

Dipartimento di Ingegneria

Università degli Studi di Ferrara

Corso di

“PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI”

Prof. Ing. Maurizio Biolcati Rinaldi

COPERTURE

Sintesi degli argomenti trattati a lezione

COPERTURE

DEFINIZIONE DELLA CLASSE DI ELEMENTI TECNICI

La *copertura* è il completamento della parte superiore del fabbricato, strutturata in modo da fornire riparo dagli agenti atmosferici.

La sua forma contribuisce a definire e a caratterizzare la configurazione geometrica dell'edificio.

REQUISITI ATTESI

- **Protezione** costante degli ambienti interni dall'acqua piovana
- Garanzia del **comfort interno acustico** e **termico** (isolamento termico e inerzia termica)
- Buon comportamento nel tempo: **mantenimento livelli prestazionali**
- **Minimi interventi di manutenzione** (piccoli componenti sono più facilmente sostituibili)
- Impiego di **materiale durevole** per il manto di protezione per garantire la durata delle strutture protette

La norma **UNI 8089** “*Terminologia funzionale delle coperture*” elenca tali elementi e strati, che vengono definiti in relazione alle funzioni svolte e suddivisi in **elementi primari** (elemento di tenuta, elemento termoisolante, elemento portante) ed **elementi e strati complementari** (elementi di collegamento, di supporto, strato di barriera al vapore, strato di ventilazione).

COPERTURE

DEFINIZIONE DELLA CLASSE DI ELEMENTI TECNICI

Classi di unità tecnologiche	Unità tecnologiche	Classe di elementi tecnici
CHIUSURA Insieme delle unità tecnologiche e degli elementi tecnici appartenenti al sistema edilizio aventi funzione di sostenere i carichi del sistema edilizio stesso e di collegare staticamente le sue parti.		
	Chiusura verticale Insieme degli elementi tecnici verticali del sistema edilizio aventi funzione di separare gli spazi interni del sistema edilizio stesso rispetto all'esterno.	<i>Pareti perimetrali verticali</i> <i>Infissi esterni verticali</i>
	Chiusura orizzontale inferiore Insieme degli elementi tecnici orizzontali del sistema edilizio aventi funzione di separare gli spazi interni del sistema edilizio stesso dal terreno sottostante o dalle strutture di fondazione.	<i>Solai a terra</i> <i>Infissi orizzontali</i>
	Chiusura orizzontale su spazi esterni Insieme degli elementi tecnici orizzontali del sistema edilizio aventi funzione di separare gli spazi interni del sistema edilizio stesso da spazi esterni sottostanti.	<i>Solai su spazi aperti</i>
	Chiusura superiore Insieme degli elementi tecnici orizzontali del sistema edilizio aventi funzione di separare gli spazi interni del sistema edilizio stesso dallo spazio esterno sovrastante.	Coperture Infissi esterni orizzontali

COPERTURE

MORFOLOGIA DELLE COPERTURE in funzione del clima



COPERTURE INCLINATE

Deflusso diretto delle acque



COPERTURE PIANE

Raccolta e smaltimento delle acque

COPERTURE

CLASSIFICAZIONE

- **RISPETTO ALLA INCLINAZIONE (morfologia)**
 - Coperture piane
 - Coperture inclinate (a falda)
- **RISPETTO ALLA IMPERMEABILITA' (funzionamento)**
 - Coperture continue (impermeabili all'acqua indipendentemente dal loro grado di inclinazione - la protezione dall'acqua grazie alle proprietà di specifici materiali impermeabili)
 - Coperture discontinue (impermeabili solo oltre una certa inclinazione - i singoli elementi di tenuta, montati tra di loro, in sovrapposizione, assicurano l'impermeabilità solo in presenza di determinati valori di pendenza delle superfici, e quindi da una determinata inclinazione).
- **RISPETTO ALLA MORFOLOGIA STRUTTURALE**
 - Coperture a falda
 - Coperture a volta
 - Coperture a cupola
 - Coperture a shed
- **RISPETTO ALLA COSTITUZIONE (materiali impiegati)**
 - **materiali naturali:** ardesia, scandole di legno, paglia, pietra
 - **materiali artificiali:** coppi e tegole in laterizio o in cemento
 - **materiali metallici:** acciaio, rame, zinco, e piombo
 - **materiali bituminosi**

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Il tetto a falde rappresenta il modo di realizzare una copertura nella forma più semplice e tradizionale. A tal scopo, la **norma UNI 8091/80** fornisce alcune definizioni:

falda di copertura: superficie di copertura inclinata, geometricamente piana

linea di colmo: linea orizzontale di intersezione di due falde con pendenza divergente

linea di gronda: linea perimetrale inferiore delle falde

sporto: parte della superficie di falda aggettante rispetto alla parte all'involucro murario dell'edificio da proteggere

pendenza: rapporto tra il dislivello compreso tra la linea di gronda e quella di colmo, e la loro distanza in proiezione ortogonale

linea di compluvio: linea di intersezione di due falde con pendenza convergente, linea nella quale l'acqua confluisce spontaneamente. Può essere orizzontale o inclinata a seconda che le due falde siano su versanti opposti (opposte) o sullo stesso versante (contigue).

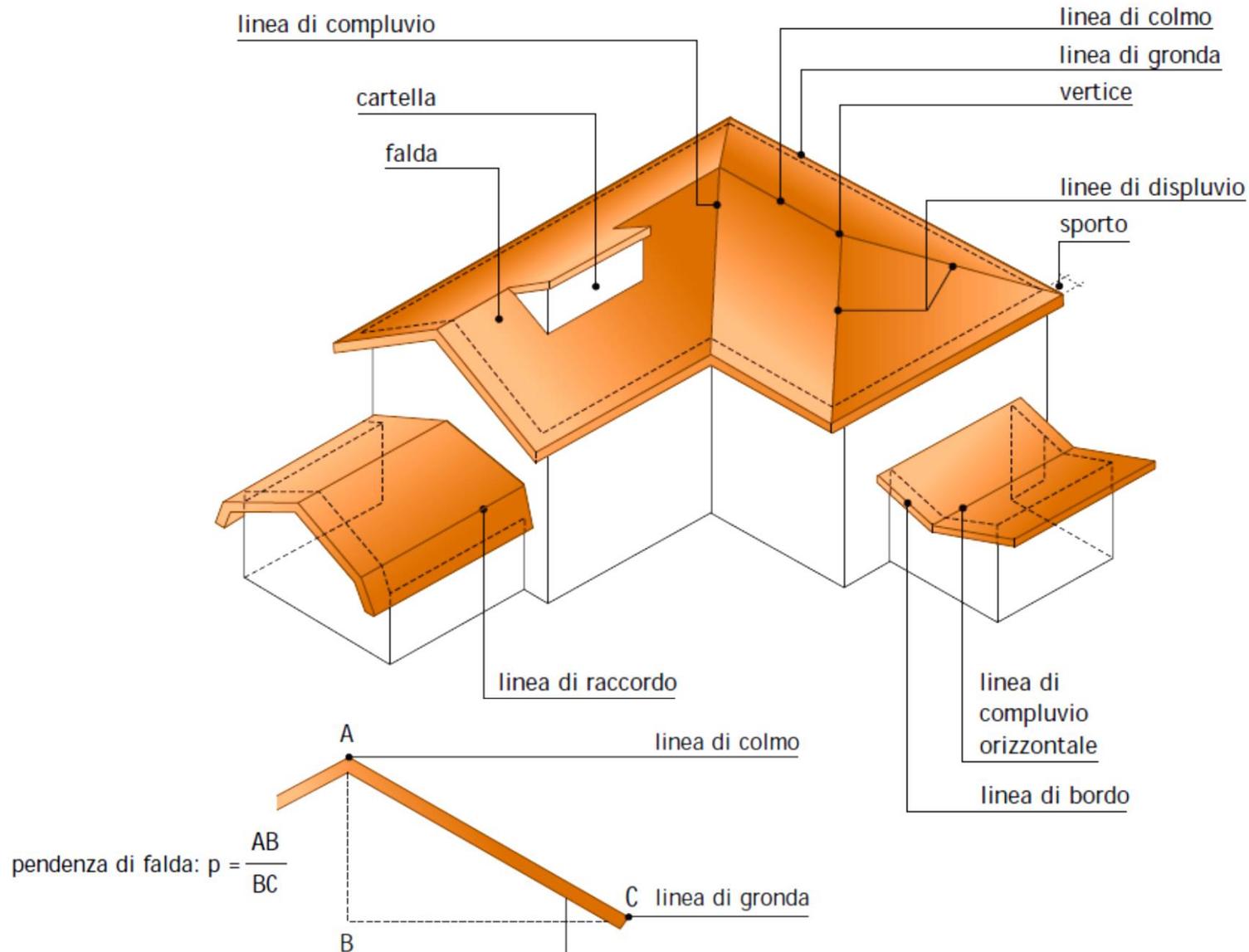
linea displuvio: linea inclinata di intersezione di due falde continue divergenti

