ISOLAMENTO TERMICO DELLE COPERTURE CONTINUE

VOLUME 21

AIPE

Associazione Italiana Polistirene Espanso

AIPE

Associazione Italiana Polistirene Espanso

Via M. A. Colonna, 46 – 20149 Milano

Tel. + 39 02 33 60 65 29 – Fax + 39 02 33 60 66 04

e-mail: aipe@epsass.it – www.aipe.biz

ISOLAMENTO TERMICO DELLE COPERTURE CONTINUE

Testi a cura di AIPE – Marco Piana

Ringraziamento

Prof. Sergio Croce

Arch. Antonio Broccolino

AIPE
Associazione Italiana Polistirene Espanso

VOLUME 21

Documentazione specifica sull'EPS

può essere ritrovata nel sito dell'Associazione

www.aipe.biz

Sommario

1. PREMESSA 07

2. Considerazioni tipologiche 08

3. La problematica termoigrometrica 09

4. Elementi e strati funzionali 13

5. Requisiti e prestazioni 17

6. Elemento termoisolante 19

7. Norme di riferimento 33

8. Norma UNI 11235 – Tetti verdi 35

9. Norma UNI 11442 – Criteri per il progetto e l'esecuzione dei sistemi di coperture continue, resistenza al vento 37

10. Norma UNI 11540 – Linee guida per la per la redazione e corretta attuazione del piano di manutenzione di coperture continue realizzate con membrane flessibili per impermeabilizzazioni. 52

11. Presentazione AIPE 53

1.

Premessa

Fin dai primi tempi l'uomo ha dovuto fronteggiare l'esigenza di difendersi dagli eventi meteorologici legati al naturale succedersi delle stagioni calde e fredde, ai fenomeni fisici che danno origine al "ciclo dell'acqua" e ai moti convettivi dell'aria; questo riparo, individuato inizialmente nelle caverne, ha portato l'uomo a concepire l'idea di "edificio" nelle sue infinite sfumature, che vanno dalla capanna alle costruzioni più ardite che la moderna tecnologia consente oggi di realizzare. Nelle sue linee essenziali l'edificio consta di una base di appoggio, di un sistema di superfici verticali che ne costituiscono l'involucro esterno e di una superficie ad andamento sub-orizzontale che ne costituisce la copertura; ciascuna di queste superfici presenta una serie di problematiche statiche e termofisiche.

La principale funzione cui è chiamata ad assolvere la copertura è quella di impedire che le radiazioni solari da un lato, e le precipitazioni atmosferiche dall'altro, possano penetrare nell'edificio, vanificando così le analoghe prestazioni richieste alle pareti.

Se per la geometria delle pareti non esistono alternative alla superficie piana verticale (anche se le attuali capacità di calcolo strutturale e di realizzazione tecnologica consentono di pensare a qualcosa di diverso), per la superficie di copertura esiste la possibilità di spaziare all'interno di un vasto campo, che prevede pur sempre superfici piane, ma combinazioni di esse atte a realizzare un'infinità di geometrie caratterizzate peraltro da un comune denominatore: è possibile allontanare le acque meteoriche solo se la superficie che le accoglie è inclinata verso il basso.

L'inclinazione delle superfici di copertura deve quindi esistere sempre con variabili in funzione di due elementi fondamentali: il clima locale e motivazioni di carattere architettonico e di fruibilità.

La collocazione geografica dell'edificio deve considerare il clima del luogo, quindi l'architettura spontanea realizza al Nord coperture a falda fortemente inclinate, mentre man mano che si scende verso Sud è sempre più frequente l'incontro con coperture cosiddette "piane".

Laddove le condizioni meteoclimatiche, volume e qualità delle precipitazioni atmosferiche, lo consentano, resta all'architettura la possibilità di scelta tra inclinazioni che permettono l'uso di soprattetto o di lastrico solare.

In effetti, anziché parlare di coperture piane, sarebbe preferibile definirle così come previsto dal Codice Civile che, traendo origine dalla necessità di incontrare le esigenze della gente ed essendo queste ultime dettate dalla fruizione migliore possibile degli spazi, individua le coperture piane come superfici investite dal sole ed eventualmente usufruibili dagli abitanti del piano o dei piani sottostanti, dettando quindi le regole di convivenza e, perché no, di ripartizione delle spese di uso e manutenzione.

2.

Considerazioni tipologiche

Una copertura è costituita generalmente da due elementi fondamentali, che ad essa conferiscono altrettante prerogative inderogabili: la struttura portante ed il manto di impermeabilizzazione e scorrimento delle acque; ad essi si può aggiungere o meno un terzo elemento, costituito dallo strato coibente termico, praticamente irrinunciabile nelle coperture piane, a differenza di quanto avviene per la copertura a falde inclinate, specie se ancorata al concetto di sottotetto non praticabile, tanto diffusa nel Nord del nostro Paese fino all'inizio degli anni quaranta.
La presenza di uno strato coibente termico è irrinunciabile nella copertura piana, in quanto l'irraggiamento solare comporta apporti di energia talmente elevati da rendere praticamente invivibile lo spazio sottostante, in assenza di qualcosa che ne mitighi il flusso verso il basso. Non a caso l'architettura spontanea delle fasce costiere mediterranee predilige una copertura piana adeguatamente ventilata, realizzando così uno strato coibente a funzionamento per convezione naturale, o meglio quello che oggi si ama definire un "isolamento attivo o coperto ventilato".
I tre elementi di cui sopra possono essere variamente posizionati in successione verticale, dando origine ad alcune tipologie meglio note come tetto caldo, tetto freddo e tetto rovescio (Fig. 1, 2 e 3).
In molti casi viene inserito uno strato funzionale con finalità specifiche.
Ogni qualvolta si introduce in una successione di strati (sia orizzontale che verticale) un elemento coibente termico, si realizza all'interno del "pacchetto" una distribuzione della temperatura che presenta un forte sviluppo "a ginocchio", al quale spesso corrisponde il verificarsi di un fenomeno assai noto, "la condensa interstiziale", sul quale si ritornerà più avanti, una volta che si disporrà di tutti gli elementi necessari per farlo.

Questo elemento è costituito da uno strato abbastanza sottile di materiale impermeabile che assume la denominazione di "barriera o schermo al vapore", il cui scopo è di impedire che il vapore acqueo sempre presente all'interno degli ambienti caldi, in misura superiore a quanto presente (in termini di pressione parziale) all'esterno, possa migrare attraverso la struttura di tamponamento; le varie tipologie sopra esaminate contemplano diverse collocazioni anche in relazione a questo schermo.

3.

La problematica termoigrometrica

Come appare evidente la presenza di uno strato coibente termico è dovuta, nel contesto climatico del nostro Paese, alla necessità nel periodo estivo di mantenere vivibile la temperatura degli ambienti sottostanti e di risparmiare energia per il riscaldamento invernale. La presenza di una resistenza termica concentrata comporta una distribuzione della temperatura interna alla struttura marcatamente di tipo a ginocchio, vale a dire nel caso di isolante posto all'interno (tetto freddo).

La collocazione del materiale isolante verso l'esterno non altera sostanzialmente il problema, anche se ne lenisce l'intensità, riducendo i valori di temperatura presenti nella parte più fredda dello strato isolante e quindi, quanto meno, la quantità di condensa che si viene a formare.

La figura 4 riporta l'andamento della temperatura in alcune situazioni tipiche, evidenziando che in certi casi si possono verificare quelle condizioni che portano alla condensazione del vapore acqueo se quest'ultimo può liberamente e naturalmente migrare all'interno della struttura. Lo strato di impermeabilizzazione, se collocato adeguatamente, può fronteggiare anche questo fenomeno, ma in generale è opportuno dedicare al problema della condensazione interstiziale uno strato apposito, lo schermo al vapore.

Come evidenziato nella figura 4, l'isolante può trovare la sua collocazione anche nella parte inferiore della copertura.

Nel caso di ricorso al doppio strato di materiale isolante, allo scopo non solo di disporre di maggior efficacia della coibentazione termica, ma anche di una struttura praticamente priva di inerzia termica ancora realizzata secondo la tradizione dell'edilizia pesante, è necessario fare i conti con un'altra sorgente di umidità, costituita da quella residuata dalla fase di costruzione e rimasta intrappolata all'interno della struttura litoide tra due strati impermeabili, la barriera al vapore a protezione dell'isolamento interno (nel caso specifico un controsoffitto).

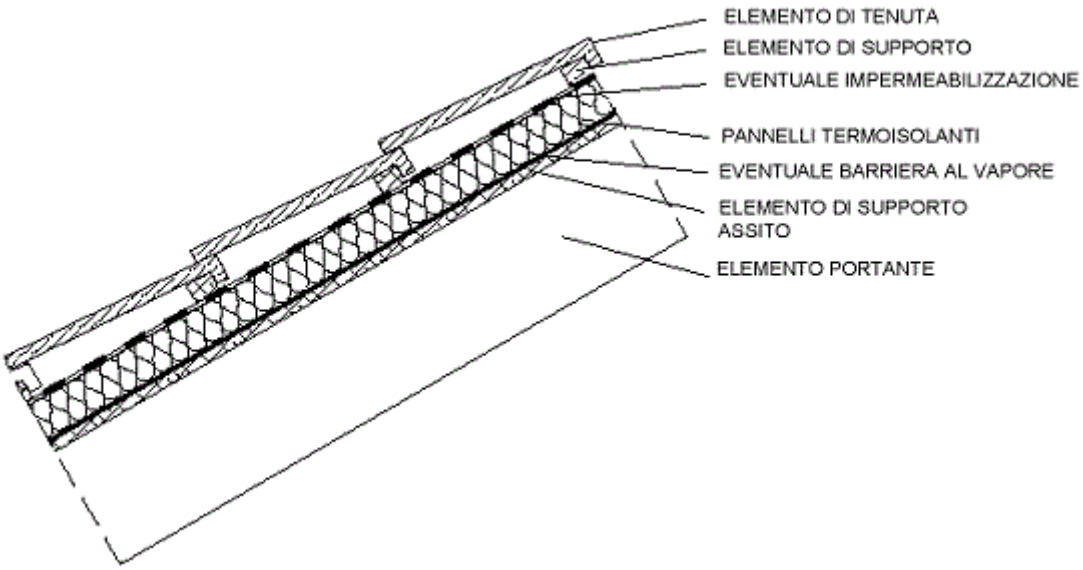
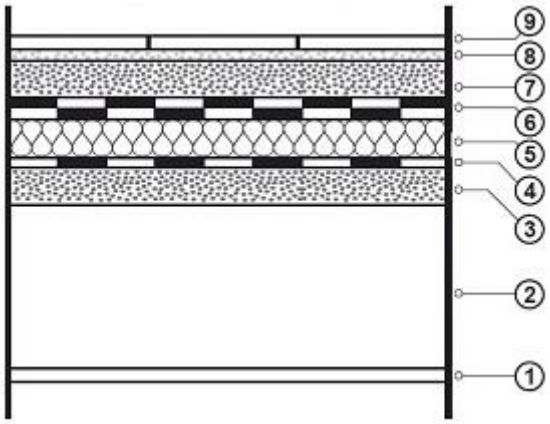
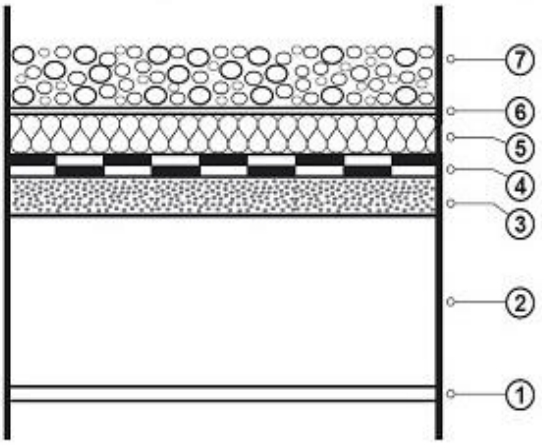


Fig. 1 – Tetto Freddo a falda



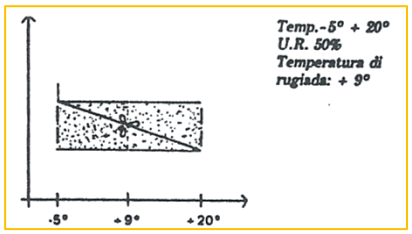
1 - intonaco
2 - solaio
3 - massetto delle pendenze
4 - barriera al vapore
5 - isolante
6 - impermeabilizzazione
7 - strato di ripartizione dei carichi
8 - strato di allettamento
9 - pavimento

Fig. 2 – Tetto Caldo



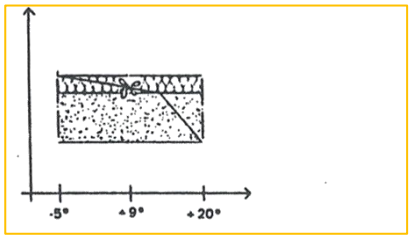
1 - intonaco
2 - solaio
3 - massetto delle pendenze
4 - impermeabilizzazione
5 - isolante
6 - strato di scorrimento
7 - ghiaia drenante

Fig. 3 – Tetto rovescio



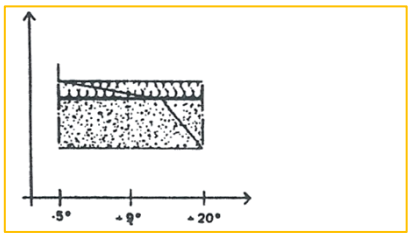
Soletta senza isolante

In generale, in inverno, in condizioni "normali" (-5 gradi in esterno, + 20 in interno, con il 50% di umidità relativa), esiste sempre nella soletta un punto in cui si verifica la condensazione, con tutti i danni relativi. Questo punto è situato nel nostro caso, dove la soletta prende la temperatura interna di 9 gradi: in questo punto, a quella temperatura e al 50% di umidità relativa, il vapore contenuto nella struttura (che è permeabile all'aria) si condensa (è il punto di rugiada).



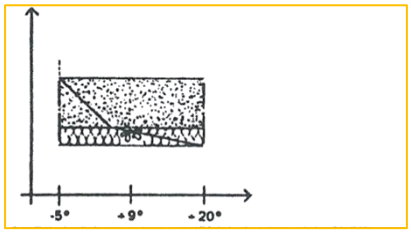
Soletta + isolante interno

Il fatto che l'isolante porta verso di sé il punto di rugiada crea, in questo caso, dei problemi: infatti il punto di rugiada tende a collocarsi verso l'interno in posizione molto "rischiosa".
La barriera al vapore andrebbe collocata all'interno, con le difficoltà applicative relative.



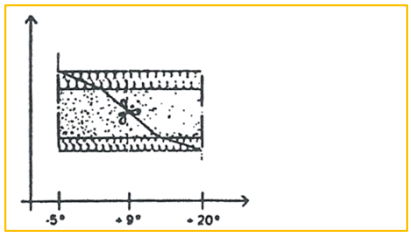
Soletta + isolante esterno

L'isolante "porta verso di sé" il punto di rugiada, nel senso che modifica la temperatura interna della soletta (la mantiene più calda) e tende a situare più verso l'alto la condensazione; in condizioni normali questo punto si viene a situare nell'interno dell'isolante stesso.



Soletta + isolante + barriera al vapore

L'utilizzo di uno strato impermeabile al vapore (la barriera al vapore) evita che il vapore raggiunga la zona in cui potrebbe condensare: è la sicurezza nei confronti dell'umidità da condensa.



Soletta + isolante interno + isolante esterno

Talvolta succede che, in una struttura ben progettata in senso igrotermico, successivamente, si incrementi l'isolamento, per esempio con una controsoffittatura interna.
Il punto di rugiada viene così "abbassato" rispetto alla situazione di calcolo, dall'ulteriore isolamento.
Anche in questo caso si crea una situazione problematica.

