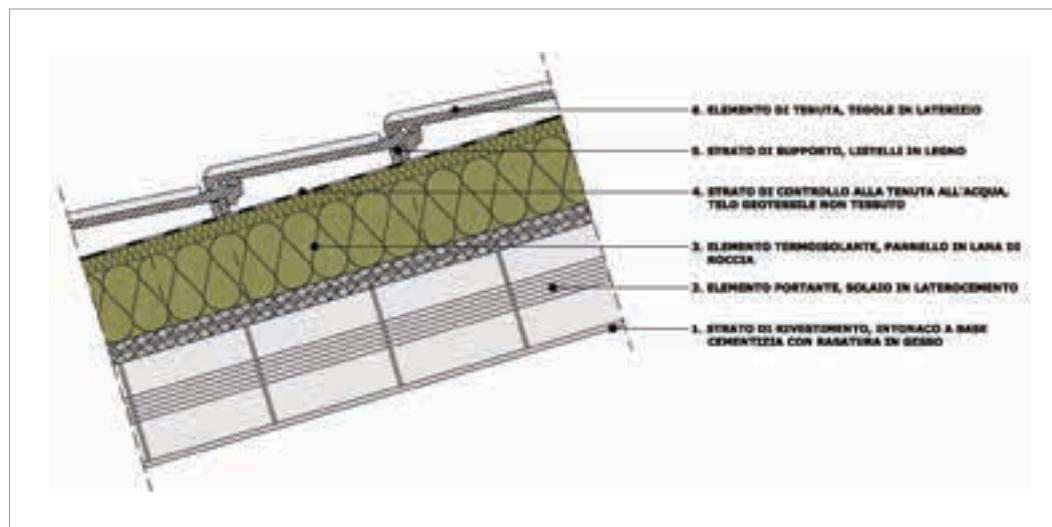


Figura 5.9

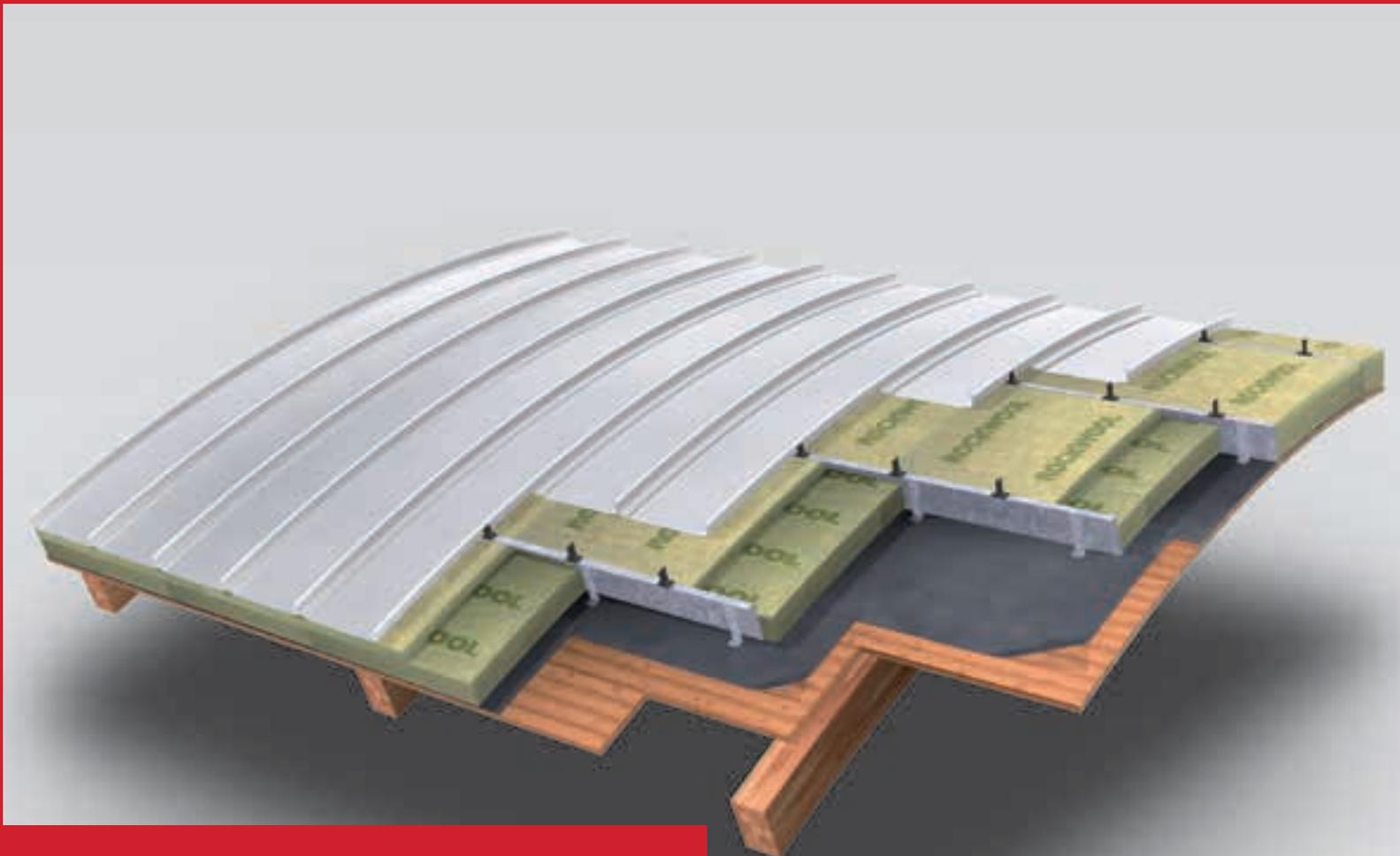
Schema grafico del nodo in corrispondenza della parete perimetrale (inferiore)

Si riportano di seguito alcune valutazioni analitiche volte ad indicare le prestazioni termiche del pacchetto di copertura, evidenziando il valore di trasmittanza termica U, al variare dello spessore e delle caratteristiche tecniche del pannello isolante utilizzato.



$\lambda_D$ [W/mK]	Spessore isolante [cm]	U [W/m <sup>2</sup> K]
0,037 <sup>(1)</sup>	13	0,249
0,037 <sup>(1)</sup>	14	0,234
0,037 <sup>(1)</sup>	20	0,169
0,037 <sup>(1)</sup>	26	0,133
0,037 <sup>(1)</sup>	30	0,116
0,036 <sup>(2)</sup>	12	0,261
0,036 <sup>(2)</sup>	14	0,228
0,036 <sup>(2)</sup>	20	0,165
0,036 <sup>(2)</sup>	24	0,140
0,036 <sup>(2)</sup>	30	0,113

Per ulteriori informazioni sulle caratteristiche tecniche dei prodotti consigliati (DUROCK ENERGY<sup>(1)</sup>, HARDROCK ENERGY<sup>(2)</sup>), si rimanda all'appendice tecnica di pagina 185.



## Copertura discontinua a falde, isolata e non ventilata

Elemento portante: travi in legno

Elemento di tenuta: lamiera metallica

Elemento termoisolante: lana di roccia

La soluzione tecnica consiste in una copertura discontinua a falde curve con elemento portante in legno.

È isolata termicamente mediante un elemento termoisolante in doppia stratigrafia, di cui lo strato inferiore è in lana di roccia a densità media o alta e lo strato superiore è in lana di roccia a bassa densità, parzialmente compresso in fase di installazione dall'elemento di tenuta.

Gli elementi metallici di supporto poggiano direttamente sull'elemento portante in legno e devono essere ad esso ancorati al fine di evitarne la delocalizzazione. Non è presente uno strato di controllo alla tenuta all'acqua in quanto la soluzione garantisce in tal senso, è invece presente uno strato di barriera al vapore in quanto, per questa soluzione, in caso contrario, vi è rischio di condensazione interstiziale.

La soluzione viene utilizzata in edifici destinati a residenze, sia nel caso di nuova realizzazione, sia nel caso di recupero di sottotetto e in edifici commerciali o sportivi.

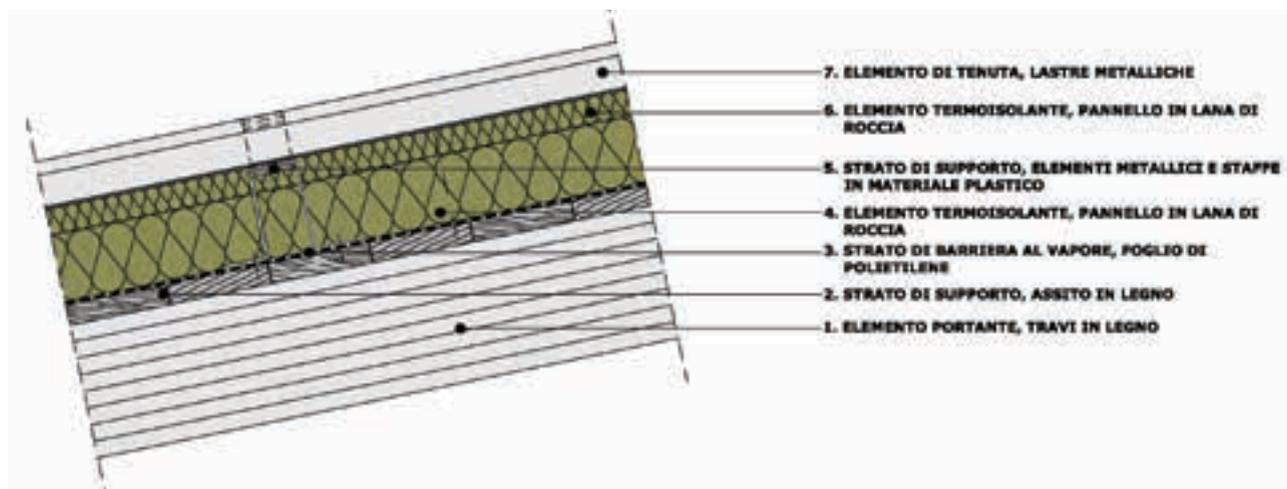


Figura 6.1

Elemento/strato	Caratteristiche principali	Riferimenti normativi
Elemento portante, travi in legno	Resistenza meccanica, freccia massima	legislazione vigente
Strato di supporto, assito in legno	Resistenza meccanica, freccia massima	
Strato di barriera al vapore, foglio in polietilene	Resistenza al vapore acqueo	UNI EN ISO 12572 UNI EN ISO 10456
Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia (primo strato)	Conducibilità specifica Classe di reazione al fuoco (euroclasse) Stabilità dimensionale	UNI 10351 UNI 13501-1 UNI EN 1604
Strato di supporto, elementi metallici	Resistenza agli agenti chimici Resistenza all'acqua	UNI 10372
Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia (secondo strato)	Conducibilità specifica Classe di reazione al fuoco (euroclasse) Stabilità dimensionale	UNI 10351 UNI EN 13501-1 UNI EN 1604
Elemento di tenuta, lastre metalliche	Resistenza all'acqua Tenuta all'acqua Carico di rottura a flessione Resistenza alla grandine Resistenza agli agenti chimici	UNI 10372

### 1. Elemento portante, travi in legno

Dovrà essere dimensionato valutando in maniera adeguata i carichi di progetto, compresa la freccia massima, nel rispetto della legislazione vigente. Deve anche essere definita la resistenza agli agenti biologici ed all'acqua e, di conseguenza, stabilito il tipo di trattamento, secondo le normative UNI EN 335, UNI EN 350-1, UNI EN 350-2 e UNI EN 460.

### 2. Strato di supporto, assito in legno

Dovrà essere dimensionato valutando in maniera adeguata i carichi di progetto, compresa la freccia massima. È importante anche indicare il tipo di essenza da impiegare, il trattamento di finitura, il tipo di incastro tra gli elementi.

### 3. Strato di barriera al vapore, foglio in polietilene

In genere, per garantire la resistenza al passaggio di vapore, è sufficiente un foglio di spessore di pochi decimi di millimetro. È tuttavia importante, in fase di progetto, indicare che i fogli debbano essere collegati con nastro biadesivo. La resistenza al passaggio di vapore minima necessaria si deve determinare mediante la normativa UNI EN ISO 13788.

### 4. Strato di supporto, elementi metallici e staffe in materiale plastico

La distanza fra le staffe dipende dalla conformazione geometrica dell'elemento di tenuta. Il calcolo dell'ancoraggio dei supporti alla struttura portante deve essere effettuato in base al carico di vento, ai pesi permanenti e variabili e alla tipologia di materiale utilizzato per il sistema di supporto e per il fissaggio. La sezione geometrica del sistema di supporto deve essere, possibilmente, non cava in quanto ciò provocherebbe difficoltà nella posa in opera dell'elemento termoisolante al suo interno. Questo accorgimento è necessario in quanto, in caso contrario, si attiverebbero numerosi ponti termici.

### 5. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia (primo strato)

La scelta del materiale deve essere basata sulla resistenza termica e su considerazioni legate al fonoisolamento ed al comportamento in caso di incendio. La resistenza termica dovrà essere determinata attraverso apposito calcolo.

### 6. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia (secondo strato)

La scelta del materiale deve essere basata sulla resistenza termica, e su considerazioni legate al fonoisolamento ed al comportamento in caso di incendio. Il pannello deve presentare deformabilità tale da potere garantire, da un lato, il supporto dell'elemento di tenuta al fine di evitare sue eccessive deformazioni e, dall'altro, poter aderire all'elemento di tenuta per ridurre la produzione di rumore in occasione di urti, per esempio dovuti alla grandine.

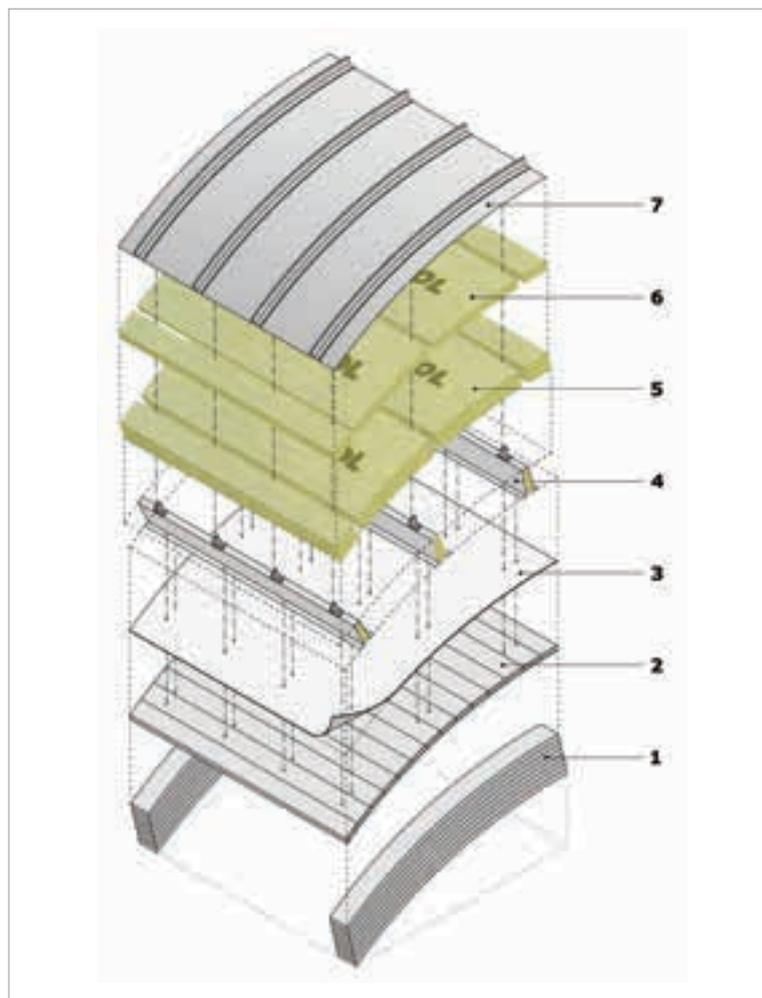


Figura 6.2  
Esplosione assometrica

## 7. Elemento di tenuta, lastre metalliche

Per ciò che attiene alla progettazione, è consigliabile fare riferimento alla UNI 10372 "Coperture discontinue - Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione con elementi metallici in lastre". In particolare dovrà essere valutata l'aggressività dell'atmosfera (gli elementi componenti la copertura devono resistere all'aggressività dell'atmosfera in relazione al particolare ambiente nel quale saranno installati, come classificato nella UNI 8627 punto 7.1.7, che suddivide l'ambiente in quattro classi: a - marino; b - industriale; c - urbano; d - rurale), la situazione di esposizione locale per quanto riguarda gli aspetti relativi all'impermeabilità all'acqua sulla base dell'effetto concomitante vento-pioggia (pendenza e lunghezza delle falde, sovrapposizione dei prodotti, ecc.) oppure gli aspetti relativi all'ancoraggio dei prodotti in relazione all'azione del vento. È opportuno considerare anche le situazioni di esposizione locale secondo la legislazione vigente:

- **sito protetto** - fondovalle circondato da colline e protetto nelle direzioni di provenienza dei venti più violenti;
- **sito normale** - terreno piano che può presentare dislivelli poco sensibili;
- **sito esposto** - zona litorale vicino al mare, valli montane in cui sono presenti venti violenti, zone montane isolate ed esposte.

La pendenza minima della falda di copertura necessaria per assicurare l'impermeabilità dell'acqua è funzione dei seguenti fattori: zona climatica e situazione di esposizione locale (sito protetto, sito normale, sito esposto), lunghezza della falda di copertura, tipo di elemento di tenuta ed entità della sovrapposizione.

### Note aggiuntive

#### ■ Potere fonoisolante

Il potere fonoisolante della copertura deve rispettare i valori minimi previsti dalla legislazione vigente. Per questa specifica soluzione tecnica esso è dato dal comportamento "di sistema" del pacchetto. Ogni singolo elemento quindi contribuisce al risultato finale. In particolare, tuttavia, assumono molta importanza la tipologia dello strato di supporto (assito in legno) e dell'elemento termoisolante (massa e porosità aperte) e la tenuta all'aria complessiva. Per il progettista è quindi importante avere a disposizione il dato complessivo sul "pacchetto", certificato dal produttore.

#### ■ Comportamento al fuoco

È consigliabile considerare il ruolo del materiale isolante anche nella prevenzione dei rischi di incendio (cfr. capitolo 8) come protezione passiva dei diversi elementi della copertura.

### 1. Elemento portante, travi in legno

È necessario, in relazione al fatto che la struttura è a vista, effettuare la posa con la massima attenzione, al fine di evitare danneggiamenti o distacco dello strato protettivo.

### 2. Strato di supporto, assito in legno

È necessario, in relazione al fatto che la struttura è a vista, effettuare la posa con la massima attenzione, al fine di evitare danneggiamenti o distacco dello strato protettivo. La posa, soprattutto nel caso di elementi non maschiati, deve avvenire in modo molto accurato, ad evitare la presenza di fughe.

### 3. Strato di barriera al vapore, foglio in polietilene

Ci si deve accertare che il collegamento dei vari fogli sia perfetto e che i fogli stessi garantiscano la continuità della tenuta anche in corrispondenza di tutti i nodi presenti (lucernari, colmo, ecc).

### 4. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia (primo strato)

Si deve evitare di posare pannelli mancanti di parti, con presenza di acqua o, in genere, deteriorati. L'accostamento deve essere perfetto per evitare ponti termici. I pannelli devono essere sfalsati fra di loro.

### 5. Strato di supporto, elementi metallici e staffe in materiale plastico

È necessario, nel caso di struttura a vista, una particolare accuratezza nei fissaggi al fine di evitare anomalie geometriche che potrebbero essere considerati quali difetti estetici.

### 6. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia (secondo strato)

Si deve evitare di posare pannelli mancanti di parti, con presenza di acqua o, in genere, deteriorati.

L'accostamento deve essere perfetto per evitare ponti termici. È necessario, nel caso di struttura a vista, una particolare accuratezza nei fissaggi fra elemento termoisolante e lamiera grecata. I pannelli devono essere sfalsati fra di loro. Nel caso di sistemi di supporto dei pannelli a sezione cava, si dovrà avere particolare cura nel riempire i vuoti tra i supporti metallici, al fine di evitare ponti termici.

### 7. Elemento di tenuta, lastre metalliche

La posa deve avvenire avendo cura di assicurare la sovrapposizione voluta in fase di progetto, e il vincolo agli elementi di supporto. È anche possibile procedere con sistemi automatici che riducono la possibilità di difetti. È necessario posare le lastre in maniera tale che l'apertura dei giunti sia posizionata sul lato sottovento rispetto ai venti dominanti. È necessario effettuare un accurato controllo dei fissaggi meccanici degli elementi di supporto prima della posa delle lastre metalliche al fine di evitare lacune.

Il colmo della presente soluzione tecnica è di tipo ventilato, coerentemente con la tipologia di copertura.

Le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Elemento di tenuta di colmo

L'elemento di tenuta, realizzato mediante una scossalina metallica, viene posato con un sistema di fissaggio ad un supporto vincolato alla struttura principale. È consigliabile, al fine di favorire eventuali interventi dei vigili del fuoco, che le lastre metalliche siano arretrate rispetto al colmo di circa 20 cm.