linea di bordo: linea inclinata che delimita lateralmente una falda

linea di raccordo: linea di intersezione tra due falde con diversa pendenza poste in successione

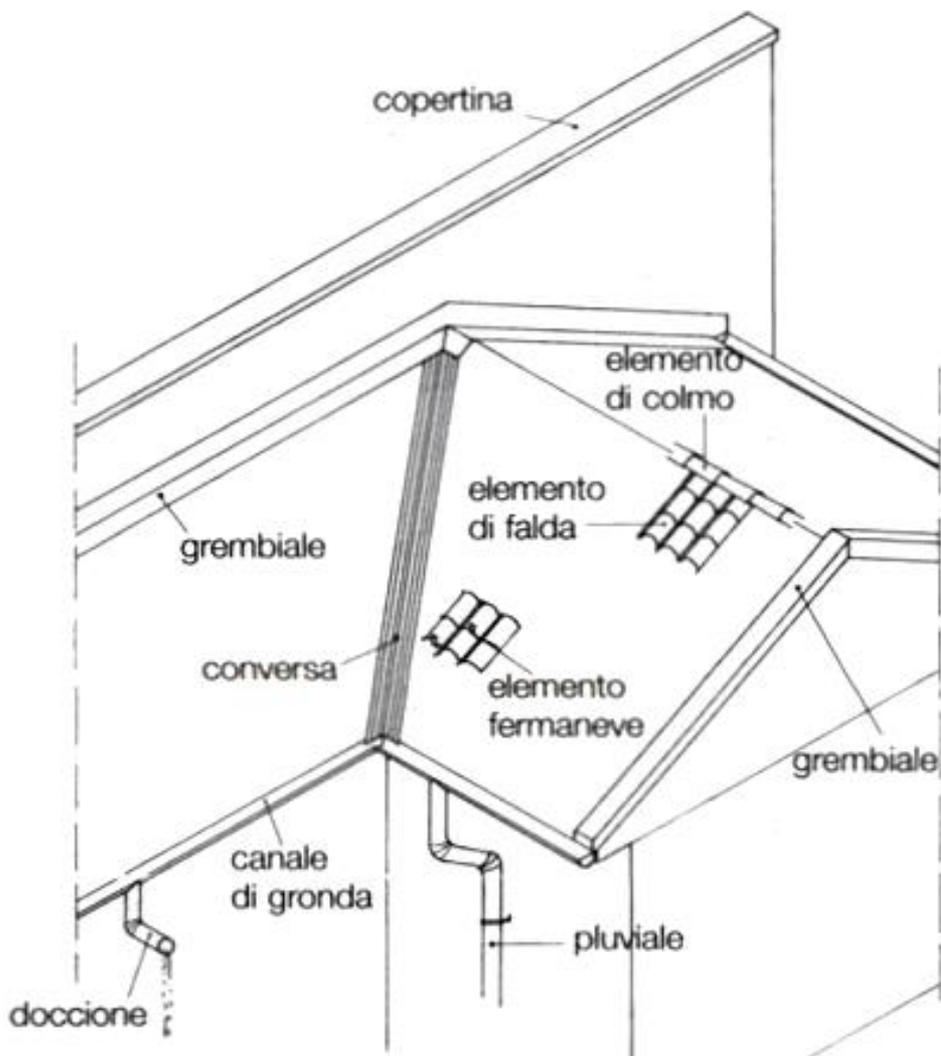
COPERTURE

TERMINOLOGIA DELLE COPERTURE

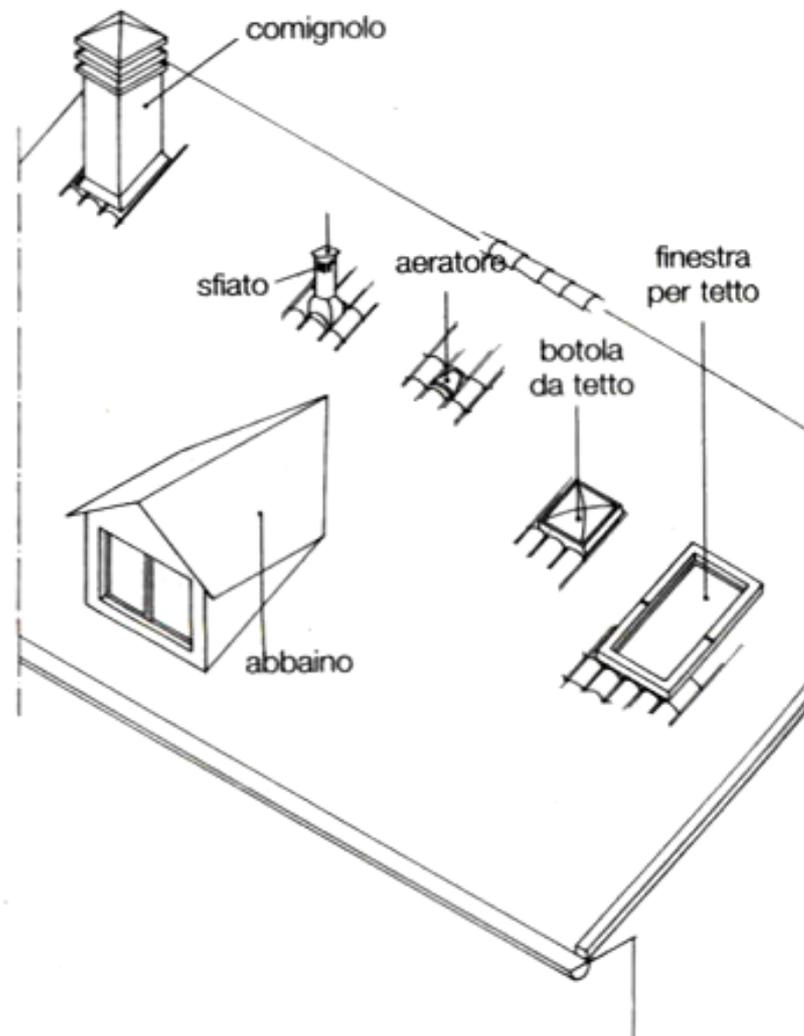


COPERTURE

TERMINOLOGIA DELLE COPERTURE



**TERMINOLOGIA DEGLI
ELEMENTI COMPLEMENTARI**



**TERMINOLOGIA DELLE
SOLUZIONI DI CONTINUITÀ**

COPERTURE

ELEMENTI FUNZIONALI

ELEMENTI PRIMARI

Elemento portante

Elemento di tenuta

Elemento termoisolante

ELEMENTI E STRATI COMPLEMENTARI

Elemento di supporto

Elemento di collegamento

Elemento di raccolta e convogliamento delle acque

Strato di pendenza

Strato di protezione

Strato di irrigidimento e ripartizione dei carichi

Strato di schermo vapore

Strato di diffusione al vapore

Strato fonoisolante

Strato di ventilazione

Strato di controllo alla tenuta all'acqua

Strato di imprimitura

Strato drenante

Strato filtrante

Strato di separazione e/o scorrimento

COPERTURE

ELEMENTI FUNZIONALI



Elemento portante continuo

Elemento portante discontinuo

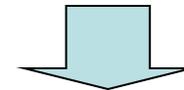
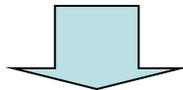
COPERTURE