Fig. 4

Il fenomeno della diffusione di vapore

Ogni materiale è caratterizzato da una propria permeabilità al vapore; generalmente i materiali utilizzati in edilizia, interessati da porosità di vario ordine, presentano valori di permeabilità al vapore più o meno elevati.
Se il vapore, diffondendosi nella copertura a causa della differenza di pressione e temperatura fra interno ed esterno, si condensa al di sotto dello strato impermeabile, si possono verificare spiacevoli e dannose conseguenza quali la formazione di macchie e muffe sulla superficie interna della copertura e tale fenomeno, è più probabile in corrispondenza di ambienti con notevole produzione di vapore (cucine, bagni, presenza di molte persone, ecc.) spesso è cosi evidente da poter essere scambiato per una vera e propria infiltrazione d'acqua.
La quantità di vapore che attraversa una copertura dipende dalle caratteristiche di resistenza alla diffusione del vapore dei materiali che costituiscono i diversi strati. Questa resistenza è definita con μ (coefficiente di permeabilità al vapore).
Un materiale caratterizzato da valori di μ molto alti e denominato "schermo o barriera al vapore" in quanto attraverso ad esso il vapore fluisce in quantità minima (ad esempio il foglio di polietilene, membrane in bitume polimero), o teoricamente nulla (alluminio).
Per evitare fenomeni di condensazione del calore diffuso occorre una precisa progettazione igrometrica del pacchetto copertura.
In fase di progettazione è possibile operare non attraverso un'accurata scelta dei materiali da impiegarsi in funzione della loro resistenza alla diffusione del calore, ma soprattutto, attraverso una corretta sequenza degli strati, in modo da garantire una resistenza alla diffusione del vapore con valori crescenti verso l'interno e una resistenza termica con valori crescenti dall'interno verso l'esterno.
In altre parole l'isolante è bene situarlo più all'esterno possibile e lo schermo al vapore più all'interno possibile (nei nostri climi).

4.

Elementi e strati funzionali

La varietà di materiali e di concezioni tecnologiche dei diversi tipi di copertura rende necessaria un'elencazione puntuale dei principali elementi e strati che, fornendo ciascuno prestazioni specifiche, concorrono a formarli e a determinarne il comportamento globale rispetto ai requisiti richiesti.
Naturalmente non tutti gli elementi funzionali elencati sono presenti in ogni tipo di copertura esaminata, né le funzioni corrispondenti sono sempre svolte ciascuna da un solo elemento, infatti alcune sono formate da pochi elementi polifunzionali, mentre altre, più complesse, prevedono la presenza di molti elementi specializzati funzionalmente.
L'analisi degli elementi a strati funzionali serve perciò a classificare le coperture rispetto alle funzioni da esse svolte, permettendone un confronto.
Nel seguente elenco, per ogni elemento o strato considerato, sono riportati la definizione ed i criteri di adozione.

1. **Elemento di supporto:** qualsiasi strato funzionale che sia di supporto ad altro strato. Ha la funzione di permettere l'appoggio di un elemento o di uno strato. Deve essere sempre presente, anche se eventualmente integrato ad altri elementi o strati.
2. **Elemento di tenuta:** serve a "conferire alla copertura una prefissata impermeabilità all'acqua meteorica, resistendo a sollecitazioni fisiche, meccaniche e chimiche indotte dall'ambiente esterno e dall'uso". E' sempre presente in ogni tipo di copertura.
3. **Elemento portante:** ha la funzione di sopportare i carichi permanenti ed i sovraccarichi della copertura. E' sempre presente, anche se può essere integrato da altri elementi.
4. **Elemento termoisolante:** ha la funzione di portare al valore richiesto la resistenza termica globale della copertura. Si adotta in caso di richieste di condizioni termoigrometiche particolari, o di riduzione di consumi energetici, o per eliminare fenomeni di condensazione superficiale verso l'ambiente interno.
5. **Strato di barriera al vapore:** impedisce il passaggio del vapore d'acqua consentendo di controllare il fenomeno della condensa all'interno della copertura. Si adotta quando in presenza di elementi termoisolanti si verificano contemporaneamente due condizioni:
    a. Presenza al di sopra dell'elemento termoisolante di strati che riducono o impediscono la diffusione di vapore verso l'esterno;
    b. Presenza di rilevante umidità relativa negli ambienti sottostanti, o presenza di elemento termoisolante costituito da materiali sensibili all'umidità.
6. **Strato di continuità:** ha la funzione di realizzare una superficie continua su uno strato discontinuo. Si adotta quando sia richiesta l'eliminazione di linee di discontinuità dello

strato sottostante per evitare che le conseguenze di tale discontinuità interessino lo strato sovrastante (ad esempio l'elemento di tenuta).

7. **Strato di diffusione o di ugualizzazione della pressione di vapore:** impedisce la formazione di pressioni anomale all'interno della copertura (in particolare sotto l'elemento di tenuta), conseguenti all'evaporazione dell'acqua occlusa. Si adotta quando siano prevedibili forti afflussi di vapore all'intradosso dell'elemento di tenuta, conseguenti alla presenza di acqua derivante dal processo costruttivo o provenienti dagli ambienti sottostanti. Se inoltre viene messo in comunicazione con l'esterno attraverso opportuni aeratori puntuali o di perimetro, lo strato può ridurre in vario grado, secondo i materiali utilizzati e la conformazione, il tenore di umidità negli strati sottostanti.
8. **Strato di imprimitura:** ha la funzione di modificare le caratteristiche superficiali fisico-chimiche dello strato sottostante. Si adotta quando ciò si rende necessario per favorire l'adesione dello strato sovrastante, o per assolvere funzioni di antipolvere per l'elemento o strato sul quale viene applicato.
9. **Strato di irrigidimento o ripartizione dei carichi:** ha la funzione di permettere allo strato sottostante di sopportare carichi previsti. Si adotta per ottenere idonea resistenza alla deformazione sotto carichi concentrati in presenza di strato sottostante non sufficientemente resistente.
10. **Strato di pendenza:** ha la funzione di portare la pendenza della copertura al valore richiesto. Si adotta qualora l'elemento portante non sia dotato della pendenza richiesta.
11. **Strato di protezione:** ha la funzione di controllare le alterazioni conseguenti a sollecitazioni meccaniche, fisiche, chimiche e con eventuale funzione decorativa.
    Nelle coperture continue si adotta per:
    - Fornire all'elemento di tenuta protezione, in vario grado, da agenti atmosferici (in particolare quando l'elemento di tenuta è sovrapposto all'elemento termoisolante);
    - Impedire l'asportazione dell'elemento di tenuta da parte del vento;
    - Consentire la prevista utilizzazione della copertura (transito di persone e/o veicoli o altri usi);
    - Ottenere l'aspetto desiderato (funzione decorativa).

    Strato di regolazione: ha la funzione di ridurre le irregolarità superficiali dello strato sottostante. Nelle coperture continue si adotta per evitare che irregolarità superficiali di un elemento o strato determinino punzonamenti o sollecitazioni meccaniche anomali sull'elemento o strato sovrastante.

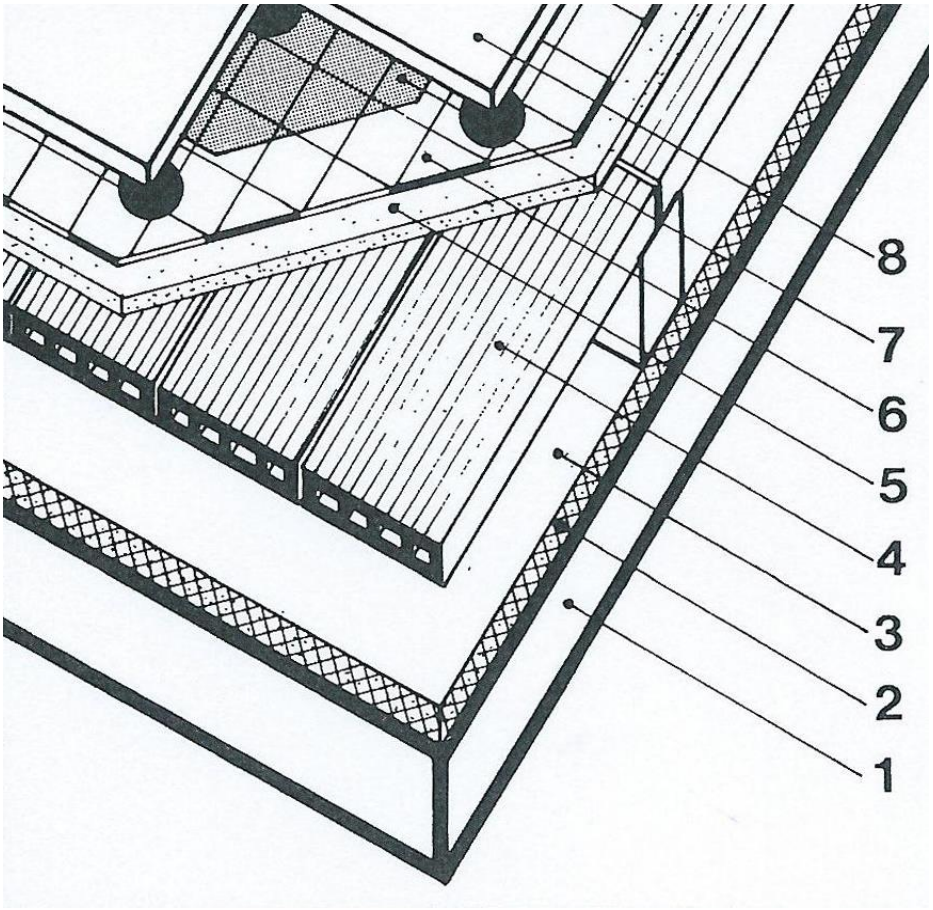
12. **Strato di schermo al vapore:** ha la funzione di ridurre il passaggio del vapore d'acqua per controllare il fenomeno della condensa all'interno della copertura. Viene di regola adottato in presenza dell'elemento termoisolante quando al di sopra di questo sono presenti strati che riducono o impediscono la diffusione di vapore verso l'ambiente esterno. E' alternativo alla barriera al vapore quando le condizioni igrometriche al contorno siano meno rischiose.

13. **Strato di separazione e/o scorrimento:** ha la funzione di evitare interazione di carattere fisico e/o chimico tra strati contigui. Si adotta nelle coperture continue al fine di:
    - Limitare i vincoli tra strati contigui a diversa mobilità termica di esercizio, consentendone movimenti differenziati;
    - Limitare i vincoli tra strati contigui a diversa mobilità meccanica di esercizio, consentendone movimenti differenziati;
    - Evitare il contatto tra strati contigui chimicamente incompatibili;
    - Evitare migrazioni di materiali da uno strato o elemento all'altra o nell'ambiente.
14. **Strato di tenuta all'aria:** serve ad evitare l'ingresso di aria umida all'interno del sistema di copertura quando ciò possa provocare condensazioni interne. Viene adottato quando, in relazione alla situazione ambientale esterna e tenendo conto delle caratteristiche dell'elemento di tenuta, si voglia controllare il passaggio dell'aria attraverso la copertura.
15. **Strato di ventilazione:** ha la funzione di contribuire al controllo delle caratteristiche igrotermiche della copertura attraverso ricambi d'aria naturali o forzati. Può essere adottato al fine di:
    - Nella stagione fredda: smaltire all'sterno il vapore proveniente dagli ambienti sottostanti la copertura;
    - Nella stagione calda: ridurre, attraverso moti convettivi di attivazione di ricambi d'aria all'interno dell'intercapedine, la quantità di calore che altrimenti giungerebbe nell'ambiente sottostante la copertura;
    - Evitare il ristagno dell'umidità al di sotto dello strato di tenuta.
16. **Strati drenanti:** è uno strato o un insieme di strati avente la funzione di raccogliere e smaltire l'acqua piovana all'interno della copertura. Può essere adottato qualora la copertura sia strutturata in modo che l'acqua pervenga all'interno della copertura ed in particolare nei seguenti casi:
    - Nei giardini pensili al fine di migliorare le condizioni vegetative;
    - Nelle coperture continue quando l'elemento termoisolante sia sovrapposto all'elemento di tenuta per rendere più veloce lo smaltimento dell'acqua penetrata al di sotto dell'elemento termoisolante;
    - Nelle coperture continue quando, per ragioni di maggior sicurezza, sia richiesta una secondo linea di sbarramento alle infiltrazioni idriche e quindi un secondo elemento di tenuta.
17. **Strato filtrante:** ha la funzione di trattenere materiale polverulento, pur lasciando libero il passaggio delle acqua metereologiche. Viene adottato:
    - Nelle coperture continue con l'elemento termoisolante sovrapposto all'elemento di tenuta, per impedire che l'elemento termoisolante stesso sia raggiunto da elementi fini di aggregati presenti nel sovrastante strato di protezione (quando realizzato con ghiaia) o nelle acque meteoriche;

- Nei giardini pensili, per impedire che lo strato drenante sia raggiunto ed intasato da elementi fini presenti nel sovrastante terreno vegetale e trasportati dalle acque meteoriche.

Le possibili soluzioni conformi (ciascuna con una serie di varianti, essenzialmente relative al tipo di strato di protezione) sono molteplici e per una visione generale si rimanda a specifici manuali.

Si riporta solo come esempio una soluzione conforme, schematizzata graficamente, con l'indicazione degli strati o elementi funzionali principali da cui è composta e la loro localizzazione.



COPERTURA ISOLATA VENTILATA CON MANTO CON PROTEZIONE PRATICABILE

1. Elemento portante
2. Elemento termoisolante
3. Strato di ventilazione
4. Elemento di supporto
5. Strato di irrigidimento e regolarizzazione
6. Elemento di tenuta
7. Strato di ripartizione
8. Strato di protezione praticabile

5.

Requisiti e prestazioni

Le funzioni richieste da una copertura possono essere riassunte in:

- Riparo e protezione dagli agenti atmosferici;
- Protezione dall'irraggiamento diretto;
- Protezione da intrusioni umane o animali;
- Sicurezza statica e al fuoco;
- Contributo al benessere igrometrico;
- Contributo al benessere uditivo;
- Specifiche funzioni d'uso.

Data la varietà di soluzioni tecnologiche e costruttive, anche restringendo l'analisi alle soluzioni conformi di coperture piane, è evidente la difficoltà di stabilire un metodo comune di valutazione, che dia risultati confrontabili in merito al grado in cui queste funzioni sono svolte dagli elementi funzionali che costituiscono le coperture stesse.

È necessario a questo scopo introdurre le definizioni di requisito e di prestazioni ad esso collegate.

Si definiscono **requisiti** le richieste rivolte ad un particolare elemento tecnico o ad un insieme di elementi (la copertura piana) di possedere caratteristiche di funzionamento tali da soddisfare determinate esigenze dell'utenza, quali quelle di sicurezza, benessere, fruibilità, ecc.

Queste caratteristiche sono funzionali, e quindi indipendenti dai materiali con cui l'elemento tecnico è realizzato.

Si definiscono invece **prestazioni** i comportamenti degli elementi tecnici all'atto del loro impiego, che devono rispondere ai requisiti richiesti nel caso specifico.

Le specificazioni di prestazione rappresentano i valori quantizzati dei parametri definiti.

Si presenta di seguito un elenco dei principali requisiti riferiti alle coperture:

1. Sicurezza statica
2. Resistenza alle intrusioni
3. Stabilità al vento
4. Resistenza agli urti
5. Resistenza al fuoco
6. Isolamento termico
7. Sfasamento e smorzamento dell'onda termica
8. Controllo della condensazione superficiale
9. Controllo della condensazione interstiziale
10. Isolamento acustico
11. Tenuta all'acqua
12. Assenza di emissioni sgradevoli o nocive
13. Geometria della superficie
14. Uniformità di superficie
15. Attitudine all'integrazione impiantistica
16. Sicurezza elettrica
17. Resistenza al gelo
18. Resistenza allo shock termico
19. Resistenza al soleggiamento
20. Stabilità morfologica
21. Resistenza agli agenti biologici
22. Resistenza ad agenti aggressivi
23. Stabilità chimico-reattiva ed elettrochimica
24. Aderenza
25. Sicurezza nella circolazione
26. Resistenza allo schiacciamento
27. Resistenza all'abrasione
28. Pulibilità

6.

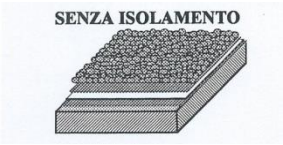
Elemento termoisolante

Elemento termoisolante, impropriamente detto coibente, isolante ecc., è l'elemento avente funzione di portare al valore richiesto la resistenza termica globale della copertura.
La condizione di isolamento termico della copertura può essere classificata prenderemo in considerazione solo gli elementi termoisolanti presenti all'estradosso del supporto di base:

- **Copertura senza elemento termoisolante**:
  Senza elemento termoisolante o con elemento termoisolante inserito nel supporto di base.
- **Copertura con elemento termoisolante riportato all'intradosso dell'elemento di tenuta (tetto caldo):**
  Con elemento termoisolante riportato esclusivamente all'intradosso dell'elemento di tenuta, con o senza strato di barriera o schermo al vapore inserito all'intradosso dell'elemento termoisolante.
- **Copertura con elemento di tenuta interposto tra due elementi termoisolanti (tetto sandwich):**
  Con elemento termoisolante riportato parzialmente all'intradosso e parzialmente all'estradosso dell'elemento di tenuta, con o senza strato di barriera o schermo al vapore inserito all'intradosso dell'elemento termoisolante inferiore.
- **Copertura con elemento termoisolante sovrapposto all'elemento di tenuta (tetto rovescio):**
  Con elemento termoisolante riportato totalmente all'estradosso dell'elemento di tenuta.

