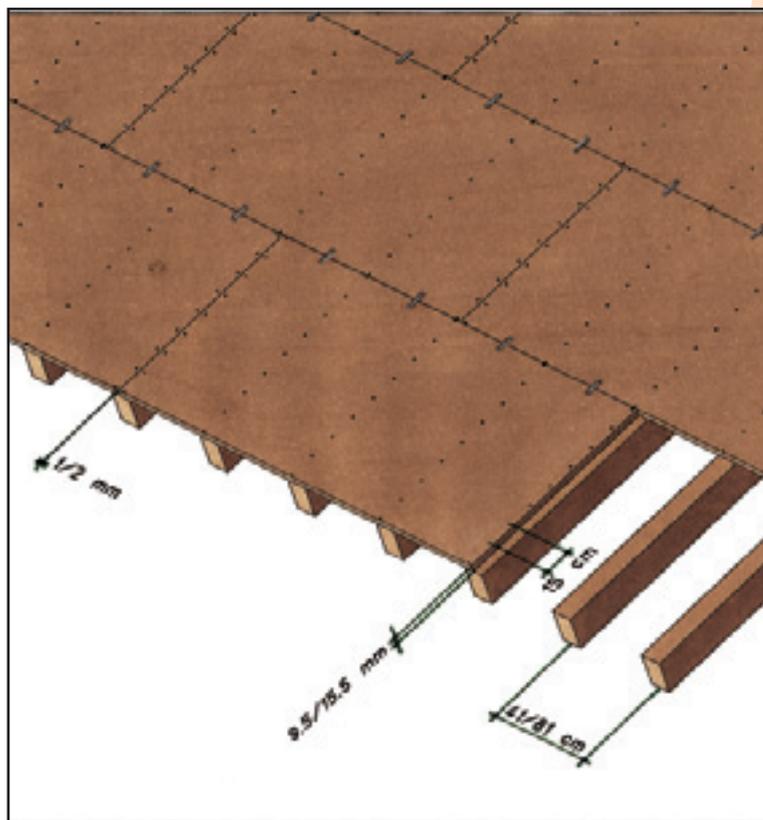


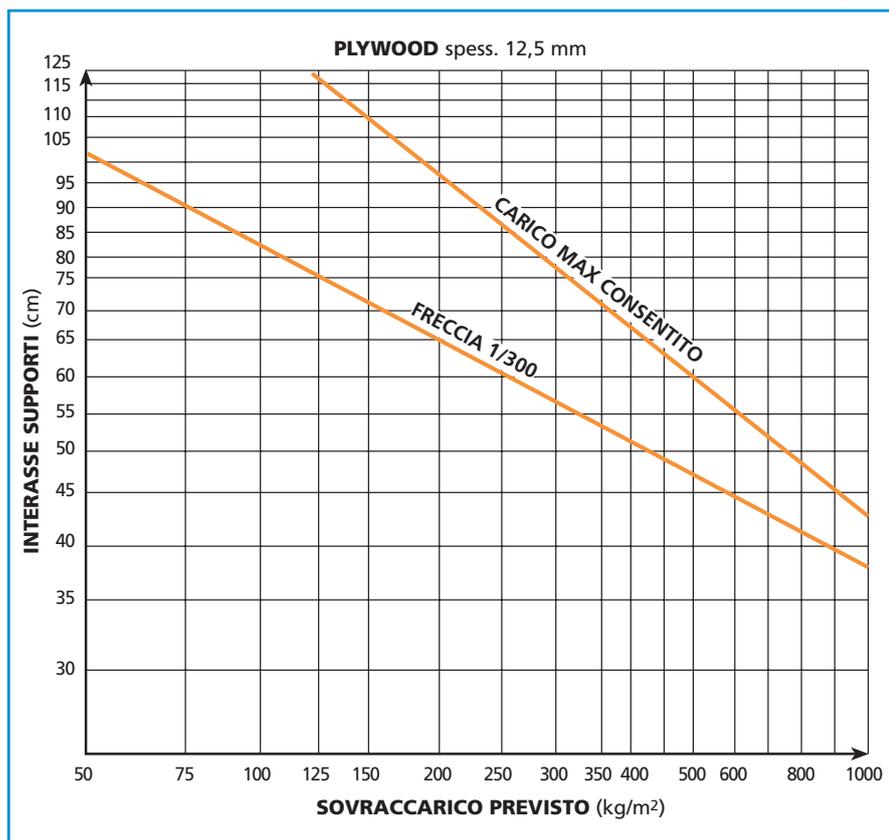
della tipologia dei pannelli il cui spessore è variabile mediamente fra i 9,5 e i 18,5 millimetri)

- nel calcolo è opportuno considerare un carico uniformemente distribuito e permanente nel tempo
- la resistenza dei pannelli dovrà essere calcolata considerando la percentuale di umidità degli stessi, che dovrebbe essere considerata piuttosto elevata
- i pannelli dovrebbero andare in appoggio su almeno tre linee di supporto e con le fibre esterne ortogonali ai supporti
- il lato corto dei pannelli deve essere sempre parallelo ai supporti
- i pannelli devono essere sempre posati sfalsati fra loro
- il fissaggio dei pannelli su tutte le linee di supporto deve avvenire almeno ogni 15 centimetri con chiodi zincati ad aderenza migliorata di almeno 45 millimetri di lunghezza ( $\varnothing$  3 millimetri) o viti
- negli accostamenti fra i pannelli deve essere sempre previsto un giunto di dilatazione variabile circa 10 millimetri a seconda delle condizioni di umidità previste
- la freccia del pannello in condizioni estreme di carico non dovrebbe essere superiore a 1/300 dell'interasse
- lungo le linee di accostamento orizzontale dei pannelli devono essere sempre previste delle graffette metalliche (lock) di bloccaggio fra i pannelli alternate alle file dei chiodi (vedi figura), quindi generalmente 4 lock lungo il bordo inferiore e altrettanti lungo il superiore
- i pannelli di dimensione 122 x 244 centimetri e in appoggio generalmente ogni 61 centimetri sulla struttura portante, devono essere fissati con 5 file da 9 chiodi (aderenza migliorata da 45 mm) per fila. In totale 45 fissaggi per pannello più i lock precedentemente citati.



• I pannelli in legno multistrato vanno chiodati con cura alla struttura portante sottostante e connessi fra loro con delle apposite graffette metalliche (lock)

- Carico uniformemente ripartito
- Pannelli posati su minimo tre appoggi e con le fibre esterne ortogonali ai supporti
- Calcolo effettuato con pannelli in condizioni umide e con carichi permanenti nel tempo



ESEMPIO DI PORTATA CON PLYWOOD DA mm. 9,5		ESEMPIO DI PORTATA CON PLYWOOD DA mm. 12,5	
Interasse	Portata	Interasse	Portata
40,6 cm	360 kg	40,6 cm	850 kg
48,8 cm	190 kg	48,8 cm	450 kg
61 cm	105 kg	61 cm	250 kg
81 cm	= kg	81 cm	100 kg



## Aspetti di qualità ambientale

### Il sottotetto abitato e il concetto di comfort

Il sottotetto abitato è una pratica abbastanza recente. Il livello qualitativo di abitabilità che, fino a pochi decenni fa, era possibile raggiungere nel volume al di sotto della copertura era infatti modesto e poco appetibile, per non parlare della non modesta fatica per raggiungere i "piani alti" degli edifici. Queste "quote" erano quindi per-

lopiù riservate a inquilini di poche pretese e modesta solvibilità. Ma la continua necessità di superfici abitabili e soprattutto l'invenzione dell'ascensore hanno modificato sostanzialmente l'interesse verso questi ambienti e questo volume tecnico, che poteva fungere da polmone per l'isolamento termico d'inverno oppure nel quale poteva circolare l'aria per raffreddare d'estate, è diventato uno spazio abitato con altre funzioni e altre esigenze di microclima.

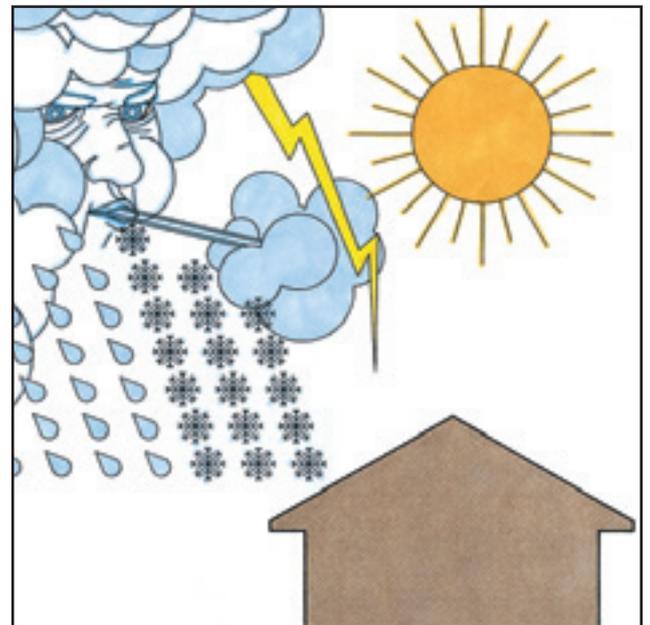
Ma se con l'utilizzo dello spazio "mansarda" a fini abitativi è venuto a mancare questo volume tecnico, non è scomparsa la necessità di mantenere le importanti funzioni che tale spazio svolgeva, soprattutto in termini di controllo del microclima degli spazi sottostanti. È stato quindi necessario trasferire queste funzioni in altri punti del "sistema tetto" e a queste funzioni aggiungere anche le numerose altre date dal mutamento di destinazione d'uso di questo spazio e quindi da esigenze di maggiore comfort.

### Le vecchie funzioni e i nuovi requisiti

Dato che la copertura è probabilmente in assoluto la superficie maggiormente esposta di una costruzione, è certamente anche la parte più soggetta a recepire i mutamenti climatici ambientali trasferendoli all'interno della casa. È quindi su questo elemento tecnico che è necessario intervenire con un opportuno progetto degli elementi e strati funzionali che compongono il "pacchetto" di copertura per controllare ed eventualmente modificare il passaggio delle condi-

in basso a sinistra:  
*La sezione di un palazzo parigino nel 1853 mostra le condizioni degli abitanti ai diversi piani: la famiglia del portiere al piano terra; la coppia di ricchi borghesi che si annoiano al primo piano (il piano "nobile"); la famiglia borghese media che vive un po' più stretta al secondo piano; i piccoli borghesi al terzo piano (uno di loro riceve la visita del padrone di casa); i poveri, gli artisti e i vecchi nelle soffitte (non esisteva ancora l'ascensore); il gatto sul tetto.*

in basso a destra:  
*La copertura di una casa è giornalmente sottoposta alle sollecitazioni di numerosi agenti atmosferici.*



zioni ambientali e climatiche esterne all'interno dell'abitazione. Ma non si tratta solo di questo, i requisiti che una copertura deve assolvere sono ormai piuttosto numerosi e non più semplicemen-

te di riparo dagli agenti atmosferici come le coperture di una volta. I tetti sono ormai diventati sistemi complessi e articolati che devono soddisfare numerose esigenze. Talune certamente fondamentali,

alcune invece opzionali aggiuntive ma il più delle volte considerate ormai irrinunciabili. Il sistema dei requisiti di un tetto a falde prevede infatti numerose voci:

## I requisiti di una copertura a falde

CLASSI ESIGENZIALI	REQUISITI
SICUREZZA	resistenza meccanica ai carichi statici resistenza meccanica ai carichi dinamici resistenza agli urti resistenza all'abrasione resistenza al fuoco reazione al fuoco sicurezza alle esplosioni sicurezza ai fenomeni elettromagnetici resistenza alle deformazioni resistenza alle intrusioni resistenza allo shock termico resistenza agli agenti chimici, biologici e radioattivi resistenza al gelo stabilità dimensionale
FRUIBILITÀ	agibilità per manutenzione facilità di manovra di parti mobili flessibilità
BENESSERE	non rumorosità isolamento acustico isolamento termico inerzia termica tenuta all'aria tenuta all'acqua controllo della condensa interstiziale controllo della condensa superficiale resistenza alla formazione di muffe ventilazione non emissione di sostanze nocive comfort tattile controllo dell'illuminazione
ASPETTO	compatibilità ambientale regolarità di aspetto regolarità delle finiture controllo della regolarità geometrica
INTEGRABILITÀ	facilità di integrazione fra manto e accessori
GESTIONE	contenimento dei consumi energetici facilità delle operazioni di riparazione e sostituibilità delle parti resistenza all'irraggiamento solare resistenza al gelo resistenza all'acqua resistenza alla temperatura e agli sbalzi di temperatura resistenza agli attacchi biologici resistenza agli agenti aggressivi chimici