La scossalina dovrà essere sagomata idoneamente per tenere conto dei risalti delle lastre metalliche. La lunghezza di sovrapposizione dipende dalla ventosità, dalla pendenza della falda e dalla piovosità del sito.

È possibile anche utilizzare accessori preformati, in genere forniti dai produttori di lastre, che vengono collegati alle stesse. Sono da evitare quegli elementi che creino una sorta di camera chiusa e che possano essere anche solo parzialmente dislocati dall'azione del vento.

### 2. Strato di barriera al vapore

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza del colmo, mediante un adeguato risvolto dei teli.

### 3. Elemento termoisolante

In corrispondenza del colmo i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici. Si consiglia una posa sfalsata.

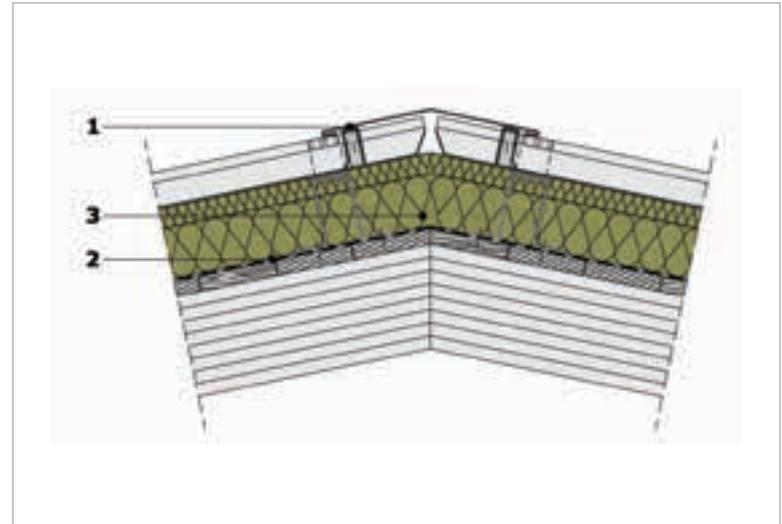


Figura 6.3

Schema grafico del nodo in corrispondenza del colmo

Le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Lucernario

Il sistema di collegamento fra struttura e lucernario dovrà essere predefinito prima della fase di posa in opera al fine di evitare aggiustamenti in cantiere che possano dare luogo a difetti con conseguenti guasti.

### 2. Scossalina

La scossalina dovrà avere una geometria tale da potere evitare infiltrazioni di acqua. Essa può venire posta sopra lastra a monte (fino a raggiungere il colmo) del lucernario e ancora sopra lastra a valle del lucernario. Tuttavia è anche possibile saldare la scossalina alle lastre metalliche, scegliendo quindi materiali saldabili e collegabili fra di loro.

È possibile anche utilizzare accessori preformati, in genere forniti dai produttori di lastre, che vengono collegati alle stesse. Sono da evitare quegli elementi che creino una sorta di camera chiusa e che possano essere anche solo parzialmente dislocati dall'azione del vento.

### 3. Sguincio del lucernario

In corrispondenza del bordo di monte del lucernario è consigliabile una conformazione geometrica a sguincio per permettere una maggiore illuminazione in occasione delle ore del giorno dove il sole è più basso.

### 4. Risolto verticale dello strato di barriera al vapore

Lo strato deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la scossalina del lucernario per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con pericolo di condensazione.

### 5. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve poter giungere direttamente fino al telaio del lucernario, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

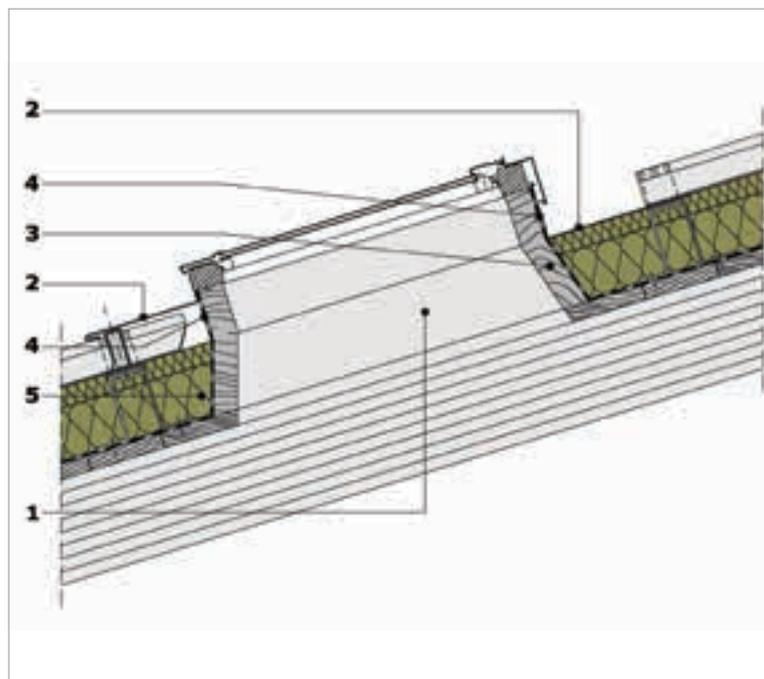


Figura 6.4

Schema grafico del nodo in corrispondenza del lucernario

In corrispondenza di terminali impiantistici le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Fascia di collegamento

La fascia di collegamento dovrà essere posizionata ad una quota, rispetto alla falda, di almeno 15 cm, per evitare possibili infiltrazioni. La fascia dovrà essere sigillata, possibilmente in zona protetta dall'azione dei raggi solari.

### 2. Scossalina

La scossalina dovrà avere una geometria tale da potere evitare infiltrazioni di acqua. Essa può venire posta sia sotto la lastra a monte fino a raggiungere il colmo del lucernario, sia sotto la lastra a valle del lucernario. Tuttavia è anche possibile saldare la scossalina alle lastre metalliche, scegliendo quindi materiali saldabili e collegabili fra di loro.

### 3. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino alla canalizzazione, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 4. Sigillatura

In corrispondenza del giunto fra canalizzazione e parte corrente della copertura si dovrà posizionare un sigillante per evitare infiltrazioni di aria.

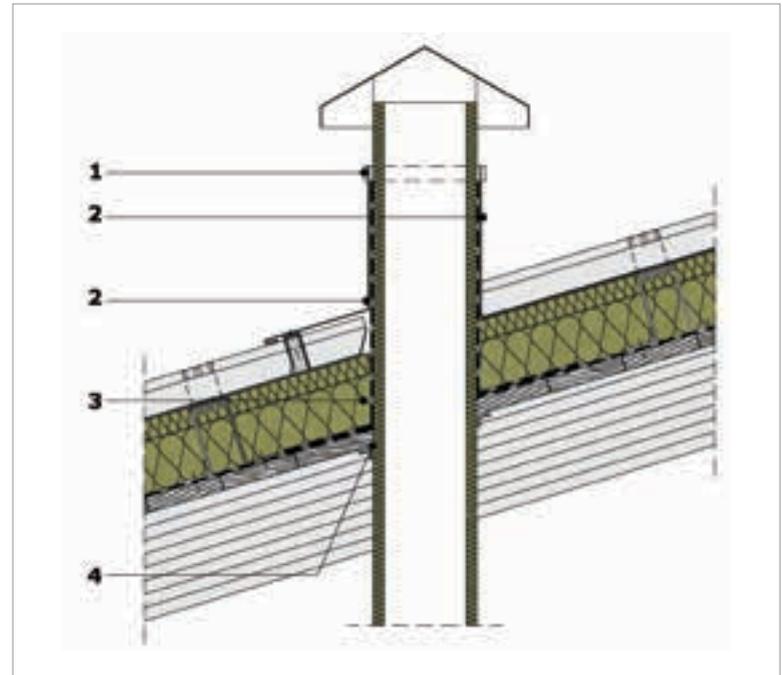


Figura 6.5

Schema grafico del nodo in corrispondenza di terminali impiantistici

In corrispondenza del canale di gronda le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Cicogna

L'elemento di ancoraggio del canale di gronda è presente quando la larghezza di quest'ultimo è notevole oppure quando si hanno intense azioni di neve e vento.

### 2. Canale di gronda

La sezione del canale di gronda deve essere dimensionata secondo la normativa UNI EN 12056-3. La larghezza deve essere, tuttavia, tale da potere garantire una idonea manutenzione.

### 3. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino a quello posizionato in copertura, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 4. Risolto verticale dello strato di barriera al vapore

Lo strato di barriera al vapore deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la muratura perimetrale per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con pericolo di condensazione.

### 5. Risvolto del canale di gronda

L'aletta del canale di gronda deve risvoltare al di sotto del manto di tenuta al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della stratificazione.

### 6. Spessore della gronda

È consigliabile posizionare i travetti di sostegno della gronda ad una quota superiore a quelli principali della copertura, per ridurre lo spessore totale della gronda così da assicurare un minore impatto visivo.

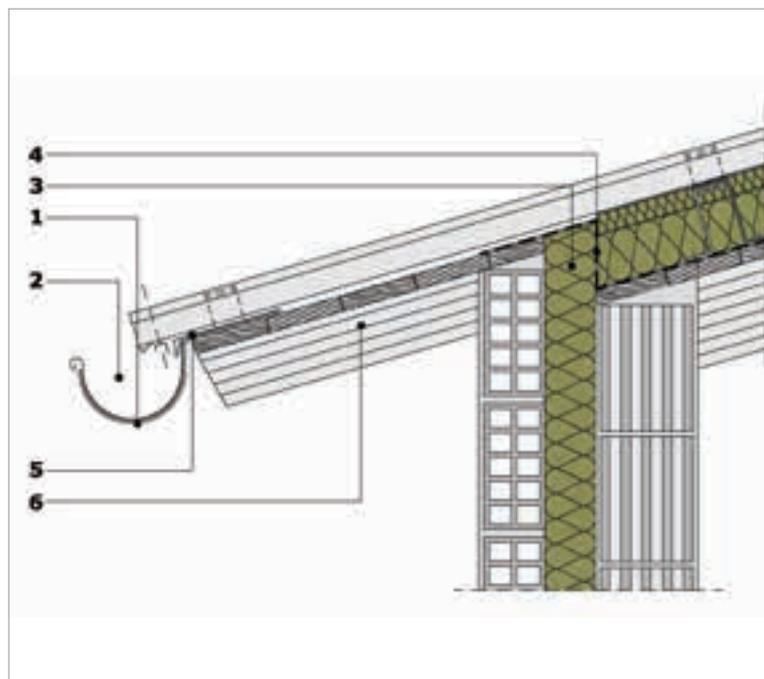


Figura 6.6  
Schema grafico del nodo in corrispondenza del canale di gronda

In corrispondenza del parapetto le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Canale di gronda

La sezione del canale di gronda deve essere dimensionata secondo la normativa UNI EN 12056-3. La larghezza deve essere tuttavia tale da potere garantire una idonea manutenzione.

### 2. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino a quello posizionato in copertura, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 3. Risvolto verticale dello strato di barriera al vapore

Lo strato di barriera al vapore deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la muratura perimetrale per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con pericolo di condensazione.

### 4. Risvolto verticale del canale di gronda

In corrispondenza del parapetto, il canale di gronda deve avere un risvolto in quanto, in occasione di nevicate, si potrebbe avere un accumulo di neve che bagnerebbe la muratura, degradandola.

### 5. Scossalina di protezione

In corrispondenza del parapetto, il risvolto verticale del canale di gronda deve essere protetto mediante una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. È sconsigliata la sola adozione di sigillanti.

### 6. Risvolto del canale di gronda

L'aletta del canale di gronda deve risvoltare al di sotto del manto di tenuta al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

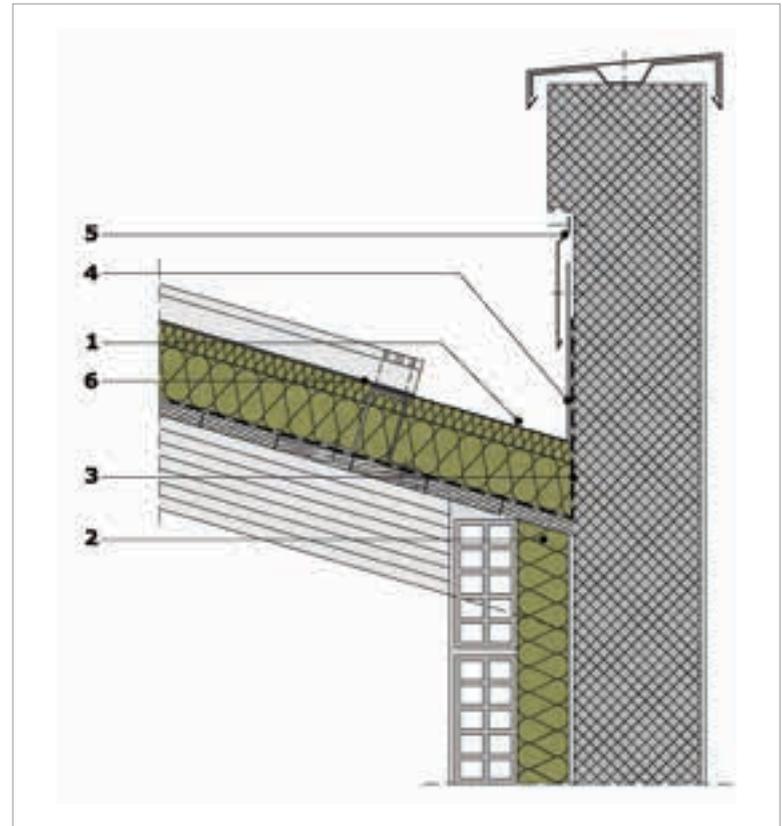


Figura 6.7

Schema grafico del nodo in corrispondenza del parapetto

Coerentemente con la tipologia di copertura, le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Scossalina di colmo

In corrispondenza del colmo, dovrà essere posizionata una specifica scossalina atta ad evitare eventuali infiltrazioni di acqua. Essa dovrà risvoltare orizzontalmente in maniera tale che l'acqua portata dal vento non possa infiltrarsi all'interno della copertura.

La scossalina dovrà essere sagomata idoneamente per tenere conto dei risalti delle lastre metalliche. La lunghezza di sovrapposizione dipende della ventosità, dalla pendenza della falda e dalla piovosità del sito.

### 2. Scossalina di protezione

In corrispondenza della parete perimetrale, il risvolto verticale della scossalina deve essere protetto, possibilmente, mediante un risalto della muratura, per evitare infiltrazioni di acqua. È sconsigliata la sola adozione di sigillanti. La scossalina dovrà essere sagomata idoneamente per tenere conto dei risalti delle lastre metalliche. La lunghezza di sovrapposizione dipende della ventosità, dalla pendenza della falda e dalla piovosità del sito.

È possibile anche utilizzare accessori preformati, in genere forniti dai produttori di lastre, che vengono collegati alle stesse. Sono da evitare quegli elementi che creino una sorta di camera chiusa e che possano essere anche solo parzialmente dislocati dall'azione del vento.

### 3. Elemento termoisolante

In corrispondenza della parete perimetrale i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici.

### 4. Strato di barriera al vapore

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della parete perimetrale, mediante un adeguato risvolto verticale dei teli. È consigliato un collegamento mediante adesivo alla parete perimetrale.

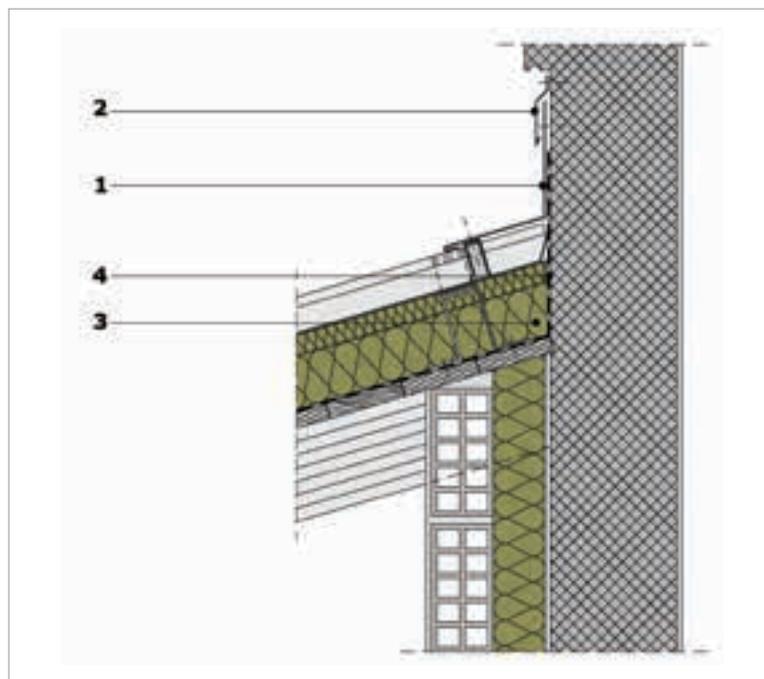


Figura 6.8

Schema grafico del nodo in corrispondenza della parete perimetrale (superiore)

Coerentemente con la tipologia di copertura, le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Scossalina di bordo

In corrispondenza del bordo laterale, dovrà essere posizionata una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. Essa dovrà risvoltare verticalmente in maniera tale da evitare percolamenti di acqua sulla facciata.

### 2. Risvolto verticale della scossalina di bordo

L'aletta del canale deve essere aggraffata con le lastre correnti al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

### 3. Elemento di supporto del canale di bordo

L'elemento svolge sia la funzione di supporto del canale di bordo, sia di chiusura orizzontale del pacchetto di muratura.

### 4. Elemento termoisolante

In corrispondenza del nodo orizzontale/verticale, i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici.

### 5. Strato di barriera al vapore

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della parete perimetrale, mediante un adeguato risvolto verticale dei teli. È consigliato un collegamento mediante adesivo al listello di bordo.

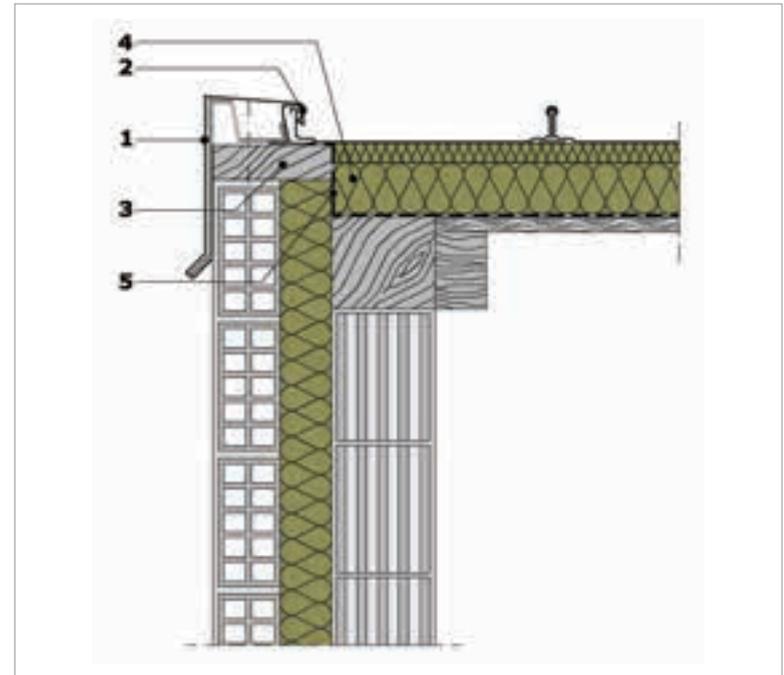
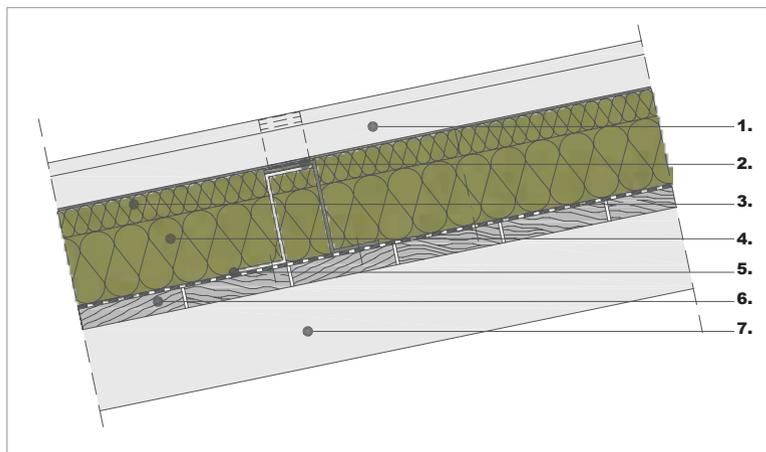


Figura 6.9

Schema grafico del nodo in corrispondenza della parete perimetrale (inferiore)

Pagina a cura di Rockwool

Si riportano di seguito alcune valutazioni analitiche volte ad indicare le prestazioni termiche del pacchetto di copertura, evidenziando il valore di trasmittanza termica U, al variare dello spessore e del pannello isolante utilizzato.