ELEMENTI FUNZIONALI



Elemento di tenuta continuo

Elemento di tenuta discontinuo



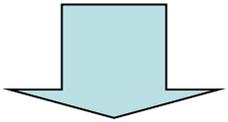
COPERTUTA CONTINUA

COPERTUTA DISCONTINUA

FORMAZIONE DELLE FALDE

METODO DELLE BISETTRICI

la retta di intersezione di due piani di uguale pendenza è costituita da punti equidistanti dalle tracce dei due piani sul piano orizzontale

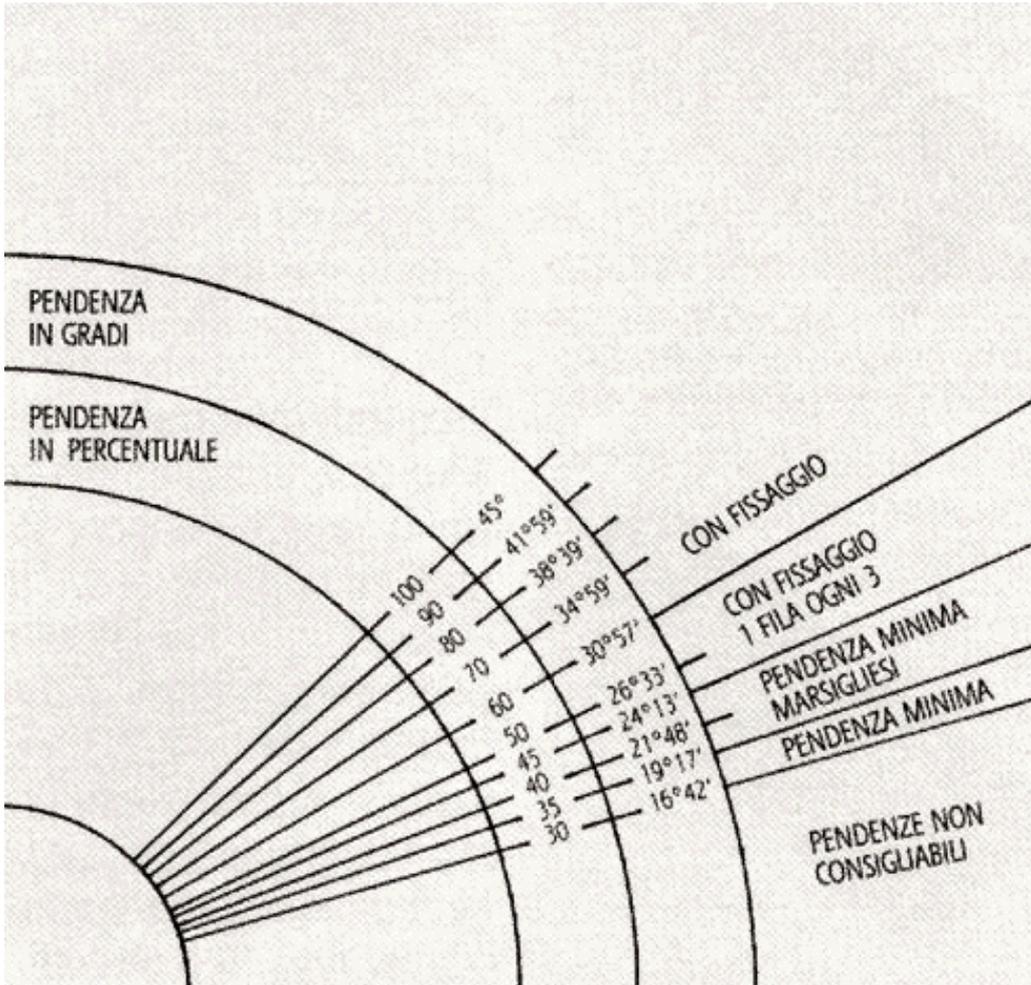


1. le linee di **compluvio** e di **displuvio** sono le bisettrici degli angoli formati dalle linee di gronda di falde con pendenze convergenti oppure divergenti
2. nelle **falde con linee di gronda parallele**, la linea di colmo è parallela ed equidistante da esse; tale linea è inoltre orizzontale
3. Nelle **falde con linee di gronda non parallele**, la linea di colmo è situata sulla bisettrice dell'angolo formato dalle linee di gronda. Essa è inoltre inclinata rispetto all'orizzontale

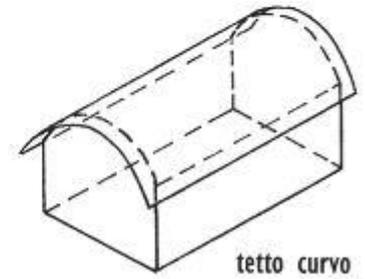
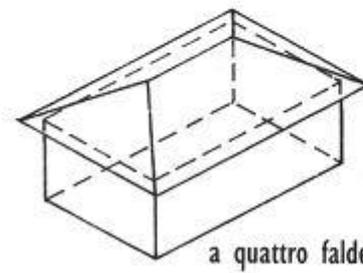
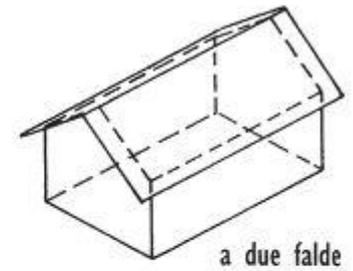
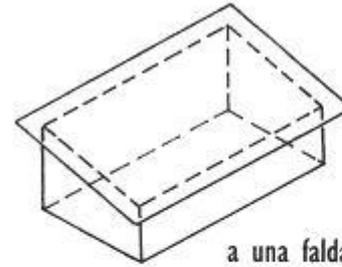
NB - Le linee di massima pendenza delle falde sono sempre perpendicolari alle linee di gronda

COPERTURE

PENDENZE



Pendenze consigliate

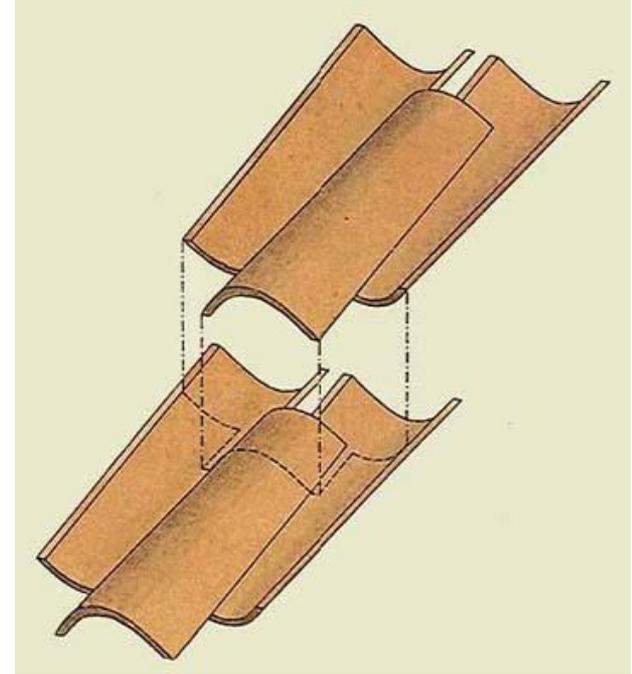


Oltre il 45 % di pendenza la fila di gronda va sempre fissata.