## Strati ed elementi di una copertura a falde

Per soddisfare questo complesso sistema di requisiti il numero di elementi e di strati funzionali che possono comporre un tetto si è moltiplicato: dalla semplice presenza di una struttura portante che sorreggeva un manto impermeabile (due elementi) si è passati, secondo la norma UNI 8178, a un elenco di questo tipo:

### ELEMENTI PRIMARI

#### elemento di tenuta

serve a conferire alla copertura una prefissata impermeabilità all'acqua

#### elemento portante

ha la funzione di sopportare i carichi permanenti e i sovraccarichi della copertura

#### elemento termoisolante

ha la funzione di portare al valore richiesto la resistenza termica globale della copertura

### ELEMENTI O STRATI COMPLEMENTARI

#### elemento di collegamento

ha la funzione di assicurare il collegamento tra strati o elementi contigui

#### elemento di supporto

ha la funzione di permettere l'appoggio di un elemento o di uno strato

#### strato di barriera al vapore

ha la funzione di impedire il passaggio del vapore acqueo consentendo di controllare il fenomeno della condensa

#### strato di irrigidimento o ripartizione dei carichi

ha la funzione di permettere allo strato sottostante di sopportare i carichi previsti

#### strato di pendenza

ha la funzione di portare la pendenza della copertura al valore richiesto

#### strato di protezione

ha la funzione di controllare le alterazioni conseguenti a sollecitazioni meccaniche, fisiche e chimiche

#### strato di schermo al vapore

ha la funzione di ridurre il passaggio del vapore acqueo consentendo di controllare il fenomeno della condensa

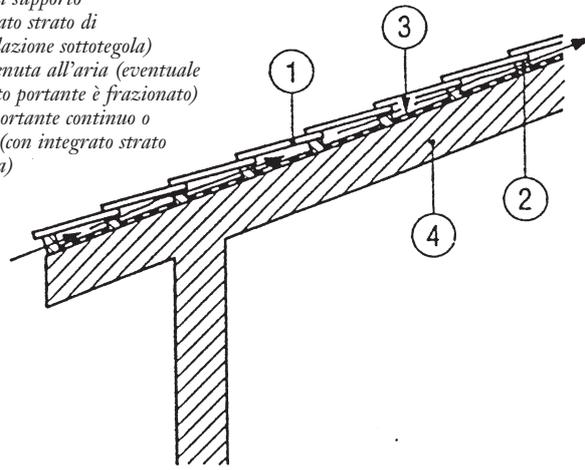
#### strato di tenuta all'aria

ha la funzione di controllare il passaggio dell'aria dall'ambiente esterno verso gli ambienti sottostanti la copertura

#### strato di ventilazione

ha la funzione di contribuire al controllo delle caratteristiche igrotermiche della copertura

- 1) Elemento di tenuta all'acqua
- 2) Elemento di supporto (con integrato strato di microventilazione sottotegola)
- 3) Strato di tenuta all'aria (eventuale se l'elemento portante è frazionato)
- 4) Elemento portante continuo o frazionato (con integrato strato di pendenza)



• non isolato e non ventilato

Si tratta quindi di una serie complessa di elementi e strati chiamati non più semplicemente a soddisfare le due funzioni essenziali di tenuta all'acqua (il manto impermeabile) e di resistenza meccanica (la struttura) ma che devono rispondere a numerose altre funzioni fra le quali le principali possono essere considerate quelle legate al controllo del microclima interno.

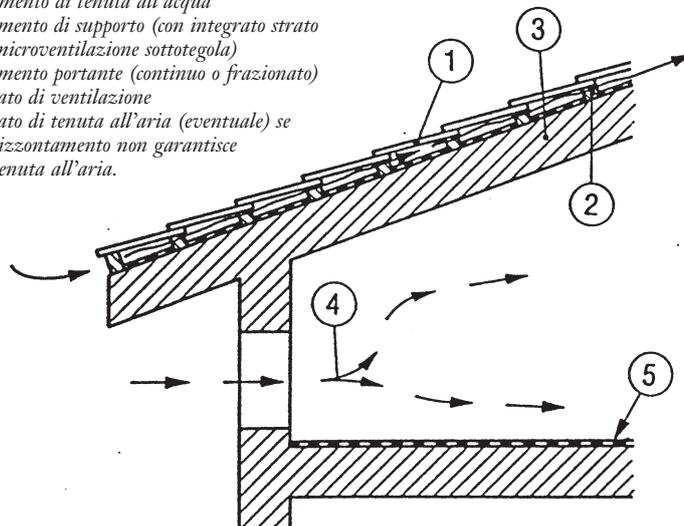
### Gli schemi funzionali codificati

La composizione e giustapposizione di questa serie di strati che formano il "pacchetto tetto" presenta numerose possibilità combinatorie a seconda delle condizioni di progetto, ma fra queste varianti alcune sono state codificate dalla norma UNI 8627 data proprio la loro importanza nei confronti del comfort ambientale complessivo.

Gli schemi funzionali del tetto secondo UNI 8627 sono i seguenti: Una copertura infatti può presentare o meno lo strato di ventilazione, necessario soprattutto per evitare che l'irraggiamento solare surriscaldi gli ambienti sottostanti e quindi utile in determinate condizioni ambientali di frequente e intenso soleggiamento, oppure prevedere un elemento termoisolante se condizioni al contorno di temperatura piuttosto bassa lo richiedano oppure non prevederlo se la mitezza del clima non lo rende indispensabile.

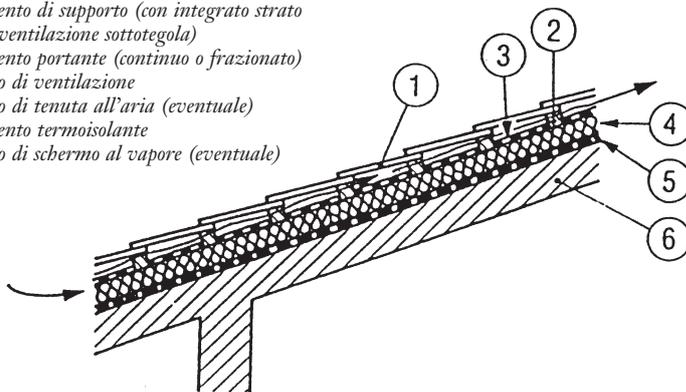
Appare chiaro quindi che questi due strati possono coesistere assieme, oppure l'uno o l'altro, oppure nessuno dei due. Un adeguato progetto di dettaglio analizzerà le condizioni climatiche, il modello d'uso e le esigenze dell'utenza adeguando le scelte costruttive.

- 1) Elemento di tenuta all'acqua
- 2) Elemento di supporto (con integrato strato di microventilazione sottotegola)
- 3) Elemento portante (continuo o frazionato)
- 4) Strato di ventilazione
- 5) Strato di tenuta all'aria (eventuale) se l'orizzontamento non garantisce la tenuta all'aria.



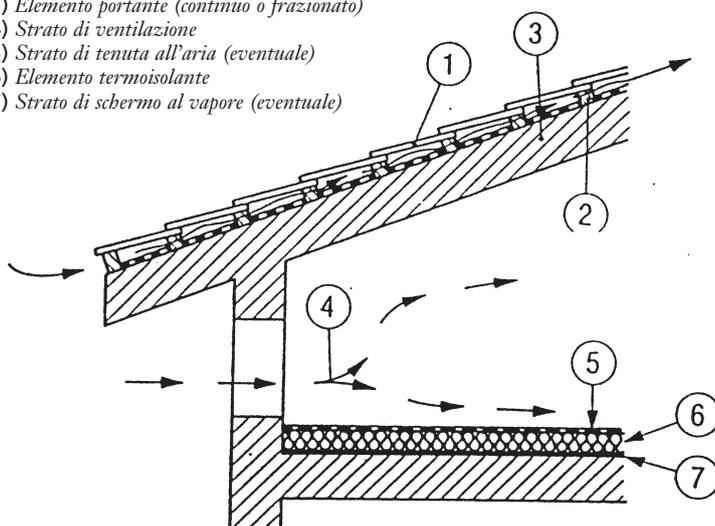
• ventilato non isolato

- 1) Elemento di tenuta all'acqua
- 2) Elemento di supporto (con integrato strato di microventilazione sottotegola)
- 3) Elemento portante (continuo o frazionato)
- 4) Strato di ventilazione
- 5) Strato di tenuta all'aria (eventuale)
- 6) Elemento termoisolante
- 7) Strato di schermo al vapore (eventuale)



• isolato non ventilato

- 1) Elemento di tenuta all'acqua
- 2) Elemento di supporto (con integrato strato di microventilazione sottotegola)
- 3) Elemento portante (continuo o frazionato)
- 4) Strato di ventilazione
- 5) Strato di tenuta all'aria (eventuale)
- 6) Elemento termoisolante
- 7) Strato di schermo al vapore (eventuale)



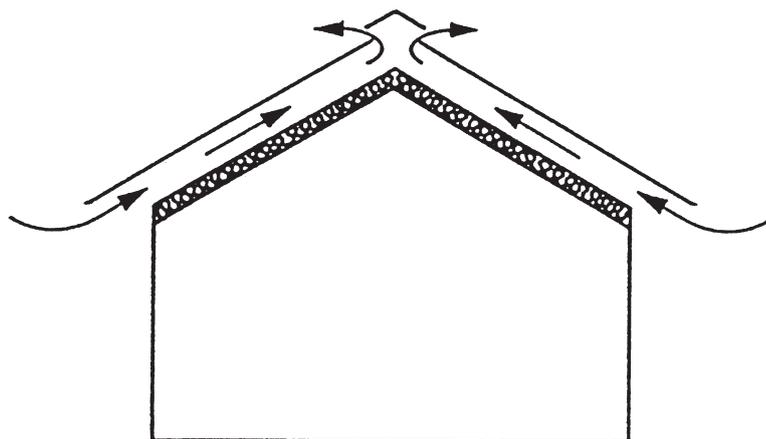
• isolato e ventilato

\* Per controllare anche questo fenomeno di trasmissione di calore pare risultare efficace la realizzazione di una superficie riflettente tipo uno strato di alluminio. Questo materiale viene impiegato più spesso come barriera al vapore, ma può risultare efficace anche come superficie riflettente il calore, anche se si tratta di una soluzione efficace più a livello teorico che di reale pratica costruttiva in quanto il beneficio risulta abbastanza ridotto e il rapporto costo/prestazione non interessante.

## L'isolamento termico dal caldo e lo strato di ventilazione

Proprio in virtù di queste scelte progettuali, legate alle esigenze di comfort ambientale richiesto dall'u-

tenza e alle condizioni al contorno, può essere previsto un sistema di isolamento termico dal caldo, una necessità che si verifica piuttosto di frequente alle nostre latitudini. Un manto di copertura di colore medio scuro (dal color argilla al testa di



Qualora il volume sottotetto risulti abitato, gli strati di ventilazione e di isolamento del tetto "isolato e ventilato" del precedente schema UNI vengono traslati al di sopra del solaio portante di falda realizzando quello che comunemente si può definire un tetto ventilato, mentre lo schema precedente è meglio definibile come solaio aerato.

moro) può raggiungere, in regime estivo e in giornate limpide, anche gli 80 °C di temperatura superficiale esterna. Da qui il calore si trasmette, in modo più o meno efficace a seconda della conducibilità termica degli elementi del manto impermeabile, per conduzione all'intradosso delle tegole e successivamente per conduzione, convezione e irraggiamento riscalda gli strati sottostanti.