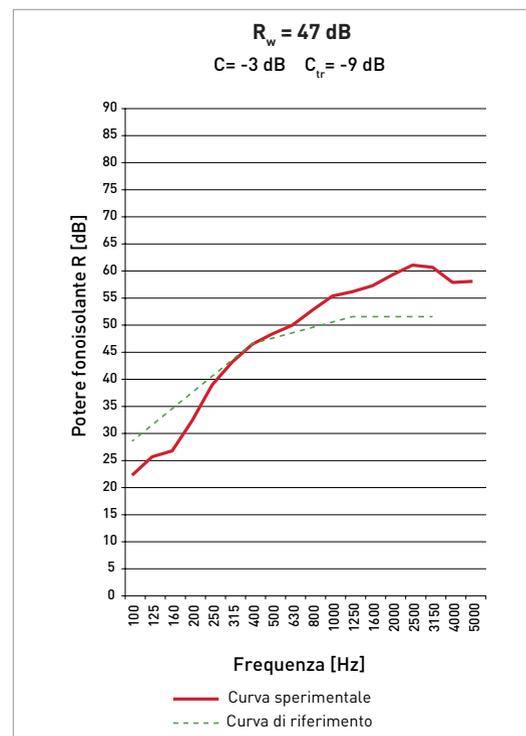
### SOLUZIONE TESTATA ACUSTICAMENTE

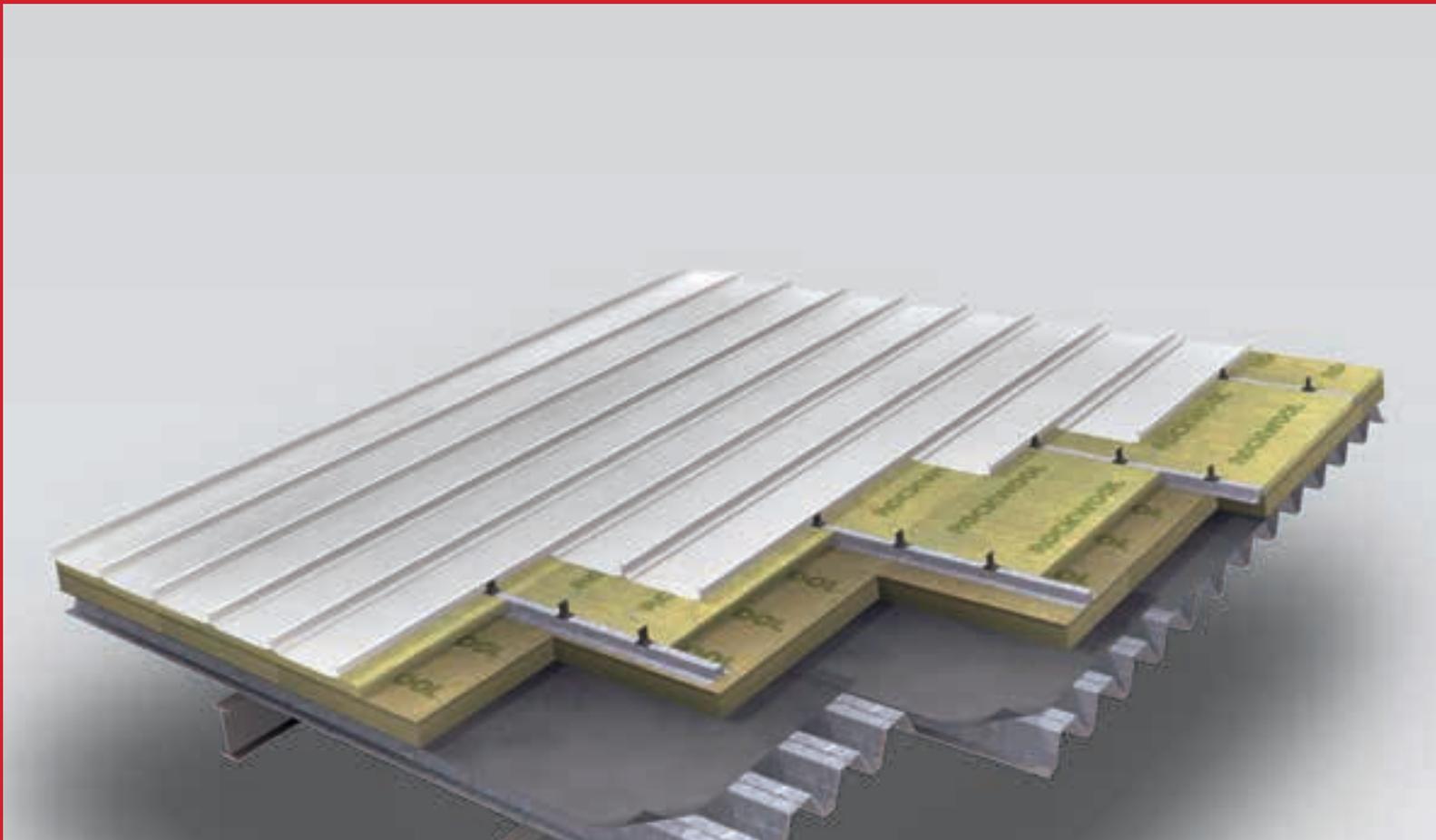
1. Copertura metallica continua in lastre di alluminio pre-verniciato lega 3004 UNI 9003/2 sp. 8/10 mm fissate alla sottostruttura tramite staffa di fissaggio interno in nylon rinforzato
2. Distanziale a "ZETA" corrente in acciaio zincato S250GD Z100-NA UNI 10147, sp. 15/10 mm, H = 135 mm, fissato alla struttura lignea con viti
3. Strato di materiale isolante: pannello **ROCKWOOL 211** in lana di roccia, spessore 40 mm e densità 40 Kg/m<sup>3</sup>
4. Strato di materiale isolante: pannello **ROCKWOOL 234** in lana di roccia, spessore nominale 100 mm e densità 100 Kg/m<sup>3</sup>
5. Barriera al vapore: pellicola multistrato in poliesteri con rivestimento in alluminio e pellicola in polietilene, rete di rinforzo, massa superficiale 180 g/m<sup>2</sup>
6. Assito in legno: perlina in legno di abete, sezione 130 x 30 mm
7. Travetto in legno lamellare di abete, sezione 80 x 120 mm

Prova acustica effettuata presso Modulo Uno S.p.A. di Torino

$\lambda_D$ [W/mK]		Spessore isolante [cm]		U [W/m <sup>2</sup> K]
isol. sup.	isol. inf.	isol. sup.	isol. inf.	pacchetto
0,035	0,035	4	8	0,268
0,035	0,035	4	10	0,232
0,035	0,035	4	14	0,183
0,035	0,035	4	22	0,129
0,035	0,035	4	25	0,116

Per ulteriori informazioni sulle caratteristiche tecniche dei prodotti consigliati (ROCKWOOL 211 e ROCKWOOL 234), si rimanda all'appendice tecnica di pagina 185.





## Copertura discontinua a falde, isolata e non ventilata

Elemento portante: travi in acciaio

Elemento di tenuta: lastre metalliche

Elemento termoisolante: lana di roccia

La soluzione tecnica consiste in una copertura discontinua a falde con elemento portante in acciaio.

È isolata termicamente mediante un elemento termoisolante in doppia stratigrafia, di cui il primo strato è in lana di roccia ad alta densità, caratterizzato dalla possibilità di supportare direttamente il carico trasmesso dagli elementi di supporto dell'elemento di tenuta, realizzato in lastre profilate metalliche.

Lo strato superiore è in lana di roccia a bassa densità, parzialmente compresso in fase di installazione dall'elemento di tenuta.

Gli elementi metallici di supporto poggiano direttamente sull'elemento termoisolante e devono essere ancorati all'elemento portante in acciaio al fine di evitarne la delocalizzazione.

Non è presente uno strato di controllo alla tenuta all'acqua in quanto la soluzione garantisce in tal senso. La soluzione viene utilizzata in edifici destinati a residenze, sia nel caso di nuova realizzazione, sia nel caso di recupero di sottotetto, e in edifici commerciali o sportivi.

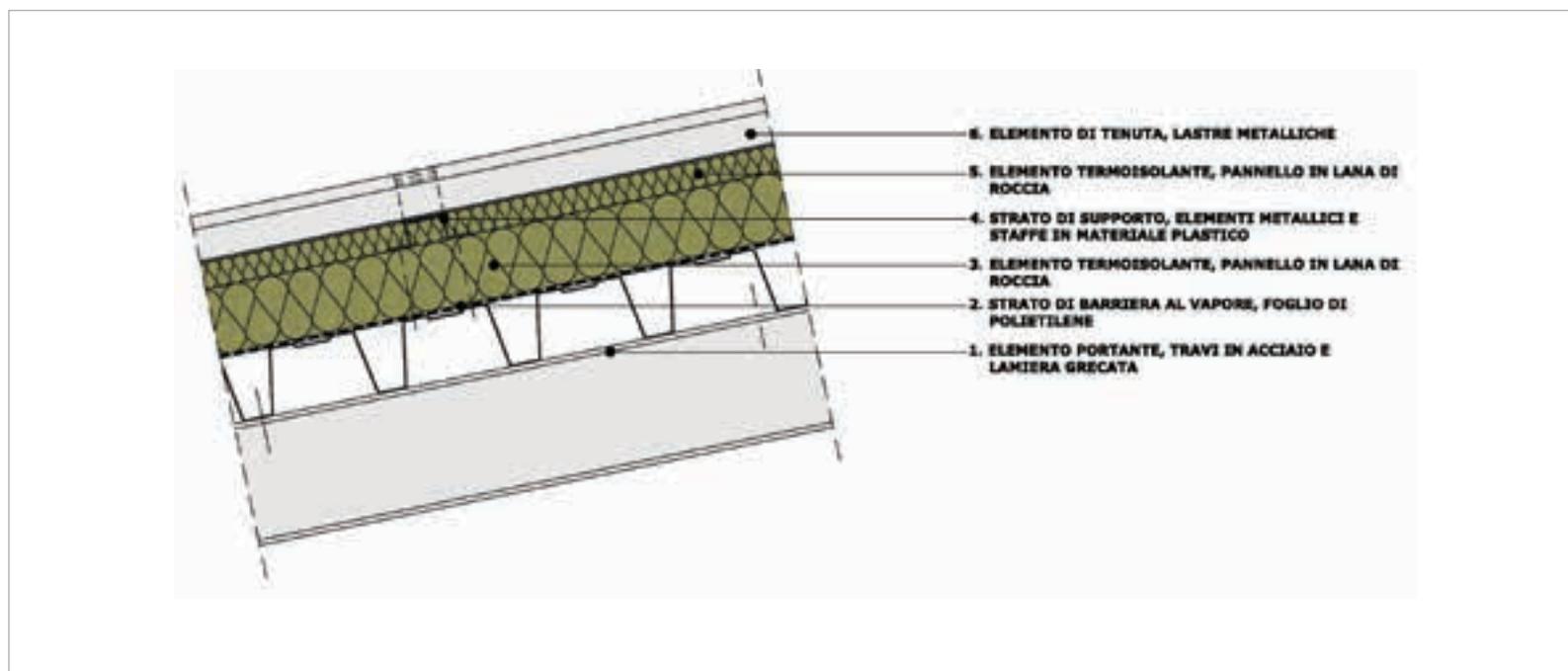


Figura 7.1

Elemento/strato	Caratteristiche principali	Riferimenti normativi
Elemento portante, travi in acciaio e lamiera grecata	Resistenza meccanica Freccia massima	legislazione vigente
Strato di barriera al vapore, foglio in polietilene	Resistenza al vapore acqueo	UNI EN ISO 12572 UNI EN ISO 10456
Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia (primo strato)	Deformazione sotto carico Conducibilità specifica Carico puntuale Classe di reazione al fuoco (euroclasse) Stabilità dimensionale	UNI EN 826 UNI 10351 UNI EN 12430 UNI EN 13501-1 UNI EN 1604
Strato di supporto, elementi metallici	Resistenza agli agenti chimici Resistenza all'acqua	UNI 10372
Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia (secondo strato)	Conducibilità specifica Classe di reazione al fuoco (euroclasse) Stabilità dimensionale	UNI 10351 UNI EN 13501-1 UNI EN 1604
Elemento di tenuta, lastre metalliche	Resistenza all'acqua Impermeabilità all'acqua Carico di rottura a flessione Resistenza alla grandine Resistenza agli agenti chimici	UNI 10372

### 1. Elemento portante, travi in acciaio e lamiera grecata

Dovrà essere dimensionato valutando in maniera adeguata i carichi di progetto, compresa la freccia massima, nel rispetto della legislazione vigente.

### 2. Strato di barriera al vapore, foglio in polietilene

In genere, per garantire la resistenza al passaggio di vapore, è sufficiente un foglio di spessore di pochi decimi di millimetro. È tuttavia importante, in fase di progetto, indicare che i fogli debbano essere collegati con nastro biadesivo. La resistenza al passaggio di vapore minima necessaria si deve determinare mediante la normativa UNI EN ISO 13788.

### 3. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia (primo strato)

La scelta del materiale deve essere basata sulla resistenza termica, sulla resistenza a compressione (tenendo presenti sia i carichi permanenti che quelli variabili sia la loro distribuzione sulla superficie) e su considerazioni legate al fonoisolamento ed al comportamento in caso di incendio. La resistenza termica dovrà essere determinata attraverso apposito calcolo. In relazione al fatto che, per questa specifica soluzione, l'elemento termoisolante svolge anche funzioni di tipo meccanico, è necessario verificare la sua deformabilità (cfr. capitolo 9).

### 4. Strato di supporto, elementi metallici e staffe in materiale plastico

La distanza fra le staffe dipende dalla conformazione geometrica dell'elemento di tenuta. Il calcolo dell'ancoraggio dei supporti alla struttura portante deve essere effettuato in base al carico di vento, ai pesi permanenti e variabili ed alla tipologia di materiale utilizzato per il sistema di supporto e per il fissaggio. La sezione geometrica del sistema di supporto deve essere, possibilmente, non cava, in quanto ciò provocherebbe difficoltà nella posa in opera dell'elemento termoisolante al suo interno; ciò è necessario in quanto, in caso contrario, si attiverrebbero numerosi ponti termici.

### 5. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia (secondo strato)

La scelta del materiale deve essere basata sulla resistenza termica e su considerazioni legate al fonoisolamento ed al comportamento in caso di incendio. Il pannello deve presentare deformabilità tale da potere garantire, da un lato, il supporto dell'elemento di tenuta al fine di evitare sue eccessive deformazioni e, dall'altro, potere aderire all'elemento di tenuta per ridurre la produzione di rumore in occasione di urti, per esempio dovuti alla grandine.

### 6. Elemento di tenuta, lastre metalliche

Per ciò che attiene alla progettazione, è consigliabile fare riferimento alla UNI 10372 "Coperture discontinue - Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione con elementi metallici in lastre". In particolare dovrà essere valutata l'aggressività dell'atmosfera (gli elementi componenti la copertura devono resistere all'aggressività dell'atmosfera in relazione al particolare ambiente nel quale saranno installati, come classificato nella UNI 8627 punto 7.1.7, che suddivide

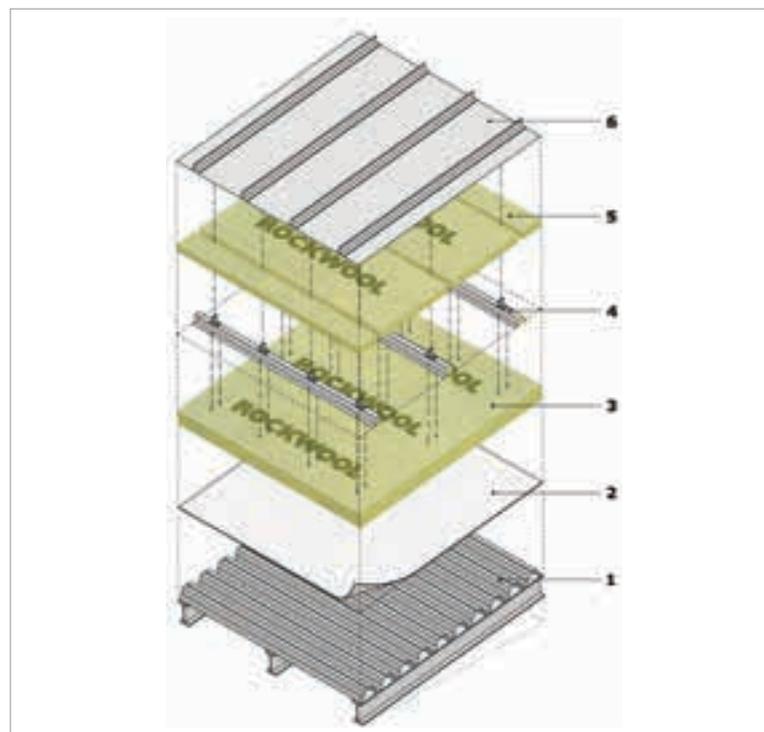


Figura 7.2  
Esploso assometrico

l'ambiente in quattro classi: a - marino; b - industriale; c - urbano; d - rurale), la situazione di esposizione locale per quanto riguarda gli aspetti relativi all'impermeabilità all'acqua sulla base dell'effetto concomitante vento-pioggia (pendenza e lunghezza delle falde, sovrapposizione dei prodotti, ecc.) oppure gli aspetti relativi all'ancoraggio dei prodotti in relazione all'azione del vento. È opportuno considerare anche le situazioni di esposizione locale secondo la legislazione vigente:

- **sito protetto** - fondovalle circondato da colline e protetto nelle direzioni di provenienza dei venti più violenti;
- **sito normale** - terreno piano che può presentare dislivelli poco sensibili;
- **sito esposto** - zona litorale vicino al mare, valli montane in cui sono presenti venti violenti, zone montane isolate ed esposte.

La pendenza minima della falda di copertura necessaria per assicurare

L'impermeabilità dell'acqua è funzione dei seguenti fattori: zona climatica e situazione di esposizione locale (sito protetto, sito normale, sito esposto), lunghezza della falda di copertura, tipo di elemento di tenuta ed entità della sovrapposizione.

### Note aggiuntive

#### ■ Potere fonoisolante

Il potere fonoisolante della copertura deve rispettare i valori minimi previsti dalla legislazione vigente. Per questa specifica soluzione tecnica esso è dato dal comportamento "di sistema" del pacchetto. Ogni singolo elemento quindi contribuisce al risultato finale. Per il progettista è importante avere a disposizione il dato complessivo sul "pacchetto", certificato dal produttore.

#### ■ Comportamento al fuoco

È consigliabile considerare il ruolo del materiale isolante anche nella prevenzione dei rischi di incendio (cfr. capitolo 8) come protezione passiva dei diversi elementi della copertura.

#### 1. Elemento portante, travi in acciaio e lamiera grecata

È necessario, nel caso di struttura a vista, una particolare accuratezza nei fissaggi fra lamiera grecata e travi in acciaio. Ci si deve accertare di collegare perfettamente i vari elementi grecati e che gli stessi garantiscano la continuità della tenuta anche in corrispondenza di tutti i nodi presenti (lucernari, colmo, ecc.).

#### 2. Strato di barriera al vapore, foglio in polietilene

Ci si deve accertare che il collegamento dei vari fogli sia perfetto e che gli stessi garantiscano la continuità della tenuta anche in corrispondenza di tutti i nodi presenti (lucernari, colmo, ecc.).

#### 3. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia (primo strato)

Si deve evitare di posare pannelli mancanti di parti, con presenza di acqua o, in genere, deteriorati.

L'accostamento deve essere perfetto per evitare ponti termici. I pannelli devono essere sfalsati fra di loro.

#### 4. Strato di supporto, elementi metallici e staffe in materiale plastico

È necessario, nel caso di struttura a vista, una particolare accuratezza nei fissaggi alla lamiera grecata, al fine di evitare anomalie geometriche che potrebbero essere considerate quali difetti estetici.

#### 5. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia (secondo strato)

Si deve evitare di posare pannelli mancanti di parti, con presenza di acqua o, in genere, deteriorati.

L'accostamento deve essere perfetto per evitare ponti termici. È necessario, nel caso di struttura a vista, una particolare accuratezza nei fissaggi fra elemento termoisolante e lamiera grecata.

I pannelli devono essere sfalsati fra di loro. Nel caso di sistemi di supporto dei pannelli a sezione cava, si dovrà avere particolare cura nel riempire i vuoti tra i supporti metallici, al fine di evitare ponti termici.

#### 6. Elemento di tenuta, lastre metalliche

La posa deve avvenire avendo cura di assicurare la sovrapposizione voluta in fase di progetto ed il vincolo agli elementi di supporto. È anche possibile procedere con sistemi automatici che riducono la possibilità di difetti. È necessario posare le lastre in maniera tale che l'apertura dei giunti sia posizionata sul lato sottovento rispetto ai venti dominanti. È necessario effettuare un accurato controllo dei fissaggi meccanici degli elementi di supporto prima della posa delle lastre metalliche ad evitare lacune.

Le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Elemento di tenuta di colmo

L'elemento di tenuta, realizzato mediante una scossalina metallica, viene posato con un sistema di fissaggio ad un supporto vincolato alla struttura principale. È consigliabile, al fine di favorire eventuali interventi dei vigili del fuoco, che le lastre metalliche siano arretrate rispetto al colmo di circa 20 cm.