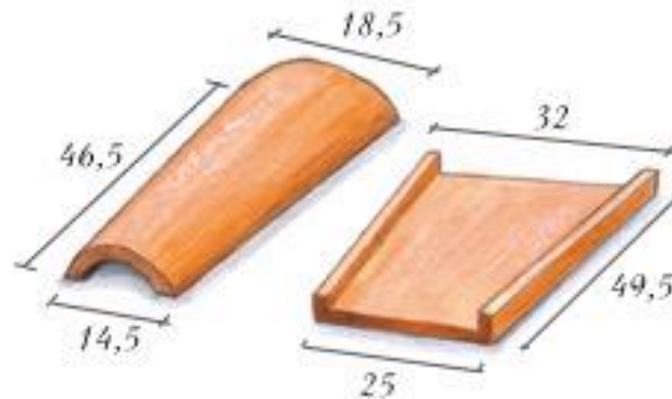
MANTI DI COPERTURA DI LATERIZIO

Copertura con coppi: tegole curve derivanti da una superficie cilindrica tagliata da due piani trasversali all'asse del cilindro.

Lunghezza = 45-50 cm; larghezza = 13-20 cm



Copertura alla romana: è costituita da un embrice (coppo piatto rovesciato) sormontato dal coppo in modo da creare un canale.

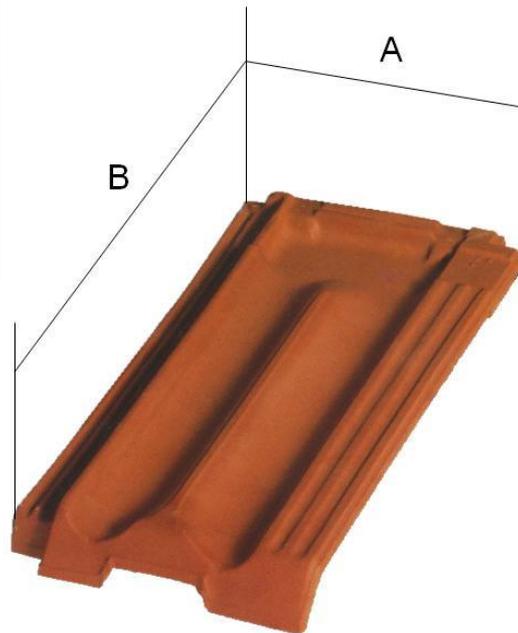


COPERTURE

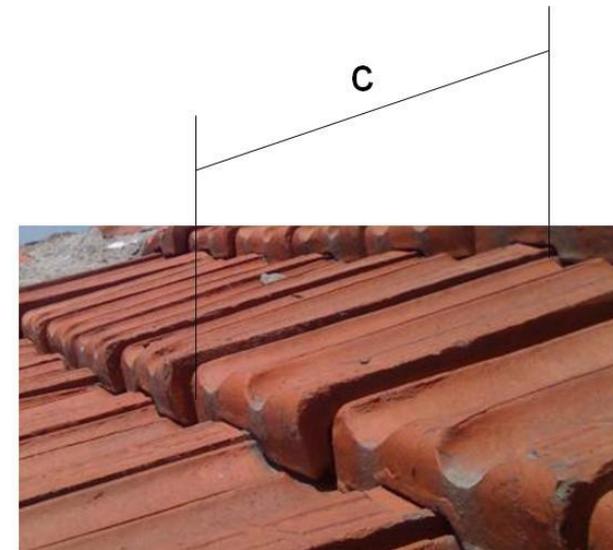
MANTI DI COPERTURA DI LATERIZIO

Tegole marsigliesi: sono derivate dalla tegola prodotta nei paesi nordici per tetti a forte pendenza. Sono usate per copertura a falde di elevata pendenza, con ottimi risultati di impermeabilità e scorrimento delle acque.

Pendenza minima: 35%



	Vero	H0	N	Z
	mm	mm	mm	mm
A	240	2,76	1,50	1,09
B	410	4,71	2,56	1,86
C	345	3,97	2,16	1,57



MANTI DI COPERTURA DI LATERIZIO

Tegole portoghesi

Tegole di forma asimmetrica con una parte convessa, simile al normale coppo, affiancata da una parte piana che corrisponde a quella sulla quale si sovrappone la fila di tegole adiacente.

L'unione, in un unico pezzo, di un coppo e un embrice, rende più facile e veloce la posa



Tegole olandesi

Tegola simile a quella portoghese ma con diversa ondulazione del coppo: più accentuata nella Portoghese (che risulta leggermente più alta), più lieve nella Olandese (più bassa).



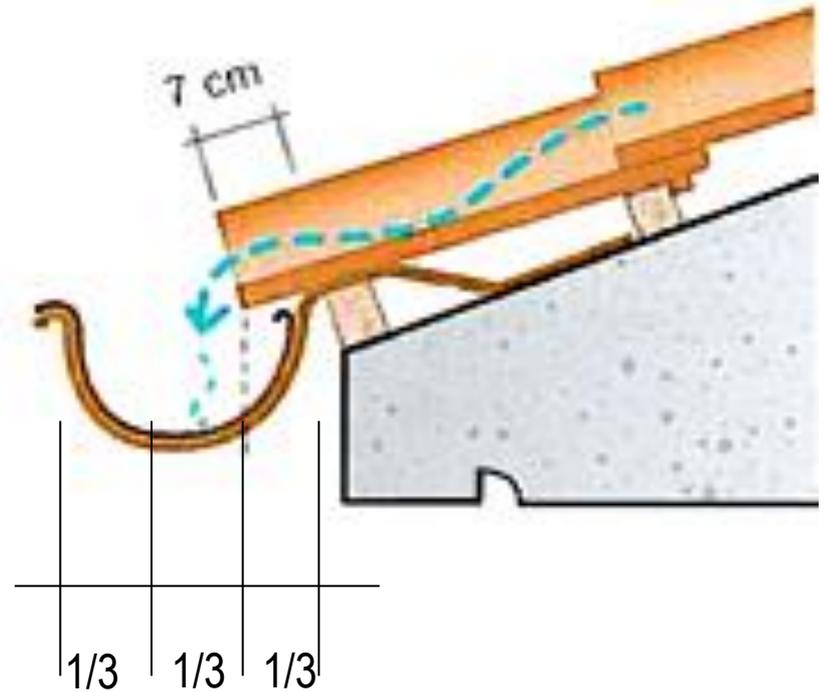
COPERTURE

SOLUZIONE TECNOLOGICA IN GRONDAIA

Grondaia – Canale per la raccolta della acque dal tetto.

Pendenza minima per il convogliamento della acque pluviali: 1%

Soluzioni tecniche: UNI 10724 (*Sistemi di raccolta di acque meteoriche - Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione con elementi discontinui*)



Anelli distanziatori:
per aggancio al muro
ogni 2 m



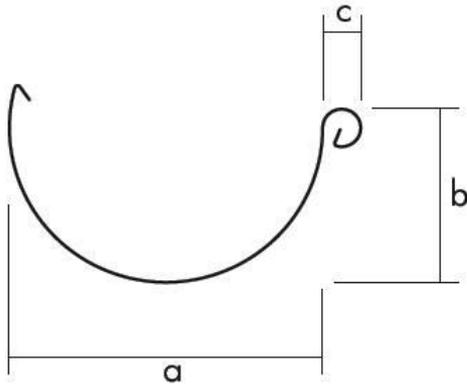
Staffe di sostegno della grondaia: ogni 60 cm.