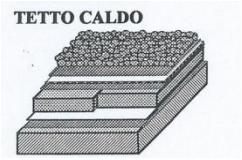
Onde evitare fenomeni di galleggiamento dell'elemento termoisolante, nelle coperture con isolamento termico a tetto misto rovescio (sandwich) o rovescio lo spessore ed il peso minimo dello strato di ghiaia, dovrà essere calcolato secondo la prescrizione delle norme di riferimento.

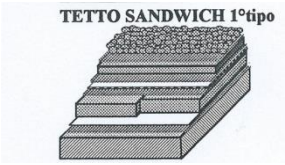
CONDIZIONE DI ISOLAMENTO TERMICO DELLA COPERTURA



Protezione (eventuale)
Strato filtrante e/o separatore (eventuale)
Elemento di tenuta
Strato di compensazione (eventuale)
Supporto di base

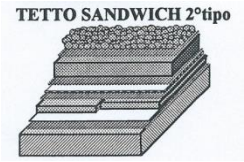
Protezione (eventuale)
Strato filtrante e/o separatore (eventuale)
Elemento di tenuta
Strato separatore (eventuale)
Elemento termoisolante
Strato barriera o schermo al vapore (eventuale)
Strato di compensazione (eventuale)
Supporto di base

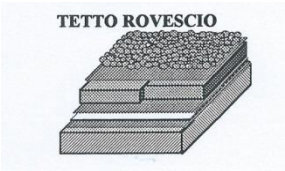




Protezione e zavorramento
Strato filtrante e/o separatore (eventuale)
Elemento termoisolante
Strato separatore (eventuale)
Elemento di tenuta
Strato di compensazione (eventuale)
Supporto di base

Protezione e zavorramento
Strato filtrante e/o separatore (eventuale)
Elemento termoisolante (2° strato)
Strato separatore (eventuale)
Elemento di tenuta
Strato separatore (eventuale)
Elemento termoisolante (1° strato)
Strato barriera o schermo al vapore (eventuale)
Strato di compensazione (eventuale)
Supporto di base

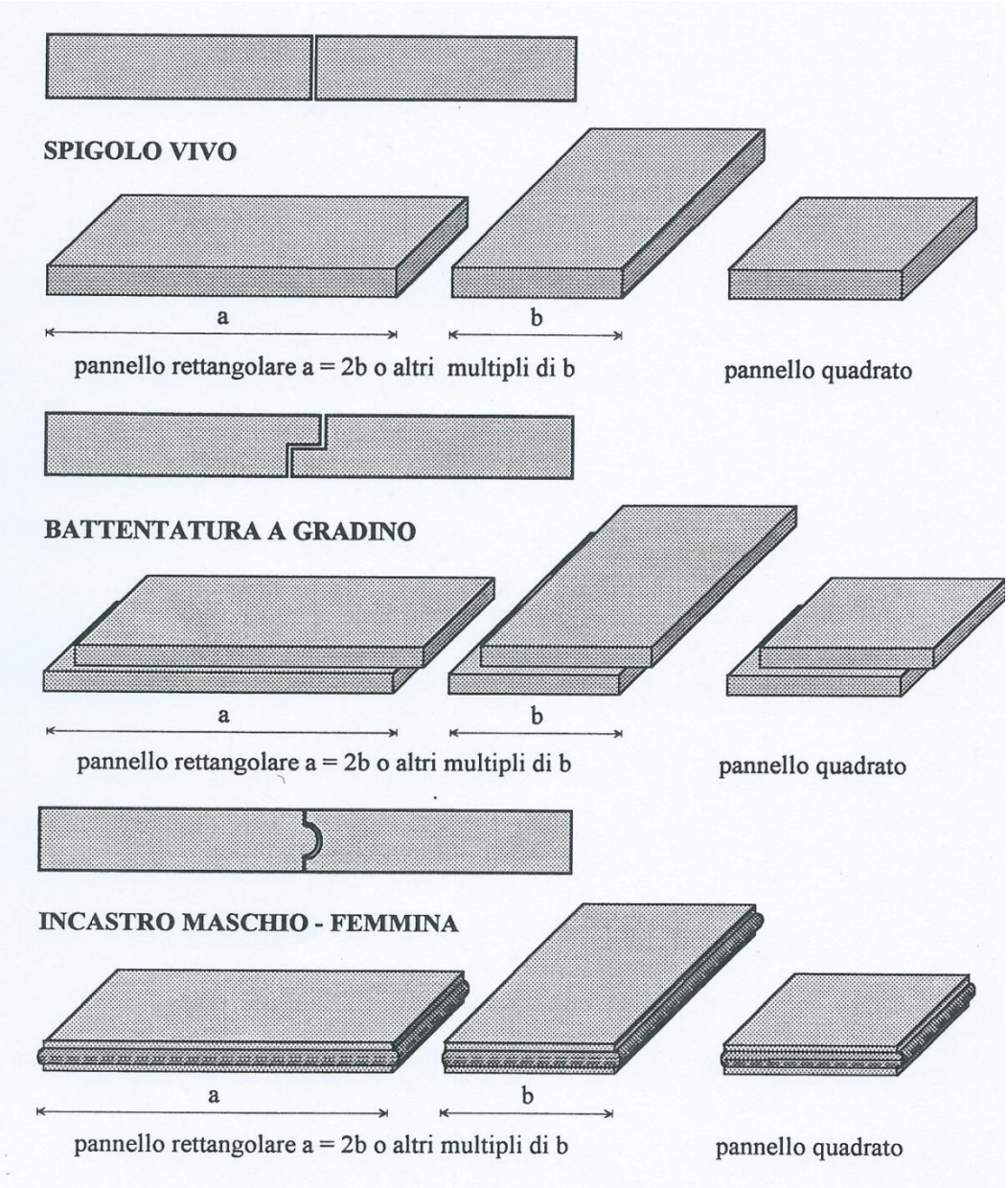




Protezione e zavorramento
Strato filtrante e/o separatore (eventuale)
Elemento termoisolante (2° strato)
Strato separatore
Elemento di tenuta
Strato separatore (eventuale)
Elemento termoisolante (1° strato)
Strato barriera o schermo al vapore (eventuale)
Strato di compensazione (eventuale)
Supporto di base

Morfologia dei pannelli dell'elemento termoisolante in polistirene espanso sinterizzato.
I pannelli dell'elemento termoisolante in polistirene espanso sinterizzato possono essere realizzati in fase di produzione con i bordi eseguiti nei seguenti casi:

- **Spigolo vivo** particolarmente indicati quando l'elemento termoisolante è posato in due o più strati.
- **Battentatura a gradino** particolarmente indicati per evitare i ponti termici negli accostamenti delle lastre, quando l'elemento termoisolante è posato in un unico strato.
- **Incastro maschio - femmina** particolarmente indicato, per evitare i ponti termici negli accostamenti delle lastre, quando l'elemento termoisolante è posato in un unico strato, ma solo quando la posa avviene su una superficie perfettamente planare, in quanto una superficie non complanare potrebbe causare la sconnessione negli incastri con conseguenti problemi nella stesura degli strati successivi.

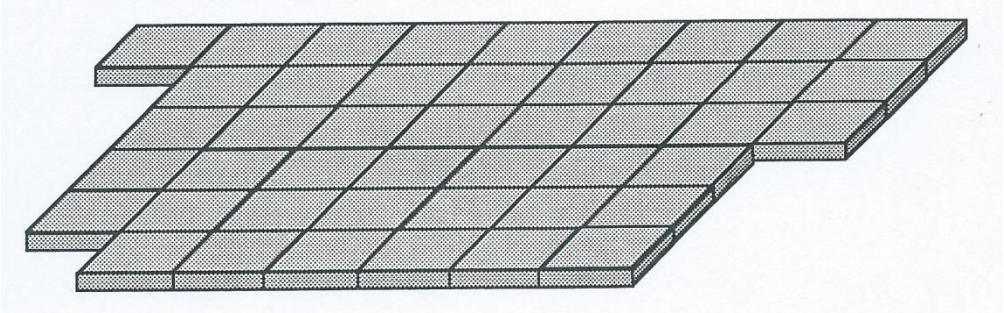


SCHEMI GEOMETRICI DI POSA DEI PANNELLI

SCHEMA DI POSA 1

Pannelli quadrati posati ortogonalmente in semplice strato.

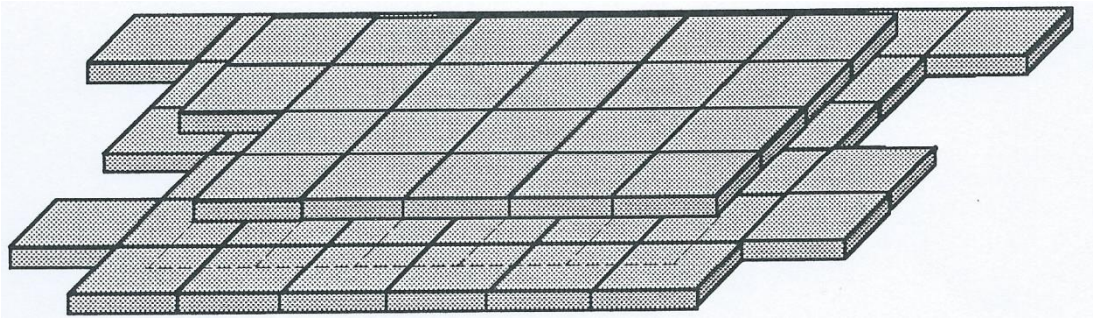
Tutte le fighe dei pannelli sono continue.



SCHEMA DI POSA 1/P

Pannelli quadrati posati ortogonalmente in più strati.

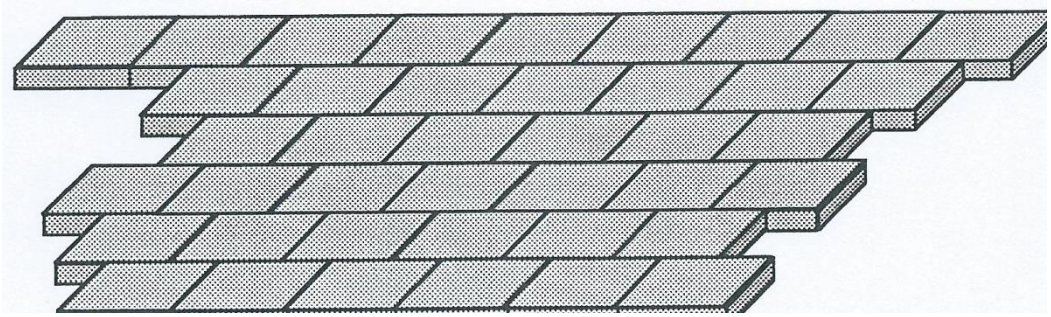
Tutte le fughe dei pannelli sono continue sullo stesso strato, ma sfalsate tra due strati contigui.



SCHEMA DI POSA 2

Pannelli quadrati posati in semplice strato a linee sfalsate.

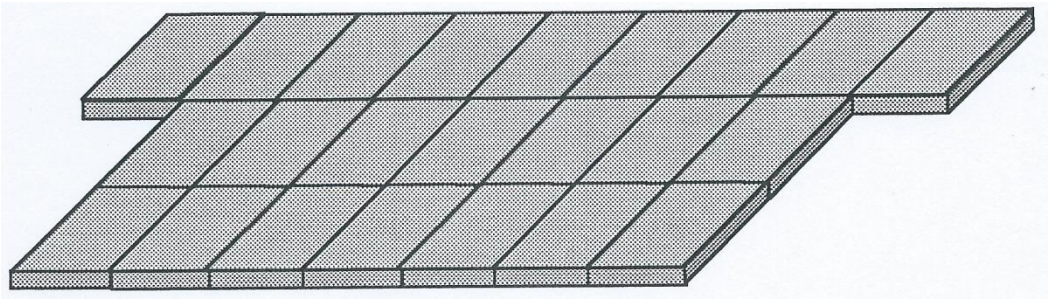
Le fughe dei pannelli sono continue in una direzione ed interrotte nell'altra.



SCHEMA DI POSA 3

Pannelli rettangolari posati ortogonalmente in semplice strato.

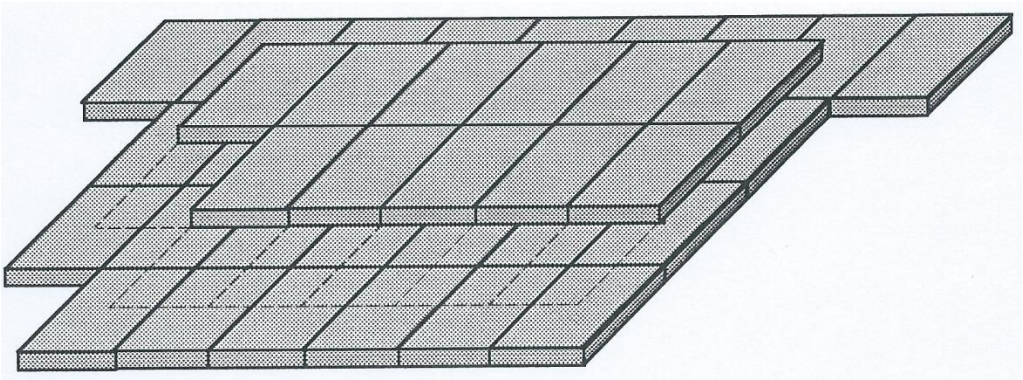
Tutte le fughe dei pannelli sono continue.



SCHEMA DI POSA 3/P

Pannelli rettangolari posati ortogonalmente in più strati.

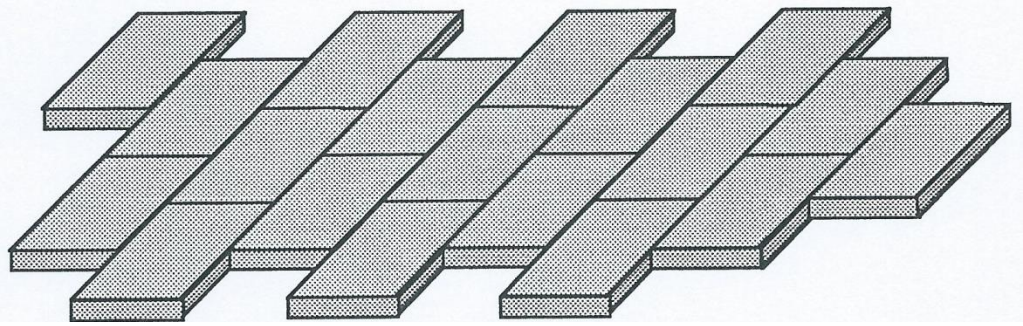
Tutte le fighe dei pannelli sono continue sullo stesso strato, ma sfalsate tra due strati contigui.



SCHEMA DI POSA 2/L

Pannelli rettangolari posati ortogonalmente in più strati.

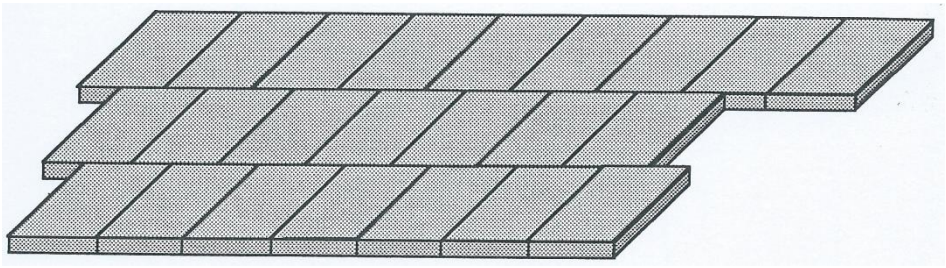
Tutte le fughe dei pannelli sono continue sullo stesso strato, ma sfalsate tra due strati contigui.



SCHEMA DI POSA 2/C

Pannelli rettangolari posati in semplice strato a linee sfalsate.