In assenza di particolari barriere la trasmissione del calore può proseguire fino al sistema strutturale del solaio di falda e da qui surriscaldare il volume d'aria dello spazio sottotetto rendendolo poco confortevole se non inabitabile.

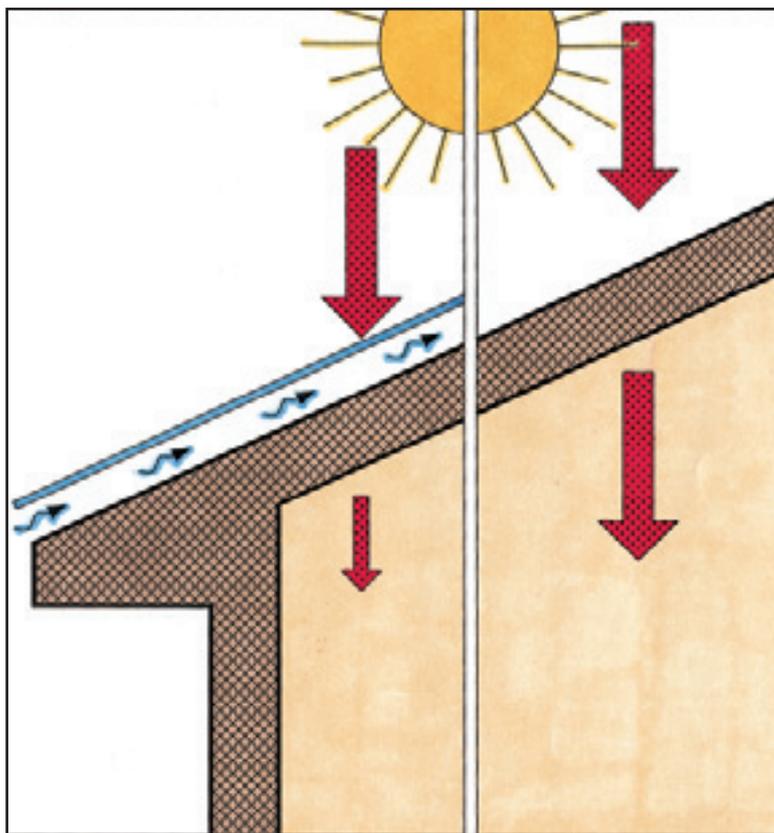
Dato che il calore si trasmette più rapidamente attraverso corpi dotati di una elevata conducibilità termica (fattore implicitamente legato anche alla massa) il primo requisito è quello di interporre fra lo spazio abitato e la superficie riscaldata dal sole uno strato caratterizzato da una massa ridotta e quindi con limitata conducibilità.

Per esempio una intercapedine di aria, l'"elemento" meno consistente che possiamo agevolmente impiegare in edilizia.

Ma anche l'aria di questa intercapedine, sia pure con limitata efficienza, può riscaldarsi e trasmettere calore agli strati sottostanti e da qui agli ambienti sottotetto.

L'accorgimento tecnico più funzionale consiste quindi nell'evitare che questa aria si riscaldi eccessivamente "cambiandola" ogni volta che raggiunge una temperatura eccessiva. Si tratta quindi di creare una intercapedine con l'aria in movimento, cioè uno strato di ventilazione, che favorisca, attraverso opportune soluzioni tecniche, l'evacuazione dell'aria riscaldata all'interno dell'intercapedine e l'ingresso di aria esterna più fresca. Si viene così a innescare quello che comunemente si chiama "effetto camino", con l'aria riscaldata che esce nella parte alta del tetto (la linea di colmo) e contemporaneamente entra aria esterna più fresca dalla parte bassa (la linea di gronda).

Attenuata quindi la trasmissione di calore per conduzione, data l'esigua massa dell'aria, e per convezione, dato principalmente il moto verso l'esterno, vengono eliminate con questa soluzione due delle tre possibilità di trasmissione del calore agli ambienti sottostanti restando solo l'irraggiamento\*.



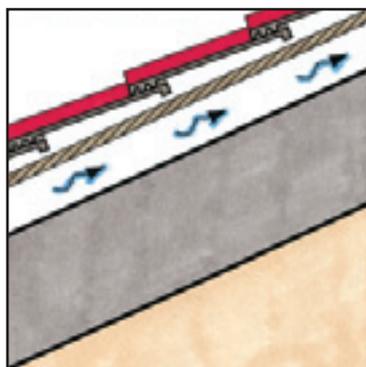
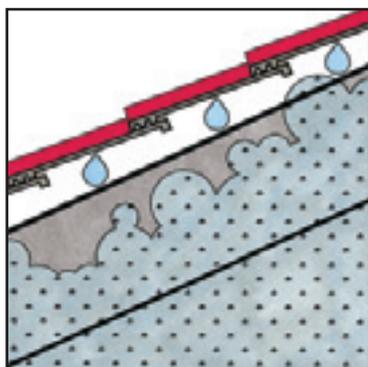
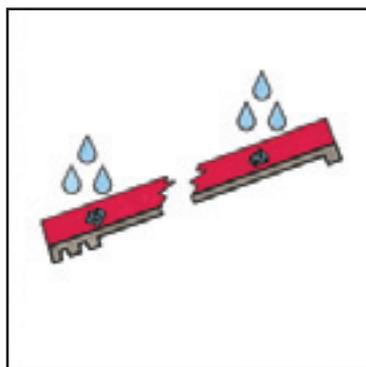
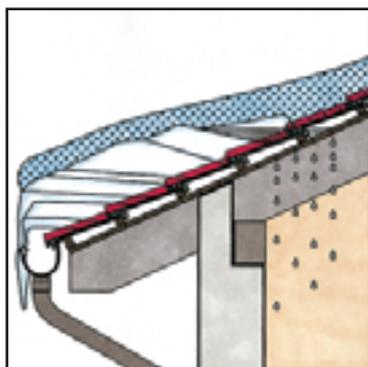
### Lo strato di ventilazione e le altre funzioni

Questa funzione non è comunque l'unica svolta dalla circolazione di una lama d'aria nel pacchetto di copertura. Altre prestazioni vengono fornite da questa soluzione costruttiva fra le quali si possono ricordare:

#### • controllo del rischio di condense

Negli ambienti abitati vengono prodotte ingenti quantità di vapore

acquoso che, trattandosi di un gas caldo, tendono a salire verso l'alto. Questo vapore, in taluni casi, può permeare attraverso gli strati che costituiscono il pacchetto di copertura arrivando a contatto con l'intradosso freddo del manto impermeabile sul quale rischia di condensare e di ricadere, sotto forma di gocce d'acqua, sugli strati sottostanti. Lo strato di ventilazione ha anche lo scopo di diluire e allontanare questo vapore prima che possa condensare all'intradosso delle tegole.



#### • controllo del rischio di rotture per gelività

Taluni elementi impiegati per realizzare manti impermeabili possiedono una elevata porosità tale da farli notevolmente imbibire in caso di pioggia. In caso di abbassamento della temperatura, si corre il rischio che l'acqua imbibita possa ghiacciare all'interno del manufatto provocando scagliature e rotture

Lo strato di ventilazione ha anche lo scopo di asciugare più rapidamente, soprattutto all'intradosso, gli elementi del manto di copertura limitando il rischio di formazione di ghiaccio all'interno del manufatto

#### • controllo dello scioglimento del manto nevoso

In caso di nevicate, il manto di neve su di un tetto a falde tende a sciogliersi più rapidamente nella parte alta del tetto, verso il colmo, in quanto in questa zona si concentra il calore che sale dall'alloggio ("fughe di calore"), anche in presenza di uno strato termoisolante.

L'acqua da neve disciolta ruscella verso la linea di gronda giungendo sullo sporto del cornicione di gronda dove incontra una superficie fredda in quanto, sotto lo sporto, non vi è la casa riscaldata che emana calore. In questo punto quindi tende nuovamente a ghiacciare creando una barriera di ghiaccio all'acqua che, dalla parte alta, continua a defluire. Lo strato di ventilazione ha anche lo scopo di mantenere l'intera superficie del manto alla medesima temperatura esterna diluendo e allontanando il calore che sale dall'alloggio prima che possa sciogliere in modo differenziato il manto nevoso e causare accumuli di acqua sul tetto. Lo scioglimento della neve avviene quindi solamente per effetto dell'irraggiamento solare in modo più uniforme sull'intero manto.

a sinistra:  
Uno strato di aria è caratterizzato da una massa molto ridotta e quindi è in grado di limitare fortemente il passaggio del calore.

## L'isolamento termico dal freddo e l'elemento termoisolante

Le necessità di contenere i consumi dell'impianto di riscaldamento nel periodo invernale ha reso ormai costante la presenza di uno strato termoisolante in copertura.

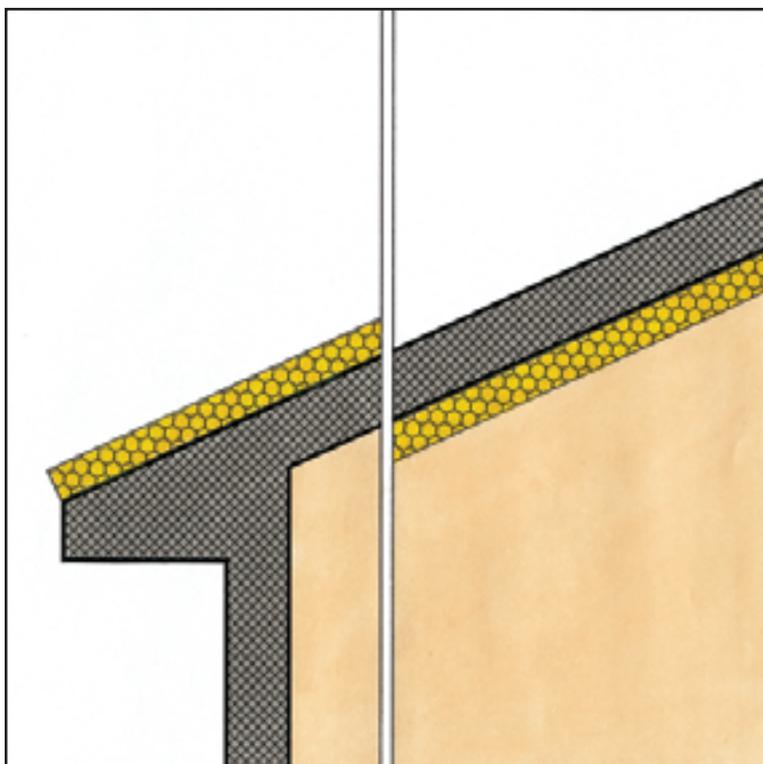
invece un impiego saltuario risulta più pratico spostare verso l'interno lo strato coibente così da riscaldare più rapidamente l'ambiente senza dover riscaldare anche la massa degli altri strati del pacchetto di copertura. Nel caso invece l'impiego dello spazio mansarda sia frequente è utile portare a regime (riscaldare) anche taluni strati strut-

## Caldo e freddo, ventilazione e isolamento

Questi due strati possono trovarsi in varie posizioni all'interno del complesso sistema che compone il pacchetto di copertura. La condizione migliore è quella che colloca lo strato di ventilazione il più possibile verso l'esterno per evitare il surriscaldamento del minor numero di strati funzionali che costituirebbero una massa caratterizzata da una maggiore inerzia termica e quindi maggiore capacità irraggiante. Quindi immediatamente al di sotto dello strato impermeabile che è quello che per primo riceve i raggi solari e si riscalda. Lo strato termoisolante può essere invece collocato in varie posizioni, a seconda che si intenda sfruttare o meno la capacità di inerzia termica degli strati sottostanti a quello termoisolante; tale scelta è in funzione delle modalità di impiego dello spazio mansardato. In ogni caso è sempre indispensabile che lo strato di ventilazione venga posto al di sopra (anche non immediatamente al di sopra ma comunque superiormente) dello strato coibente. Questo per non vanificare le funzioni di contenimento del calore dello strato termoisolante che ha lo scopo di evitare fughe di calore, in inverno, dagli ambienti riscaldati verso l'esterno.