Tappi finali per chiudere la grondaia



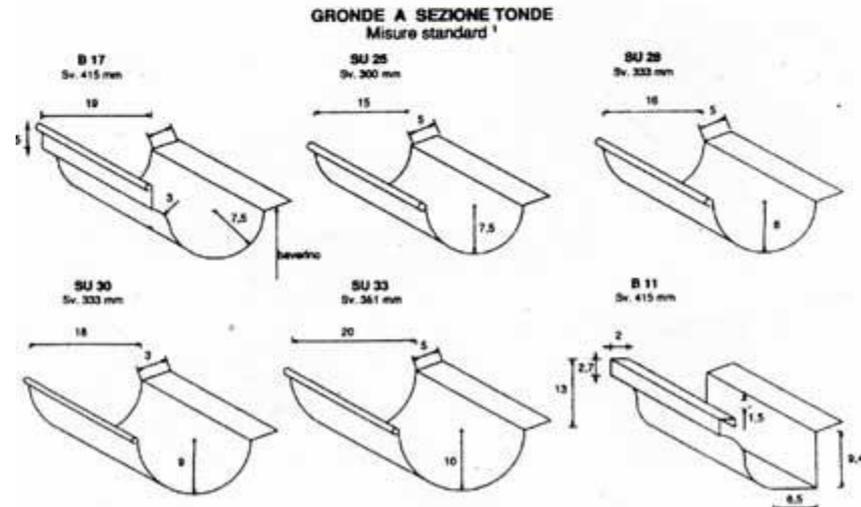
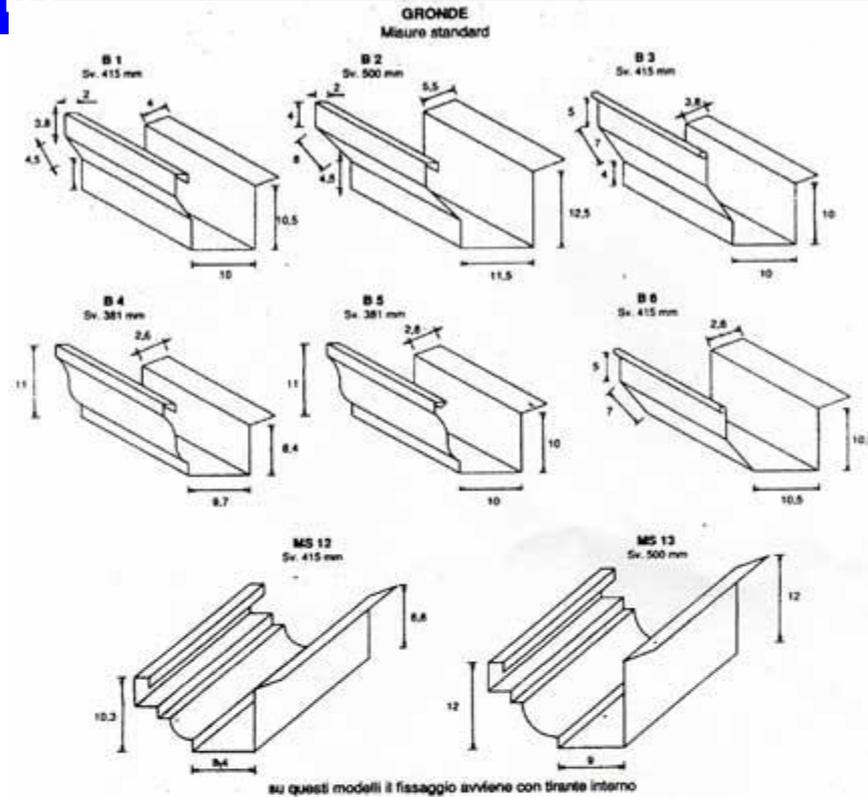
SOLUZIONE TECNOLOGICA IN GRONDAIA

Sezioni tipo
delle grondaie



NG	500	400	333	280	250	200
a	250	192	153	127	105	80
b	136	107	87	73	62	48
c	22	22	20	18	18	16

Sviluppo della grondaia (cm)



RAME

Metallo rosato o rossastro, di elevatissima conducibilità elettrica e termica.

E' molto resistente alla corrosione (a causa della patina aderente che si forma spontaneamente sulla superficie, prima di colore bruno e poi di colore verde o verde-azzurro) e non è magnetico. - È facilmente lavorabile, estremamente duttile e malleabile. - E' impiegato in edilizia per eseguire coperture, gronde, scossaline, pluviali ed altri elementi di lattoneria.

PROGETTO

Per evitare le tracce dovute al dilavamento del tetto o della gronda in rame: **1.** i bordi della gronda o della scossalina devono sporgere di 40-60 mm dagli elementi strutturali sottostanti; **2.** le scossaline con una pendenza sul lato tale da evitare gli effetti degli sgocciolamenti.

ATTENZIONE –

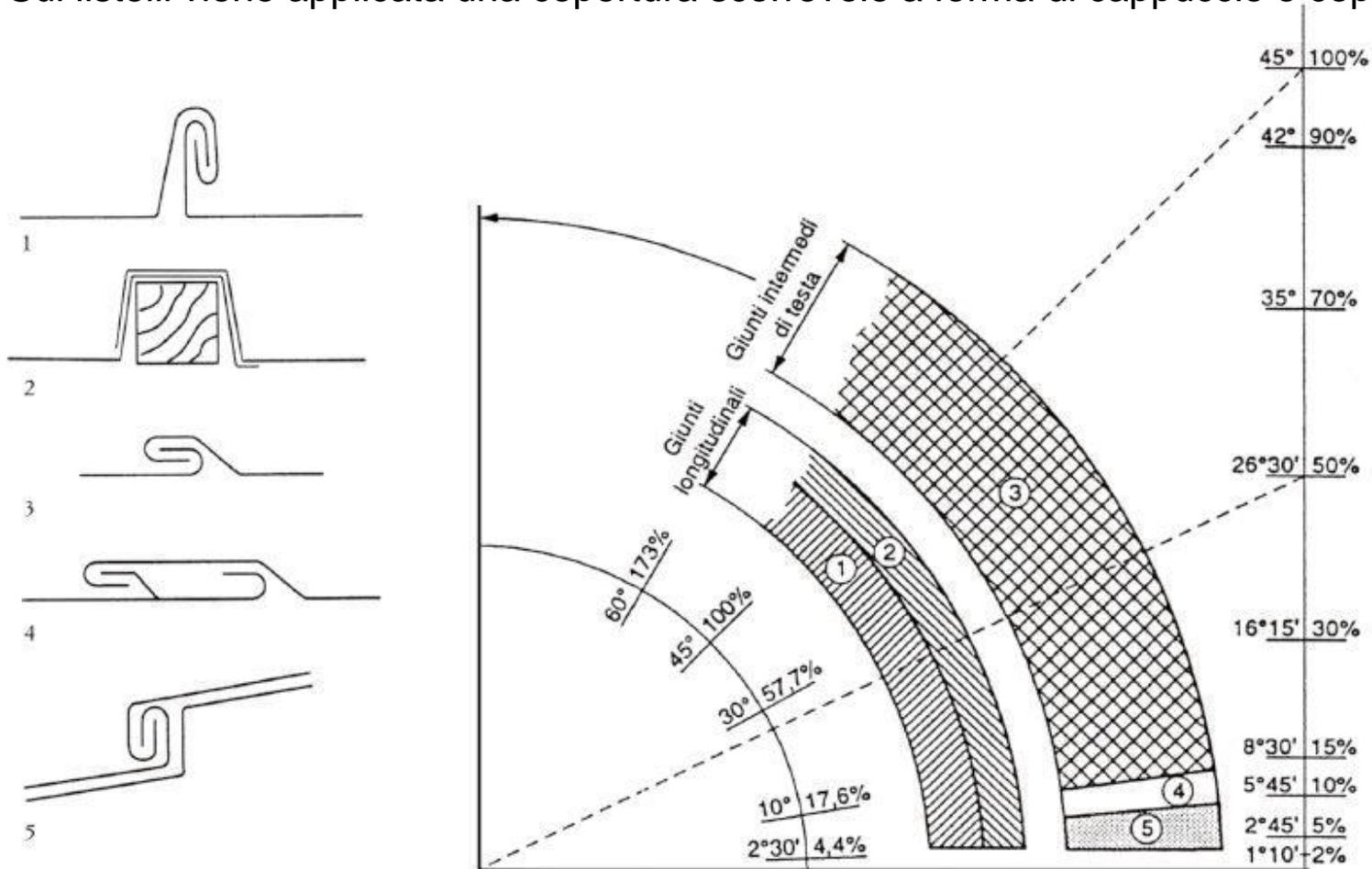
- 1.** Non appoggiare elementi strutturali di rame su zinco o acciaio zincato, poiché la maggiore nobiltà degli ioni rame trasportati dall'acqua piovana provocano la loro deposizione sullo zinco con la corrosione di quest'ultimo. La situazione inversa, cioè zinco su rame, non crea problemi, anche se è preferibile evitare punti di contatto.
- 2.** Usare il rame per la raccolta delle acque meteoriche da superfici bituminose non protette poiché i derivati bituminosi, sotto l'azione degli UV sono fortemente acidi.
- 3.** Evitare contatto con cementi rapidi, che contengono derivati ammoniacali.
- 4.** Accettare contatto rame alluminio anodizzato, ma anche in questo caso preferire di evitare il contatto diretto, eventualmente interponendo un materiale non conduttore.