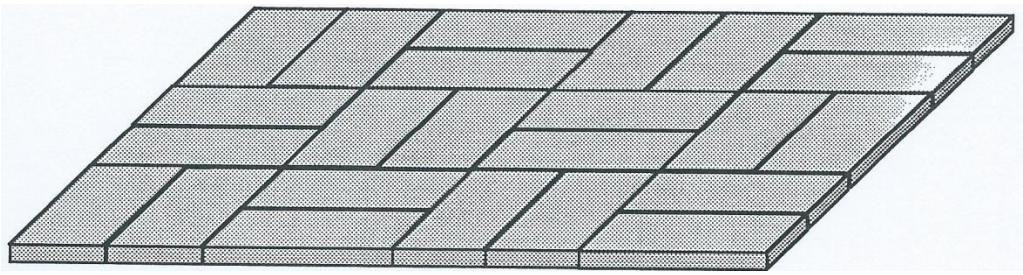
Le fughe dei pannelli sono continue nella direzione dei lati corti del pannello ed interrotte nella direzione dei lati lunghi.



SCHEMA DI POSA 3

Pannelli rettangolari posati, due a due, ortogonalmente in semplice strato.

Tutte le fughe dei pannelli sono continue, formando dei riquadri di larghezza pari al lato lungo del pannello.

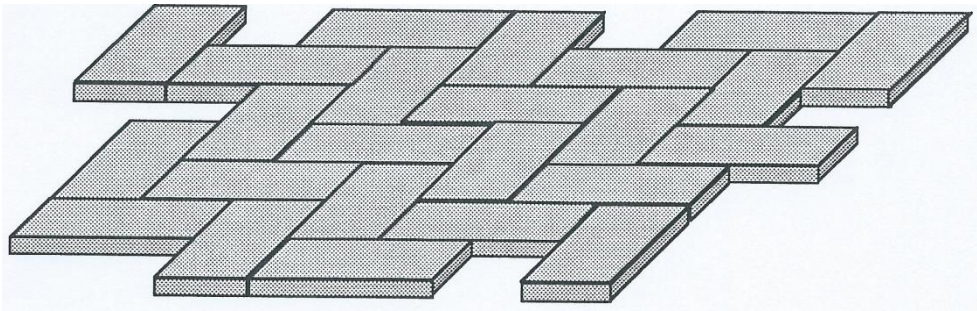


SCHEMA DI POSA 4

Pannelli rettangolari posati, a spina di pesce in semplice strato.

Tutte le fughe dei pannelli sono discontinue.

Questo sistema di posa, utilizzato in copertura con elementi e strati posati a totale aderenza, è sicuramente la metodologia ideale, ma comporta problemi di carattere pratico riguardo la cadenza da parte dei posatori ed inoltre maggiori tagli e sfridi.



Metodologie di posa in opera dell'elemento termoisolante.
Vengono riportati alcune indicazioni di uso tradizionale:

Elemento termoisolante posato in totale indipendenza:

- La superficie dei singoli pannelli non dovrà superare i 2,40 mq e la dimensione del lato maggiore non dovrà superare i 2,40 m.
- Il sistema di copertura dovrà essere sempre zavorrato con protezione pesante, scelta in funzione dell'utilizzo e idoneamente dimensionata in relazione all'azione d'estrazione del vento.

Elemento termoisolante posato in totale o parziale aderenza mediante incollaggio:

Incollaggio a caldo (usualmente bitume ossidato fuso): questa metodologia di posa normalmente non viene usata per i pannelli di polistirene in genere.

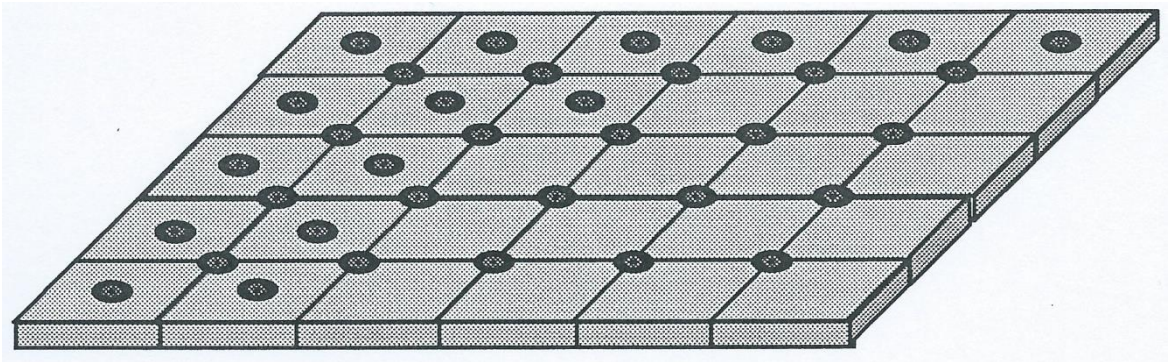
- La superficie dei singoli pannelli non dovrà superare i 1,44 mq e la dimensione del lato maggiore non dovrà superare i 1,20 m.
- Dovrà essere sempre valutata la resistenza dell'incollaggio all'azione d'estrazione da vento.

Incollaggio a freddo:

- La superficie dei singoli pannelli non dovrà superare i 1,44 mq e la dimensione del lato maggiore non dovrà superare i 1,20 m.
- Dovrà essere sempre valutata la resistenza dell'incollaggio all'azione d'estrazione da vento.

Posa con fissaggio meccanico: si consiglia di utilizzare come elemento termoisolante, con il fissaggio meccanico, prodotti aventi una resistenza a compressione.

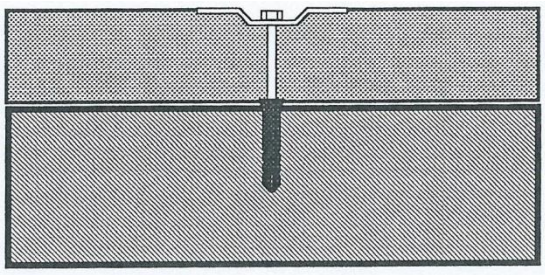
Fissaggio per punti: particolare cura dovrà essere posta nel calcolo del numero e della dislocazione degli elementi di fissaggio per garantire resistenza all'azione d'estrazione da vento.



Normalmente i fissaggi vengono posizionati all'incrocio dei pannelli e, se necessario, anche al centro, altri schemi di fissaggio potranno essere valutati di volta in volta secondo lo schema scelto per la posa dei pannelli.

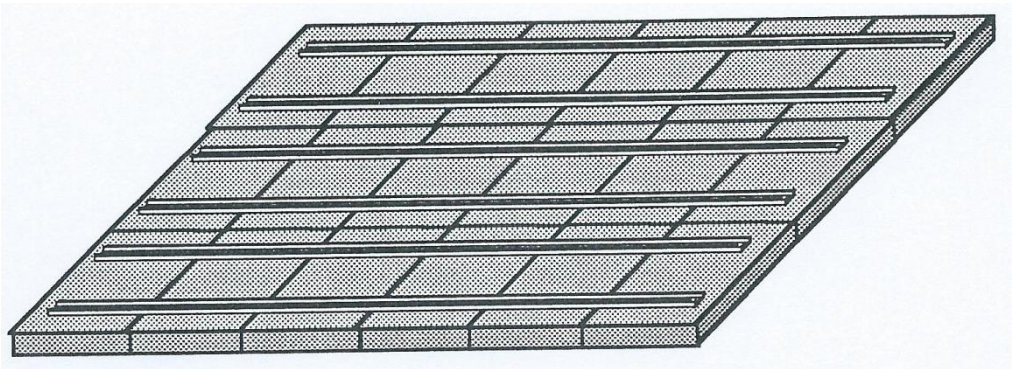
Nel caso l'elemento di tenuta dovesse essere successivamente posato per incollaggio, il numero di fissaggi da prevedere per l'elemento termoisolante dovrà essere quello risultante da un progetto che tenga conto della resistenza all'azione d'estrazione del vento.

La rondella dell'elemento di fissaggio dovrà comprimere, penetrando con la parte concava di alloggiamento della testa del chiodo o della vite, all'interno dell'elemento isolante.

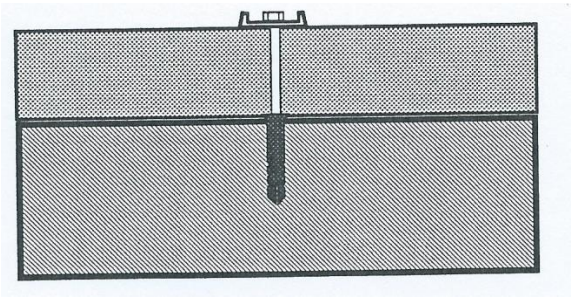


Fissaggio per linee: questo sistema di fissaggio è poco usato per i pannelli dell'elemento termoisolante.

- Particolare cura dovrà comunque essere posta nel calcolo del numero e della dislocazione degli elementi di fissaggio per garantire la resistenza all'azione d'estrazione del vento.



Nel caso l'elemento di tenuta dovesse essere anch'esso successivamente posato con fissaggio meccanico, quest'ultimo andrà in parte a collaborare, se posato in modo corretto per quanto riguarda il numero di fissaggi e la loro disposizione, con il fissaggio meccanico dell'elemento termoisolante, in questo caso sarà sufficiente eseguire un prefissaggio dei pannelli al supporto di fase in numero di almeno un fissaggio /mq o /cad. pannello, se le lastre sono inferiore al mq.

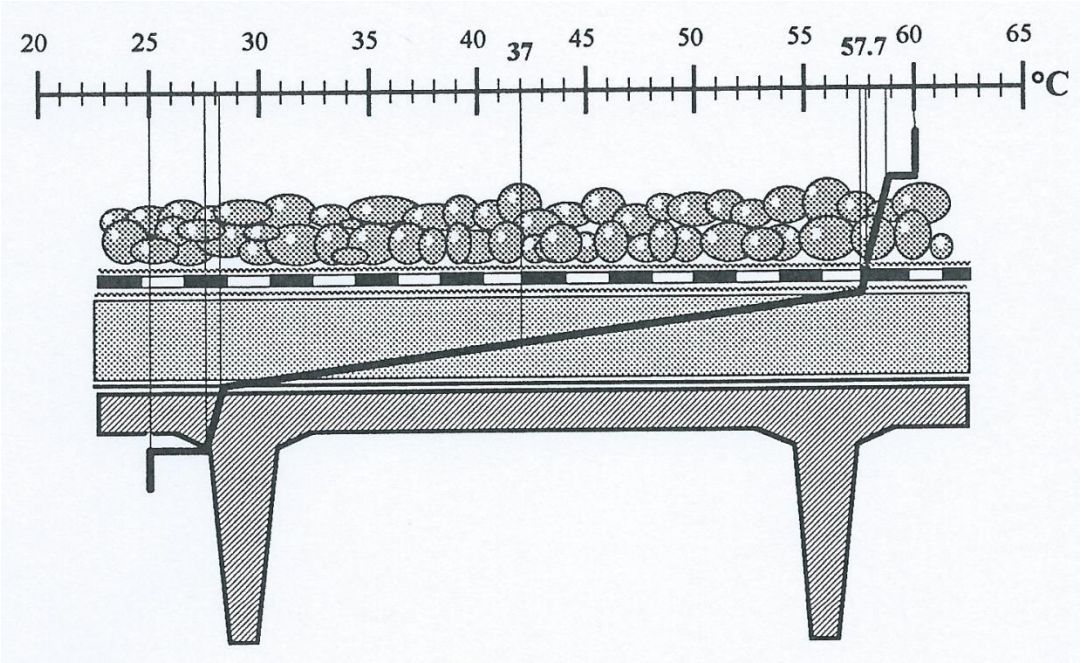


Due esempi di sistemi di copertura.

1° esempio – sistema di copertura a tetto caldo, costituito da:

- Supporto di base in tegoli prefabbricati:
  - Spessore 50 mm
  - Coefficiente di conducibilità termica λ = 15.54 W/mK
- Elemento termoisolante in polistirene espanso sinterizzato:
  - Spessore 50 mm
  - Coefficiente di conducibilità termica λ = 0.036 W/mK
- Elemento di tenuta in membrana in PVC:
  - Spessore 1.5 mm
  - Coefficiente di conducibilità termica λ = 0.16 W/mK
- Elemento di protezione in ghiaia tonda lavata di fiume:
  - Spessore 50 mm
  - Coefficiente di conducibilità termica λ = 0.58 W/mK

Non vengono presi in considerazione gli strati complementari, dato che hanno una resistenza termica assolutamente ininfluente nel calcolo.

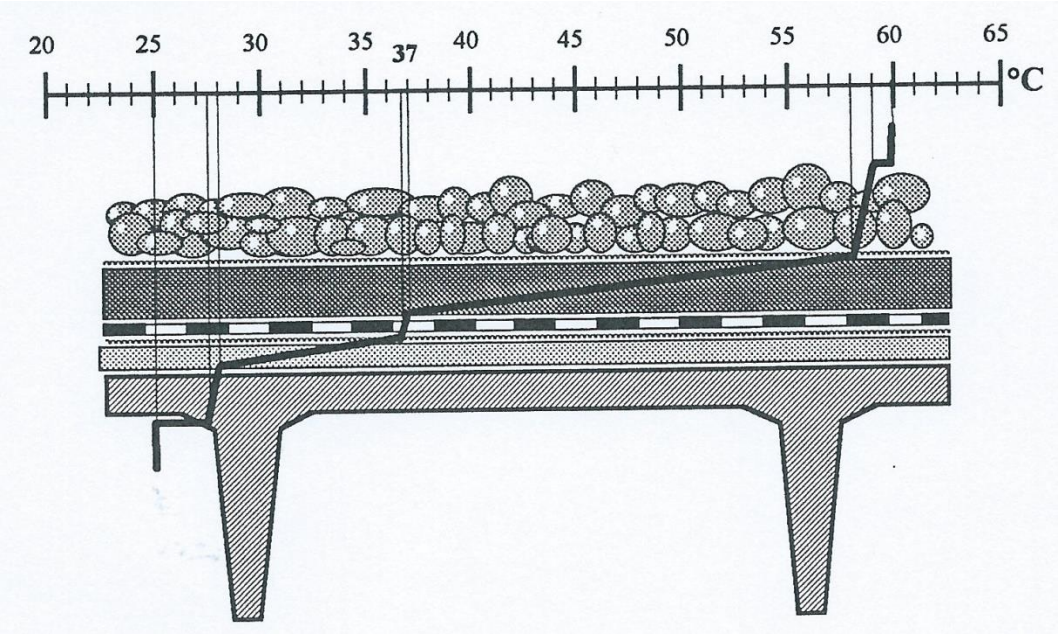


Considerazione riguardanti i risultati del 1° esempio di sistema di copertura a tetto caldo:

2° esempio di copertura a tetto sandwich, costituita da:

- Supporto di base in tegoli prefabbricati:
  - Spessore 50 mm
  - Coefficiente di conducibilità termica λ = 1.59 W/mK
- 1° elemento termoisolante in polistirene espanso sinterizzato:
  - Spessore 15 mm
  - Coefficiente di conducibilità termica λ = 0.036 W/mK
- Elemento di tenuta in membrana di PVC:
  - Spessore 15 mm
  - Coefficiente di conducibilità termica λ = 0.16 W/mK
- 2° elemento termoisolante in polistirene espanso estruso:
  - Spessore 30 mm
  - Coefficiente di conducibilità termica λ = 0.027 W/mK
- Elemento di protezione in ghiaia tonda lavata di fiume:
  - Spessore 50 mm
  - Coefficiente di conducibilità termica λ = 0.58 W/mK

Non vengono presi in considerazione gli strati complementari, dato che hanno una resistenza termica assolutamente ininfluente nel calcolo.



Considerazione riguardanti i risultati del 2°esempio di sistema di copertura a tetto sandwich:

Come si può notare dal diagramma delle temperature, sviluppato secondo la formula precedentemente indicata, la temperatura della superficie di contatto della membrana di PVC con polistirene espanso estruso è < α 37 °C, pertanto non è indispensabile l'inserimento dello strato separatore tra questi due elementi.

Temperature degli isolanti in copertura

Nelle zone a clima caldo si possono raggiungere alte temperature che compromettono la stabilità dimensionale.

Le applicazioni di isolanti termici in copertura, specialmente quelle piane, sotto manti impermeabili a vista, comportano severe condizioni di esercizio che prevedono, oltre a forti sbalzi termici, un'elevata temperatura di esercizio a causa dell'irraggiamento solare. In particolare, soprattutto nei Paesi dell'Europa meridionale a clima più caldo, queste condizioni di esercizio – ha evidenziato l'esperienza applicativa – possono compromettere la stabilità dimensionale di alcuni tipi di isolanti termici.