Se lo strato ventilante fosse posto al di sotto della coibentazione la circolazione d'aria in questo strato favorirebbe le fughe di calore prima che lo strato termoisolante possa svolgere la propria funzione.

*La posizione dello strato termoisolante è importante per definire se è opportuno nella situazione specifica, utilizzare o meno l'effetto di volano termico della struttura di falda.*

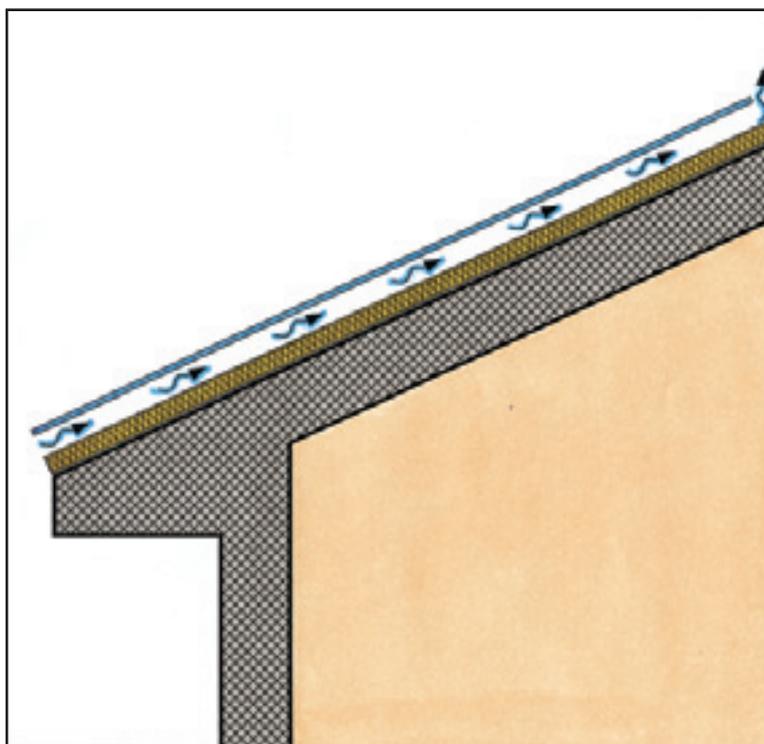


Può essere realizzato con varie tecniche costruttive e con diversi materiali: dai massetti alleggeriti con argilla espansa, vermiculite, polistirolo, segatura di legno, ecc. con la duplice funzione di isolamento termico e di consolidamento del solaio di copertura fino a specifici strati di materiale isolante ricavato dal fibraggio di minerali naturali (lana di vetro, lana di roccia), direttamente dalla natura (sughero in granuli o in lastre), da prodotti di sintesi (polistirene, poliuretano) e numerosi altri quali il vetro cellulare, ecc. Il principio fisico è comunque sempre il medesimo: delle microbollicine di gas (generalmente aria) bloccate in una matrice fisica che ne impedisce il moto. L'effetto coibente è dato dal gas imprigionato nella matrice che, per la sua massa molto ridotta, presenta una conducibilità termica piuttosto modesta.

Si tratta di uno strato che può avere collocazioni diverse a seconda che si intenda sfruttare o meno l'inerzia termica degli strati sottostanti caratterizzati da una massa maggiore. Laddove l'ambiente sottotetto veda

turali spostando verso l'esterno l'elemento coibente. In questo modo l'effetto di volano termico di questi strati riscaldati provocherà un minore sfasamento della temperatura interna.

*Lo strato di ventilazione deve sempre essere collocato al di sopra dello strato termoisolante.*



Si tratta quindi di due strati che svolgono funzioni differenti in momenti differenti: lo strato termoisolante ha la funzione di limitare le dispersioni di calore verso l'esterno durante la stagione fredda. Il suo contributo a evitare l'ingresso del caldo prodotto dalla radiazione solare è modesto. Lo strato di ventilazione ha la funzione di controllare l'ingresso del calore durante la stagione calda. Il suo contributo coibente nella stagione invernale è nullo in quanto si tratta di uno strato collegato con l'esterno e quindi alla medesima temperatura dell'aria esterna. Anche per questo motivo è opportuno collocarlo verso l'esterno del pacchetto tetto per sfruttare meglio, in entrambe le stagioni, l'inerzia termica degli strati sottostanti. E' comunque errato pensare che la circolazione d'aria in questo strato possa causare la dispersione del calore interno prodotto in inverno dall'impianto di riscaldamento. Quella percentuale di calore che sfugge allo strato coibente può infatti considerarsi, nella pratica, persa, indipendentemente dal fatto che sopra lo strato coibente vi sia lo strato di ventilazione o meno. Inoltre se lo strato di ventilazione è opportunamente collocato immediatamente al di sotto del manto impermeabile, la funzione coibente di quest'ultimo, specie se caratterizzato da una massa ridotta, è veramente insignificante.

### La percentuale di vapore e la condensa

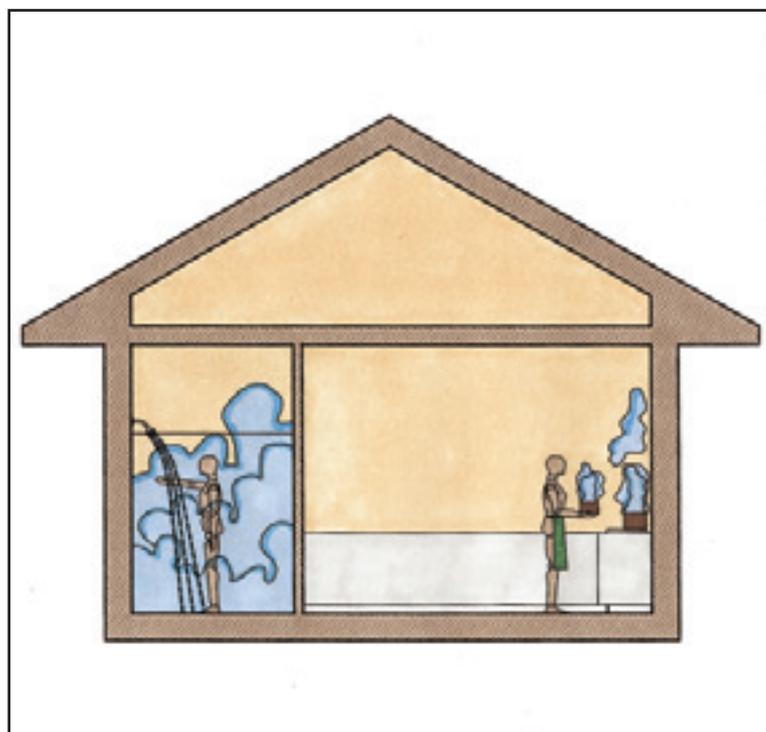
Strettamente associato agli aspetti di isolamento è il problema della condensa, ossia la trasformazione in acqua di una parte del vapore acqueo in sospensione nell'aria che si può verificare sulle superfici più fredde dell'ambiente.

E' necessario sapere che in ogni condizione spaziale, anche all'a-

perito, esiste sempre una certa percentuale di vapore in sospensione nell'aria; questo è dovuto principalmente al clima, alla vegetazione, alle condizioni ambientali stabili del luogo e anche a quelle contestuali.

All'interno di uno spazio abitato la percentuale di vapore è generalmente superiore rispetto all'esterno in quanto si aggiunge il vapore prodotto da talune attività umane

*Numerose sono le fonti di vapore acqueo all'interno di un alloggio.*



### TEMPERATURE DEL PUNTO DI RUGIADA IN FUNZIONE DELL'UMIDITA' RELATIVA

Temperatura dell'aria interna °C	Umidità relativa dell'aria interna / Temperatura del punto di rugiada (o di condensa)										
	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
- 10	- 17,6	- 16,6	- 15,7	- 14,7	- 13,9	- 13,2	- 12,5	- 11,8	- 11,2	- 11,2	- 10,0
- 5	- 12,9	- 11,8	- 10,8	- 9,9	- 9,1	- 8,3	- 7,6	- 6,9	- 6,2	- 5,6	- 5,0
+ 0	- 8,1	- 6,6	- 5,6	- 4,7	- 3,8	- 3,1	- 2,3	- 1,6	- 0,9	- 0,3	+ 0,0
+ 2	- 6,5	- 5,3	- 4,3	- 3,4	- 2,5	- 1,6	- 0,8	- 0,1	+ 0,6	+ 1,3	+ 2,0
+ 4	- 4,8	- 3,7	- 2,7	- 1,8	- 0,9	- 0,1	+ 0,8	+ 1,6	+ 2,4	+ 3,2	+ 4,0
+ 6	- 3,2	- 2,1	- 1,0	- 0,1	+ 0,9	+ 1,9	+ 2,8	+ 3,6	+ 4,4	+ 5,2	+ 6,0
+ 8	- 1,6	- 0,4	+ 0,7	+ 1,8	+ 2,9	+ 3,9	+ 4,8	+ 5,6	+ 6,4	+ 7,2	+ 8,0
+ 10	+ 0,1	+ 1,4	+ 2,6	+ 3,7	+ 4,8	+ 5,8	+ 6,7	+ 7,6	+ 8,4	+ 9,2	+ 10,0
+ 12	+ 1,9	+ 3,2	+ 4,3	+ 5,5	+ 6,6	+ 7,6	+ 8,5	+ 9,5	+ 10,3	+ 11,2	+ 12,0
+ 14	+ 3,8	+ 5,1	+ 6,4	+ 7,5	+ 8,6	+ 9,6	+ 10,6	+ 11,5	+ 12,4	+ 13,2	+ 14,0
+ 16	+ 5,6	+ 7,0	+ 8,2	+ 9,4	+ 10,5	+ 11,5	+ 12,5	+ 13,4	+ 14,3	+ 15,2	+ 16,0
+ 18	+ 7,4	+ 8,8	+ 10,1	+ 11,3	+ 12,4	+ 13,5	+ 14,5	+ 15,4	+ 16,3	+ 17,2	+ 18,0
+ 20	+ 9,3	+ 10,7	+ 12,0	+ 13,2	+ 14,3	+ 15,4	+ 16,5	+ 17,4	+ 18,3	+ 19,2	+ 20,0
+ 22	+ 11,1	+ 12,5	+ 13,9	+ 15,2	+ 16,3	+ 17,4	+ 18,4	+ 19,4	+ 20,3	+ 21,2	+ 22,0
+ 25	+ 13,8	+ 15,3	+ 16,7	+ 17,9	+ 19,1	+ 20,2	+ 21,3	+ 22,3	+ 23,2	+ 24,1	+ 25,0
+ 30	+ 18,5	+ 19,9	+ 21,2	+ 22,8	+ 24,2	+ 25,3	+ 26,4	+ 27,5	+ 28,5	+ 29,2	+ 30,0
+ 35	+ 23,0	+ 24,5	+ 26,0	+ 27,4	+ 28,7	+ 29,9	+ 31,0	+ 32,6	+ 33,1	+ 34,1	+ 35,0
+ 40	+ 27,6	+ 29,2	+ 30,7	+ 32,1	+ 33,5	+ 34,7	+ 35,9	+ 37,0	+ 38,0	+ 39,0	+ 40,0

*Percentuale di vapore e la condensa.*

(cucinare, lavare) e soprattutto dal metabolismo umano e dalla respirazione. Semplicemente attraverso la normale sudorazione e la respirazione ogni individuo rilascia nell'aria ogni giorno diversi grammi

di acqua sotto forma di vapore. La quantità di vapore che può rimanere in sospensione nell'aria senza condensare è in funzione della temperatura dell'aria. Più quest'ultima è alta, maggiore è la

quantità di vapore che può "contenere" in sospensione. La tabella precedente riporta la quantità di vapore, espressa in grammi di acqua, che può rimanere in sospensione nell'aria a seconda