La scossalina dovrà essere sagomata idoneamente per tenere conto dei risalti delle lastre metalliche. La lunghezza di sovrapposizione dipende dalla ventosità, dalla pendenza della falda e dalla piovosità del sito.

È possibile anche utilizzare accessori preformati, in genere forniti dai produttori di lastre, che vengono collegati alle stesse. Sono da evitare quegli elementi che creino una sorta di camera chiusa e che possano essere anche solo parzialmente dislocati dall'azione del vento.

### 2. Elemento termoisolante

In corrispondenza del colmo i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici. Si consiglia una posa sfalsata.

### 3. Strato di barriera al vapore

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza del colmo, mediante un adeguato risvolto dei teli.

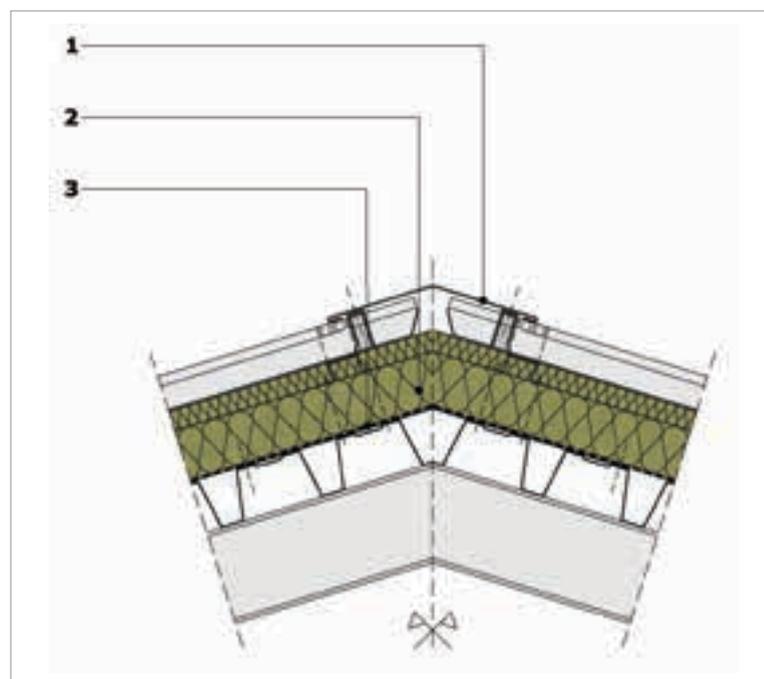


Figura 7.3

Schema grafico del nodo in corrispondenza del colmo

Le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Lucernario

Il sistema di collegamento fra struttura e lucernario dovrà essere predefinito prima della fase di posa in opera, al fine di evitare aggiustamenti in cantiere che possano dare luogo a difetti con conseguenti guasti.

### 2. Scossalina

La scossalina dovrà avere una geometria tale da potere evitare infiltrazioni di acqua. Essa può venire posta sopra lastra a monte (fino a raggiungere il colmo) del lucernario e ancora sopra lastra a valle del lucernario. Tuttavia è anche possibile saldare la scossalina alle lastre metalliche, scegliendo quindi materiali saldabili e collegabili fra di loro.

È possibile anche utilizzare accessori preformati, in genere forniti dai produttori di lastre, che vengono collegati alle stesse. Sono da evitare quegli elementi che creino una sorta di camera chiusa e che possano essere anche solo parzialmente dislocati dall'azione del vento.

### 3. Sguincio del lucernario

In corrispondenza del bordo di monte del lucernario è consigliabile una conformazione geometrica a sguincio, per permettere una maggiore illuminazione in occasione delle ore del giorno dove il sole è più basso.

### 4. Risolto verticale dello strato di barriera al vapore

Lo strato deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la scossalina del lucernario, per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con pericolo di condensazione.

### 5. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino al telaio del lucernario, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

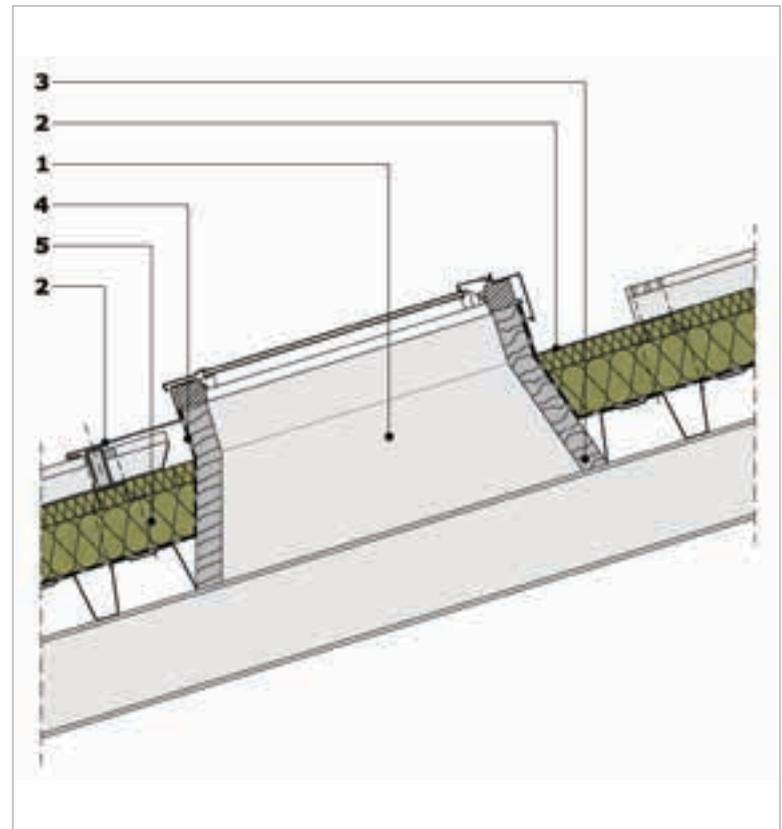


Figura 7.4

Schema grafico del nodo in corrispondenza del lucernario

In corrispondenza di terminali impiantistici le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Fascia di collegamento

La fascia di collegamento dovrà essere posizionata ad una quota, rispetto alla falda, di almeno 15 cm, per evitare possibili infiltrazioni. La fascia dovrà essere sigillata, possibilmente in zona protetta dall'azione dei raggi solari.

### 2. Scossalina

La scossalina dovrà avere una geometria tale da potere evitare infiltrazioni di acqua. Essa può venire posta sopra lastra a monte (fino a raggiungere il colmo) del lucernario e ancora sopra lastra a valle del lucernario. Tuttavia è anche possibile saldare la scossalina alle lastre metalliche, scegliendo quindi materiali saldabili e collegabili fra di loro.

### 3. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino alla canalizzazione, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 4. Sigillatura

In corrispondenza del giunto fra canalizzazione e parte corrente della copertura si dovrà posizionare un sigillante per evitare infiltrazioni di aria.

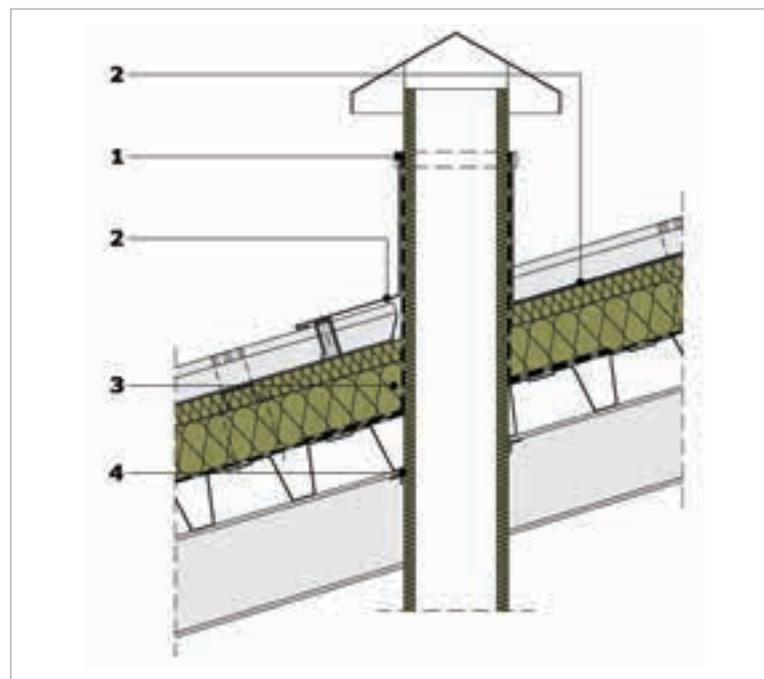


Figura 7.5

Schema grafico del nodo in corrispondenza di terminali impiantistici

In corrispondenza del canale di gronda le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Cicogna

L'elemento di ancoraggio del canale di gronda è presente quando la larghezza del canale di gronda è notevole oppure quando si hanno intense azioni di neve e vento.

### 2. Canale di gronda

La sezione del canale di gronda deve essere dimensionata secondo la normativa UNI EN 12056-3. La larghezza deve essere tuttavia tale da potere garantire una idonea manutenzione.

### 3. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino a quello posizionato in copertura, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 4. Risvolto verticale dello strato di barriera al vapore

Lo strato di barriera al vapore deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la muratura perimetrale, per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con pericolo di condensazione.

### 5. Risvolto del canale di gronda

L'aletta del canale di gronda deve risvoltare al di sotto del manto di tenuta al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

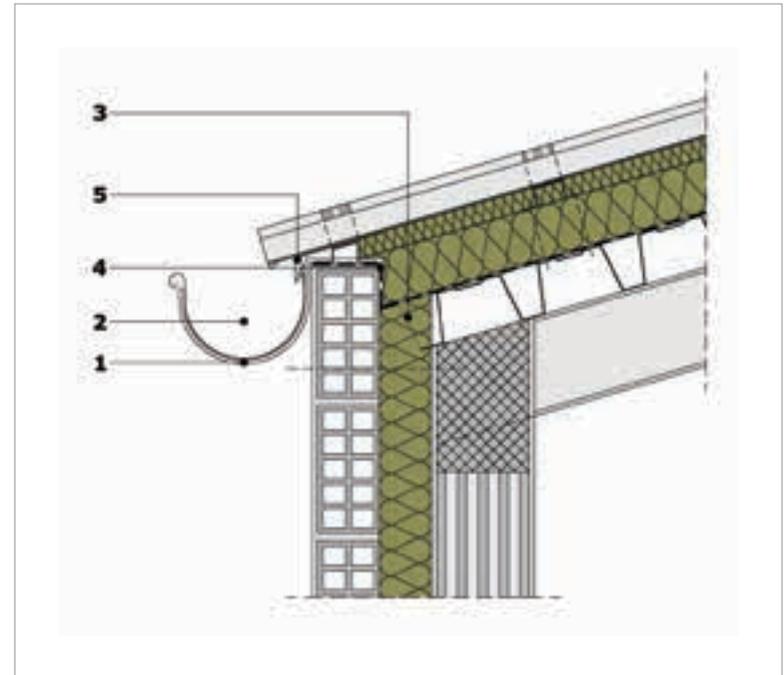


Figura 7.6

Schema grafico del nodo in corrispondenza del canale di gronda

In corrispondenza del parapetto le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Canale di gronda

La sezione del canale di gronda deve essere dimensionata secondo la normativa UNI EN 12056-3. La larghezza deve essere tuttavia tale da potere garantire una idonea manutenzione.

### 2. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino a quello posizionato in copertura, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 3. Risvolto verticale dello strato di barriera al vapore

Lo strato di barriera al vapore deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la muratura perimetrale, per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con pericolo di condensazione.

### 4. Risvolto verticale del canale di gronda

In corrispondenza del parapetto, il canale di gronda deve avere un risvolto in quanto, in occasione di nevicate, si potrebbe avere un accumulo di neve che bagnerebbe la muratura, degradandola.

### 5. Scossalina di protezione

In corrispondenza del parapetto, il risvolto verticale del canale di gronda deve essere protetto mediante una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. È sconsigliata la sola adozione di sigillanti.

### 6. Risvolto del canale di gronda

L'aletta del canale di gronda deve risvoltare al di sotto del manto di tenuta al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

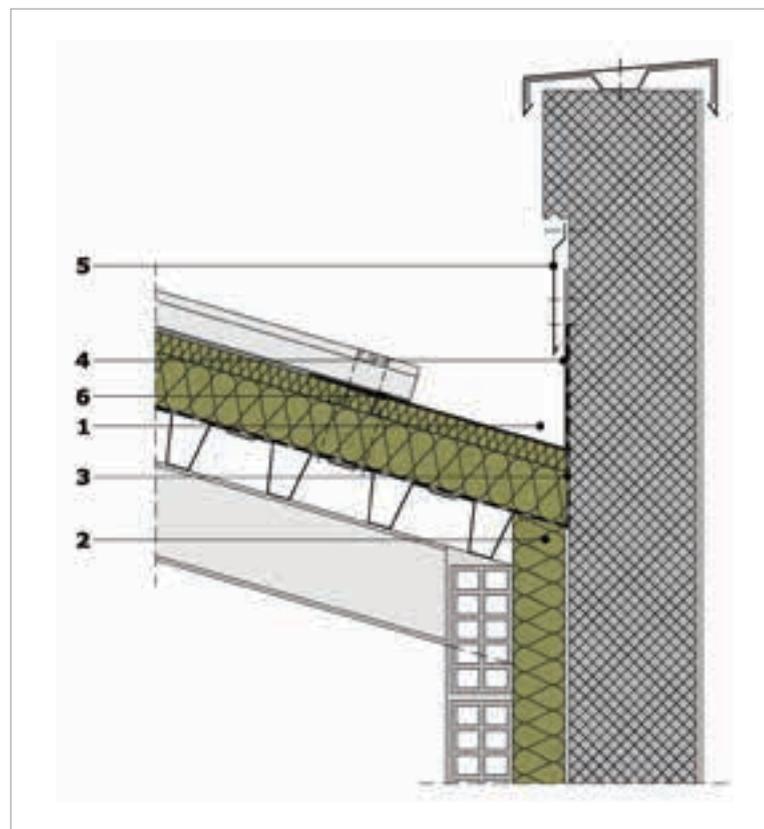


Figura 7.7

Schema grafico del nodo in corrispondenza del parapetto

Coerentemente con la tipologia di copertura, le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Scossalina di colmo

In corrispondenza del colmo, dovrà essere posizionata una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. Essa dovrà risvoltare orizzontalmente in maniera tale che l'acqua portata dal vento non possa infiltrarsi all'interno della copertura.

### 2. Scossalina di protezione

In corrispondenza della parete perimetrale, il risvolto verticale della scossalina deve essere protetto, possibilmente, mediante un risalto della muratura, per evitare infiltrazioni di acqua. È sconsigliata la sola adozione di sigillanti. La scossalina dovrà essere sagomata idoneamente per tenere conto dei risalti delle lastre metalliche. La lunghezza di sovrapposizione dipende dalla ventosità, dalla pendenza della falda e dalla piovosità del sito.

È possibile anche utilizzare accessori preformati, in genere forniti dai produttori di lastre, che vengono collegati alle stesse. Sono da evitare quegli elementi che creino una sorta di camera chiusa e che possano essere anche solo parzialmente dislocati dall'azione del vento.

### 3. Elemento termoisolante

In corrispondenza della parete perimetrale i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici.

### 4. Strato di barriera al vapore

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della parete perimetrale, mediante un adeguato risvolto verticale dei teli. È consigliato un collegamento mediante adesivo alla parete perimetrale.

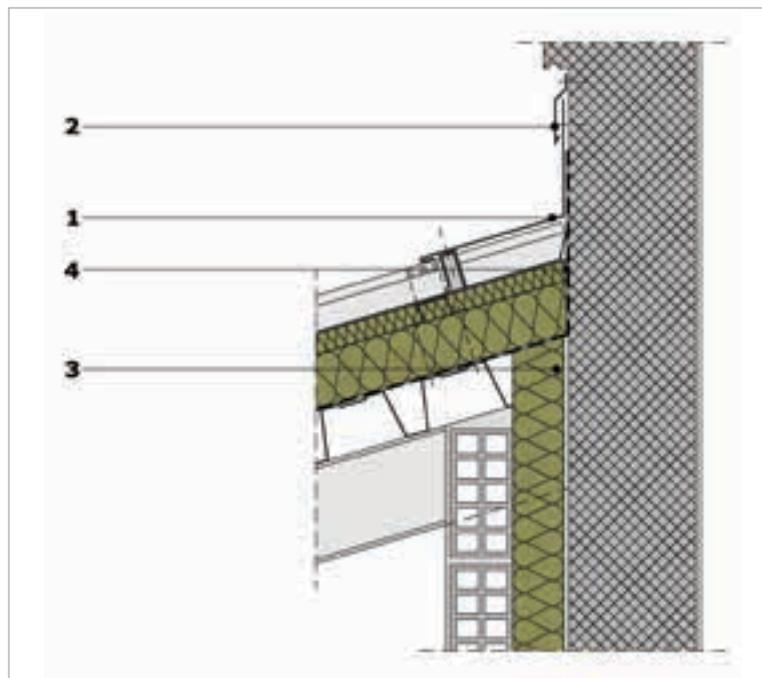


Figura 7.8

Schema grafico del nodo in corrispondenza della parete perimetrale (superiore)

Coerentemente con la tipologia di copertura, le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Scossalina di bordo

In corrispondenza del bordo laterale, dovrà essere posizionata una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. Essa dovrà risvoltare verticalmente in maniera tale da evitare percolamenti di acqua sulla facciata.

### 2. Risvolto verticale della scossalina di bordo

L'aletta del canale deve essere aggraffata con le lastre correnti al fine di evitare che, in presenza di vento, l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

### 3. Elemento di supporto del canale di bordo

L'elemento svolge sia la funzione di supporto del canale di bordo, sia quella di chiusura orizzontale del pacchetto di muratura.

### 4. Elemento termoisolante

In corrispondenza del nodo orizzontale/verticale i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici.

### 5. Strato di barriera al vapore

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della parete perimetrale, mediante un adeguato risvolto verticale dei teli. È consigliato un collegamento mediante adesivo al listello di bordo.

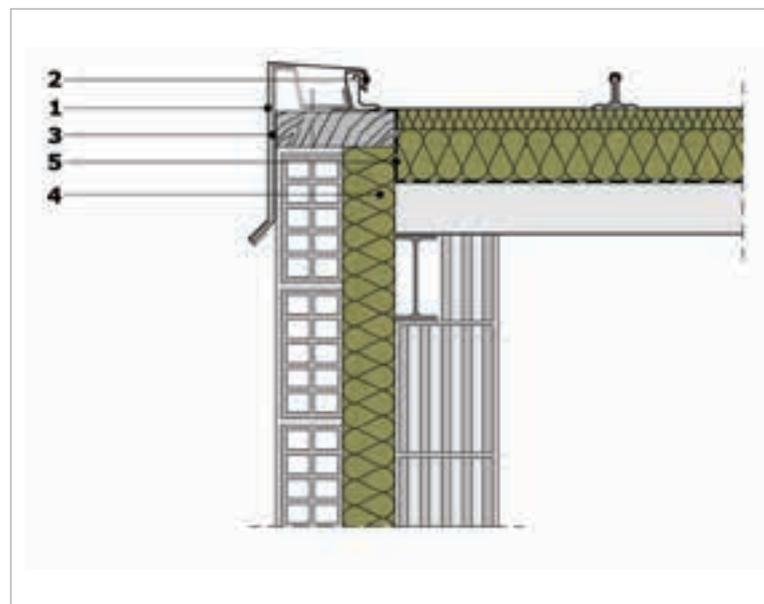
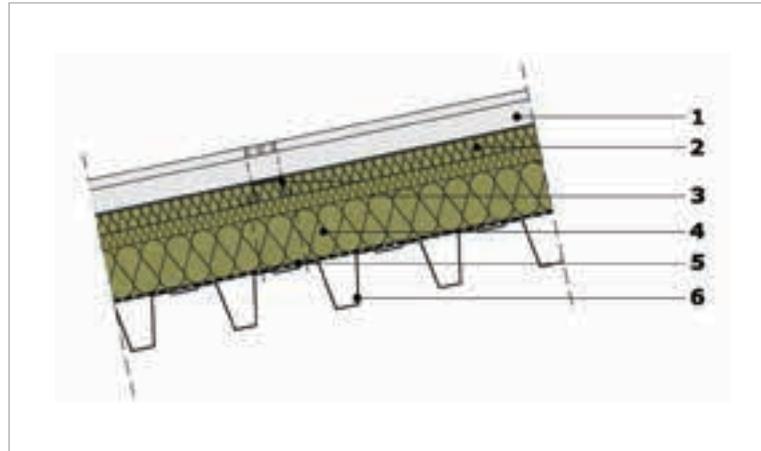


Figura 7.9

Schema grafico del nodo in corrispondenza della parete perimetrale (inferiore)

Si riportano di seguito alcune valutazioni analitiche volte ad indicare le prestazioni termiche del pacchetto di copertura, evidenziando il valore di trasmittanza termica U, al variare dello spessore e del pannello isolante utilizzato\*.