Il problema dell'impatto della radiazione solare sulla temperatura degli isolanti termici in copertura è stato al centro di una ricerca svolta in collaborazione con l'Università IUAV di Venezia. La ricerca ha inteso verificare i valori massimi di temperatura che possono essere raggiunti all'interno dei pacchetti di copertura in corrispondenza dello strato isolante. Due le fasi previste

nell'indagine: la simulazione, mediante un modello matematico, dell'andamento della temperatura all'interno del pacchetto di copertura al variare delle condizioni climatiche; infine la verifica sperimentale delle temperature di esercizio in copertura in due diverse soluzioni applicative.

Fase teorica

L'analisi è stata realizzata utilizzando il modello di calcolo HEAT2 messo a punto dal Lund (Gothenburg Group for Computational Building Physics in collaborazione con il Department of Building Physics - Lund University) e dal Building Technology Group del M.I.T. (USA). Questo modello ha consentito di simulare l'andamento del flusso termico che attraversa la copertura e di determinarne i valori puntuali in corrispondenza dei singoli strati.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno sono stati ipotizzati gli scambi radianti e convettivi sia verso l'esterno che verso l'interno. Queste due ipotesi di calcolo, va precisato, possono determinare una notevole variabilità tra dati calcolati e dati reali.

Le condizioni climatiche analizzate sono state quelle medie per il mese di massima insolazione (Luglio) per le località di Trapani (I - 38° 01'), Roma (I – 41° 53'), Venezia (I - 45° 26'N) e Londra (UK-52°N). Sono state inoltre considerate le condizioni climatiche storiche disponibili e relative a Luglio 2003 per Venezia e a Luglio 1984 per Zurigo (CH - 47° 48' N). Inoltre, l'analisi del flusso termico ha considerato un periodo di 7 giorni allo scopo di valutare anche l'effetto di un progressivo riscaldamento della copertura.

Nelle simulazioni sono stati ipotizzati diversi tipi di materiale isolante e la ricerca ha preso in esame diverse tipologie di copertura. Tra queste la situazione più critica, per il livello di temperature raggiunte, si è riscontrata nelle coperture piane con manto bituminoso a vista.

Prime indicazioni

Dalle prime indicazioni della fase teorica è risultato che la copertura piana con manto impermeabile a vista è soggetta a notevoli surriscaldamenti; lo strato isolante può raggiungere temperature molto elevate (superiori ai 70°C) anche in condizioni climatiche caratterizzate da un irraggiamento moderato. Lo strato esterno, costituito dalle guaine impermeabili, ha spessore e massa ridotti ed è caratterizzato da un coefficiente di assorbimento elevato (a = 0,95); ciò può determinare il surriscaldamento dello strato isolante fino a temperature vicine ai 90°C in zone climatiche molto calde (Trapani).

Le temperature calcolate, soprattutto per i climi più caldi, superano, nelle ore di massimo irraggiamento, le temperature massime di esercizio di molti materiali e rappresentano quindi un importante fattore di rischio per l'integrità e la stabilità dimensionale dell'intero pacchetto di copertura.

Fase sperimentale: sito e strumenti di misura

Alla luce dei risultati ottenuti mediante la simulazione del programma di calcolo Heat2 è stata effettuata una verifica sperimentale delle temperature di esercizio dei materiali al fine di accertare l'incidenza sia delle particolari condizioni ambientali che caratterizzano ogni sito (es. ventilazione della copertura, fattori di ombreggiamento), sia, in condizioni reali di esercizio, dei parametri prefissati nelle ipotesi di calcolo (capacità di assorbimento e di emissione della copertura).

Le misure sperimentali sono state effettuate sulla copertura di una palazzina uffici sita in Zona Industriale a Padova (45° 19'), protraendosi per alcuni mesi del 2005 e per l'intero anno 2006. I pacchetti monitorati sono: un tetto piano - copertura piana con manto bituminoso ardesiato a vista (analoga, per composizione a quella utilizzata per la fase teorica); un tetto curvo - pannello sandwich curvo (esterno: lamiera di alluminio preverniciato, colore rosso tegola, spessore 7/10 mm, strato isolante: poliuretano espanso rigido 40 mm fuori greca, interno: lamiera zincata goffrata, preverniciata, colore grigio-azzurro, spessore 4/10 mm).

Sono state poste in opera 9 termocoppie (4 per il tetto piano e 5 per il tetto curvo) per la misura di temperature superficiali e interne allo strato di materiale. Le temperature registrate sono state raccolte da due acquisitori multicanali mentre i valori forniti dalla sonda meteo sono stati inviati direttamente in un PC portatile.

Una stazione meteo ha consentito di registrare i dati di temperatura, umidità, velocità dell'aria oltre che la radiazione solare globale incidente misurata con un piranometro.

I dati raccolti

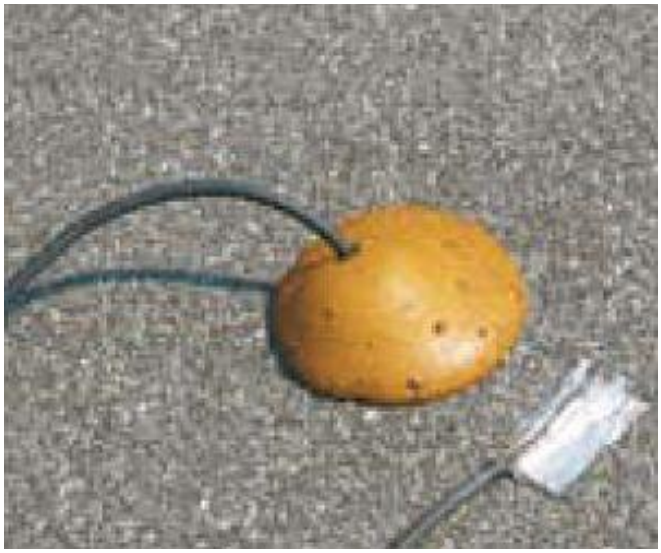
I dati raccolti hanno evidenziato una forte escursione termica non solo nei mesi estivi, ma costante per tutto il periodo di rilevazione: all'interno dell'isolante si sono registrate differenze di temperatura di circa 40 °C mentre quelle superficiali superano i 50 °C.

Il tetto piano ha raggiunto la temperatura limite di 71°C che si è mantenuta costante per un periodo superiore alle 3 ore. Il tetto curvo, colpito da una diversa inclinazione dei raggi solari, ha raggiunto invece la temperatura di circa 68 °C mantenendola per circa 3 ore.

Le criticità

Tenuto conto che sia la simulazione di calcolo sia i valori riscontrati nella fase sperimentale si riferiscono sempre a manti bituminosi con finitura ardesiata grigio chiara, la ricerca ha evidenziato alcuni aspetti critici che la progettazione dovrebbe valutare attentamente in fase di scelta dei materiali isolanti applicati in copertura.

La prima criticità riguarda la possibilità, nelle zone a clima caldo, di raggiungere temperature di esercizio superiori agli 80 °C all'interno di isolanti termici applicati sotto manti impermeabili a vista. Con manti impermeabili di colore più scuro, sostiene la ricerca, è ipotizzabile il raggiungimento di temperature ancora superiori. È necessario, quindi, selezionare opportunamente i materiali isolanti in funzione della loro resistenza a temperature di esercizio superiori a quelle raggiungibili in applicazione.



Inoltre, in tutte le applicazioni e in tutte le condizioni climatiche si sono registrate forti escursioni termiche in periodi temporali molto brevi. In funzione di questo stress termico, pertanto, i materiali isolanti dovranno essere selezionati in base alla loro stabilità dimensionale verificata in condizioni variabili di temperatura. In aggiunta, dovranno essere attentamente valutate le caratteristiche di stabilità e coesione dell'intero pacchetto onde evitare che i forti sbalzi termici determinino distorsioni o fessurazioni soprattutto nei punti critici di giunzione.

7.

Norme di riferimento

NORME DI RIFERIMENTO PER "COPERTURE E IMPERMEABILIZZAZIONI"	SOMMARIO
UNI 8089 (2012) Edilizia – coperture e relativi elementi funzionali – Terminologia funzionale.	La norma ha lo scopo di fornire la definizione, in termini funzionali, delle coperture e dei relativi elementi funzionali.
UNI 8178 (2012) Edilizia – Coperture – Analisi degli elementi e strati funzionali.	La norma fornisce un'analisi della funzione svolta dagli elementi e strati da considerare nella progettazione delle coperture ed esemplificazioni degli stessi. Essa si applica alle coperture sia continue sia discontinue e deve essere utilizzata nelle fasi di concezione e progettazione di un sistema di copertura unitamente alle istruzioni per l'organizzazione degli elementi o strati di copertura.
UNI 8627 (2012) Edilizia – Sistemi di copertura – Definizione e classificazione degli schemi funzionali, soluzioni conformi e soluzione tecnologiche.	La norma indica, definisce e classifica gli schemi funzionali delle coperture, riporta la matrice delle soluzioni conformi e individua le principali condizioni progettuali caratteristiche per l'identificazione delle soluzioni conformi delle coperture.
UNI 11345 (2010) Attività di controllo per le fasi di progetto, esecuzione e gestione di copertura continue.	La norma fornisce istruzioni circa le attività da adottarsi per il controllo durante la fase di progettazione, esecuzione e gestione di coperture continue realizzate con membrane flessibili per impermeabilizzazione. Per ciascuna delle fasi vengono individuate le responsabilità dei singoli operatori coinvolti e gli elementi caratterizzanti. Vengono altresì forniti esempi dei verbali di controllo da redigere alla fine di ogni singola fase.
UNI 11333 (2009) Posa di membrane flessibili per impermeabilizzazione - Formazione e qualificazione degli addetti.	La norma specifica i metodi e i criteri delle prove per qualificare gli addetti alla posa di membrane flessibili per impermeabilizzazione.
UNI 9307-1 (1988) Coperture continue – Istruzione per la progettazione – Elemento di tenuta.	Analizza i requisiti di comportamento a cui l'elemento di tenuta, facente parte di coperture continue, deve rispondere in funzione delle azioni e degli effetti originati dagli agenti esterni alla copertura e dagli agenti interni alla stessa, indotti dalla particolare soluzione tecnologica adottata. In rapporto a tali requisiti la presente norma descrive le fenomenologie che si sviluppano e formula indicazioni per le scelte progettuali. Costituisce la base per la messa a punto di codici di pratica e di progetto relativi a ciascuna soluzione conforme ad un determinato modello di funzionamento.
UNI 11235 (2007) Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde.	La norma definisce i criteri di progettazione, esecuzione, controllo e manutenzione di coperture continue a verde, in funzione delle particolari situazioni di contesto climatico, di contesto edilizio e di destinazione d'impiego.

UNI 11442(2015) Criteri per il progetto e l'esecuzione dei sistemi di coperture continue - Resistenza al vento.	La norma si applica ai sistemi di copertura di tipo continuo, con elementi di tenuta realizzati con membrane flessibili e indica i criteri generali di progettazione nei riguardi dell'azione del vento. Nella normativa vengono indicate le varie tipologie possibili di vincolo, meccanico, per zavorramento e per adesione e precisati i criteri di calcolo.
UNI 11540 (2014) Linea guida per la redazione e corretta attuazione del piano di manutenzione di coperture continue realizzate con membrane flessibili per impermeabilizzazioni.	La norma vuole fornire informazioni utili per la redazione e l'attuazione del piano di manutenzione ordinaria di coperture continue realizzate con membrane flessibili per impermeabilizzazioni. La struttura della norma è sviluppata in: a) il manuale d'uso della copertura. Esso contiene informazioni atte a permettere all'utente di conoscere le modalità per le migliori utilizzazioni del bene; b) il manuale di manutenzione. Esso contiene informazioni necessarie per la corretta manutenzione della copertura; c) il programma di manutenzione. Esso contiene informazioni riguardanti le fasi e i tempi di controllo delle ispezioni manutentive per una corretta gestione della copertura durante la sua vita utile.
RIFERIMENTI NORMATIVI EUROPEI : ➢ ETAG 006 - *System of mechanically fastened flexible roof waterproofing membranes;* ➢ ETAG 031 – *Inverted Roofs Insulation Kits;*	

8.

Norma UNI 11235 – Tetti verdi

Progettazione dell'elemento portante
La progettazione dell'elemento portante non è trattata nel presente documento in quanto esistono normative specifiche.
Per la progettazione delle coperture a verde è necessario individuare in maniera corretta il carico permanente che deve essere valutato in relazione ai materiali componenti i singoli strati ed elementi e, a favore di sicurezza, al fatto che questi
elementi possano essere completamente saturi di acqua (ove possano venire a contatto con l'acqua).
I dati di progetto sono quindi costituiti dai valori delle masse volumiche in condizioni di saturazione dei singoli strati o elementi.
La struttura deve essere dimensionata per potere sopportare il carico di acqua necessario per il controllo (cfr. capitolo 10).

La progettazione dello strato termoisolante non è trattata nel presente documento in quanto esistono normative specifiche.

Si indicano, tuttavia, come elementi importanti per la progettazione, nell'ambito delle coperture a verde:
- la necessità di individuare in maniera corretta il carico permanente dovuto alla copertura a verde, agente sullo strato termoisolante, al fine di tenere conto delle deformazioni massime accettabili dello stesso e la riduzione del suo spessore con la conseguente diminuzione della resistenza termica. In ogni caso, la resistenza a compressione, alla deformazione massima del 10%, deve essere maggiore o uguale a 120 kPa (UNI EN 826). I sovraccarichi utili di progetto non devono trasmettere allo strato termoisolante carichi superiori al 50% del valore della resistenza a compressione dichiarata per lo specifico prodotto

- Stante la difficoltà nel definire in maniera univoca la conduttività termica specifica del terreno, in quanto esso varia con il contenuto di umidità, è possibile in via semplificativa considerare, per spessori di strato colturale superiore a 12 cm, una temperatura della superficie intradossale dello stesso strato colturale pari a quella di progetto, definita dal D.P.R. 412/931) aumentata di 5°C.
- la necessità di considerare l'azione di microrganismi o radici, se lo strato di isolamento termico fosse esposto a essi;
- nel caso in cui la copertura sia di tipo rovescio occorre garantire un'idonea permeabilità al vapore tra lo strato termoisolante e gli elementi della stratificazione a verde.

Elemento di protezione meccanica

I materiali ed i prodotti normalmente utilizzati sono:
- georeti, geotessili, geocompositi;

- polistirene, con spessore minimo di 3 cm e resistenza a compressione >150 kPa, al 10% di deformazione massimo (UNI EN 826);
- calcestruzzo) .

I materiali qui indicati non possono in alcun modo costituire l'elemento di protezione dall'azione della radici.

Elemento drenante

Generalità

I materiali ed i prodotti normalmente utilizzati sono:
- aggregati granulari:
- pozzolana, pomice, lapillo, argilla espansa, perlite espansa, ardesia espansa, laterizi macinati, ecc.;
- prefabbricati;
- materiali geosintetici: geosintetici omogenei, geosintetici compositi, geostuoie, georeti, ecc.

Elemento di accumulo idrico

I materiali normalmente utilizzati sono:
- aggregati granulari: pozzolana, pomice, lapillo, argilla espansa, perlite espansa, ardesia espansa, laterizi macinati, ecc.;
- elementi preformati.

Elemento filtrante

Generalità

L'elemento filtrante può essere realizzato con i seguenti materiali e prodotti:
- aggregati granulari: pozzolana, pomice, lapillo, argilla espansa, perlite espansa, ardesia espansa, laterizi macinati, ecc.;
- geosintetici geotessili non-tessuti o tessuti e prodotti affini (per esempio biotessili ecc.): geotessili contessuti e prodotti affini (per esempio biotessili), ecc.

L'elemento filtrante deve permettere la penetrazione da parte degli apparati radicali.

Strato colturale

I terreni naturali difficilmente possono soddisfare le caratteristiche necessarie per il corretto funzionamento di una copertura a verde. In genere essi sono ammendati e corretti chimicamente.

9.

Norma UNI 11442 – Criteri per il progetto e l'esecuzione dei sistemi di coperture continue, resistenza al vento

La norma si applica ai sistemi di copertura di tipo continuo, con elementi di tenuta realizzati con membrane flessibili e indica i criteri generali di progettazione nei riguardi dell'azione del vento. Nella norma sono indicate le varie tipologie possibili di vincolo, meccanico, per zavorramento e per adesione, e sono inoltre precisati i criteri di calcolo.