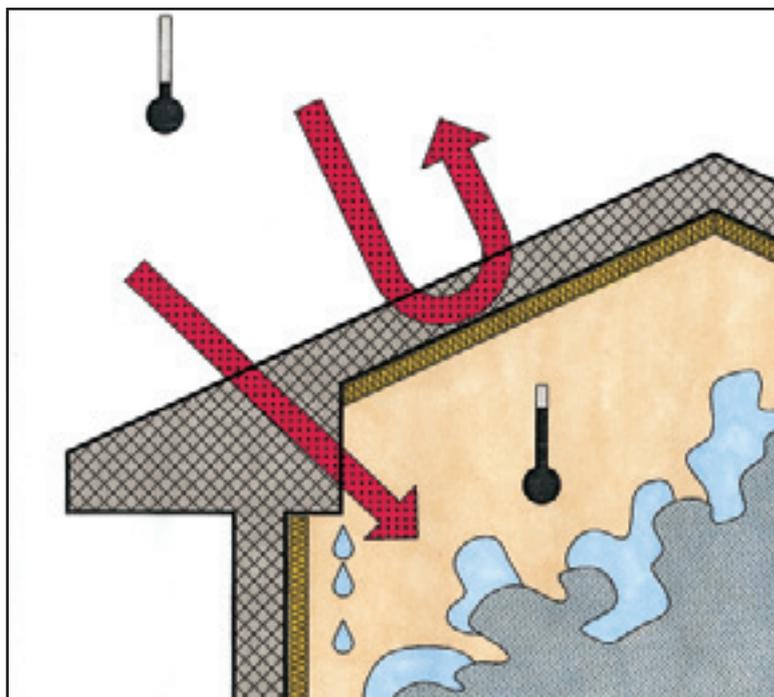
della temperatura dell'aria stessa. All'abbassarsi della temperatura dell'aria una parte del vapore contenuto in sospensione condenserà, cioè si trasformerà in acqua formando delle goccioline di rugiada su tutte le superfici presenti nell'ambiente: sugli elementi di arredo e sulle pareti. Le superfici porose assorbiranno questa rugiada mentre su quelle meno porose (vetri, ceramiche, marmi, metalli, ecc.) il fenomeno sarà più evidente.

## Il problema dei ponti termici

Il fenomeno della condensazione del vapore può avvenire anche in mancanza di un calo della temperatura ambiente ma in concomitanza con un abbassamento della temperatura superficiale delle pareti o di un qualsiasi elemento presente nell'ambiente.

Ciò può avvenire, per esempio, qualora si apra lo sportello di un frigorifero. Il vapore presente nell'ambiente condenserà, in parte, sulla superficie interna, fredda, dell'elettrodomestico. Più critico è invece il fenomeno che può verificarsi qualora si abbassi la temperatura superficiale delle pareti non tanto per effetto di un abbassamento della temperatura dell'aria interna, quanto per trasmissione della temperatura esterna, più fredda, verso la superficie interna.

La temperatura dell'aria nella stanza rimarrà sufficientemente alta ma quella liminare in prossimità dell'interno della parete si abbasserà e il vapore contenuto in quella porzione di aria si trasformerà in rugiada sulla parete. Per evitare questo fenomeno di



condensa superficiale è necessario che la temperatura superficiale interna della parete, per quanto più bassa di quella dell'aria ambiente, non si abbassi al di sotto del valore necessario a tenere in sospensione la percentuale di vapore presente nell'aria stessa. Questo normalmente si ottiene attraverso sistemi di isolamento termico della parete che controlli il passaggio del freddo verso l'interno.

## La soluzione della barriera al vapore

Dato che il freddo si trasmette gradualmente dall'esterno verso l'interno può accadere che la temperatura superficiale interna della parete sia sufficientemente alta da evitare fenomeni di condensa ma la

temperatura in qualche punto all'interno dello spessore della parete sia più bassa.

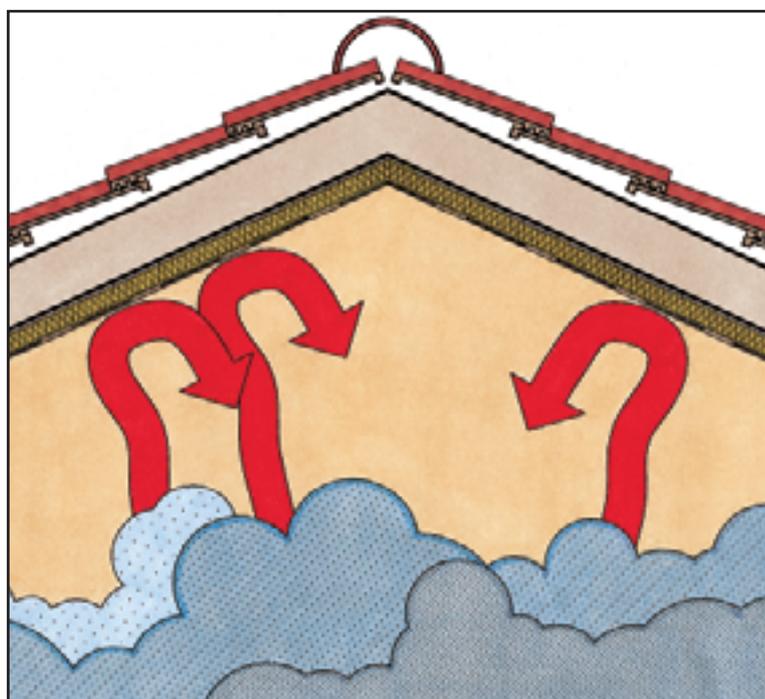
Dato che il vapore è generalmente in grado di spostarsi all'interno delle porosità dei materiali che compongono la parete è facile che parte del vapore assorbito dalla parete riesca a trasmigrare attraverso gli strati che compongono la parete e a venire in contatto con una zona più fredda e quivi condensare. Si tratta di condensa interstiziale, ossia che si verifica all'interno dello spessore della parete e non sulle facce della parete (condensa superficiale) ma non per questo meno problematica in quanto comunque tenderà pian piano a inumidire tutto lo spessore fino a raggiungere le superfici esterne.

Per controllare questo tipo di fenomeno è possibile realizzare uno strato che impedisca al vapore di venire in contatto con la zona fredda della parete. Si tratta della barriera al vapore, uno strato di materiale impermeabile al passaggio del vapore che trattiene il vapore nello spessore caldo della parete evitando che riesca a trasmigrare, attraverso le porosità dei materiali, nello spessore freddo.

Il prodotto più idoneo sarebbe un foglio di alluminio politenato, che svolge funzioni di barriera totale al vapore ma il cui costo elevato fa sì che spesso si impieghino prodotti meno costosi come le membrane prefabbricate fibrobituminose che non forniscono prestazioni di barriera totale ma comunque spesso sufficienti alle normali esigenze dell'edilizia residenziale.

*La continuità dell'isolamento termico è importante per evitare il fenomeno del ponte termico e le conseguenti condense in prossimità del punto freddo.*

*La barriera al vapore può contribuire a controllare il fenomeno delle condense interstiziali mentre è il corretto dimensionamento dello strato termoisolante che deve impedire le condense superficiali.*







## Tracciamento del piano di posa

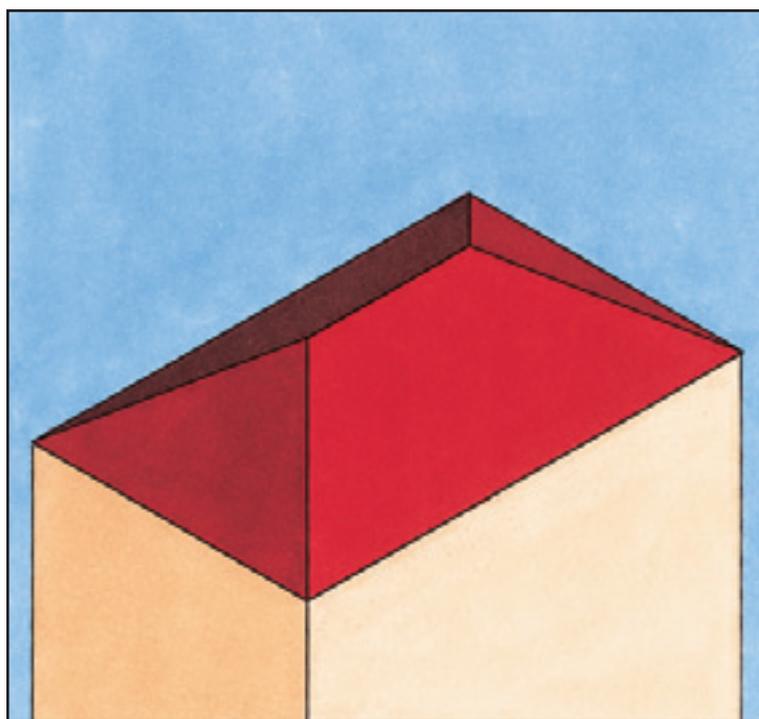
La messa in opera della Tegola Italiana è molto semplice e rapida. Analizzando le caratteristiche di progetto e seguendo alcune semplici indicazioni è possibile preparare adeguatamente il piano di falda tracciando uno schema di posa che semplificherà notevolmente la messa in opera ed eviterà ogni errore in fase di montaggio.

E' già stata sottolineata l'importanza della uniformità e continuità del piano di falda e sono state descritte le tecniche costruttive più ricorrenti per realizzarlo. Il rispetto di queste caratteristiche e una buona preparazione dello schema di messa in opera consentirà di ottenere i risultati migliori e la totale affidabilità del sistema di impermeabilizzazione Tegola Italiana.

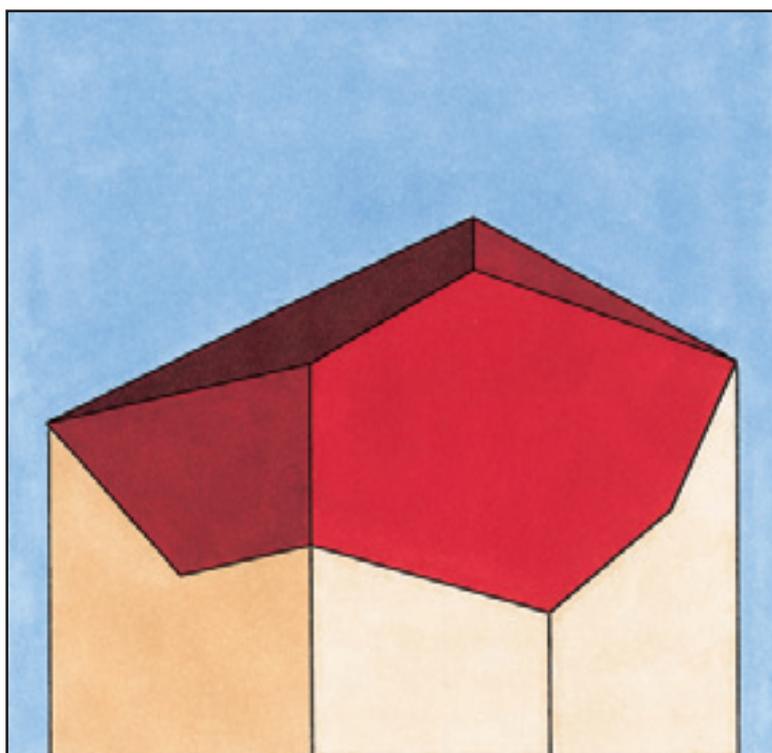
La preparazione del piano di posa inizia con una buona pulizia della superficie dalla quale saranno eliminate tutte le impurità, la polvere, eventuali residui di sabbia o ghiaiet-

to, ecc. Successivamente deve essere valutata la tipologia del sistema di smaltimento delle acque meteo-

riche (grondaie) per definire la tecnica di tracciamento. E' infatti possibile definire due ipotesi ricorrenti:



Tetto a gronda costante.



### • tetto a gronda costante

questa tipologia di copertura prevede l'esistenza di un unico piano orizzontale sul quale poggia l'intero perimetro della copertura e che prende il nome di perimetro di gronda. Caratteristica di questo schema, fra i più ricorrenti, è che la linea di massima pendenza, che individua l'ottimale sgrondo dell'acqua piovana, risulta sempre perpendicolare alla linea di gronda di ogni falda e quindi facilmente individuabile.