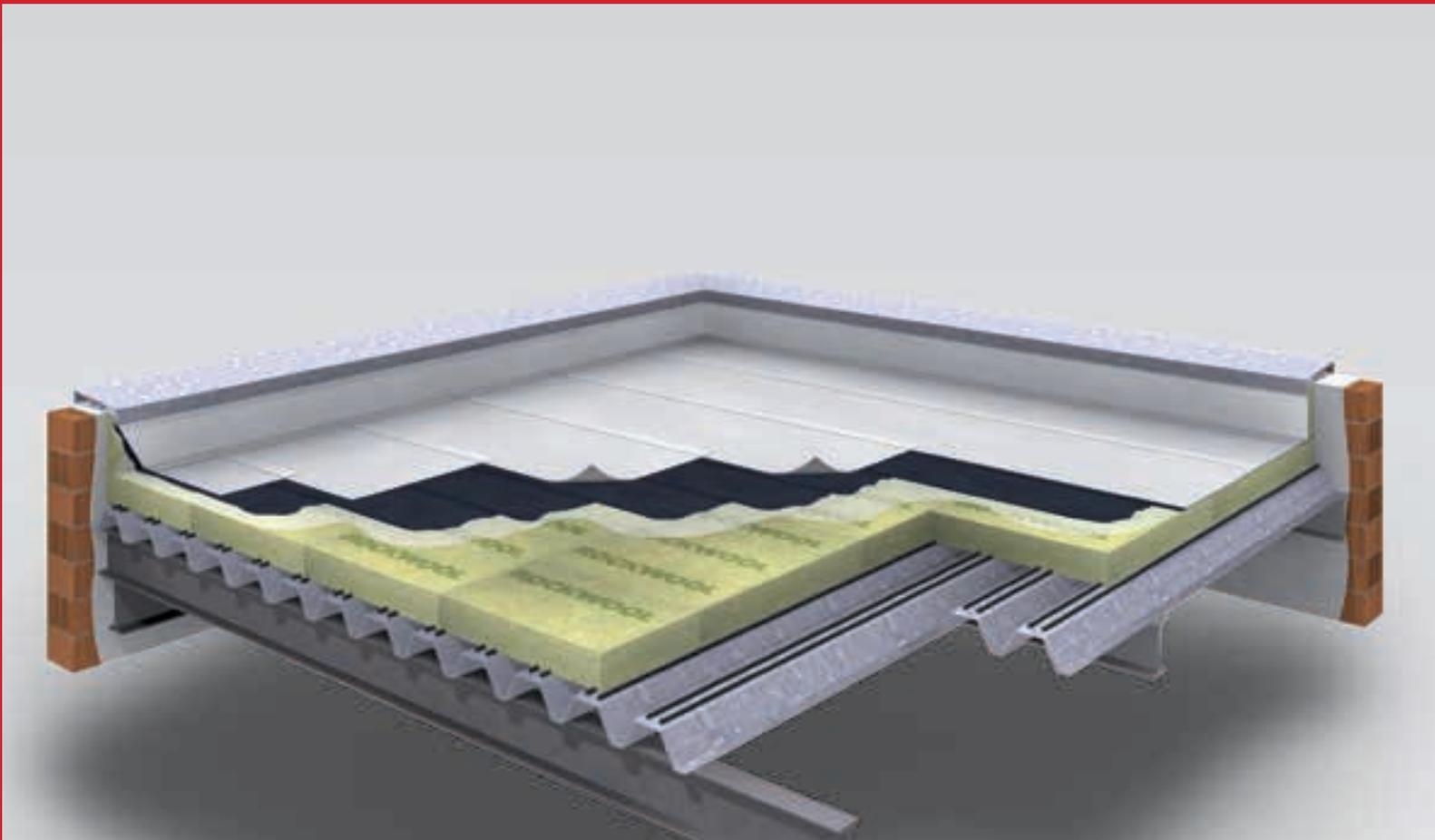


$\lambda_D$ [W/mK]		Spessore isolante [cm]		U [W/m <sup>2</sup> K]
isol. sup.	isol. inf.	isol. sup.	isol. inf.	pacchetto
0,035	0,037	4	10	0,251
0,035	0,037	4	12	0,221
0,035	0,037	4	16	0,178
0,035	0,037	4	22	0,138
0,035	0,037	4	28	0,113

Per ulteriori informazioni sulle caratteristiche tecniche dei prodotti consigliati (ROCKWOOL 211 e DUROCK ENERGY), si rimanda all'appendice tecnica di pagina 185.

\* Disponibile test acustico di laboratorio. Per maggiori informazioni contattare l'ufficio tecnico di Rockwool Italia.





## Copertura continua piana, isolata e non ventilata

Elemento portante: travi in acciaio

Elemento di tenuta: membrana flessibile

Elemento termoisolante: lana di roccia

La soluzione tecnica consiste in una copertura continua, piana con elemento portante in acciaio.

È isolata termicamente mediante un pannello in lana di roccia posizionato sopra il solaio e ad esso fissato.

La membrana impermeabilizzante viene posata con collante bituminoso, previa applicazione di strati di imprimitura direttamente all'elemento termoisolante, che deve avere buone caratteristiche meccaniche in quanto la copertura deve essere pedonabile al fine della sua manutenzione e poiché è soggetto all'azione del vento sulla copertura. La soluzione presuppone una attenta progettazione e un'accuratissima esecuzione in quanto è particolarmente complessa.

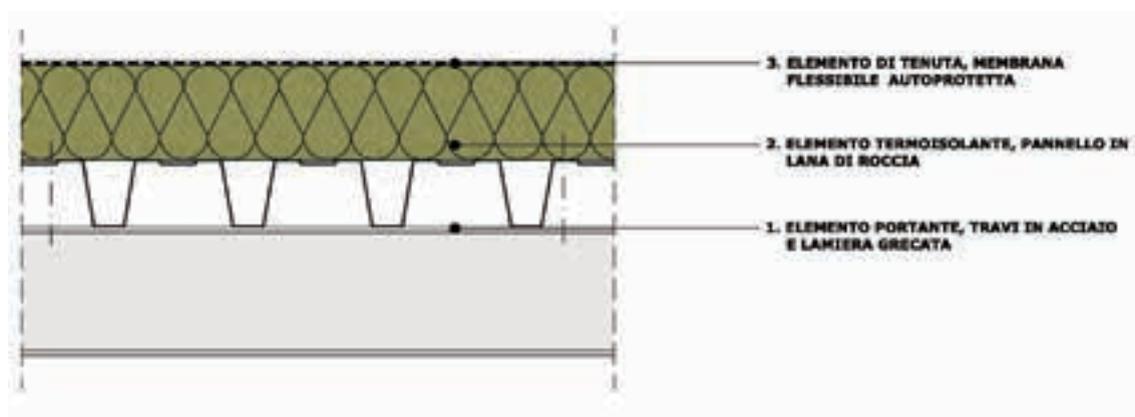


Figura 8.1

Elemento/strato	Caratteristiche principali	Riferimenti normativi
Elemento portante, travi in acciaio e lamiera grecata	Resistenza meccanica Freccia massima	legislazione vigente
Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia	Deformazione sotto carico Conducibilità specifica Carico puntuale Classe di reazione al fuoco (euroclasse) Stabilità dimensionale Resistenza a trazione perpendicolare alle fibre	UNI EN 826 UNI 10351 UNI EN 12430 UNI EN 13501-1 UNI EN 1604 UNI EN 1607
Elemento di tenuta, membrana flessibile bituminosa	Flessibilità a freddo Stabilità di forma a caldo Stabilità dimensionale a caldo Flessibilità a freddo prima e dopo l'invecchiamento termico Carico di rottura Allungamento a rottura Punzonamento statico Punzonamento dinamico	UNI EN 1109 UNI EN 1110 UNI EN 1107 UNI EN 1296 UNI EN 12311-1 UNI EN 12311-1 UNI EN 12730 UNI EN 12691

### 1. Elemento portante, travi in acciaio e lamiera grecata

Dovrà essere dimensionato valutando in maniera adeguata i carichi di progetto, compresa la freccia massima, nel rispetto della legislazione vigente. In relazione all'assenza di uno strato di pendenza dedicato, è necessario posizionare l'elemento portante direttamente con la pendenza necessaria ad evitare ristagni di acqua. Al fine di controllare il flusso di vapore, in assenza di uno strato dedicato, è necessario prevedere il collegamento tra lamiera grecata con elementi (ad esempio sigillanti) che garantiscano la tenuta al passaggio di vapore in corrispondenza delle giunzioni.

### 2. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia

La scelta del materiale deve essere basata sulla resistenza termica, sulla resistenza a compressione (tenendo presenti sia i carichi permanenti che quelli variabili, sia la loro distribuzione sulla superficie), sulla resistenza a trazione in senso perpendicolare alle fibre (in quanto si deve evitare la sua delaminazione a causa dell'azione del vento sulla copertura), sulla sua stabilità dimensionale (in quanto la membrana impermeabilizzante è posta in completa adesione sopra di esso) e su considerazioni legate al fonoisolamento ed al comportamento in caso di incendio. La resistenza termica dovrà essere determinata attraverso apposito calcolo. In relazione al fatto che, per questa specifica soluzione, l'elemento termoisolante svolge anche funzioni di tipo meccanico, è necessario verificare la sua deformabilità: il carico totale di progetto non deve trasmettere sul pannello isolante sollecitazioni superiori al 70% del valore della resistenza a compressione massima alla deformazione certificata del 10%.

Nella soluzione rappresentata, il pannello è fissato direttamente alla lamiera grecata mediante cordoli di mastice a base di bitume: in tal caso è importante utilizzare pannelli isolanti in stratigrafia unica, poiché, come già accennato, in assenza di fissaggi meccanici è il pannello che assolve alla funzione di vincolo tra la membrana impermeabilizzante e la lamiera grecata. La quantità di cordoli di mastice per pannello isolante e il relativo schema di posa devono essere determinati in fase di progetto in funzione del carico di vento, dei pesi permanenti e variabili e dell'adesione tra lamiera e collante e tra collante ed elemento termoisolante.

Si raccomanda di utilizzare prodotti e metodi di installazione appartenenti a pacchetti testati.

In alternativa è possibile prevedere il fissaggio meccanico dei pannelli isolanti (cfr. nota aggiuntiva, punto c).

### 3. Elemento di tenuta, membrana flessibile bituminosa

L'elemento di tenuta deve essere progettato secondo la UNI 9307-1. In particolare le caratteristiche più importanti sono carico di rottura (UNI EN 12311-1), allungamento a rottura (UNI EN 12311-1), punzonamento statico (UNI EN 12730) e dinamico (UNI EN 12691).

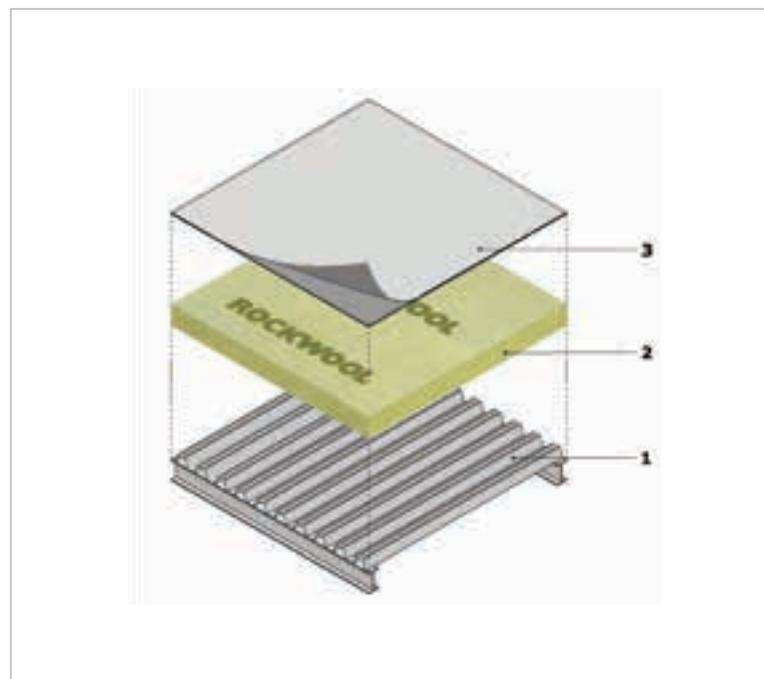


Figura 8.2  
Esplosio assometrico

Un indice di qualità è costituito dalla differenza tra la flessibilità a freddo prima e dopo l'invecchiamento termico (UNI EN 1296) che può variare per le membrane BPP da 10 °C a 25 °C. Al valore minimo di tale differenza corrisponde una migliore qualità. La membrana deve essere del tipo autoprotetto con granuli, scaglie minerali o simili. Per quanto riguarda il carico di vento, è necessario effettuare una specifica verifica relativa alla tipologia di fissaggio per evitare delaminazione della membrana rispetto all'elemento termoisolante. Nella soluzione rappresentata è previsto uno strato di imprimitura e prima impermeabilizzazione, da applicare prima della posa della membrana di tenuta, e la membrana è vincolata al pannello mediante incollaggio. In alternativa è possibile prevedere il fissaggio meccanico della membrana (cfr. nota aggiuntiva, punto c).

## Note aggiuntive

### ■ Potere fonoisolante

Il potere fonoisolante della copertura deve rispettare i valori minimi previsti dalla legislazione vigente. Per questa specifica soluzione tecnica esso è dato dal comportamento "di sistema" del pacchetto. Ogni singolo elemento quindi contribuisce al risultato finale. Per il progettista è importante avere a disposizione il dato complessivo sul "pacchetto", certificato dal produttore.

### ■ Comportamento al fuoco

È consigliabile considerare il ruolo del materiale isolante anche nella prevenzione dei rischi di incendio (cfr. capitolo 8) come protezione passiva dei diversi elementi della copertura.

### ■ Eventuali fissaggi meccanici

Per la presente soluzione, possono essere previsti fissaggi meccanici dell'isolante e dell'elemento di tenuta all'elemento portante. In tal caso si consiglia l'utilizzo di uno strato di barriera al vapore sul lato inferiore dell'isolante.

### 1. Elemento portante, travi in acciaio e lamiera grecata

È necessario, nel caso di struttura a vista, una particolare accuratezza nei fissaggi fra lamiera grecata e travi in acciaio. Ci si deve accertare di collegare perfettamente i vari elementi grecati e di prevederne la sigillatura dei giunti. La continuità della tenuta all'aria ed ai flussi di vapore deve essere garantita anche in corrispondenza di tutti i nodi presenti (lucernari, colmo, ecc.).

### 2. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia

Si deve evitare di posare pannelli mancanti di parti, con presenza di acqua o, in genere, deteriorati.

L'accostamento deve essere perfetto per evitare ponti termici. I pannelli devono essere sfalsati fra di loro, con la dimensione maggiore perpendicolare alle greche della lamiera in acciaio.

Nella soluzione rappresentata i pannelli sono vincolati alla lamiera mediante mastice bituminoso, che deve essere applicato in cordoli sulla parte più alta delle greche della lamiera secondo le indicazioni fornite in fase di progetto. È importante verificare, in particolare nei nodi, che ogni pannello isolante sia vincolato alla lamiera mediante una congrua quantità di cordoli di mastice.

### 3. Elemento di tenuta, membrana flessibile bituminosa

La posa deve avvenire con molta cura soprattutto rispetto alle sovrapposizioni laterali e di testa minime richieste ed in corrispondenza dei nodi. In particolare, si devono verificare le larghezze delle sormonte minime laterali e di testa (in genere indicate nei manuali di posa delle aziende produttrici), la sovrapposizione dei teli (in genere sfalsati per metà della larghezza), le modalità di adesione fra telo e telo.

In relazione al fatto che la tenuta al vento è garantita unicamente dall'incollaggio in opera, è necessario controllare che ciò avvenga in modo accurato, facendo, qualora fosse opportuno, anche dei campionamenti prima di effettuare le lavorazioni. Si consiglia di effettuare, dopo la posa, una prova di tenuta all'acqua o per invaso o di tipo strumentale (prova a vuoto o in pressione) per essere certi della correttezza delle operazioni di posa.

Nella soluzione rappresentata, la posa della membrana flessibile è preceduta dall'applicazione di strati di imprimitura e prima impermeabilizzazione in forma liquida, da applicarsi secondo quanto indicato nei manuali di posa delle aziende produttrici.

Le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Lucernario

Il sistema di collegamento fra struttura e lucernario dovrà essere predefinito prima della fase di posa in opera al fine di evitare aggiustamenti in cantiere che possano dare luogo a difetti con conseguenti guasti. Si consiglia che il risalto del lucernario rispetto al piano dell'impermeabilizzazione sia di almeno di 15 cm.

### 2. Scossalina

La scossalina del lucernario deve coprire il risvolto verticale dell'elemento di tenuta per evitare infiltrazioni.

### 3. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino al lucernario, garantendo l'assenza di ponti termici.

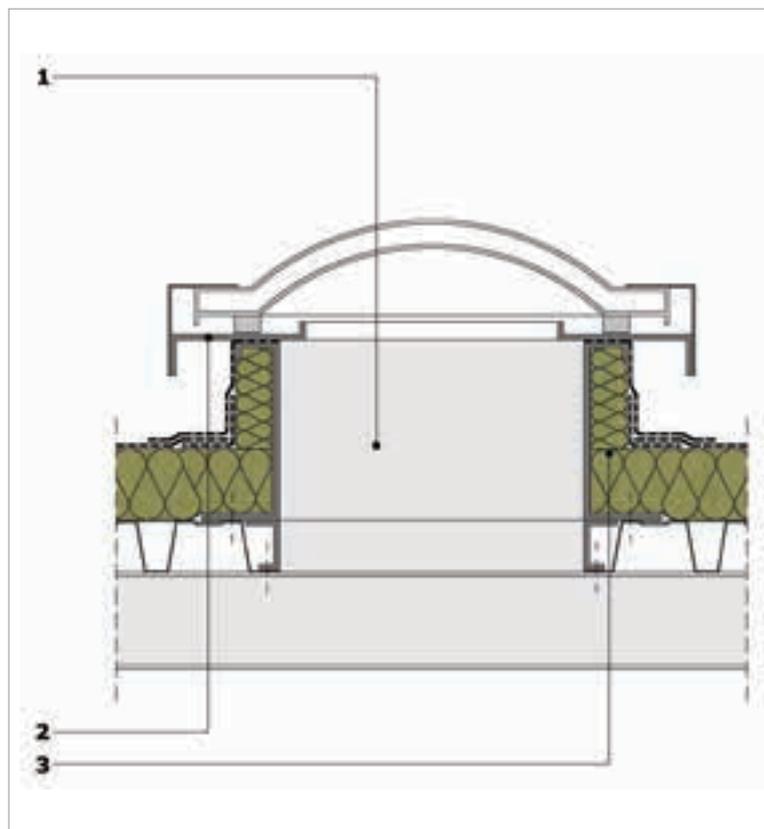


Figura 8.3

Schema grafico del nodo in corrispondenza del lucernario

In corrispondenza di terminali impiantistici le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Fascia di collegamento

La fascia di collegamento dovrà essere posizionata ad una quota, rispetto alla falda, di almeno 15 cm, per evitare possibili infiltrazioni. La fascia dovrà essere sigillata alla tubazione, in zona protetta dall'azione dei raggi solari.

### 2. Terminale

Al fine di poter realizzare in modo opportuno il nodo, è conveniente utilizzare elementi presagomati di materiale compatibile con quello della membrana bituminosa alla quale vengono saldati.

### 3. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve poter giungere direttamente fino alla canalizzazione, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

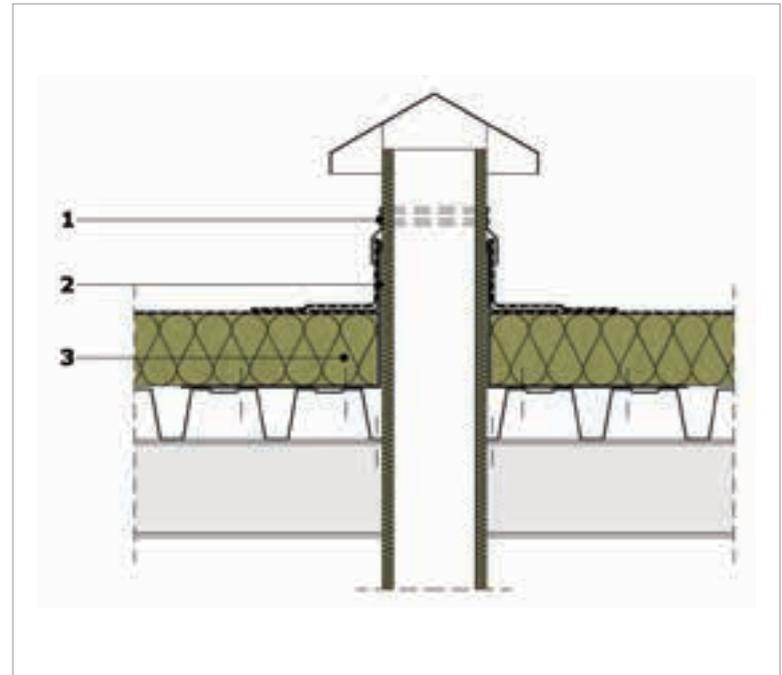


Figura 8.4

Schema grafico del nodo in corrispondenza di terminali impiantistici

In corrispondenza del canale di gronda le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Canale di gronda

La sezione del canale di gronda deve essere dimensionata secondo la normativa UNI EN 12056-3. La larghezza deve essere tuttavia tale da poter garantire una idonea manutenzione.