La norma fornisce anche alcune indicazioni di normale buona pratica relativamente alla progettazione e alla posa dei sistemi di copertura continua.

Sistemi di copertura con elemento di tenuta in membrane flessibili posato in aderenza (termofusione, autoadesione o incollaggio a freddo o a caldo) senza protezione pesante fissa superiore su pannelli termoisolanti vincolati meccanicamente.

Il minimo numero di fissaggio/pannello o parti separate di pannello termoisolante è il seguente:

-per pannelli o parti di pannello con superficie < 0,20 m^2 = 1 fissaggio/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza del centro);

- per pannelli o parti di pannello con superficie > 0,20 m^2 e < 0,40 m^2 = 2 fissaggi/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza di due angoli opposti);

- per pannelli o parti di pannello con superficie > 0,40 m^2 e < 1,00 m^2 = 4 fissaggi/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza dei quattro angoli opposti);

- per pannelli o parti di pannello con superficie > 1,00 m^2 e < 1,80 m^2 = 5 fissaggi/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza dei quattro angoli più al centro distanziati);

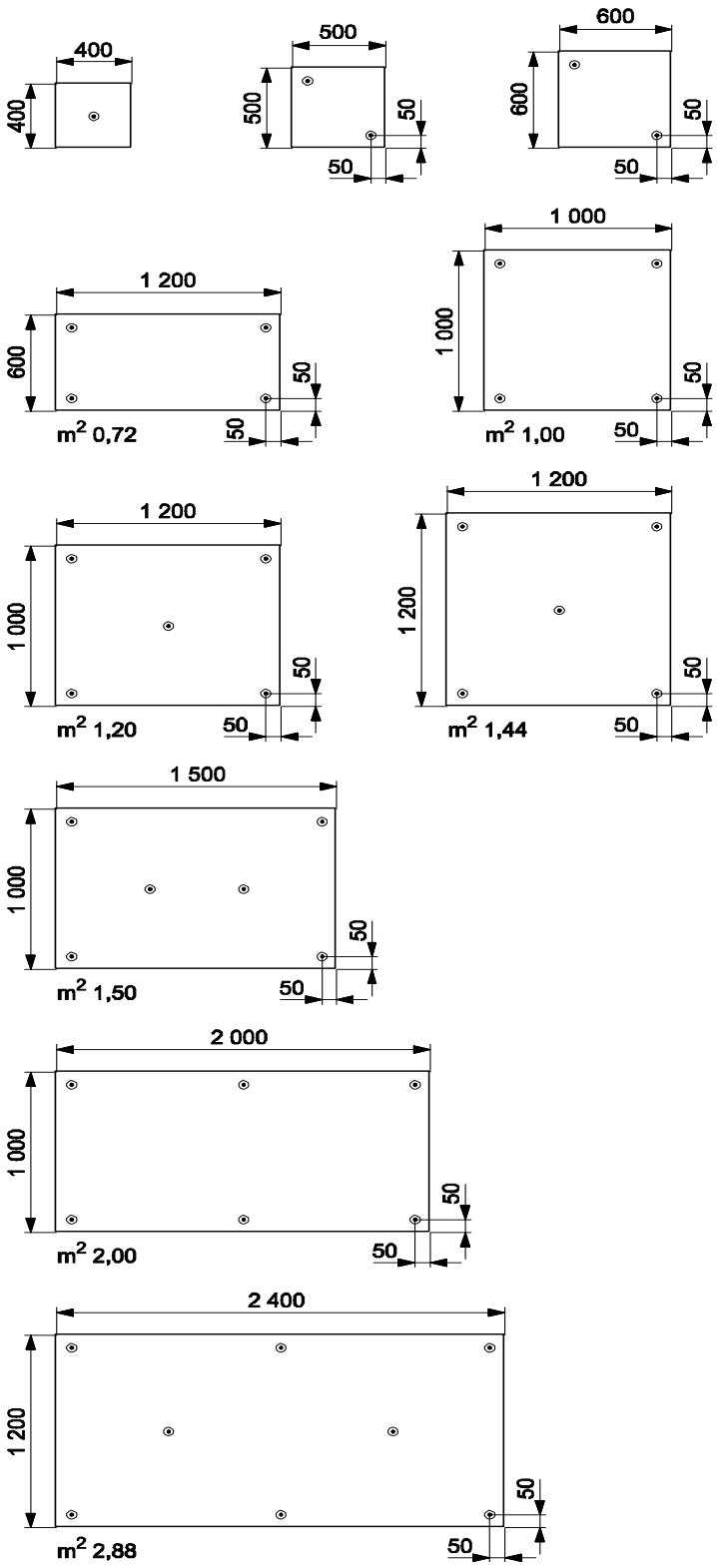
- per pannelli o parti di pannello con superficie > 1,80 m^2 e < 2,00 m^2 = 6 fissaggi/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza dei quattro angoli più al centro sui due lati lunghi oppure al centro dei pannelli);

- per pannelli o parti di pannello con superficie > 2,00 m^2 e < 3,00 m^2 = 8 fissaggi/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza dei quattro angoli più al centro sui due lati lunghi più al centro dei pannelli).

La figura 1 mostra un esempio di posizionamento dei fissaggi meccanici rispetto a pannelli termoisolanti.

Nella scelta del numero minimo di fissaggi è necessario tenere presente che all'aumentare della superficie del pannello termoisolante aumentano le mobilità differenziali igrotermiche in corrispondenza dei giunti e, di conseguenza, devono essere esaminate le interazioni con la membrana impermeabile. Il vincolo per adesione è maggiormente in grado di stabilizzare i pannelli termoisolanti.
Nello schema geometrico di posizionamento dei fissaggi non vengono riportati i pannelli con superficie superiore a 3 m^2, nel caso fossero utilizzati dovrà essere previsto un numero di fissaggi ≥ 3/ m^2 (sempre posizionati sugli angoli e centralmente rispetto alla superficie del pannello).
I pannelli che presentino una attitudine alla deformazione rispetto al proprio piano principale (imbarcamento) dovuti a meccanismi igrotermici devono essere stabilizzati. La stabilizzazione, quindi, può comportare un numero di fissaggio superiore a quelli strettamente connessi alle necessità in termini di resistenza all'azione del vento.

Esempio di posizionamento dei fissaggi meccanici rispetto a pannelli termoisolanti con dimensioni più ricorrenti.



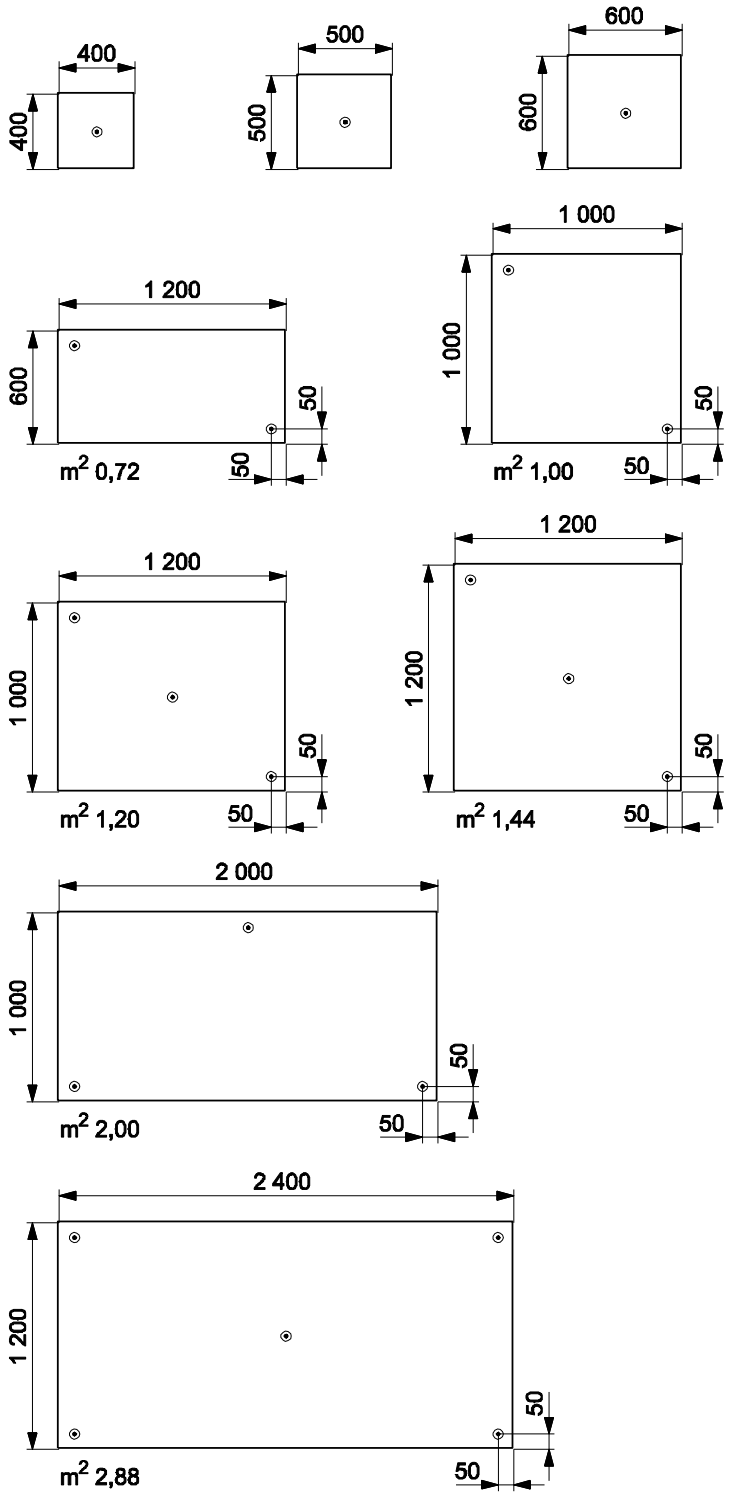
Sistemi di copertura con elemento di tenuta in membrane flessibili in bitume polimero posato in aderenza (termofusione, autoadesione, incollaggio a freddo o a caldo) con protezione pesante fissa superiore.

Il minimo numero di fissaggio di stabilizzazione/pannello o parti separate di pannello è il seguente:

- per pannelli o parti di pannello con superficie < 0,40 m^2 = 1 fissaggio/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza del centro);
- per pannelli o parti di pannello con superficie > 0,40 m^2 e < 1,20 m^2 = 2 fissaggi/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza di due angoli opposti);
- per pannelli o parti di pannello con superficie > 1,20 m^2 e < 2,20 m^2 = 3 fissaggi/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza di due angoli opposti, rispetto ad un lato lungo più al centro, sul bordo del lato lungo opposto);
- per pannelli o parti di pannello con superficie > 2,20 m^2 e < 3,00 m^2 = 5 fissaggi/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza dei quattro angoli più centro).

La figura 2 mostra un esempio di posizionamento dei fissaggi di stabilizzazione rispetto a pannelli termoisolanti
Non si prendono in considerazione pannelli con superficie superiore a 3 m^2, nel caso fossero utilizzati dovrà essere previsto un numero di fissaggi ≥ 2/m^2
Per i sistemi di copertura con elemento di tenuta in membrane sintetiche, con protezione pesante mobile o fissa non viene prescritto un numero minimo di fissaggi dei pannelli, in quanto gli stessi potrebbero essere posati anche in totale indipendenza.

Esempio di posizionamento dei fissaggi di stabilizzazione rispetto a pannelli termoisolanti con dimensioni più ricorrenti.



Sistemi di copertura con elemento di tenuta in membrane flessibili posato con fissaggio meccanico senza protezione pesante fissa o mobile superiore.

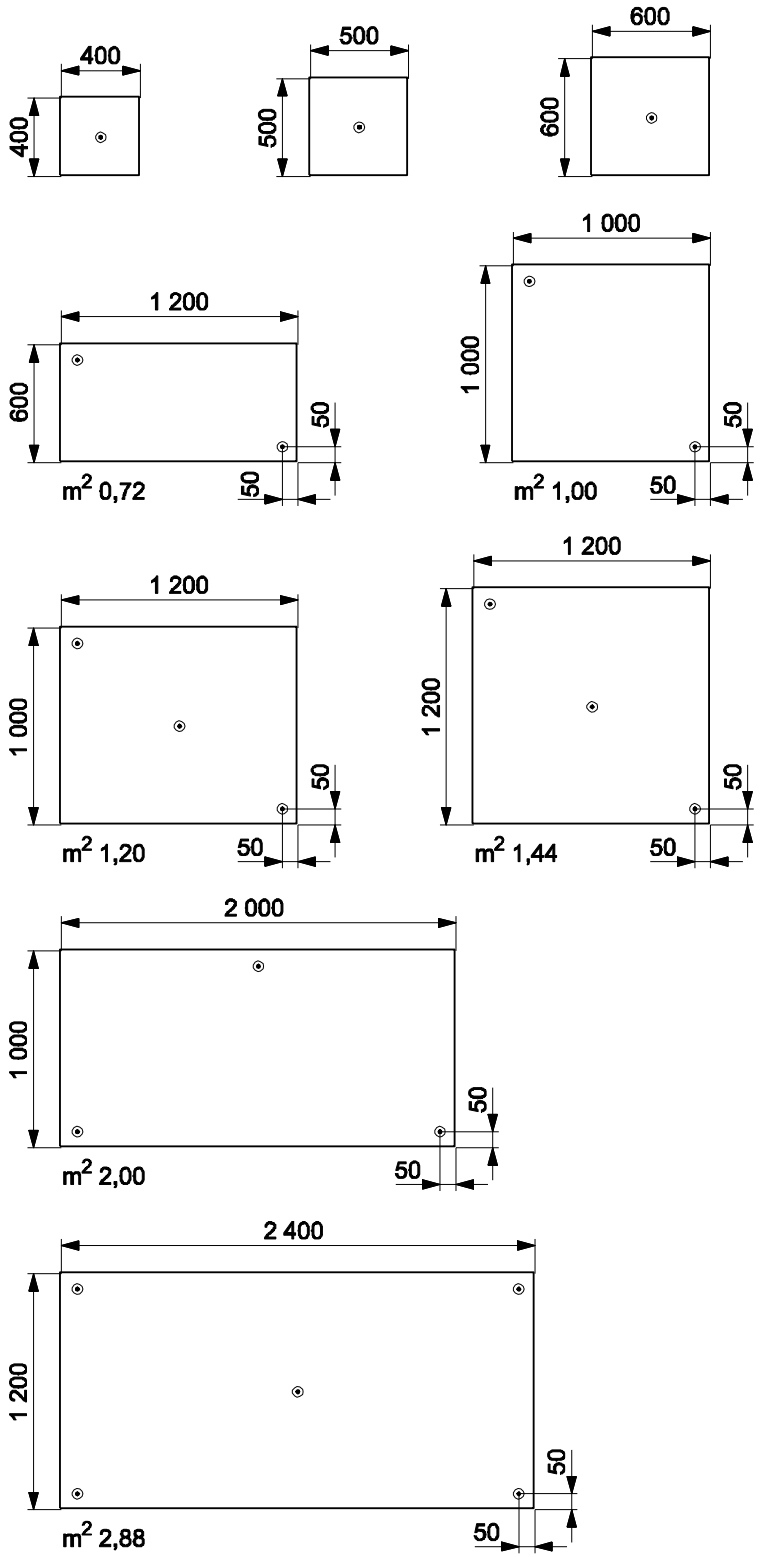
Il minimo numero di fissaggio di stabilizzazione per pannello o parti separate di pannello (i fissaggi meccanici della membrana andranno ad integrare quelli dei pannelli) è il seguente:

- Per pannelli o parti di pannello con superficie < 0,40 m^2 = 1 fissaggio/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza del centro);
- Per pannelli o parti di pannello con superficie > 0,40 m^2 e < 1,20 m^2 = 2 fissaggi/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza di due angoli opposti);
- Per pannelli o parti di pannello con superficie > 1,20 m^2 e < 2,20 m^2 = 3 fissaggi/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza di due angoli opposti, rispetto ad un lato lungo più al centro, sul bordo del lato lungo opposto);
- Per pannelli o parti di pannello con superficie > 2,20 m^2 e < 3,00 m^2 = 5 fissaggi/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza dei quattro angoli più centro).

La figura 3 mostra un esempio di posizionamento dei fissaggi meccanici o per induzione senza protezione pesante fissa o mobile superiore.