Tetto a gronda non costante.

### • tetto a gronda non costante

in questo caso le linee di gronda seguono un andamento inclinato dovuto a particolari necessità tipologiche, funzionali e/o a scelte architettoniche. Questa ipotesi di progetto del tetto non modifica la tecnica di posa ma rende necessaria l'individuazione della linea di massima pendenza della falda che in questo caso non risulta perpendicolare alla linea di gronda.

## Tracciamento con gronda costante

Un tetto a gronda costante non pone difficoltà nell'individuare la migliore linea di deflusso dell'acqua in quanto risulta, in ogni falda, perpendicolare alla linea di gronda che è sempre orizzontale. Quest'ultima andrà quindi presa come riferimento per tutto il tracciamento seguendo questa successione di fasi:

- si traccia, con l'ausilio di una staggia di almeno 3 metri di lunghezza oppure con un filo tracciante, una retta XY parallela alla linea di gronda a una distanza di 19 centimetri (questa dimensione può variare a seconda del tipo di tegola impiegata, vedi TABELLA DELLE TIPOLOGIE). Questa linea costituisce il riferimento per la posa della fila di supporto ("fila rovescia") della prima fila di tegole e per il tracciamento di tutti gli altri riferimenti (fig. 1).

- su questa retta XY viene individuato un punto A.

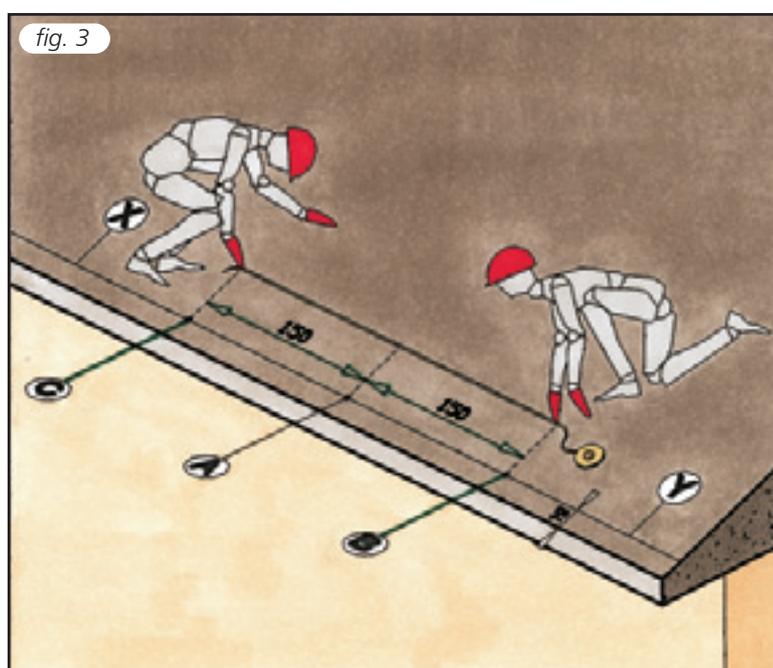
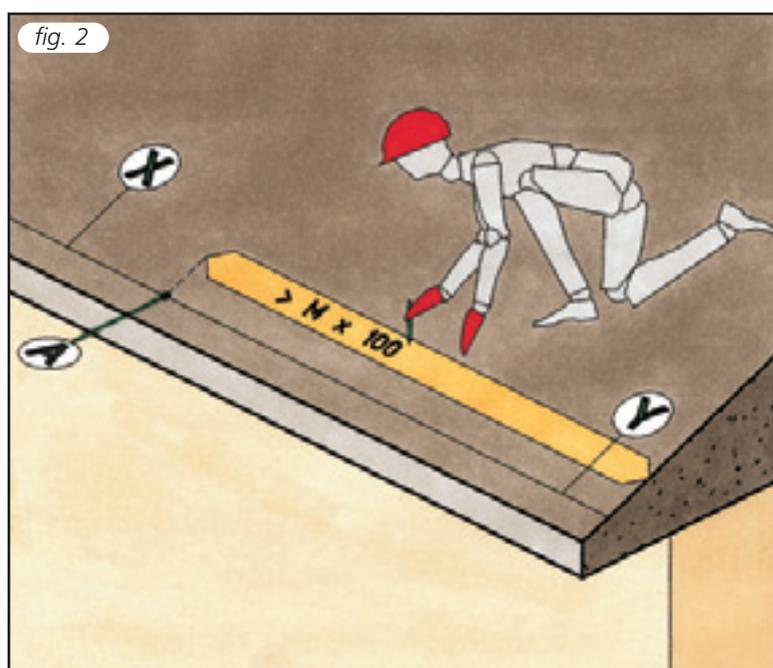
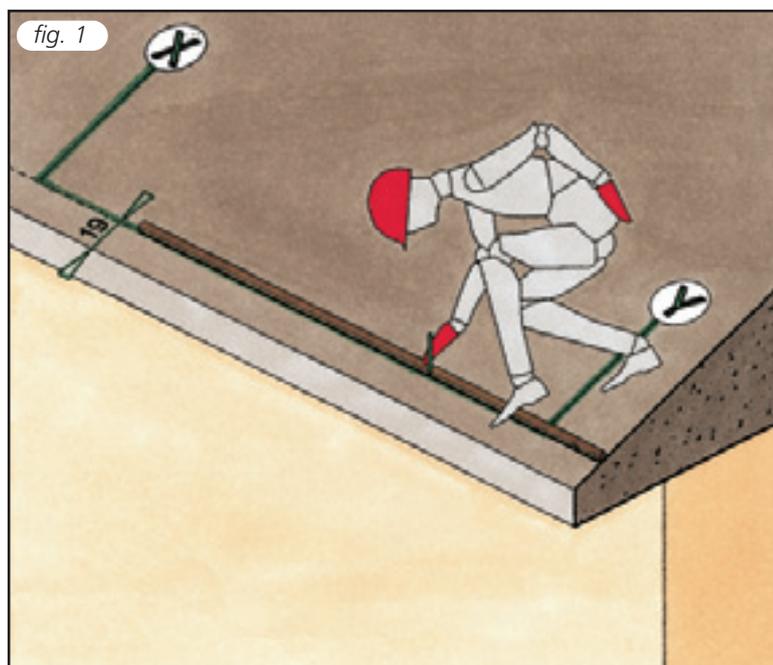
*L'individuazione di questo punto è molto importante per limitare gli sfridi durante la successiva posa dei moduli di Tegola Italiana. Questo punto è infatti opportuno che si trovi a una distanza, da una delle due linee laterali di falda (oppure da una linea di compluvio o displuvio), di qualche centimetro inferiore a un multiplo della lunghezza della tegola. Cioè: dato che tutti i modelli di Tegola Italiana hanno un modulo in lunghezza di un metro, tale distanza dovrà essere leggermente inferiore al multiplo di un metro. In questo modo si evita che, giunti sulla linea laterale di falda, vi sia una eccessiva sporgenza da tagliare (fig. 2).*

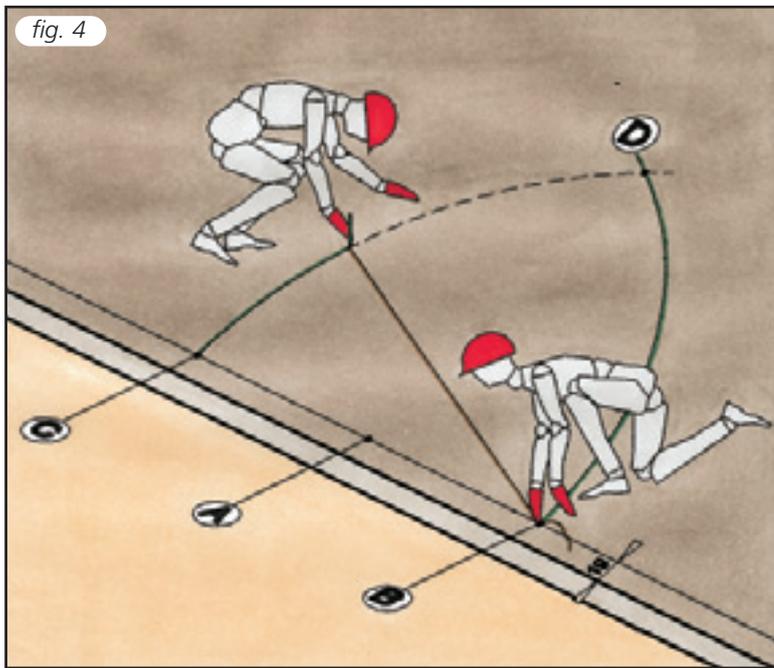
- sempre su questa retta XY vengono individuati altri due punti B e C equidistanti da A (generalmente a una distanza di 100-150 centimetri) (fig. 3).

- utilizzando uno spago come un compasso avente una apertura (lunghezza dello spago) superiore alla equidistanza AB - AC, fare perno prima su B e poi su C e descrivere due archi di cerchio che si intersecheranno individuando il punto D (fig. 4).

- tracciare la retta AD (fig. 5).

- parallela alla retta AD tracciare una seconda retta V alla distanza di 12,5 centimetri. Questa retta servirà da riferimento per lo sfalsamento delle file di tegole (questa dimensione può variare a seconda