### 2. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve poter giungere direttamente fino a quello posizionato in copertura, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 3. Tenuta all'acqua del nodo canale di gronda-elemento di tenuta

Il canale di gronda, realizzato con materiale compatibile con quello utilizzato per l'elemento di tenuta, deve essere posizionato fra i due strati (o al di sotto dell'unico strato) per permettere una migliore garanzia di tenuta all'acqua del nodo. Per canali di gronda di larghezze elevate è necessario che la staffatura si prolunghi idoneamente all'interno della copertura.

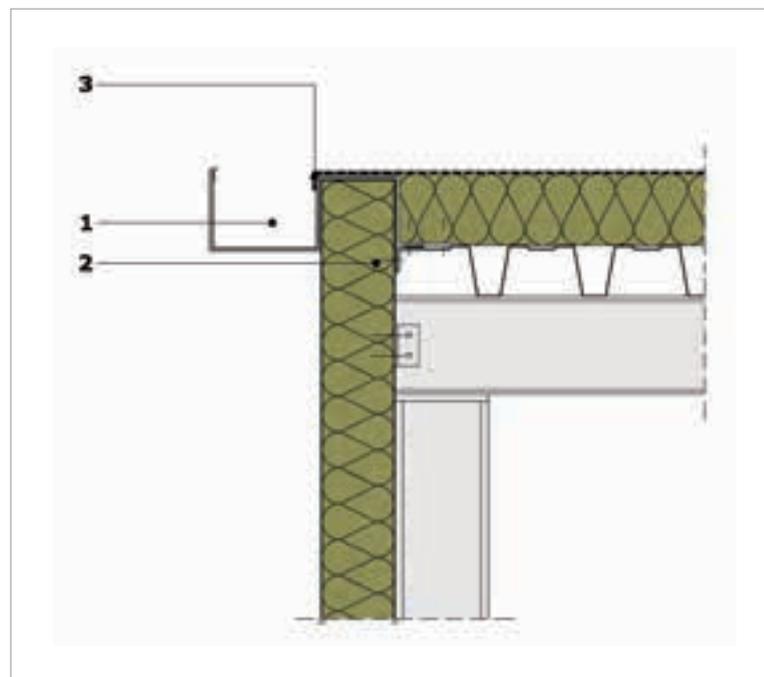


Figura 8.5

Schema grafico del nodo in corrispondenza del canale di gronda

Coerentemente con la tipologia di copertura, le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Scossalina perimetrale

In corrispondenza del bordo laterale, dovrà essere posizionata una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. Essa dovrà risvoltare verticalmente in maniera tale da evitare percolamenti di acqua sulla facciata. Dovrà essere realizzata in materiale compatibile con quello utilizzato per l'elemento di tenuta.

### 2. Elemento termoisolante

In corrispondenza nodo orizzontale/verticale i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici.

### 3. Controllo della diffusione del vapore

Si deve garantire la continuità anche in corrispondenza della parete perimetrale, mediante un profilo di collegamento fra lamiera grecata e parete perimetrale.

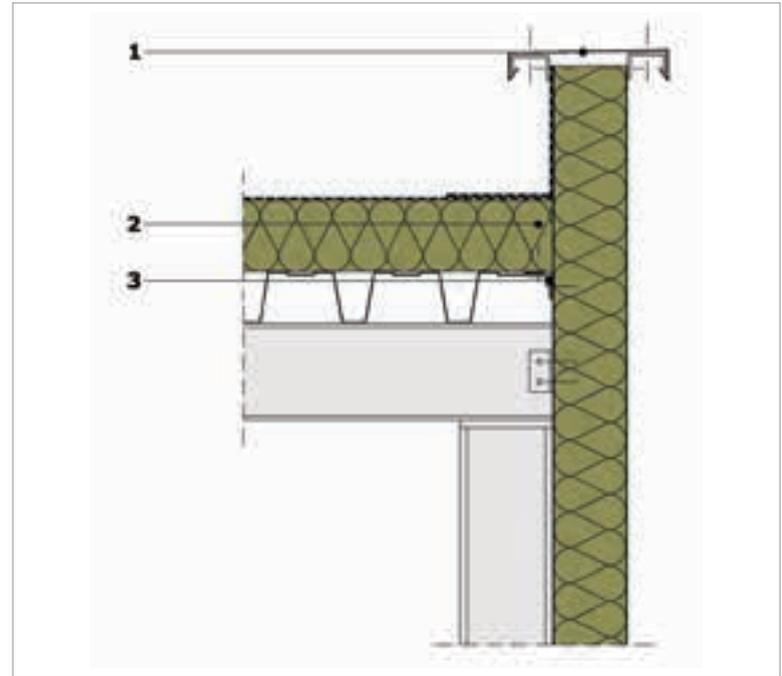
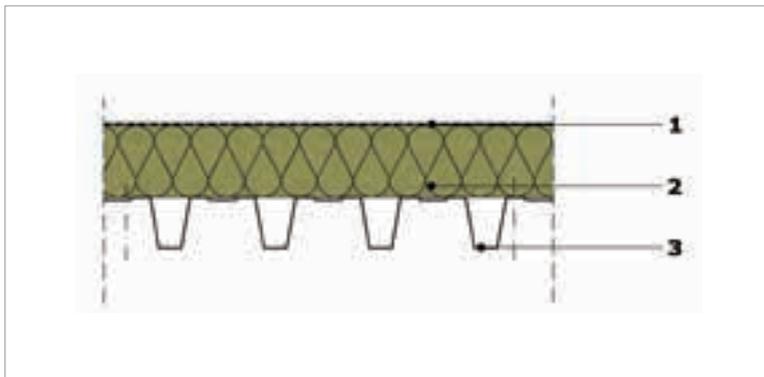


Figura 8.6

Schema grafico del nodo in corrispondenza della parete perimetrale

Pagina a cura di Rockwool

Si riportano di seguito alcune valutazioni analitiche volte ad indicare le prestazioni termiche del pacchetto di copertura, evidenziando il valore di trasmittanza termica U, al variare dello spessore e del pannello isolante utilizzato.



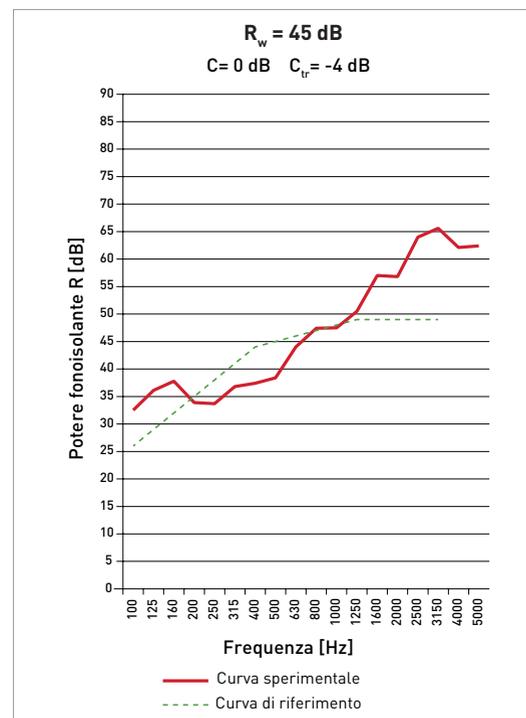
$\lambda_D$ [W/mK]	Spessore isolante [cm]	U [W/m <sup>2</sup> K]
0,040	14	0,275
0,040	18	0,215
0,040	22	0,177
0,040	30	0,131

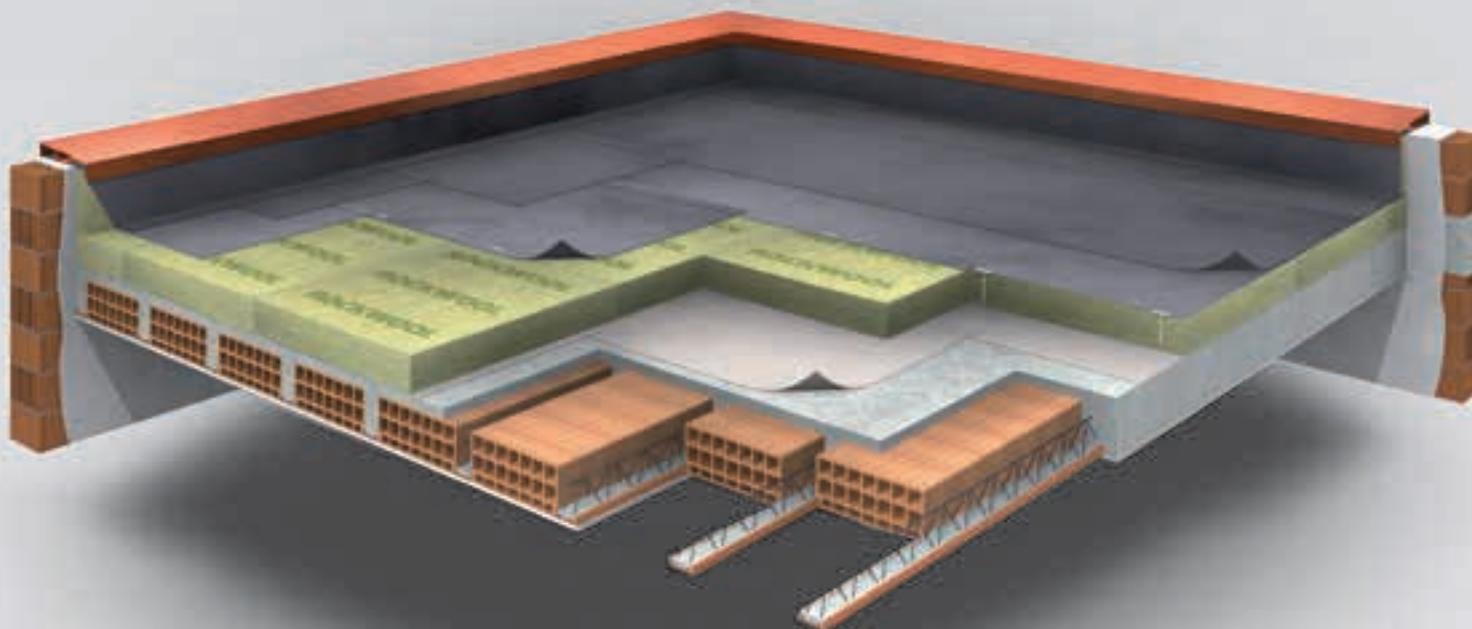
Per ulteriori informazioni sulle caratteristiche tecniche dei prodotti consigliati (DACHROCK e HARDROCK MAX), si rimanda all'appendice tecnica di pagina 185.

### SOLUZIONE TESTATA ACUSTICAMENTE

1. Elemento di tenuta Fire resistant e U.V. resistant con coating superficiale altamente riflettente, strato di prima impermeabilizzazione settorizzazione e vincolo, vernice di impregnazione .
2. Strato di materiale isolante: pannello ROCKWOOL DACHROCK in lana di roccia ad alta densità (165 Kg/m<sup>3</sup>), spessore nominale 140 mm.
3. Lamiera grecata portante in acciaio zincato sp. 10/10 mm, H = 150 mm tipo HV 1562/3.

Prova acustica effettuata presso Modulo Uno S.p.A. di Torino





## Copertura continua piana, isolata e non ventilata

Elemento portante: solaio in laterocemento

Elemento di tenuta: membrana flessibile bituminosa

Elemento termoisolante: lana di roccia

La soluzione tecnica consiste in una copertura continua, piana con elemento portante in laterocemento.

È isolata termicamente mediante un pannello in lana di roccia, posizionato sopra il solaio, che deve avere buone caratteristiche meccaniche, in quanto la copertura deve essere pedonabile al fine della sua manutenzione.

La membrana impermeabilizzante e l'elemento termoisolante vengono posati con fissaggio meccanico allo strato di pendenza.

È presente uno strato di controllo alla diffusione del vapore per evitare la formazione di condensa al di sotto dell'elemento di tenuta, in quanto esso è poco permeabile al vapore. La soluzione viene utilizzata nel caso di edifici destinati a residenza, ad uffici o di tipo industriale, sia nel caso di nuova realizzazione sia nel caso di recupero di coperture esistenti.

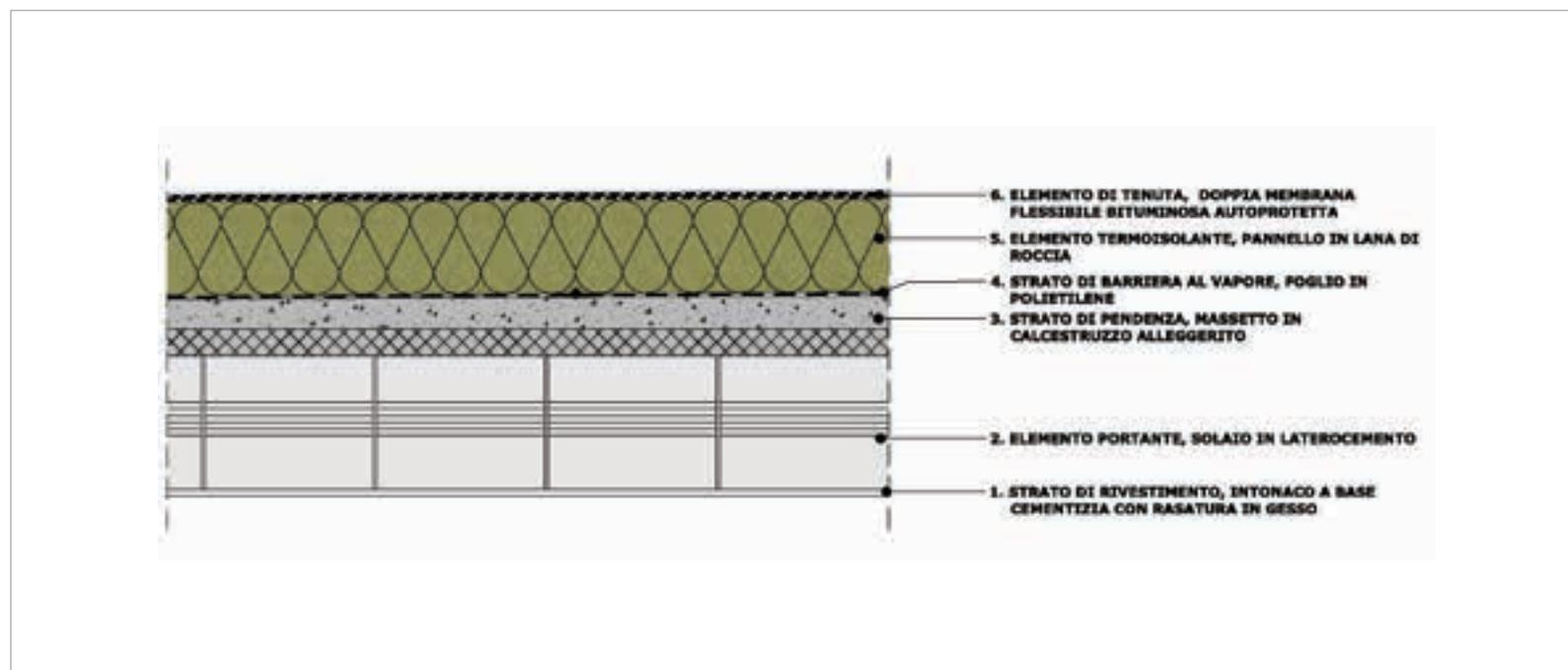


Figura 9.1

Elemento/strato	Caratteristiche principali	Riferimenti normativi
Strato di rivestimento, intonaco a base cementizia con rasatura in gesso	Planarità, adesione al supporto, assenza di difetti visibili	
Elemento portante, solaio in laterocemento	Resistenza meccanica, freccia massima	legislazione vigente
Strato di pendenza, massetto in calcestruzzo alleggerito		
Strato di barriera al vapore, foglio in polietilene	Resistenza al vapore acqueo	UNI EN ISO 12572 UNI EN ISO 10456
Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia	Deformazione sotto carico Conducibilità specifica Carico puntuale Classe di reazione al fuoco (euroclasse) Stabilità dimensionale	UNI EN 826 UNI 10351 UNI EN 12430 UNI EN 13501-1 UNI EN 1604
Elemento di tenuta, doppia membrana flessibile bituminosa	Flessibilità a freddo Stabilità di forma a caldo Stabilità dimensionale a caldo Flessibilità a freddo prima e dopo l'invecchiamento termico Carico di rottura Allungamento a rottura Punzonamento statico Punzonamento dinamico	UNI EN 1109 UNI EN 1110 UNI EN 1107 UNI EN 1296 UNI EN 12311-1 UNI EN 12311-1 UNI EN 12730 UNI EN 12691

#### 1. Strato di rivestimento, intonaco a base cementizia con rasatura a gesso

#### 2. Elemento portante, solaio in laterocemento

Dovrà essere dimensionato valutando in maniera adeguata i carichi di progetto, compresa la freccia massima, nel rispetto della legislazione vigente.

#### 3. Strato di pendenza, massetto in calcestruzzo alleggerito

La pendenza dell'elemento, nelle condizioni di carico di progetto, deve essere uguale o superiore al 1.5%, al fine di evitare ristagni di acqua.

#### 4. Strato di barriera al vapore, foglio in polietilene

In genere è sufficiente uno spessore di pochi decimi di millimetro. È tuttavia importante, in fase di progetto, indicare che i fogli debbano essere collegati con nastro biadesivo. È necessario valutare la resistenza al passaggio di vapore acqueo minima necessaria di questo strato, in base ad una verifica termoigrometrica, secondo la UNI EN ISO 13788.

#### 5. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia

La scelta del materiale deve essere basata sulla resistenza termica, sulla resistenza a compressione (tenendo in considerazione sia i carichi permanenti che quelli variabili, sia la loro distribuzione sulla superficie), sulla sua stabilità dimensionale (in quanto la membrana impermeabilizzante è posta in adesione sopra di esso) e su considerazioni legate al fonoisolamento ed al comportamento in caso di incendio. La resistenza termica dovrà essere determinata attraverso apposito calcolo. In relazione al fatto che, per questa specifica soluzione, l'elemento termoisolante svolge anche funzioni di tipo meccanico, è necessario verificare la sua deformabilità: il carico totale di progetto non deve trasmettere sul pannello isolante sollecitazioni superiori al 70% del valore della resistenza a compressione massima alla deformazione certificata del 10%.

#### 6. Elemento di tenuta, doppia membrana flessibile bituminosa

L'elemento di tenuta deve essere progettato secondo la UNI 9307-1. In particolare le caratteristiche più importanti sono carico di rottura (UNI EN 12311-1), allungamento a rottura (UNI EN 12311-1), punzonamento statico (UNI EN 12730) e dinamico (UNI EN 12691).

Un indice di qualità è costituito dalla differenza tra la flessibilità a freddo prima e dopo l'invecchiamento termico (UNI EN 1296), che può variare per le membrane BPP da 10 °C a 25 °C. Al valore minimo di tale differenza corrisponde una migliore qualità. La membrana deve essere del tipo autoprotetto con granuli, scaglie minerali o simili.

Il numero di fissaggi meccanici e il relativo schema di posa devono essere determinati in fase di progetto in funzione del carico di vento, dei pesi permanenti e variabili, delle caratteristiche tecniche dei fissaggi del supporto e dell'elemento di tenuta.

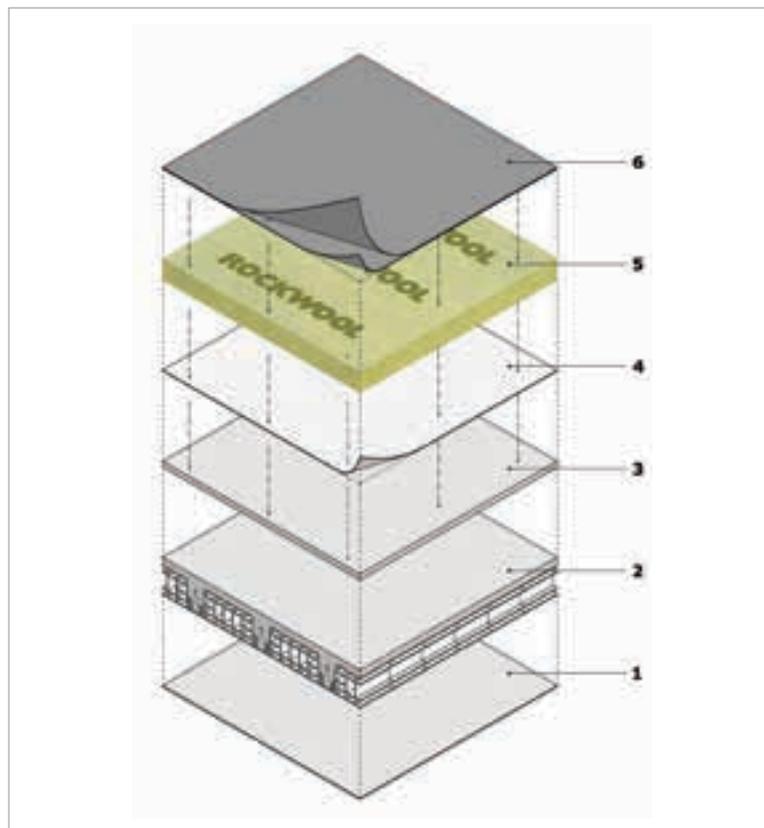


Figura 9.2  
Esplosio assometrico

## Note aggiuntive

### ■ Potere fonoisolante

Il potere fonoisolante della copertura deve rispettare i valori minimi previsti dalla legislazione vigente. Per questa specifica soluzione tecnica esso è dato dal comportamento "di sistema" del pacchetto. Ogni singolo elemento quindi contribuisce al risultato finale. In particolare, tuttavia, assume molta importanza la tipologia e la massa dell'elemento portante (solaio in laterocemento). Per il progettista è importante avere a disposizione il dato complessivo sul "pacchetto", certificato dal produttore.