COPERTURE

COPERTURA DI RAME

Continuità del manto per **aggraffatura** fra le lastre di rame.

Aggraffatura a listello: prevede l'interposizione tra le lastre di un listello in legno di min. 40/40 mm fissato all'armatura, su cui si collega di lato il lembo ripiegato della lastra. Le linguette vengono applicate sopra o sotto il listello rispettivamente nel "sistema tedesco" e nel "sistema belga" (fig. 2 e 3). Sui listelli viene applicata una copertura scorrevole a forma di cappuccio o coperchio.



COPERTURA DI RAME

Fig. 2
Copertura a tasselli a coprigiunto
scorrevole, versione tedesca

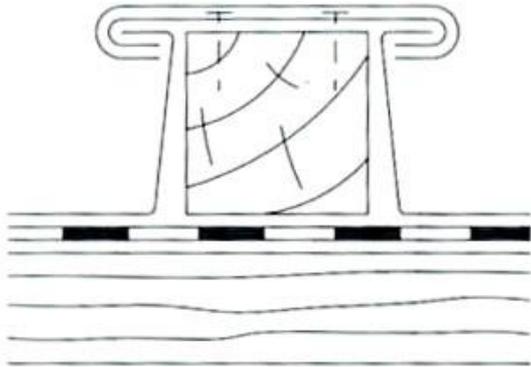


Fig. 3
Copertura a tasselli a coprigiunto
scorrevole, versione belga

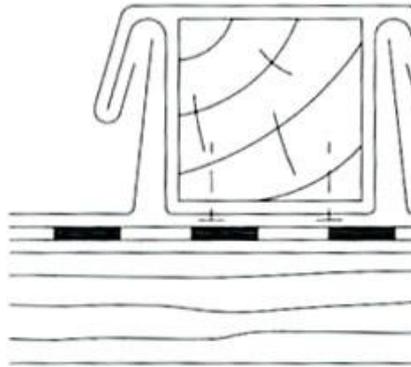


Fig. 4a
Fissaggio delle lamiere

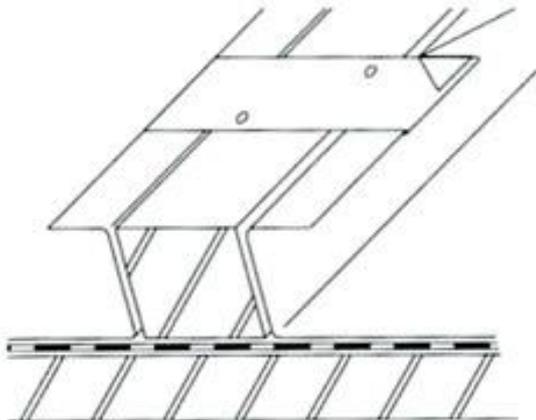


Fig. 4b
Fissaggio delle lamiere

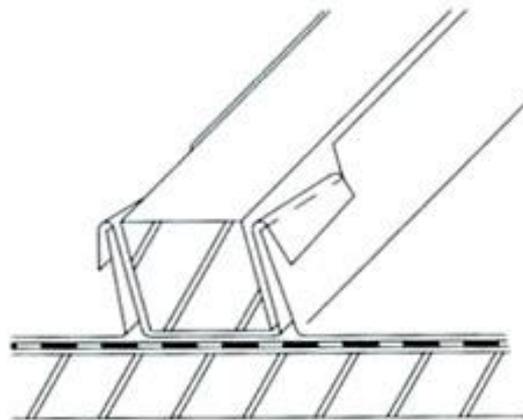
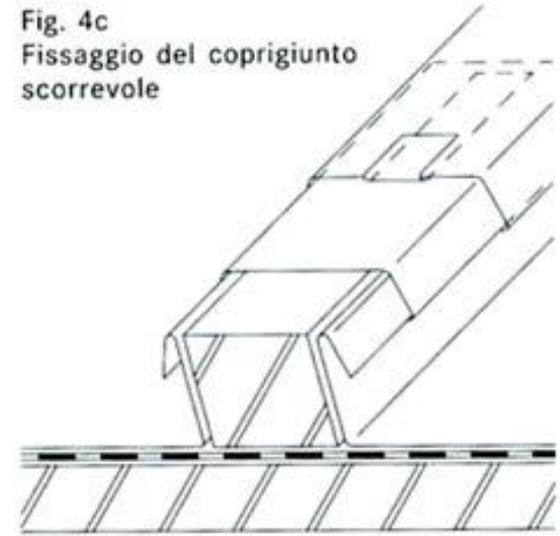


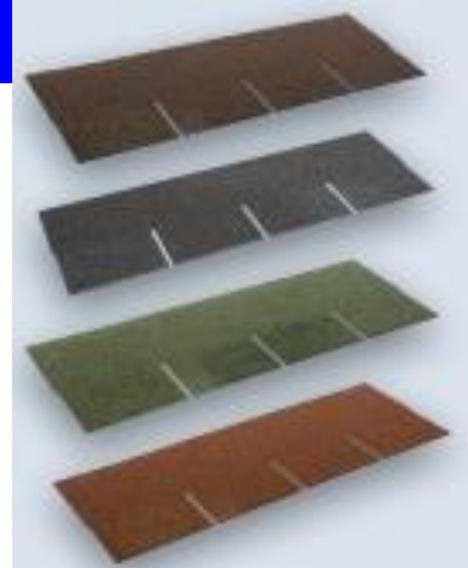
Fig. 4c
Fissaggio del coprigiunto
scorrevole



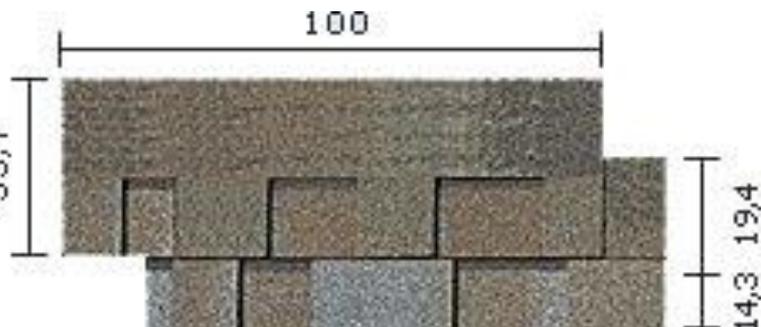
COPERTURA CON TEGOLA CANADESE

Tegola composta da fibra di vetro compresa fra due strati di bitume e ricoperta da ardesia o da graniglia ceramizzata o sabbia silicea nella parte esterna per proteggere gli strati di bitume dai raggi ultravioletti.