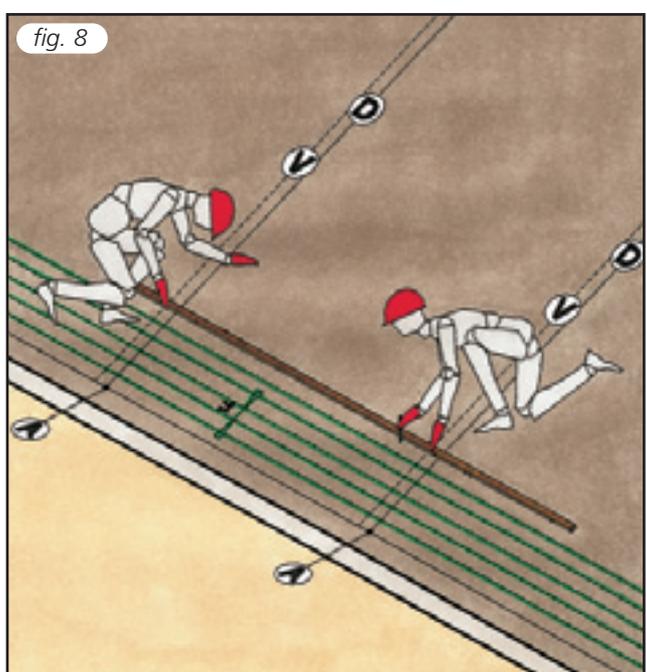
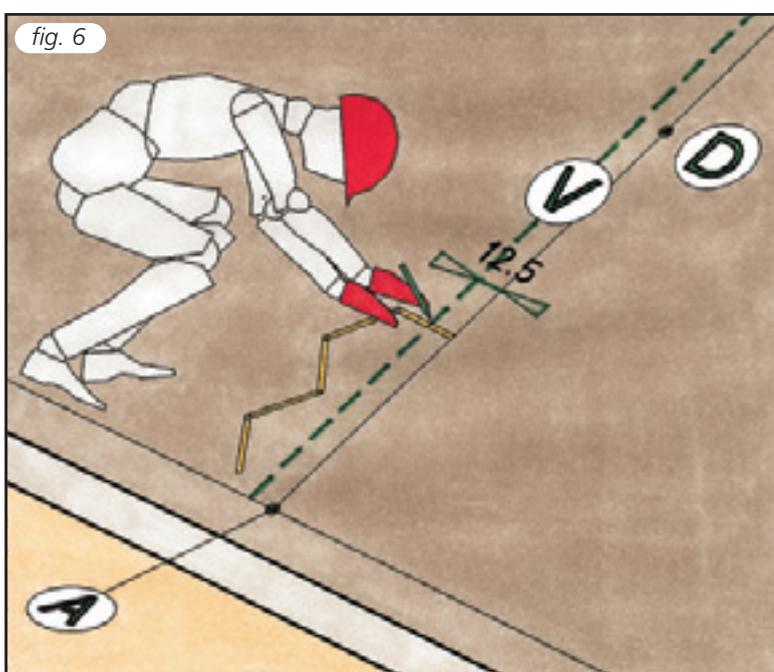
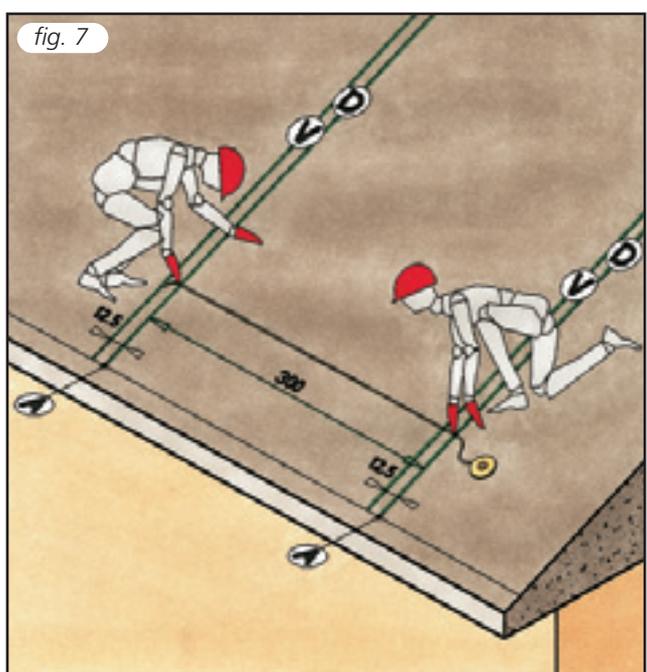
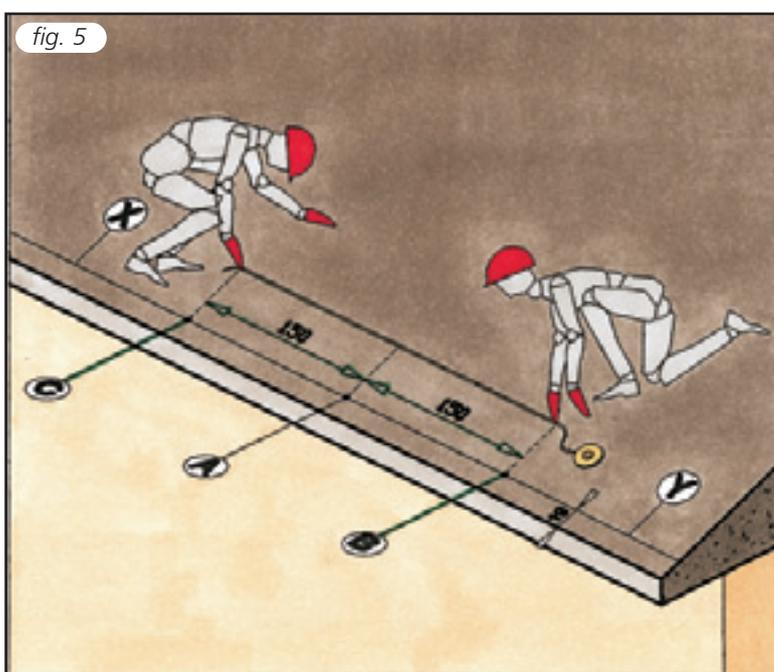




del tipo di tegola impiegata, vedi TABELLA DELLE TIPOLOGIE per i valori di sfalsamento) (fig. 6).

- è utile ripetere la costruzione di queste due linee (AD e V) sulla retta XY ogni tre metri (che corrispondono alla lunghezza di tre moduli di tegole) per controllare che l'accostamento dei moduli durante la posa avvenga in modo sempre corretto (fig. 7).

- partendo dalla linea XY tracciare una serie di rette parallele a una distanza di 14 centimetri fra loro (questa dimensione può variare a seconda del tipo di tegola impiegata, vedi TABELLA DELLE TIPOLOGIE) fino ad arrivare alla linea di colmo. Queste linee serviranno da riferimento per la posa delle file di tegole (vedi "Posa in opera") (fig. 8).



## Tracciamento con gronda non costante

In un tetto a gronda non costante le diverse linee di gronda che corrispondono a ciascuna falda presentano una inclinazione variabile a seconda del progetto del tetto. E' comunque sempre necessario posare le file di tegole perpendicolari alla linea di massima pendenza che in questo caso non risulta perpendicolare alla linea di gronda. Sarà quindi necessario individuare e tracciare questa retta di massimo deflusso dell'acqua seguendo questa successione di fasi:

- si traccia, con l'ausilio di una staggia di almeno 3 metri di lunghezza oppure con un filo tracciante, una retta XY che segua l'andamento della linea di gronda parallelamente a una distanza di 19 centimetri (questa dimensione può variare a seconda del tipo di tegola impiegata, vedi TABELLA DELLE TIPOLOGIE).

Questa linea costituisce il riferimento per la posa della fila di supporto ("fila rovescia") della fila di partenza delle tegole (fig. 9).

- successivamente si traccia, sempre con l'ausilio di una staggia e di una livella a bolla, una retta orizzontale W nella mezzeria bassa della falda (fig. 10).

- si traccia in seguito la perpendicolare a tale retta con la medesima tecnica del sistema a gronda costante e, in maniera analoga alla precedente, si traccia una seconda retta V alla distanza di 12,5 centimetri. Questa retta servirà da riferimento per lo sfalsamento delle file di tegole (questa dimensione può variare a seconda del tipo di tegola impiegata, vedi TABELLA DELLE TIPOLOGIE per i valori di sfalsamento) (fig. 11).

- parallela a queste due, si traccia una retta Z che passi per il punto più basso del piano di falda (fig. 12).

- su questa retta verranno individuati dei punti equidistanti 14 centimetri il primo dei quali partirà a una distanza di 33 centimetri dal punto più basso della linea di gronda (fig. 13).

- a partire dal punto distante 33 centimetri tracciare una serie di rette parallele alla retta W (quindi perpendicolari alla retta Z) alla equidistanza di 14 centimetri e quindi passanti per i punti precedentemente individuati. Queste linee serviranno da riferimento per la posa delle file di tegole, esclusa la prima (vedi "Posa in opera") (fig. 14).

fig. 9

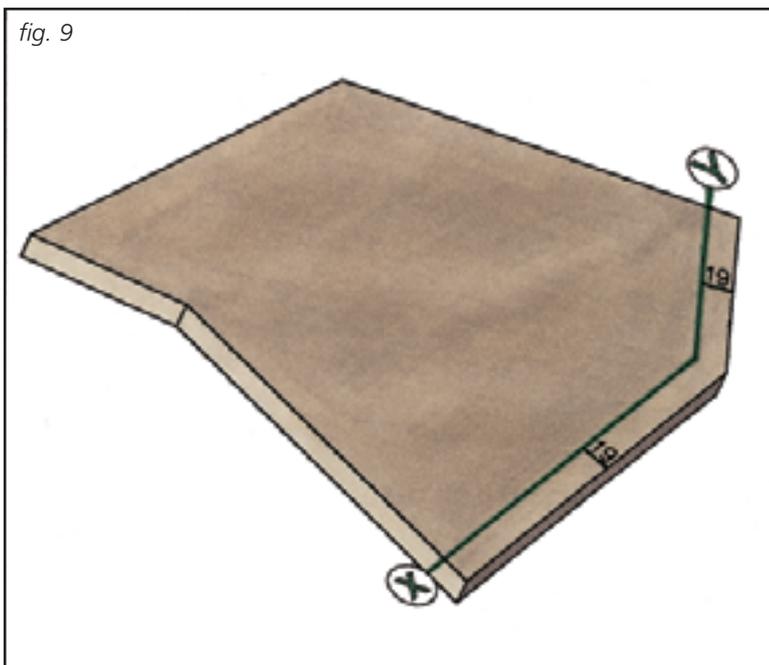


fig. 10

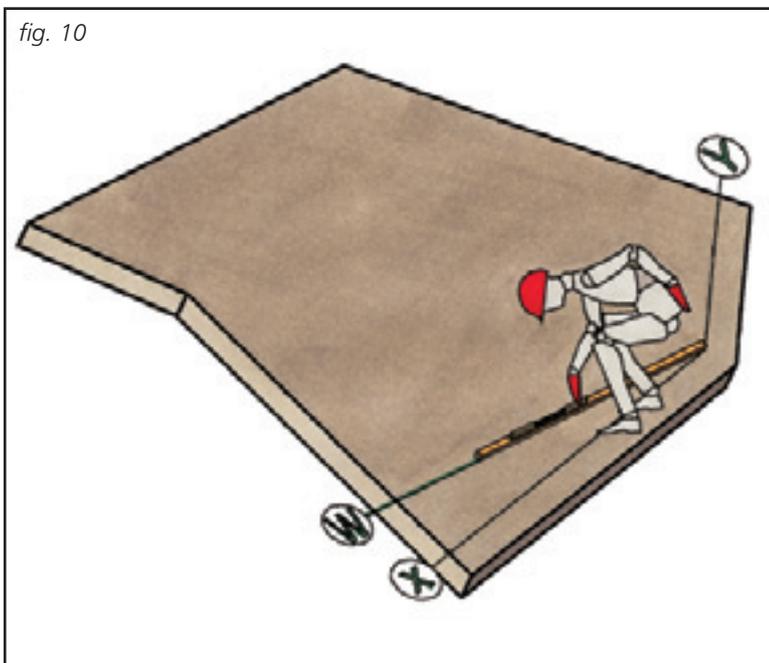


fig. 11

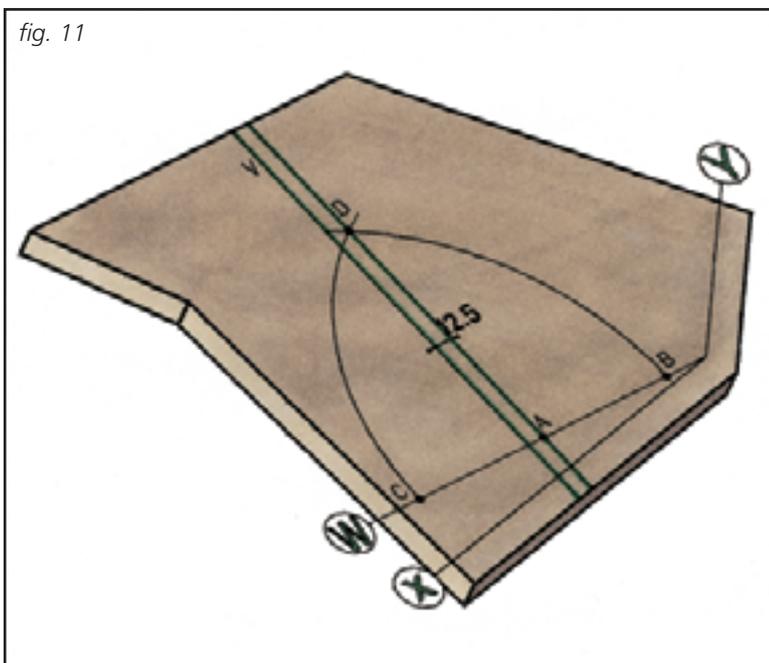
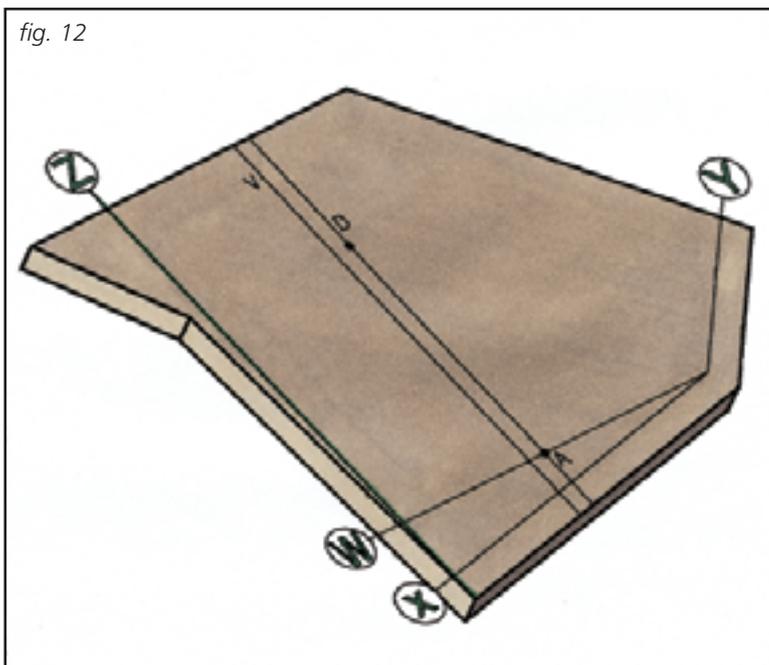


fig. 12



• la prima fila di Tegole Italiane andrà infatti allineata con la retta distante 33 centimetri dal punto più basso del piano di falda, tagliando la parte sporgente dal filo di gronda (fig. 15).