### ■ Comportamento al fuoco

È consigliabile considerare il ruolo del materiale isolante anche nella prevenzione dei rischi di incendio (cfr. capitolo 8) come protezione passiva dei diversi elementi della copertura.

### 1. Strato di rivestimento, intonaco a base di malta e rasatura a gesso

L'intonacatura deve essere realizzata avendo cura della planarità e dei dettagli in corrispondenza delle zone perimetrali.

### 2. Elemento portante, solaio in laterocemento

Al fine di evitare eccessivi riporti di materiale all'intradosso, è necessario effettuare la casseratura e il getto in maniera accurata.

### 3. Strato di pendenza, massetto in calcestruzzo alleggerito

Prima di procedere alla posa degli strati sovrastanti, di concerto con l'impresa generale, è necessario verificare la planarità, l'assenza di vuoti e asperità, la perfetta pulizia del supporto e la sua pendenza.

### 4. Strato di controllo alla diffusione del vapore, foglio in polietilene

Ci si deve accertare che i fogli siano perfettamente collegati e che gli stessi garantiscano la continuità della tenuta, anche in corrispondenza di tutti i nodi presenti (lucernari, colmo, ecc.).

### 5. Elemento termoisolante, pannello in lana di roccia

Si deve evitare di posare pannelli mancanti di parti, con presenza di acqua o, in genere, deteriorati.

L'accostamento deve essere perfetto per evitare ponti termici. I pannelli devono essere sfalsati fra di loro.

### 6. Elemento di tenuta, doppia membrana flessibile bituminosa

La posa deve avvenire con molta cura, soprattutto rispetto alle sovrapposizioni laterali e di testa minime richieste ed in corrispondenza dei nodi. Si consiglia di effettuare, prima della posa, una prova di pull-off del singolo fissaggio meccanico. In particolare si devono verificare le larghezze delle sormonte minime laterali e di testa (in genere indicate nei manuali di posa delle aziende produttrici), la sovrapposizione dei teli (in genere sfalsati per metà della larghezza), le modalità di adesione fra telo e telo.

I fissaggi meccanici, in caso di doppia membrana, devono essere effettuati al di sopra della membrana inferiore, in una fascia protetta dalla sormonta della membrana superiore, che non deve essere forata.

Si consiglia di effettuare, dopo la posa, una prova di tenuta all'acqua o per in-vaso o di tipo strumentale (prova a vuoto o in pressione) per essere certi della correttezza delle operazioni di posa.

Le attenzioni progettuali sono le seguenti:

#### 1. Lucernario

Il sistema di collegamento fra struttura e lucernario dovrà essere predefinito prima della fase di posa in opera al fine di evitare aggiustamenti in cantiere che possono dare luogo a difetti con conseguenti guasti.

#### 2. Risolto verticale dell'elemento di tenuta all'acqua

Lo strato di controllo alla tenuta all'acqua deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere almeno la scossalina del lucernario per evitare infiltrazioni di acqua verso l'interno.

#### 3. Risolto verticale dello strato di controllo alla diffusione del vapore

Lo strato di controllo alla diffusione del vapore deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere almeno la scossalina del lucernario, per evitare passaggi di vapore non voluti.

#### 4. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve poter giungere direttamente fino al telaio del lucernario, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

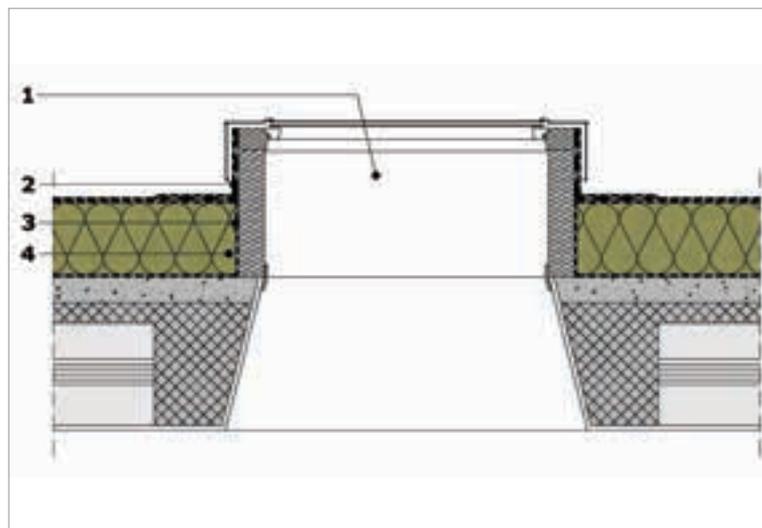


Figura 9.3

Schema grafico del nodo in corrispondenza del lucernario

In corrispondenza di terminali impiantistici le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Fascia di collegamento

La fascia di collegamento dovrà essere posizionata ad una quota, rispetto alla falda, di almeno 15 cm, per evitare possibili infiltrazioni. La fascia dovrà essere sigillata, possibilmente in zona protetta dall'azione dei raggi solari.

### 2. Terminale

Al fine di poter realizzare in modo opportuno il nodo, è conveniente utilizzare elementi presagomati (controtubi) di materiale compatibile con quello della membrana bituminosa alla quale vengono saldati.

### 3. Risvolto verticale dello strato di controllo alla diffusione del vapore

Lo strato deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere l'elemento di tenuta, per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con conseguenti rischi di condensazione.

### 4. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino alla canalizzazione, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

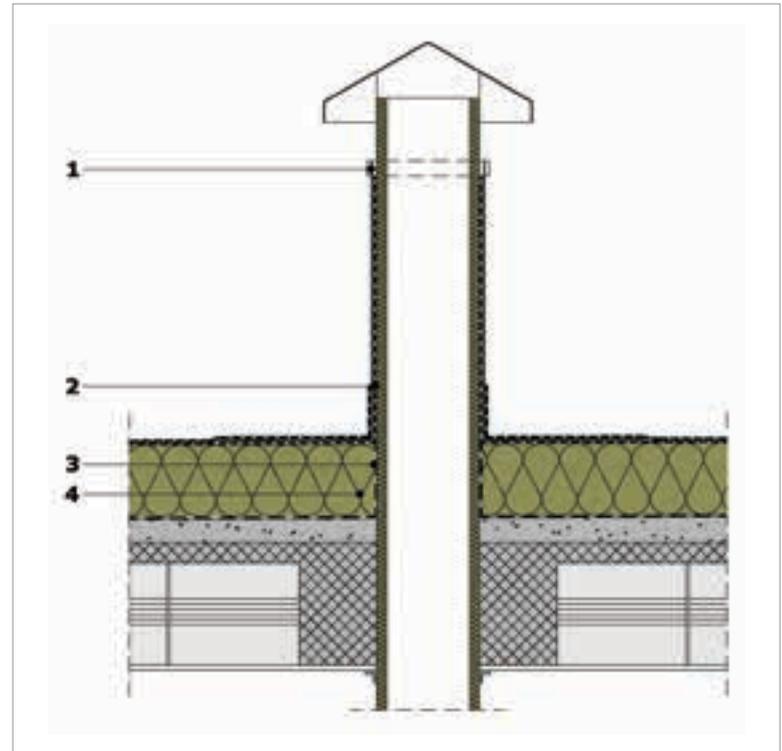


Figura 9.4

Schema grafico del nodo in corrispondenza di terminali impiantistici

In corrispondenza del canale di gronda le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

### 1. Canale di gronda

La sezione del canale di gronda deve essere dimensionata secondo la normativa UNI EN 12056-3. La larghezza deve essere tuttavia tale da potere garantire una idonea manutenzione.

### 2. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve poter giungere direttamente fino a quello posizionato in copertura, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

### 3. Risvolto dello strato di controllo alla diffusione del vapore

Lo strato deve proseguire fino a raggiungere l'elemento di tenuta, per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'esterno con conseguenti rischi di condensazione.

### 4. Taglio termico della struttura portante

La gronda, realizzata in calcestruzzo, al fine di evitare ponti termici, deve essere sezionata termicamente rispetto al solaio principale. Uno dei sistemi possibili consiste nell'utilizzare barre o profili in acciaio distanziatori con capacità portanti. Fra il solaio e la gronda viene quindi posizionato un isolante termico.

### 5. Tenuta all'acqua del nodo canale di gronda - elemento di tenuta

Il canale di gronda, realizzato con materiale compatibile con quello utilizzato per l'elemento di tenuta, deve essere posizionato fra i due strati (o al di sotto dell'unico strato), per permettere una migliore garanzia di tenuta all'acqua del nodo.

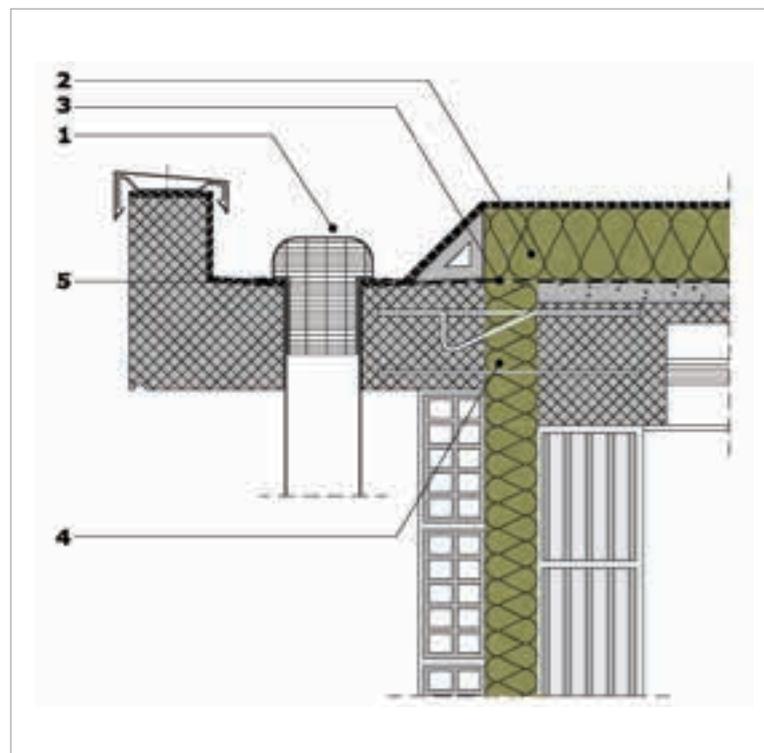


Figura 9.5

Schema grafico del nodo in corrispondenza del canale di gronda

In corrispondenza del parapetto le attenzioni progettuali da adottare sono le seguenti:

#### 1. Continuità dell'elemento termoisolante

L'elemento termoisolante deve potere giungere direttamente fino a quello posizionato in copertura, senza soluzioni di continuità, per evitare zone a minor resistenza termica (ponti termici).

#### 2. Risolto dello strato di controllo alla diffusione del vapore

Lo strato deve risvoltare verticalmente fino a raggiungere la muratura perimetrale, per evitare possibili punti di infiltrazione di aria verso l'interno con pericolo di condensazione.

#### 3. Risolto verticale dell'elemento di tenuta

È consigliabile la presenza di una scossalina perimetrale protetta da un risalto della muratura dotato di rompigoccia. È consigliabile verificare sui manuali di posa delle aziende produttrici l'esatta suddivisione e conformazione della membrana impermeabilizzante al fine di evitare tensionamenti.

#### 4. Taglio termico della struttura portante (eventuale)

Il parapetto, realizzato in calcestruzzo, al fine di evitare ponti termici, deve essere sezionato termicamente rispetto al solaio principale. Se vi fosse necessità di collegamento al solaio principale, uno dei sistemi possibili consiste nell'utilizzare barre o profili in acciaio distanziatori con capacità portanti. Fra il solaio e il parapetto può quindi essere posizionato un isolante termico.

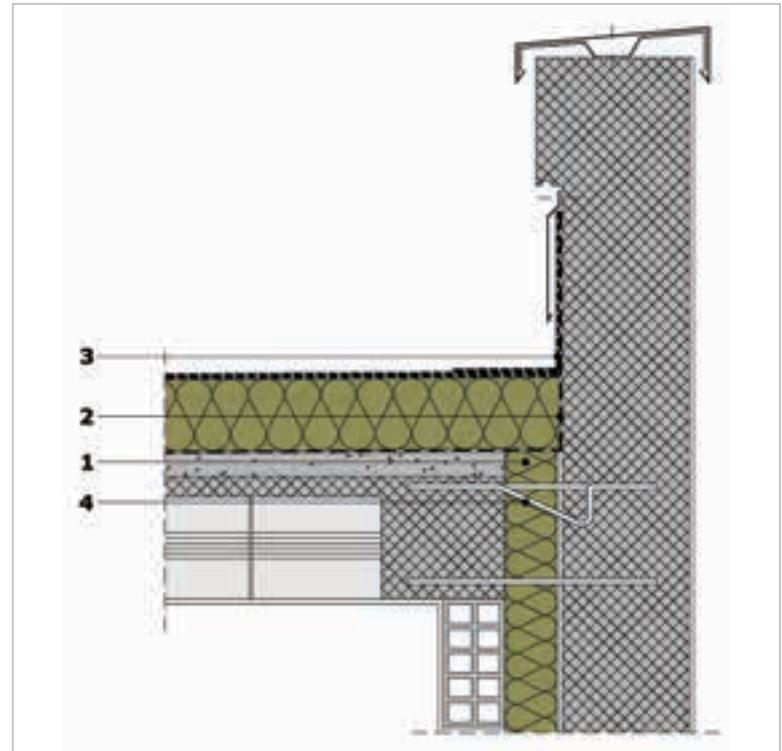


Figura 9.6  
Schema grafico del nodo in corrispondenza del parapetto

Coerentemente con la tipologia di copertura, le attenzioni progettuali sono le seguenti:

### 1. Scossalina perimetrale

In corrispondenza del bordo laterale, dovrà essere posizionata una specifica scossalina per evitare infiltrazioni di acqua. Essa dovrà risvoltare verticalmente in maniera tale da evitare percolamenti di acqua sulla facciata. Dovrà essere realizzata in materiale compatibile e saldabile con quello utilizzato per l'elemento di tenuta.

### 2. Risvolto della scossalina perimetrale

L'aletta della scossalina deve risvoltare al di sotto del manto di tenuta, dove viene sigillata, al fine di evitare che l'acqua possa giungere fino all'interno della copertura.

### 3. Elemento termoisolante

In corrispondenza del nodo orizzontale/verticale i pannelli devono essere sagomati in maniera tale da evitare lacune che indurrebbero ponti termici.

### 4. Strato di controllo della diffusione del vapore

Lo strato deve garantire la continuità anche in corrispondenza della parete perimetrale, mediante un adeguato risvolto verticale dei teli. È consigliato un collegamento mediante adesivo al cordolo di bordo.

### Taglio termico della struttura portante (eventuale)

Il cordolo perimetrale, se realizzato in calcestruzzo, al fine di evitare ponti termici, deve essere sezionato termicamente rispetto al solaio principale. Uno dei sistemi possibili consiste nell'utilizzare barre o profili in acciaio distanzianti con capacità portanti. Fra il solaio ed il cordolo viene quindi posizionato un isolante termico.

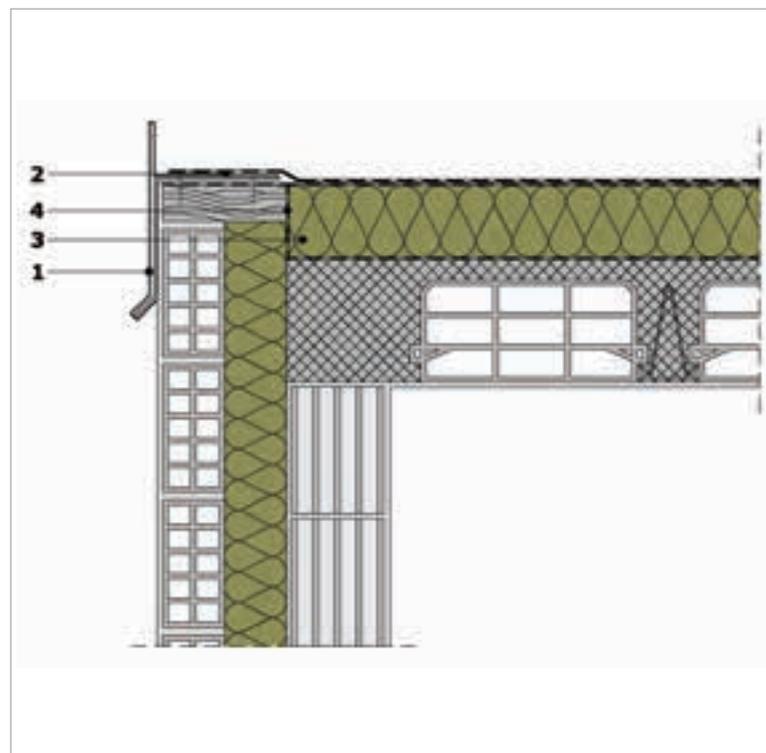
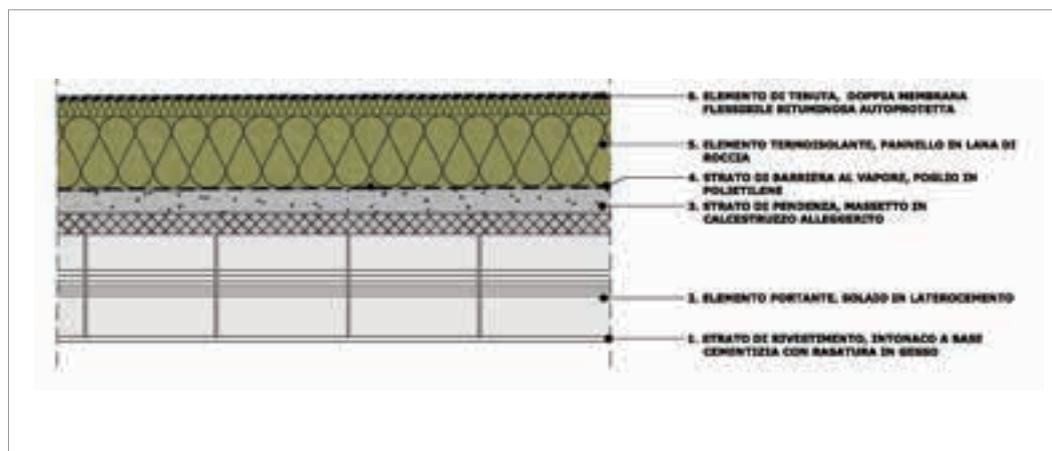


Figura 9.7

Schema grafico del nodo in corrispondenza della parete perimetrale (inferiore)

Si riportano di seguito alcune valutazioni analitiche volte ad indicare le prestazioni termiche del pacchetto di copertura, evidenziando il valore di trasmittanza termica U, al variare dello spessore e del pannello isolante utilizzato.



$\lambda_D$ [W/mK]	Spessore isolante [cm]	U [W/m <sup>2</sup> K]
0,037	13	0,238
0,037	14	0,224
0,037	16	0,200
0,037	20	0,164
0,037	26	0,130
0,037	30	0,114

Per ulteriori informazioni sulle caratteristiche tecniche dei prodotti consigliati (DUROCK ENERGY), si rimanda all'appendice tecnica di pagina 185.

Nelle pagine seguenti è presente un elenco di leggi e norme, suddivise per tematiche, utilizzabili per avere una maggiore chiarezza rispetto a quanto trattato nel testo. Si ricorda che i decreti ministeriali sono cogenti mentre le norme rappresentano uno stato dell'arte. Queste ultime, tuttavia, costituiscono il documento di riferimento in caso di contenziosi. Per quanto riguarda le norme vi sono tre livelli:

- UNI, l'Ente Nazionale Italiano di Unificazione che si occupa di elaborare le norme, pubblicarle e rappresentare l'Italia a livello Europeo (CEN) e internazionale (ISO);
- CEN, European Committee for Standardization, del quale fanno parte la maggior parte degli enti normatori europei e, che svolge in Europa un ruolo simile a quello dell'UNI in Italia. Si ricorda che le norme emesse dal CEN devono obbligatoriamente essere recepite dagli stati membri;
- ISO, International Standard Organisation, rappresenta la normazione riconosciuta da oltre 140 nazioni che, per mezzo dei propri organismi di normazione, partecipano al processo di definizione delle norme a supporto delle attività tecniche e commerciali.