E' utilizzata con pendenza superiore al 15%.



Soluzione
di colmo



Schema
di posa



- **MATERIALI**
 - doppio strato di feltro bitumato in aderenza (con bitume caldo)
 - carta Kraft
 - fogli di alluminio
 - polietilene (non usare perché si fonde col bitume caldo per la posa della membrana)
- ***N.B. posizionare la barriera al vapore ad una temperatura > del punto di rugiada in tutte le condizioni d'uso (di solito al di sotto dell'isolante)***
- **CRITERI DI PROGETTAZIONE**
 - formare pendenza minima 2% per evacuazione acqua piovana
 - creare massetto di pendenza (c.c. normale oppure c.c. alleggerito oppure aggregato leggero con legante asfaltico) con spessore minimo 4-5 cm, perfettamente planare, posto sopra lo strato resistente che va preventivamente bagnato
 - posizionare lo strato di tenuta sullo strato sottostante (portante o massetto di pendenza) perfettamente asciutto prima della posa del manto
 - realizzare le pendenze sulla pianta della copertura secondo un tracciato geometrico che favorisca il convogliamento delle acque meteoriche verso canali di evacuazione
 - dimensionare i pluviali in funzione della relativa superficie di raccolta (3l/min m²)
 - prevedere scarichi di "troppo pieno" per intasamenti accidentali (ad es. bocchettoni di scarico inclinati).

COPERTURE

COPERTURA A GRANDI ELEMENTI

Sono elementi di acciaio, alluminio, fibrocemento impiegati per copertura a grandi luce.



Acciaio zincato preverniciato



Lamiere acciaio
greccato



Lastre di alluminio



Lastre di fibrocemento

PROGETTAZIONE COPERTURE DISCONTINUE INCLINATE

- **A - COPERTURE A GRANDI ELEMENTI**
- ***A.1 - lamiere di acciaio zincate (con nervature trapezoidali)***
 - impermeabili
 - buona resistenza meccanica
 - fissate ai listelli di supporto lignei o metallici con adattatori e bulloni inox dotati di guarnizioni di tenuta
 - nervature e ondulazioni favoriscono la microventilazione
 - protezione superficiale con resine epossidiche e strati bituminosi ardesiati
 - unione per sovrapposizione e sigillante
- ***A.2 - lamiere di alluminio preverniciato***
 - buona resistenza agli agenti atmosferici
 - colorazione stabile
 - fissate ai listelli di supporto lignei o metallici con adattatori e bulloni inox dotati di guarnizioni di tenuta
 - applicabili su superfici curve

PROGETTAZIONE COPERTURE DISCONTINUE INCLINATE

- **A - COPERTURE A GRANDI ELEMENTI**
- **A.3 - lastre ondulate di fibrocemento (piane o curve)**
 - buona resistenza alle sollecitazioni ambientali, meccaniche, al fuoco
 - impermeabili all'acqua e permeabili al vapore
 - pendenza 15-45%
 - posa in opera per sovrapposizione
 - fissate ai listelli di supporto lignei o metallici con adattatori e bulloni inox
 - dotati di guarnizioni di tenuta
 - l'ondulazione consente la microventilazione
- **A.4 - lastre ondulate fibrobituminose**
 - insensibile al gelo
 - curvabili in opera
 - modeste caratteristiche meccaniche per alte temperature
 - adattabilità geometrica

PROGETTAZIONE COPERTURE DISCONTINUE INCLINATE

- **A - COPERTURE A GRANDI ELEMENTI**
- **A.5 - lamiere di rame o di alluminio su strato termoisolante**
 - fissate a supporto continuo di legno o di calcestruzzo
 - alta resistenza agli agenti atmosferici
 - necessaria la barriera al vapore per l'impermeabilità al vapore dello strato di tenuta
 - necessario lo strato di regolarizzazione
 - giunti verticali e orizzontali per aggraffatura semplice o doppia
- **A.6 - pannelli sandwich (due lamiere metalliche nervate con interposta resine espansive isolanti e rigide)**
 - applicati sullo strato di supporto
 - alto isolamento termico, ma limitata inerzia termica
 - buona resistenza meccanica
 - rigidità e stabilità formale ed elevato rapporto resistenza meccanica/peso
 - sovrapposizione dei bordi e interposizione guarnizioni
 - ancoraggio al supporto con viti di acciaio inox e guarnizioni di tenuta
 - montaggio di coprigiunto in zone ventose
 - inutile la barriera al vapore
 - pendenza minima 15%

PROGETTAZIONE COPERTURE DISCONTINUE INCLINATE

- **B - COPERTURE A PICCOLI ELEMENTI**
- **B.1) - tegole in laterizio**
 - materiale
 - caratteristiche meccaniche, **fisiche**, chimiche simili a quelle dei mattoni
 - peso: 2,8-3,1 kg cad.
 - buon livello di durata
 - sufficiente resistenza meccanica che diminuisce in presenza di acqua
 - impiego in pendenze elevate per ridurre il ristagno
 - condizioni di impiego
 - in lunghezza: qualsiasi dimensione
 - in larghezza: 9-10 m, oltre cui conviene interrompere la continuità con un gradino aggiungendo una grondaia
 - pendenza
 - > 35% per coppi e tegole piane
 - fino a 30-33% per tegole Marsigliesi, Olandesi, Portoghesi
 - pendenze più elevate: rischio di slittamento delle tegole
 - pendenze meno elevate: rischio di ritorni d'acqua fra una tegola e l'altra
- Norme di riferimento: UNI 2619, UNI 2620, UNI 2621

- **B - COPERTURE A PICCOLI ELEMENTI**
- **B.2 - tegole in cemento**
 - materiale
 - prodotte con profili di diverso tipo; la sagomatura segue criteri di funzionalità fisico-morfologica, di aspetto, di praticità di montaggio
 - caratteristiche di forma comuni: incastri, nervature, canalette, naselli, ecc., per agevolare l'attacco fra le tegole, la tenuta e lo scorrimento dell'acqua superficiale
 - colorazione realizzata direttamente nell'impasto o attraverso pigmentazioni
 - caratteristiche fisiche identiche a quelle dei manufatti di calcestruzzo: resistenza alla imbibizione, alle sollecitazioni meccaniche, ai carichi; inoltre presentano durabilità e stabilità dimensionale
 - condizioni di impiego
 - in lunghezza: qualsiasi dimensione
 - in larghezza: 9-10 m, oltre cui conviene interrompere la continuità con un gradino aggiungendo una grondaia o impermeabilizzando
 - pendenza
 - fino a 29-30% adottando le sovrapposizioni consigliate dai produttori
 - per pendenze > 45% : fissare le tegole (le tegole possono essere munite di un foro per la chiodatura di supporto)