Non si prendono in considerazione pannelli con superficie superiore a 3 m^2, nel caso fossero utilizzati dovrà essere previsto un numero di fissaggi ≥ 2/ m^2.

Esempio di posizionamento dei fissaggi meccanici senza protezione pesante fissa o mobile superiore.



Vincolo dell'elemento termoisolante (eventualmente presente).

È necessario che l'elemento termoisolante sia vincolato al supporto.
Le tipologie di vincolo possibili sono le seguenti:

- vincolo per adesione con incollaggio a caldo o a freddo;
  La dimensione massima dei pannelli termoisolanti, vincolati per sola adesione, non potrà superare i 125 x 125 cm.
- vincolo meccanico. Il vincolo degli elementi termoisolanti può avvenire per mezzo di idonei elementi di collegamento meccanico di tipo composito, costituiti da una placchetta (manicotto) associata a una vite o un tassello (con superficie complessiva 30 cm^2). Le placchette utilizzate per l'induzione possono essere considerate come vincolo meccanico per l'elemento termoisolante.

La dimensione massima dei pannelli termoisolanti, vincolati solo meccanicamente o meccanicamente più altri sistemi di vincolo (adesione e/o zavorramento), non potrà superare i 125 x 250 cm.
Nel caso di vincolo meccanico, il sistema di fissaggio (placchetta/manicotto - tassello/asta di fissaggio o per induzione), posto al di sotto dell'elemento di tenuta deve possedere caratteristiche tali da non danneggiare il sovrastante elemento di tenuta, in tutte le condizioni di carico d'esercizio previste. Inoltre l'elemento di tenuta non deve potere essere danneggiato dal sistema di vincolo per azioni dovute al pedonamento di operatori sia in fase di esecuzione che di manutenzione.
In presenza di elemento termoisolante deformabile è necessario l'impiego di fissaggi con placchetta vincolata sotto testa o l'utilizzo di fissaggi meccanici composti di vite:

- manicotto in modo da evitare il rischio di punzonamento dell'elemento di tenuta soprastante da parte dell'asta del fissaggio. Tale precauzione è altresì necessaria nel caso di utilizzo di elementi termoisolanti che non garantiscano adeguate prestazioni:
- stabilità fisico chimica geometrica alle condizioni termo igrometriche di esercizio;
- la resistenza a compressione del 10% della deformazione (UNI EN 826), misurata su elementi isolanti semplici o compositi, deve essere maggiore o uguale a 150 KPa su superfici calpestabili in fase di esecuzione e/o esercizio, cioè con pendenza inferiore o uguale a 40°.

Diversamente sarà necessario utilizzare fissaggi a placchetta vincolata sotto testa o con fissaggi meccanici composti da vite – manicotto.

Le prestazioni di cui sopra sono finalizzate ad evitare il rischio di punzonamento dell'elemento di tenuta soprastante da parte dell'asta del fissaggio dovuto al pedonamento durante le fasi di posa e di manutenzione della membrana. Esse non sono comunque in nessun modo indicative rispetto ad ulteriori prestazioni previste per l'elemento termoisolante nell'ambito del sistema di copertura realizzato:

- la placchetta/manicotto, deve essere nervata o comunque dotata di rigidità tale da evitare sue deformazioni e comprimere l'elemento termoisolante penetrandolo leggermente. La tipologia della placchetta dipende dal tipo di elemento da vincolare: è necessario verificare la documentazione tecnica dello specifico prodotto;

- l'elemento di collegamento (placchetta/tassello), a corpo composito o a corpo unico, deve essere configurato in modo tale da non danneggiare il sovrastante elemento di tenuta in tutte le condizioni di carico d'esercizio previsto;
- il tassello o altro elemento di fissaggio deve essere compatibile con il supporto di ancoraggio;
- il sistema di fissaggio, in tutte le sue componenti, deve essere compatibile con gli elementi o strati con cui può venire a contatto e con la metodologia di posa dell'elemento di tenuta;
- il bordo della placchetta deve essere sempre posizionato ad una distanza minima di 5 cm dall'accostamento degli elementi termoisolanti;
- particolare cura deve essere posta nella scelta del materiale termoisolante, in particolare riguardo la sua stabilità dimensionale nelle condizioni termo igrometriche previste dal progetto e in esercizio (stabilità dimensionale e deviazione della planarità) rispetto alla normativa UNI EN 825, con deviazione massima della planarità pari a 5 mm per superfici dell'elemento termoisolante inferiori a 0,75 m2 e 10 mm per superfici dell'elemento termoisolante superiori a 0,75 m^2;

Per elementi di tenuta con membrane flessibili in bitume polimero (per tutte le metodologie di posa) e per elementi di tenuta con membrane flessibili sintetiche (solo se posate in totale o semi-aderenza), valgono le seguenti indicazioni di carattere generale:

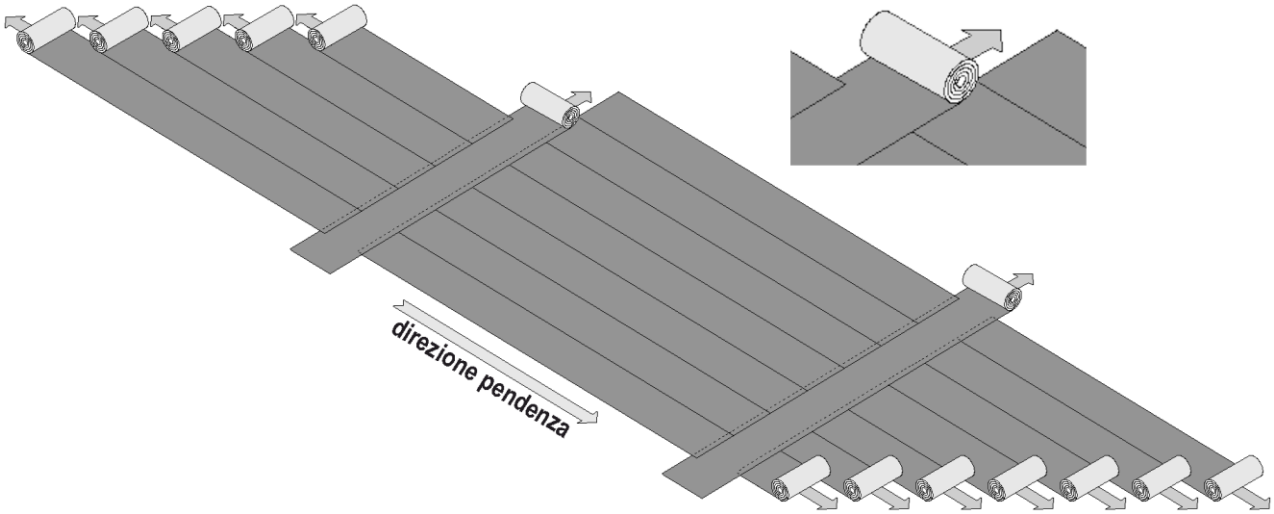
- la direzione principale degli elementi termoisolanti deve essere perpendicolare rispetto alla direzione di posa dell'elemento di tenuta. Saranno comunque accettabili direzionalità dei pannelli in senso longitudinale ai teli delle membrane, in situazioni particolari e/o localizzate e/o per esigenze in fase esecutiva;
  Alcuni esempi sono: linee perimetrali interne e/o esterne, linee di colmo e conversa, giunti strutturali e nel sistema di collegamento delle testate dei teli mediante inserimento di teli singoli intervallati, posati trasversalmente, rispetto ai teli della superficie corrente della copertura.
- per favorire il deflusso delle acque verso le linee di compluvio, in modo da incontrare meno giunzioni possibili tra teli, la direzione di posa delle membrane costituenti l'elemento di tenuta dovrebbe essere, preferibilmente, longitudinale alla direzione della pendenza della copertura, fatti salvi i vincoli di direzionalità dei teli dovuti al supporto strutturale sottostante, quando è di tipo frazionato, come è indicato più avanti:
  - elementi termoisolanti posati con vincolo d'incollaggio, sotto elemento di tenuta posato anch'esso con vincolo d'incollaggio o fissaggio meccanico, devono essere posati con lati lunghi sfalsati di circa mezzo pannello termoisolante a "quinconce" e con direzionalità perpendicolare a quella dei teli delle membrane impermeabili nel caso di utilizzo di elementi termoisolanti posati in più strati il loro posizionamento deve avvenire sfalsando i giunti dell'elemento termoisolante fra gli strati soprastanti. Per i pannelli di forma rettangolare lo sfalsamento è indicativamente di circa ¼ rispetto al lato lungo di circa ½ rispetto al lato corto; Per i pannelli di forma quadrata lo sfalsamento è indicativamente di circa ¼ rispetto al lato direzionato sfalsato a quinconce e di circa ½ rispetto all'altro lato. Si noti che i pannelli termoisolanti, se di forma rettangolare, possono essere anche posati a spina di pesce e, di conseguenza, l'elemento di tenuta potrà, in questo caso, essere posato in qualunque direzione;
  - in presenza di supporto strutturale frazionato con elementi giustapposti (tegoli o pannelli prefabbricati cementizi, lamiere grecate semplici o composite, pannelli in legno semplici o compositi, ecc.), la posa degli elementi termoisolanti deve avvenire con direzione principale di

posa perpendicolare alla direzione dei giunti di accostamento o sovrapposizione fra degli elementi costituenti il supporto strutturale. In questo caso è consigliabile la posa di pannelli termoisolanti rettangolari con la metodologia a “spina di pesce”, con elemento di tenuta sempre posato trasversalmente alla direzione dei giunti del supporto strutturale frazionato. La direzione di posa delle membrane costituenti l’elemento di tenuta, in questo caso, se necessario, può essere anche trasversale alla direzione di pendenza della copertura;

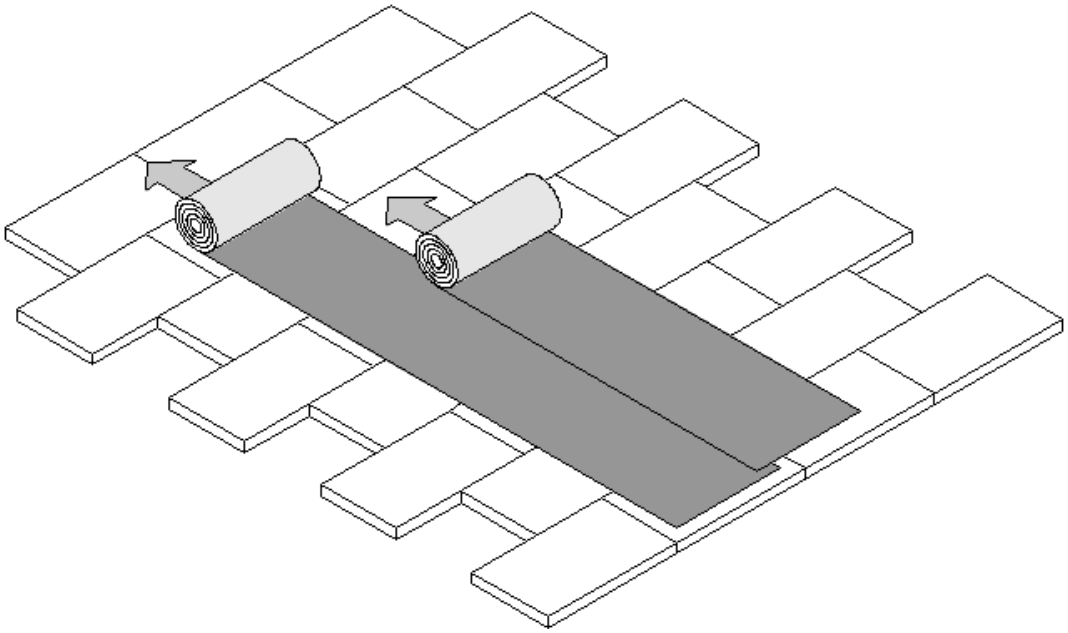
- anche in presenza di strato barriera o schermo vapore, i pannelli degli elementi termoisolanti costituenti l'elemento termoisolante devono essere posati a "ponte" rispetto agli accostamenti degli elementi prefabbricati;
- in caso di variazioni altimetriche fra elementi in conglomerato cementizio giustapposti (tegoli prefabbricati o elementi affini) maggiori di 15 mm, sotto le varie situazioni di carico, è necessario ripristinare la complanarità superficiale apportando riempimenti con materiali o elementi idonei.

Nei sistemi di fissaggio su supporto di base frazionato realizzato in tegoli prefabbricati occorre tener conto dello spessore minimo del supporto di base stesso per evitare che, per forature troppo profonde, si stacchino delle rose di calcestruzzo al loro intradosso.
Nel caso di posa su lastre grecate, il bordo dell’elemento deve sempre appoggiarsi sulla sommità dello stesso elemento e non essere mai a sbalzo.
Nel caso di posa di elementi termoisolanti su elementi grecati o simili, lo spessore minimo dell'elemento isolante deve essere maggiore o uguale alla larghezza al vuoto di greca e, in ogni caso, la larghezza massima del vuoto di greca non superiore a 7 cm.
Nel caso di vuoti di greca di dimensioni superiori dovrà essere adottato il riempimento di greca o la posa di uno strato di distribuzione del carico quali ad esempio pannelli rigidi.
Si sottolinea che il fissaggio meccanico su lamiera grecata può essere soggetto a "estrazione del fissaggio per sollecitazioni del vento sulla membrana". Tale rottura riguarda i sistemi di fissaggio filettati: può avvenire se lo spessore della lamiera è troppo ridotto (inferiore a 0,75 mm nominali) il fissaggio si sviti. E' necessario per questo verificare che il fissaggio filettato scelto sia idoneo all'applicazione, oppure definire un fissaggio tipo rivetto cosiddetto “a fiore largo”.
Nel caso di fissaggio dell'elemento termoisolante su pannelli sandwich il fissaggio scelto deve attraversare l'intero pannello. Particolare attenzione deve essere posta nella scelta del fissaggio considerata la particolarità del supporto.

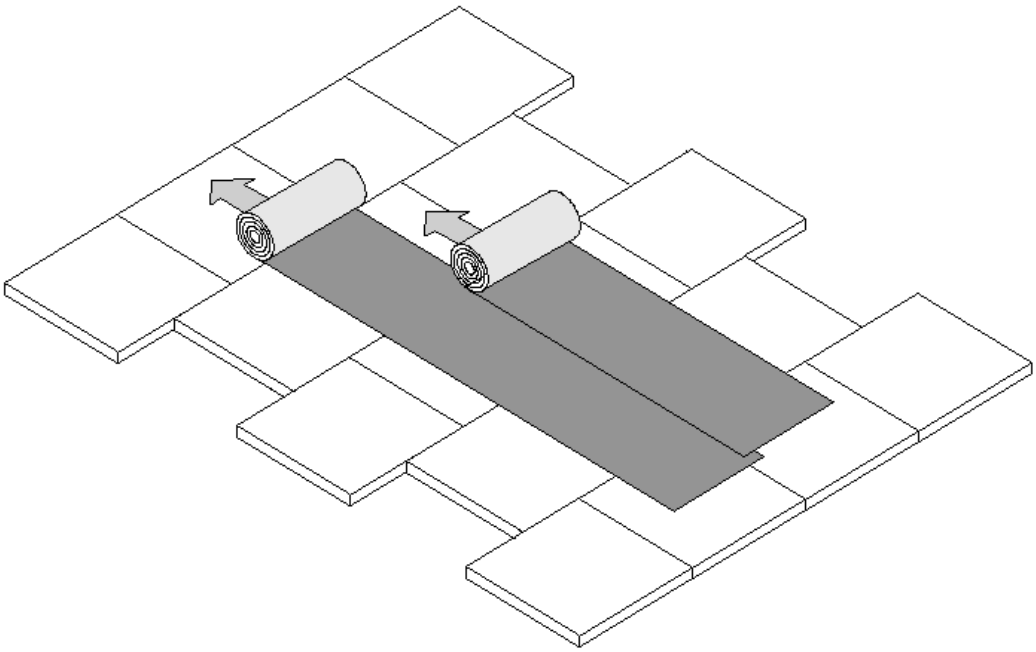
Posa delle membrane dell'elemento di tenuta, con sistema di collegamento delle testate dei teli mediante inserimento di teli singoli intervallati, posati trasversalmente, rispetto ai teli della superficie corrente della copertura.