Di conseguenza vi sono:

- norme UNI, adottate solo in Italia (UNI xxx);
- norme CEN, adottate in Italia e nelle nazioni aderenti al CEN (UNI EN xxx);
- norme ISO adottate dal CEN e conseguentemente adottate a livello nazionale (UNI EN ISO) (UNI EN ISO xxx);
- norme ISO, adottate a livello nazionale, ma non a livello europeo (UNI ISO xxx);
- norme ISO, non adottate a livello nazionale (ISO).

È importante ricordare che, a titolo di esempio, è possibile riportare in un capitolato tecnico il riferimento a norme di qualsiasi livello, così pure non adottate da UNI ma da altri Enti di normazione (ad esempio, norme DIN, di emanazione tedesca). Vale sempre la regola che se esse sono in contrasto con quanto indicato da norme UNI (o UNI EN o UNI EN ISO), in caso di contenzioso, è probabile che la ragione venga data a chi ha rispettato le norme UNI (o UNI EN o UNI EN ISO). Gli Eurocodici (EC) sono norme europee per la progettazione strutturale. Si allineano alle norme nazionali vigenti e consentono l'utilizzo di criteri di calcolo comuni ed adottabili anche all'estero. Si deve fare attenzione in quanto in alcuni punti possono differire dalle legislazioni nazionali, che sono comunque quelle da utilizzare necessariamente.

L'Eurocodice 0 fornisce le indicazioni per la progettazione con il metodo semiprobabilistico agli stati limite, le combinazioni di verifica, i fattori di sicurezza per la combinazione delle azioni.

L'Eurocodice 1 fornisce le indicazioni per determinare le azioni di calcolo sulle strutture (carichi dovuti a persone, alla neve, al vento, ai carichi termici derivanti da un incendio, a quelli nelle fasi di montaggio e a quelli, più specifici, sui ponti).

L'Eurocodice 2 è dedicato alle strutture in calcestruzzo non armato, armato e precompresso.

L'Eurocodice 3 è dedicato alle strutture in acciaio.

L'Eurocodice 4 è dedicato alle strutture miste acciaio-calcestruzzo.

L'Eurocodice 5 è dedicato alle strutture in legno.

L'Eurocodice 6 è dedicato alle strutture in muratura portante, armata e non, naturale e artificiale.

L'Eurocodice 7 è dedicato alle problematiche geotecniche (fondazioni, muri di sostegno, ecc.).

L'Eurocodice 8 è dedicato all'aspetto sismico.

L'Eurocodice 9 è dedicato alle strutture in alluminio.

## CAPITOLO 2

---

### COMPONENTI FUNZIONALI

UNI 10372:2004 - Coperture discontinue - Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione di coperture realizzate con elementi metallici in lastre.

UNI 9308-1:1988 - Coperture discontinue. Istruzione per la progettazione. Elementi di tenuta.

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

UNI 8089:2012 - Edilizia. Coperture e relativi elementi funzionali. Terminologia funzionale.

UNI 8090:1980 - Edilizia. Elementi complementari delle coperture. Terminologia.

UNI 8091:1980 - Edilizia. Coperture. Terminologia geometrica.

UNI 8178:1980 - Edilizia. Coperture. Analisi degli elementi e strati funzionali.

UNI 9307-1:1988 - Coperture continue. Istruzione per la progettazione. Elemento di tenuta.

UNI 9308-1:1988 - Coperture discontinue. Istruzione per la progettazione. Elementi di tenuta.

## CAPITOLO 3

---

### SISTEMA STRUTTURALE

DM 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni.

UNI EN 1995-1-1:2009 - Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici.

UNI EN 1995-1-2:2005 - Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio.

UNI EN 1194:2000 - Strutture di legno - Legno lamellare incollato - Classi di resistenza e determinazione dei valori caratteristici.

UNI EN 11035-1:2010 - Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica: terminologia e misurazione delle caratteristiche.

UNI EN 11035-2:2010 - Legno strutturale - Regole per la classificazione a vista secondo la resistenza meccanica e i valori caratteristici per tipi di legname strutturale.

## CAPITOLO 4

---

### COMPORTEMENTO TERMICO

UNI EN ISO 6946:2008 - Componenti ed elementi per edilizia. Resistenza termica e trasmittanza termica. Metodo di calcolo.

UNI EN ISO 13786:2008 - Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo.

## CAPITOLO 5

---

### FENOMENI CONDENSATIVI

UNI EN ISO 9346:2008 - Prestazione termoigrometrica degli edifici e dei materiali da costruzione - Grandezze fisiche per il trasferimento di massa - Vocabolario. UNI EN ISO 13788:2003 - Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale critica e condensazione interstiziale - Metodo di calcolo.

UNI EN 10456:2008 - Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto.

## CAPITOLO 6

---

### TENUTA ALL'ARIA

ISO 6589:1983 - Joints in building - Laboratory method of test for air permeability of joints.

UNI EN ISO 12114:2001 - Prestazione termica degli edifici - Permeabilità all'aria dei componenti e degli elementi per edilizia - Metodo di prova di laboratorio.

UNI EN 13829:2002 - Prestazione termica degli edifici - Determinazione della permeabilità all'aria degli edifici - Metodo di pressurizzazione mediante ventilatore.

## CAPITOLO 7

---

### COMPORTEMENTO ACUSTICO

D.P.C.M. 5-12-1997 - Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici.

UNI 11367:2010 - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica.

UNI EN ISO 717-1:2007 - Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea.

UNI EN 12354-1:2002 - Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti.

UNI EN 12354-2:2002 - Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento acustico al calpestio tra ambienti.

UNI EN 12354-3:2002 - Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea.

UNI/TR 11175:2005 - Acustica in edilizia - Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale.

UNI EN ISO 10140-2:2010 - Acustica - Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 2: Misurazione dell'isolamento acustico per via aerea.

UNI EN ISO 140-4:2000 - Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti.

UNI EN ISO 140-5:2000 - Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazione in opera dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate.

## CAPITOLO 8

---

### PROTEZIONE DAGLI INCENDI

D.M. 09/03/07 - Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco.

D.M. 15/03/05 - Requisiti di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione installati in attività disciplinate da specifiche disposizioni tecniche di prevenzione incendi in base al sistema di classificazione europeo.

UNI EN 13501-1:2009 - Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 1: Classificazione in base ai risultati delle prove di reazione al fuoco.

D.M. 10/03/05 - Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali e' prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio.

UNI EN 13501-2:2009 - Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 2: Classificazione in base ai risultati delle prove di resistenza al fuoco, esclusi i sistemi di ventilazione.

## CAPITOLO 9

---

### SISTEMI DI ANCORAGGIO E DI FISSAGGIO MECCANICO

D.M. 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni.

## CAPITOLO 10

---

### SISTEMI DI RACCOLTA E ALLONTANAMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

UNI EN 12056-1:2001 - Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici - Requisiti generali e prestazioni.

UNI EN 12056-3:2001 - Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici - Sistemi per l'evacuazione delle acque meteoriche, progettazione e calcolo.

UNI 10724:2004 - Coperture - Sistemi di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche - Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione con elementi discontinui.

## DUROCK ENERGY



Pannello rigido in lana di roccia non rivestito a doppia densità, ad elevata resistenza a compressione, calpestabile, per l'isolamento termico, acustico e la sicurezza in caso di incendio di coperture inclinate e piane (tetto caldo).

Coperture inclinate: particolarmente indicato nel caso di tetti in legno e ventilati dove apporta un significativo incremento delle prestazioni acustiche e del comfort invernale ed estivo.

Coperture piane: raccomandato per applicazioni in cui l'impermeabilizzazione è realizzata con membrane o guaine bituminose.

Formato 1200x600 mm e 2400x600 mm.

Dati tecnici	Valore	Norma
Classe di reazione al fuoco	A1	UNI EN 13501-1
Conduttività termica dichiarata	$\lambda_D = 0,037 \text{ W/(mK)}$	UNI EN 12667, 12939
Resistenza a compressione (carico distribuito)	$\sigma_{10} \geq 50 \text{ kPa}$	UNI EN 826
Resistenza al carico puntuale	$F_p \geq 600 \text{ N}$	UNI EN 12430
Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore acqueo	$\mu = 1$	UNI EN 12086
Calore specifico	$C_p = 1030 \text{ J/(kgK)}$	UNI EN 12524
Densità (doppia densità)	$\rho = 150 \text{ kg/m}^3$ circa (210/130)	UNI EN 1602

## HARDROCK ENERGY



Pannello rigido in lana di roccia non rivestito a doppia densità, ad elevata resistenza a compressione, calpestabile, per l'isolamento termico, acustico e la sicurezza in caso di incendio di coperture inclinate.

Particolarmente indicato nel caso di tetti in legno e ventilati dove apporta un significativo incremento delle prestazioni acustiche e del comfort abitativo.

Formato 1200x600 mm e 2400x600 mm.

Dati tecnici	Valore	Norma
Classe di reazione al fuoco	A1	UNI EN 13501-1
Conduttività termica dichiarata	$\lambda_D = 0,036 \text{ W/(mK)}$	UNI EN 12667, 12939
Resistenza a compressione (carico distribuito)	$\sigma_{10} \geq 30 \text{ kPa}$	UNI EN 826
Resistenza al carico puntuale	$F_p \geq 500 \text{ N}$	UNI EN 12430
Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore acqueo	$\mu = 1$	UNI EN 12086
Calore specifico	$C_p = 1030 \text{ J/(kgK)}$	UNI EN 12524
Densità (doppia densità)	$\rho = 110 \text{ kg/m}^3$ circa (190/90)	UNI EN 1602

## ROCKWOOL 220



Pannello semirigido in lana di roccia non rivestito a media densità, per l'isolamento termico ed acustico all'intradosso di coperture inclinate.

Il prodotto è particolarmente indicato nelle ristrutturazioni e nei recuperi dei sottotetti quali ambienti abitabili.

Formato 1200x600 mm.

Dati tecnici	Valore	Norma
Classe di reazione al fuoco	A1	UNI EN 13501-1
Conduttività termica dichiarata	$\lambda_D = 0,035 \text{ W/(mK)}$	UNI EN 12667, 12939
Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore acqueo	$\mu = 1$	UNI EN 12086
Calore specifico	$C_p = 1030 \text{ J/(kgK)}$	UNI EN 12524
Densità	$\rho = 50 \text{ kg/m}^3$	UNI EN 1602



## ROCKWOOL 234

Pannello rigido in lana di roccia non rivestito a medio-alta densità, non portante, per l'isolamento termico, acustico e la sicurezza in caso di incendio di coperture inclinate.

Interposto in appositi listelli di contenimento, è idoneo anche per la realizzazione di tetti curvi.

Formato 1200x600 mm.

Dati tecnici	Valore	Norma
Classe di reazione al fuoco	A1	UNI EN 13501-1
Conduttività termica dichiarata	$\lambda_D = 0,035 \text{ W/(mK)}$	UNI EN 12667, 12939
Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore acqueo	$\mu = 1$	UNI EN 12086
Calore specifico	$C_p = 1030 \text{ J/(kgK)}$	UNI EN 12524
Densità	$\rho = 100 \text{ kg/m}^3$	UNI EN 1602

## ROCKWOOL 211



Pannello semirigido in lana di roccia non rivestito a densità medio-bassa, per l'isolamento termico ed acustico di pareti divisorie leggere (tecnologia a secco) e massive.

Utilizzato nella soluzione tecnica con elemento portante in acciaio, poiché grazie alla densità medio-bassa può essere parzialmente compresso dall'elemento di tenuta in fase di installazione.

Formato 1200x600 mm.

Dati tecnici	Valore	Norma
Classe di reazione al fuoco	A1	UNI EN 13501-1
Conduttività termica dichiarata	$\lambda_D = 0,035 \text{ W/(mK)}$	UNI EN 12667, 12939
Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore acqueo	$\mu = 1$	UNI EN 12086
Calore specifico	$C_p = 1030 \text{ J/(kgK)}$	UNI EN 12524
Densità	$\rho = 40 \text{ kg/m}^3$	UNI EN 1602

## DACHROCK



Pannello rigido in lana di roccia non rivestito ad alta densità, ad elevata resistenza a compressione, calpestabile, per l'isolamento termico, acustico e la sicurezza in caso di incendio di coperture piane (tetto caldo).

Il prodotto è raccomandato per applicazioni in cui l'impermeabilizzazione è realizzata con membrane o guaine bituminose anche in caso di assenza di fissaggi meccanici (incollaggio).

Formato 1200x600 mm e 2000x1200 mm.

Dati tecnici	Valore	Norma
Classe di reazione al fuoco	A1	UNI EN 13501-1
Conduttività termica dichiarata	$\lambda_D = 0,040 \text{ W/(mK)}$	UNI EN 12667, 12939
Resistenza a compressione (carico distribuito)	$\sigma_{10} \geq 70 \text{ kPa}$	UNI EN 826
Resistenza al carico puntuale	$F_p \geq 600 \text{ N}$	UNI EN 12430
Resistenza a trazione nel senso dello spessore	$\sigma_{mt} \geq 15 \text{ kPa}$	UNI EN 1607
Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore acqueo	$\mu = 1$	UNI EN 12086
Calore specifico	$C_p = 1030 \text{ J/(kgK)}$	UNI EN 12524
Densità	$\rho = 160 \text{ kg/m}^3$	UNI EN 1602

## HARDROCK MAX



Pannello rigido in lana di roccia non rivestito a doppia densità, ad elevata resistenza a compressione, calpestabile, per l'isolamento termico, acustico e la sicurezza in caso di incendio di coperture piane (tetto caldo) e inclinate.

Coperture piane: raccomandato per applicazioni in cui l'impermeabilizzazione è realizzata con membrane o guaine bituminose.

Coperture inclinate: particolarmente indicato nel caso di tetti in legno e/o ventilati sottoposti a carichi particolarmente gravosi (ad esempio coperture in alta montagna).

Formato 1000x600 mm e 2000x1200 mm.

Dati tecnici	Valore	Norma
Classe di reazione al fuoco	A1	UNI EN 13501-1
Conduttività termica dichiarata	$\lambda_D = 0,040 \text{ W/(mK)}$	UNI EN 12667, 12939
Resistenza a compressione (carico distribuito)	$\sigma_{10} \geq 70 \text{ kPa}$	UNI EN 826
Resistenza al carico puntuale	$F_p \geq 800 \text{ N}$	UNI EN 12430
Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore acqueo	$\mu = 1$	UNI EN 12086
Calore specifico	$C_p = 1030 \text{ J/(kgK)}$	UNI EN 12524
Densità (doppia densità)	$\rho = 165 \text{ kg/m}^3$ circa [220/150]	UNI EN 1602

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

---

In questa sezione sono riportati i testi con carattere manualistico e orientati alla tecnologia e al dettaglio costruttivo delle chiusure orizzontali superiori.

- Aa.Vv., *Quaderni del Manuale di Progettazione Edilizia - Le Chiusure Orizzontali*, Hoepli, Milano, 2006
- Croce S., Fiori M., *Sistemi di impermeabilizzazione. Guida alla progettazione*, BE-MA, Milano, 2007
- De Angelis E., a cura di, *PRAXIS - Pietra naturale. Mattoni a grande formato*, Utet, Torino, 2007
- D'Orazio M., *Ventilazione nelle coperture in cotto*, BE-MA, Milano, 2004
- Duthu H., Montharry D., Platzer M., *Pratiche di costruzione*, Sistemi Editoriali, Milano, 2006
- Fassi A., Maina L., *Isolamento Ecoefficiente*, Edizioni Ambiente, Milano, 2006
- IGLAE, a cura di, *Impermeabilizzazioni*, EDILSTAMPA Edizioni, 2006
- Lucchini A., *Le coperture innovative*, Il Sole 24 Ore Pirola, Milano
- Mottura G., *La realizzazione di un sottotetto abitato*, Maggioli, Rimini, 2006
- Nelva R., Vancetti R., *La copertura in lastre di fibrocemento*, Il Sole 24 Ore, Milano, 2006
- Nicoletta M., *Durabilità delle coperture continue*, Editecnica, 2006,
- Perago A., *Progettare tetti e coperture. Dalla tegola al fotovoltaico*, Maggioli Editore, Rimini, 2006
- Reyneri C. A., *Coperture in bioedilizia*, Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), 2002
- Schunk E., Finke T., Jenisch J. e Oster H.J., *Tetti*, Utet, Torino, Vol.4
- Sinopoli N. et al., *Una copertura chiamata tetto. Elementi per un manuale di progettazione*. BE-MA, Milano, 1979
- Zannoni G. et al., *Il Sistema Tetto, manuale di progettazione*, Maggioli, Rimini, 1992

## BIBLIOGRAFIA RAGIONATA

---

I riferimenti manualistici e normativi riportati in questa sezione vengono raccolti per tematiche.

### SUL COMPORTAMENTO TERMICO DELLE COPERTURE - letteratura scientifica

- Owen M., *ASHRAE Handbook Fundamentals*, 2005, pp. 30-22
- Ciampi M. et al., *Energy analysis of ventilated and microventilated roofs*, Solar Energy 79, 2005, pp.183-192

D'Orazio M., *La ventilazione nelle coperture: il controllo dei problemi igrometrici*, pp. 285-290

Baglioni A., *Quaderni del manuale di progettazione edilizia – Le chiusure orizzontali*, Hoepli, 2006, pp. 55-85

Dall'Ò G. et al., *Manuale della certificazione energetica degli edifici. Norme, procedure e strategie d'intervento*, Edizione Ambiente, 2008

#### SUI FENOMENI CONDENSATIVI - letteratura scientifica

Künzel, H.M., *Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components (One- and two-dimensional calculation using simple parameters)*, Fraunhofer Institute of Building Physics, 1995

Künzel, H.M., *Moisture Risk Assessment of Roof Constructions by Computer Simulation in Comparison to the Standard Glaser Method*, International Building Physics Conference, Eindhoven, 2000

International Energy Agency, *Heat, Air and Moisture Transfer In Highly Insulated Building Envelopes (HAMTIE), Annex 24*, Technical Synthesis Report

#### SUL COMPORAMENTO ACUSTICO - letteratura scientifica

Quirt J.D., Nightingale R.R.T., King F., *Guide for Sound Insulation in Wood Frame Construction*, NRC-CNRC, 2006

Spagnolo R., *Manuale di Acustica*, UTET, Torino, 2001

Stampato per conto di Rockwool Italia S.p.A.  
presso Eurgraf s.a.s., Cesano Boscone (MI)  
su carta a basso impatto ambientale

Prima edizione: Maggio 2008

Ristampa: Maggio 2013

ISBN 978-88-908722-0-4

Questa pubblicazione è stata curata da Sergio Croce, ingegnere, già ordinario di Architettura Tecnica.

Il gruppo di lavoro coordinato da Sergio Croce attualmente opera all'interno del Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle costruzioni e Ambiente costruito del Politecnico di Milano.

Il gruppo svolge attività di ricerca e di servizio a supporto del progetto e della realizzazione dell'involucro edilizio e, attraverso questo, delle architetture e della città, intesa come stato fisico di un ambiente ad elevata antropizzazione. Il tema centrale è il controllo della qualità dell'involucro edilizio, del suo progetto e della sua realizzazione:

- nel suo rapporto con l'ambiente esterno (microclima);
- nel suo rapporto con l'ambiente confinato (comfort, costi energetici e ambientali);
- nel tempo (degrado, patologia, manutenzione).

Il Gruppo Rockwool è leader mondiale nella fornitura di prodotti e sistemi innovativi in lana di roccia, materiale che aiuta a proteggere l'ambiente migliorando la qualità della vita di milioni di persone.

È presente prevalentemente in Europa e sta espandendo le proprie attività in Nord e Sud America oltre che in Asia.

Il Gruppo è tra i leader mondiali nell'industria dell'isolamento. Infatti, oltre alla gamma di pannelli in lana di roccia per la coibentazione termo-acustica, Rockwool propone controsoffitti acustici e rivestimenti di facciata che permettono di realizzare edifici sicuri in caso di incendio, efficienti dal punto di vista energetico e caratterizzati da un comfort acustico ottimale.

Rockwool offre anche soluzioni "green" per la coltivazione fuori terra, fibre speciali per l'utilizzo industriale, isolamento per l'industria di processo e per la coibentazione del settore navale, così come sistemi anti-vibrazione e anti-rumore per le moderne infrastrutture.

Inoltre, i servizi di consulenza in fase preliminare e di realizzazione rappresentano un plus unico nel mercato dell'isolamento e rendono Rockwool il partner ideale nell'iter progettuale e costruttivo.

Rockwool Italia S.p.A.

Via Londonio, 2

20154 Milano

02.346.13.1

[www.rockwool.it](http://www.rockwool.it)

ISBN 978-88-908722-0-4

**ROCKWOOL**<sup>®</sup>  
FIRE SAFE INSULATION