- **B - COPERTURE A PICCOLI ELEMENTI**
- **B.3) - piccole lastre in fibrocemento**
 - materiale
 - piccoli elementi rigidi in forme e colori caratteristici dei materiali classici di copertura
 - appoggio su tavolato ligneo, spessore minimo cm 2,5, oppure su listelli lignei (arcarecci) posti a distanza variabile in funzione delle dimensioni delle lastre
 - sistema di copertura composta da pezzi normali, pezzi speciali, lucernari, viti di fissaggio, chiodi, ramponi, grappe zincate, ecc., per facilitare il montaggio
 - impiego
 - lunghezza: qualsiasi dimensione
 - larghezza: qualsiasi dimensione
 - pendenza
 - minimo 25% per modelli a lastre sagomate ("alla romana")
 - minimo 35% per modelli a lastre piatte ("alla francese", "alla genovese", per le quali l'ottimale é il 45%)

- **B - COPERTURE A PICCOLI ELEMENTI**
- **B.4) - tegole in impasto bituminoso**
 - materiale
 - costituite da materiali a base di bitumi, spesso rinforzati, e da piastre o armature a base di velo di vetro
 - dotate di punti o strati autoadesivi per facilitare la posa in opera
 - rivestite da granuli minerali o da scaglie di ardesia per garantire l'autoprotezione
 - assenza di elementi organici per garantire la resistenza alle muffe e alle atmosfere aggressive
 - elevata imputrescibilità
 - scarsa resistenza alle forti escursioni termiche giornaliere
 - buona stabilità di colore
 - elevata impermeabilità
 - buona stabilità dimensionale
 - autoprotezione garantita dal rivestimento minerale
 - impiego
 - lunghezza: qualsiasi dimensione
 - larghezza: qualsiasi dimensione
 - applicabili su supporti di qualunque tipo (tavolato, pannelli di agglomerati lignei, solette in calcestruzzo perfettamente levigate)
 - necessità di curare il montaggio dei raccordi per cambiamenti di pendenza
 - pendenza
 - dal 20% fino alla verticale
 - dal 20% al 30% è opportuno inserire inferiormente uno strato di protezione
 - oltre il 30% posa normale

- **B - COPERTURE A PICCOLI ELEMENTI**
- **B.5) - elementi lignei**
 - materiale
 - manto sotto forma di scandole (di larice o di abete) o assicelle di dimensioni variabili
 - supporto in tavolato continuo o listelli di legno
 - posto in opera con sovrapposizione e fissaggio con chiodi o grappe
 - grande leggerezza
 - coperture antichissime
 - impiego
 - lunghezza: qualsiasi dimensione
 - larghezza: qualsiasi dimensione
 - pendenza
 - oltre il 40%

- **B - COPERTURE A PICCOLI ELEMENTI**
- **B.6) - lastre di ardesia**
 - materiale
 - lastre più o meno regolari di pietra naturale scistosa (l'ardesia, o lavagna, si riduce in lastre con estrema facilità)
 - non soggette a degrado
 - copertura antichissima
 - grande resistenza alla corrosione
 - notevole impermeabilità
 - notevole resistenza al freddo e al gelo
 - colorazione variabile a seconda delle cave
 - impiego
 - lunghezza: qualsiasi dimensione
 - larghezza: qualsiasi dimensione
 - pendenza
 - oltre il 60%

- **Soluzioni progettuali**
 - doppia orditura di listelli di sezione uguale o simile: l'orditura superiore è parallela alla direzione di ventilazione
 - doppia orditura di listelli di sezione diversa: l'orditura inferiore è parallela alla direzione di ventilazione ed ha altezza pari alla somma degli spessori dello strato termoisolante e dello strato di ventilazione
 - strato di tenuta a grandi elementi: per zone ventose e di grande precipitazione
 - strato di ventilazione compreso nello spessore dello strato portante per zone con condizioni climatiche non gravose: strato termoisolante finito all'intradosso con elementi rigidi (ad es.: cartongesso, doghe lignee) o con intonaco supportato da rete
 - pannelli sandwich lignei (poco diffusi in Italia) e doppia orditura di listelli: l'orditura inferiore è parallela alla direzione di ventilazione, quella superiore è di supporto al manto di tenuta
 - doppia camera di ventilazione ("tetti freddi" per impedire lo scioglimento dei ghiacci):
 - nello spessore delle travi portanti si trovano lo strato termoisolante e la 1^a camera;
 - un piano continuo impermeabilizzato posto sulle travi e dei listelli consentono di formare la 2^a camera;
 - supporto dello strato di tenuta, a piccoli o grandi elementi

- **a) Falda con pendenza 5-15%**
- **strato di tenuta**: doppia membrana bituminosa armata con vetro applicata a fiamma (quella all'intradosso viene inchiodata con chiodi a testa larga se lo strato di supporto è una struttura lignea)
- **strato di protezione**: la protezione può essere realizzata:
 - la seconda membrana è autoprotetta da un foglio metallico (alluminio, rame, zinco) gofrato e a dilatazione autocompensata, applicata fiamma, con sormonto di 7-8 cm;
 - la seconda membrana è autoprotetta da uno strato di ardesia naturale o da granigliato minerale ceramizzato;
 - la seconda membrana è realizzata con tegole bituminose di tipo rigido, armate con due feltri di vetro, saldate a fiamma sul manto sottostante (ogni tegola deve ricoprire quella inferiore per 2/3);
 - autoprotezione sintetica in caso di supporti instabili e soggetti a notevoli fessurazioni (ad es. tavellonati, tavelloni prefabbricati in c.c.a., massetti in c.c. alleggeriti, pannelli di legno truciolare) delle linee di fessurazione con strisce di feltro bitumato:
 - d1 - foglio sintetico elastico armato con feltro di vetro (spessore. 2 mm) con punti di adesivo, saldato con fiamma
 - d2 - foglio sintetico elastico armato con feltro di vetro (spessore. 3 mm) autoprotetto da granulato minerale, sormonto da 7-8 cm, saldati a bitume fuso; i muretti di coronamento vanno rivestiti da membrana bituminosa autoprotetta da lamina di alluminio(questa è una delle tante alternative)
- N.B. saldare subito i sormonti finché la saldabilità è ben garantita
- N.B. i solventi possono essere tossici
- N.B. non lasciare essiccare troppo l'adesivo

- **a) Falda con pendenza $\geq 15\%$ (in aderenza sull'isolante)**
 - barriera al vapore
 - pannelli isolanti (a bassa dilatazione) incollati a bitume fuso o con fissaggio meccanico su legno
 - membrana di bitume ossidato armata con tessuto di vetro
 - membrana di bitume ossidato armata gofrata e autoprotetta da lamina metallica (a dilatazione autocompensata)

- **A. Soglie**

- tenere un buon dislivello dal pavimento esterno (10-15 cm)
- portare lo strato impermeabilizzante fin sotto la soglia

- **B. Pluviali**

- dimensionare i pluviali in funzione della superficie di raccolta servita
- posizionare i pluviali nei punti più bassi della copertura e continuare lo strato impermeabilizzante fino alla corona del bocchettone di scarico
- dotare i bocchettoni di griglie parafoglie

- **C. Rilievi verticali (parapetti, lucernai, camini, ecc.)**

- applicare la membrana impermeabile sul fianco del rilievo (> 15 cm)
- applicare la membrana con sistemi specifici
- creare sede apposita ricavata nella parete
- posizionare scossaline sagomate e gocciolatoio, fissarle meccanicamente alla parete e sigillare la parte superiore
- portare la membrana fin sotto alla parte superiore del parapetto
- creare arrotondamenti (con malta cementizia o elementi triangolari) nei cambiamenti di direzione della membrana
- ripiegare al piede dei rilievi le membrane polimeriche (PVC) per assorbire eventuali ritiri

- **D. Terrazze accessibili (pedonali, veicolari)**
 - proteggere la membrana con
 - intonaco di malta cementizia retinata
 - elementi rigidi prefabbricati
- **E. Giunti di dilatazione strutturale**
 - interruzione della membrana e protezione del giunto con:
 - scossalina metallica
 - elementi prefabbricati su muretti di interruzione