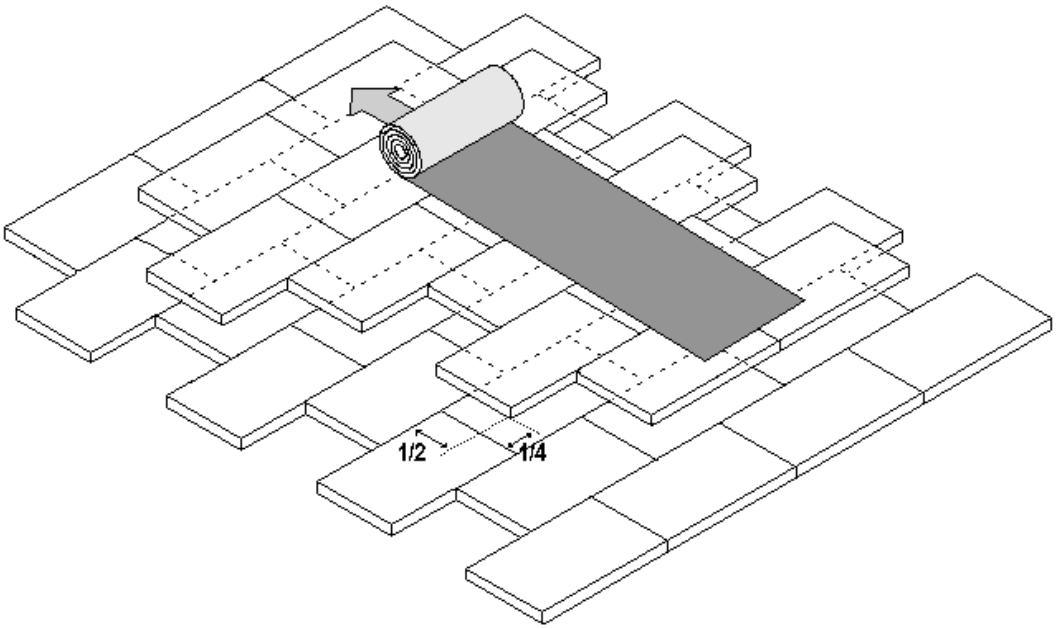
Posa delle membrane dell'elemento di tenuta, in senso ortogonale alla direzione di posa (con sfalsamento a quinconce) dei pannelli termoisolanti di forma rettangolare.



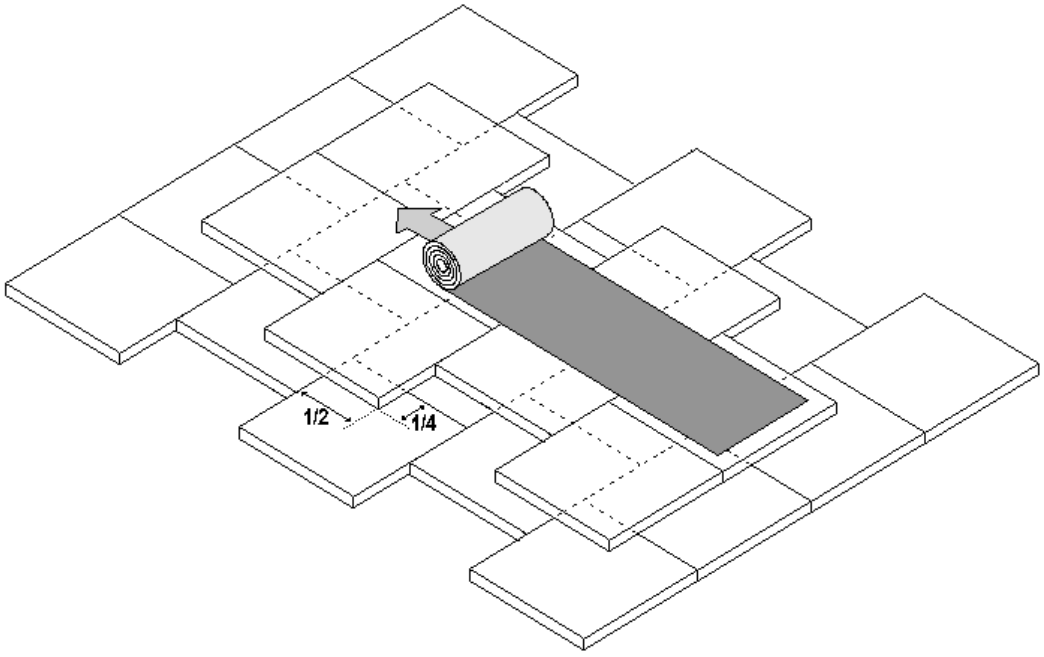
Posa delle membrane dell'elemento di tenuta, in senso ortogonale alla direzione di posa (con sfalsamento a quinconce) dei pannelli termoisolanti di forma quadrata.



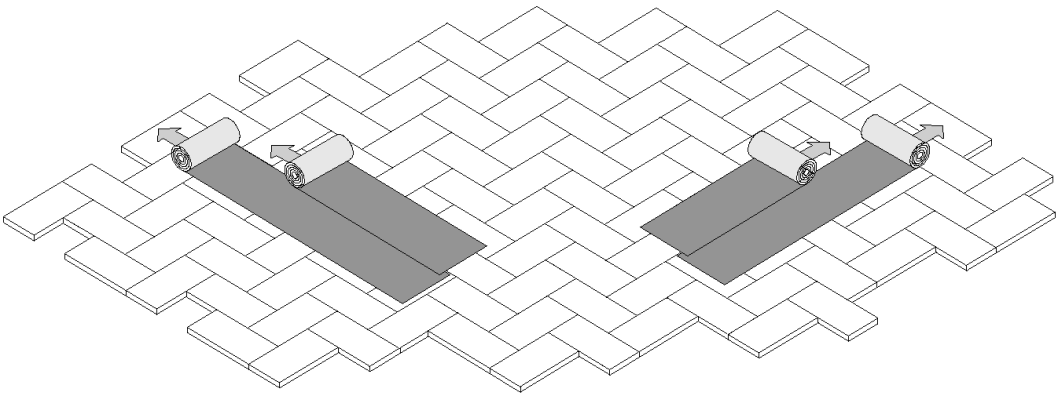
Posa delle membrane dell'elemento di tenuta, in senso ortogonale alla direzione di posa (con sfalsamento a quinconce) dei pannelli termoisolanti di forma rettangolare, posati in doppio strato, con sfalsamento sugli accostamenti tra uno strato e l'altro.



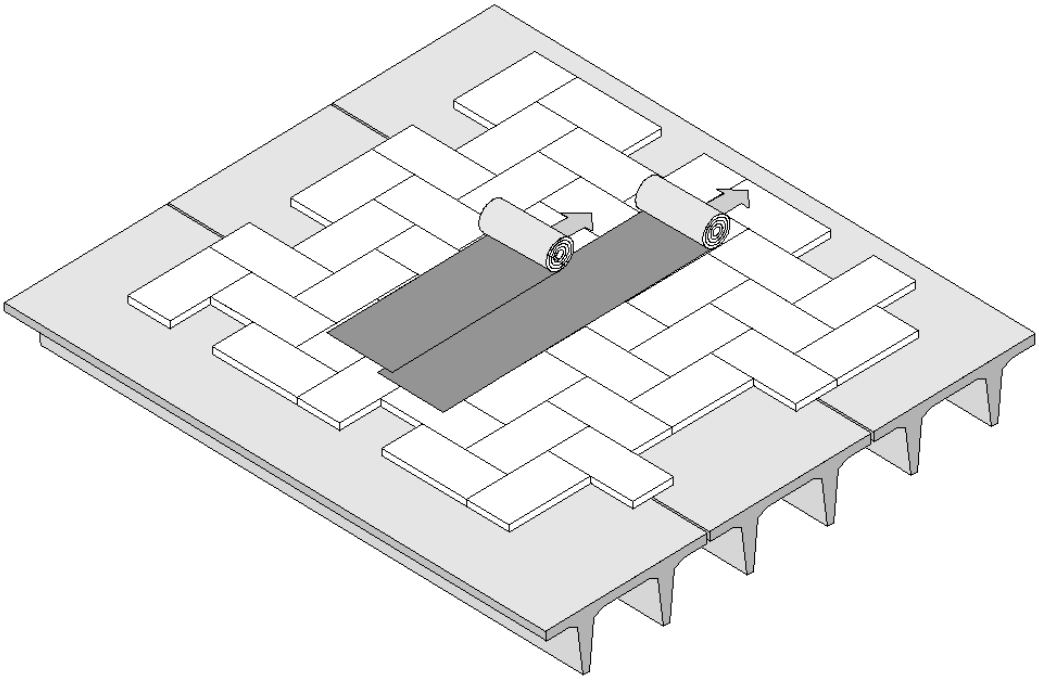
Posa delle membrane dell'elemento di tenuta, in senso ortogonale alla direzione di posa (con sfalsamento a quinconce) dei pannelli termoisolanti di forma quadrata, posati in doppio strato, con sfalsamento sugli accostamenti tra uno strato e l'altro.



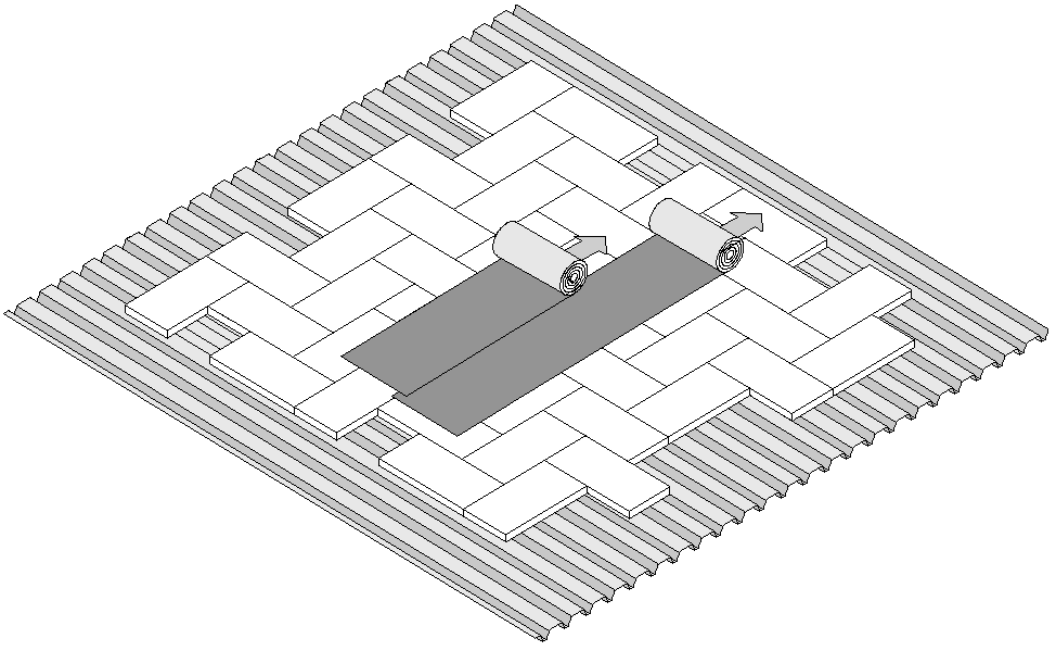
Posa delle membrane dell'elemento di tenuta, in entrambe le direzioni su pannelli rettangolari posati a "spina di pesce".



Posa delle membrane dell'elemento di tenuta, trasversalmente alla direzione dei giunti del supporto strutturale frazionato in elementi prefabbricati cementizi, su pannelli rettangolari posati a "spina di pesce".



Posa delle membrane dell'elemento di tenuta, trasversalmente alla direzione dei giunti del supporto strutturale frazionato in lamiere grecate, su pannelli rettangolari posati a "spina di pesce".



Azione del vento dovuto alla presenza di elementi sovrapposti alla copertura (impianti, cartelloni).

Qualora non fosse possibile realizzare sistemi o dispositivi di sostegno sopraelevati con appoggio diretto sull'elemento strutturale, il trasferimento dei carichi è ottenuto mediante azioni concentrate e/o distribuite linearmente sull'elemento di tenuta.

L'azione del vento, in questo caso, può determinare un incremento dei carichi agenti sulla coperture oltre al peso proprio dell'elemento sovrapposto.
In questo caso in assenza di uno strato laminare di distribuzione dei carichi (ad esempio a base cemento, legno, gesso) posto tra l'elemento di tenuta e l'elemento termoisolante, questo ultimo dovrà essere stabile alle condizioni termoigrometriche di esercizio e dovrà avere una resistenza a compressione del 10% della deformazione (UNI EN 826), misurata su elementi isolanti semplici o compositi, maggiore o uguale a 150 KPa su superfici calpestabili in fase di esecuzione e/o esercizio.
In aggiunta a quanto indicato in precedenza, si ricorda che dovranno essere valutate in maniera idonea le deformazioni dell'elemento termoisolante dovute ai carichi di progetto.

10.

Norma UNI 11540 – Linee guida per la redazione e corretta attuazione del piano di manutenzione di coperture continue realizzate con membrane flessibili per impermeabilizzazioni

La norma UNI 11540 (Linee guida per la redazione e corretta attuazione del piano di manutenzione di coperture continue realizzate con membrane flessibili per impermeabilizzazioni) è stata approvata nel Luglio del 2014 e si aggiunge alle altre norme da tempo in vigore volte a standardizzare la "regola dell'arte" verso soluzioni esecutive conformi e attribuzioni di responsabilità alle varie figure coinvolte nella progettazione e realizzazione di coperture, in particolare la 9307, 11333, 11345.

La nuova norma è stata redatta con lo scopo di fornire le informazioni utili per la messa a punto di un piano di manutenzione di coperture continue caratterizzate da membrane flessibili impermeabilizzanti. Questa norma ha l'obiettivo di garantire un monitoraggio continuo e una manutenzione ordinaria della copertura al fine a mantenerne costante la funzione impermeabile del sistema per tutto il suo periodo di vita (durabilità).
La normativa descrive e definisce i contenuti di massima e l'applicabilità delle seguenti sezioni che caratterizzano un piano di manutenzione:

- Manuale d'uso: si riferisce alla fruizione della copertura anche in relazione alla presenza di impianti tecnologici fornendo le informazioni sulla copertura e sulle operazioni ordinarie per garantirne la conservazione
- Manuale di manutenzione: contiene le informazioni tecniche necessarie per la verifica degli interventi durante la vita utile del sistema.
- Programma di manutenzione: contiene le fasi e i tempi di controllo delle ispezioni per una corretta gestione della copertura.
- La norma distingue anche due livelli di approfondimento del piano di manutenzione, il livello "1" normale con delle informazioni basilari per la manutenzione della copertura ed un livello "2" ottimale più completo ed obbligatorio per opere di interesse pubblico/artistico o con superficie superiore a 3000 m^2.

Se opportuno il piano di manutenzione della copertura può essere anche integrato nel piano di manutenzione dell'intero edificio.

11.

Presentazione AIPE

L'AIPE è l'Associazione Italiana Polistirene Espanso costituita nel 1984 per promuovere e tutelare l'immagine del polistirene espanso sinterizzato (o EPS) di qualità e per svilupparne l'impiego.

L'EPS è un polimero resistente, versatile, leggero e sicuro per chi lo lavora e per l'utente finale. Mantiene inalterate nel tempo le sue eccellenti proprietà isolanti che, unite ad un rapporto costo/beneficio altamente competitivo sia dal punto di vista ambientale che economico, lo rendono la migliore soluzione per l'isolamento termico e acustico in edilizia e per l'imballaggio di prodotti alimentari, industriali, orto-frutticoli e farmaceutici.

A livello internazionale l'Associazione rappresenta l'Italia in seno all'EUMEPS – European Manufacturers of Expanded Polystyrene, organizzazione europea che raggruppa le associazioni nazionali dei produttori di EPS - tra i fondatori del network INEPSA (International EPS Alliance) che garantisce il recupero e il riciclo di imballi e scarti in polistirene a livello mondiale.

I principali obiettivi di AIPE sono sostenere e promuovere l'EPS di qualità attraverso molteplici attività svolte ogni anno con il prezioso sostegno delle aziende associate divise per specifici Gruppi di Lavoro (SAAD, Cappotto, Sistemi e Componenti per l'Edilizia, Macchine e Imballaggio).

AIPE

Via Marcantonio Colonna, 46 – 20149 Milano

Tel. +39 02 33606529 – Fax +39 02 33606604

Per qualsiasi informazione si prega di visitare il sito AIPE:

www.aipe.biz

Per contattarci:

e-mail: aipe@epsass.it