• successivamente si posano le altre file di Tegole Italiane superiori alla prima, allineandole alle rette equidistanti 14 centimetri. Anche queste file andranno tagliate obliquamente alle estremità secondo l'andamento della falda (fig. 16).

TABELLA DELLE TIPOLOGIE

Tipo di tegola	Distanza della retta XY dalla linea di gronda	Distanza della retta V di sfalsamento delle file	Interasse delle rette parallele alla retta XY di riferim.
<i>Classic</i>	19 cm	12,5 cm	14 cm
<i>Castor</i>	19 cm	50 cm	14 cm
<i>Gemma</i>	19 cm	16,5 cm	14 cm
<i>Major</i>	20 cm	50 cm	12,5 cm
<i>Elegance</i>	18 cm	16,5 cm	14 cm
<i>Onda</i>	18 cm	16,5 cm	14 cm

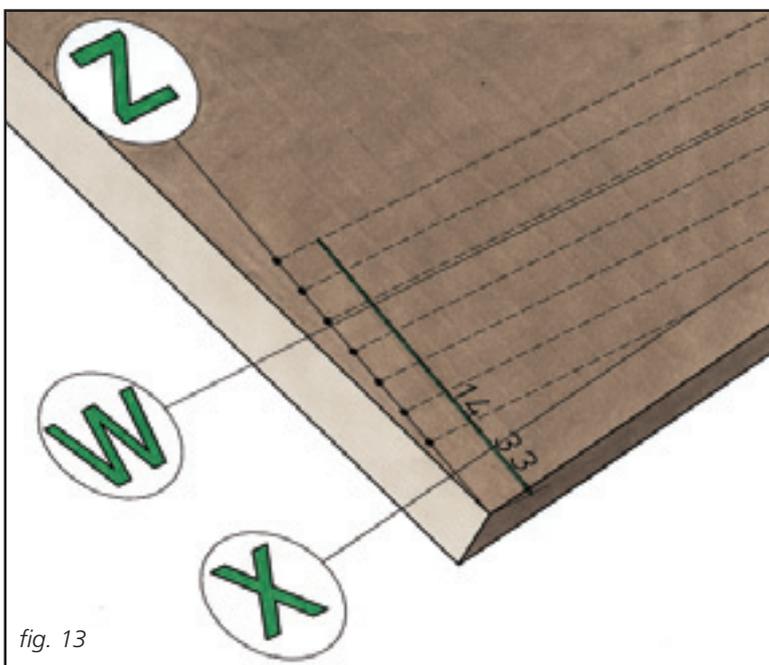


fig. 13

fig. 14

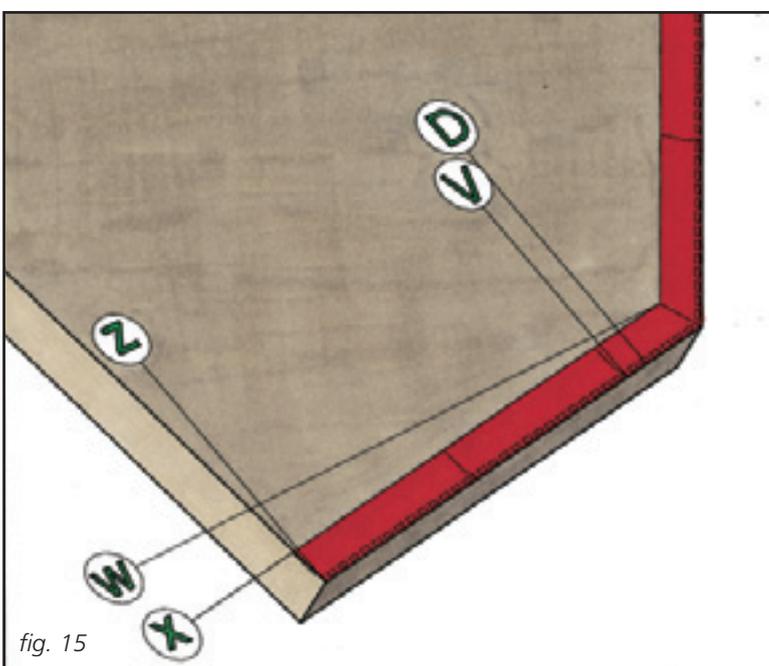
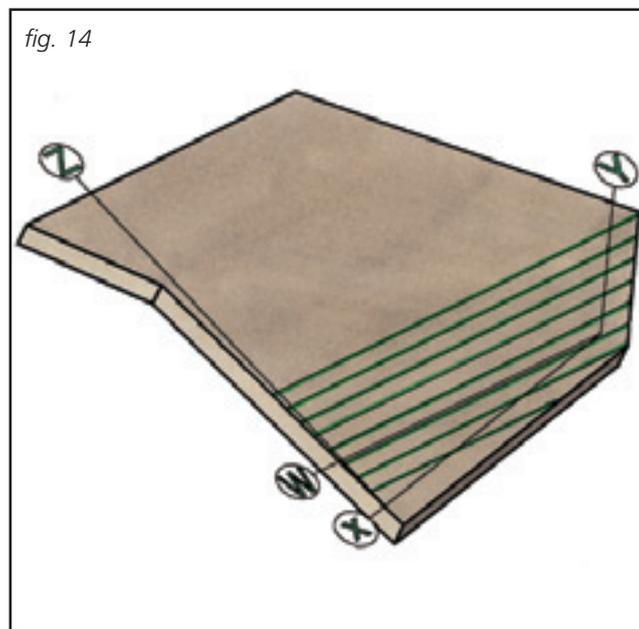


fig. 15

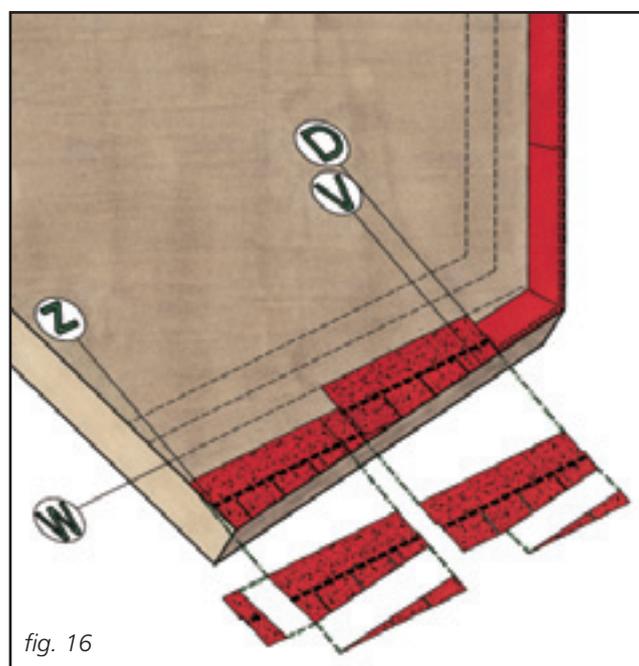
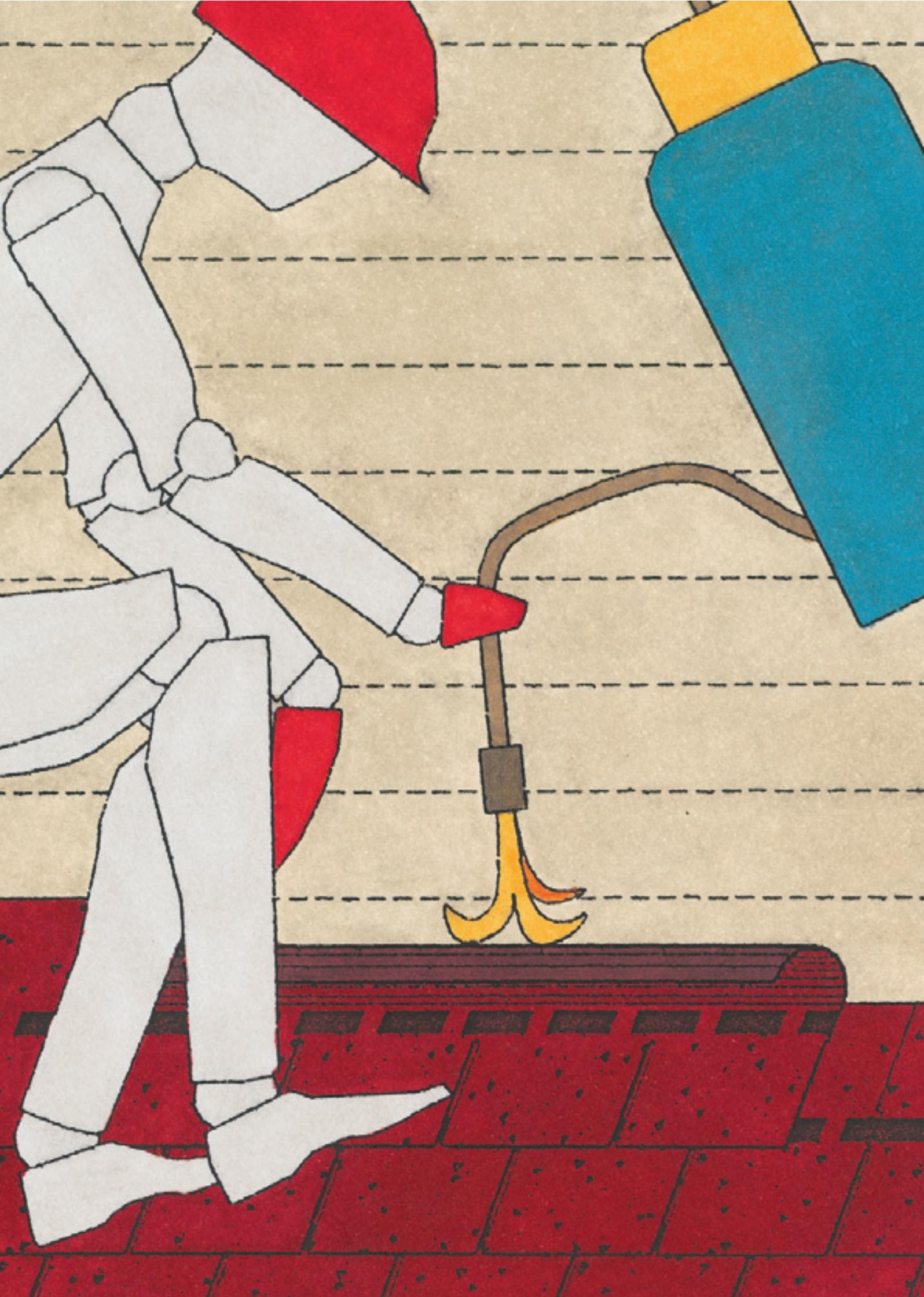


fig. 16



# capitolo 5

## Posa in opera

Con un piano di posa adeguatamente tracciato la messa in opera della Tegola Italiana risulterà facile e sempre corretta. Particolare attenzione andrà sempre posta nella messa in opera della prima fila di tegole che andrà sempre posata su uno strato adesivo bituminoso e fissata tramite chiodatura. Le file successive potranno essere posate tramite chiodatura o a fiamma a scelta e a seconda del tipo di supporto.

### Sequenza di posa

Riferendosi allo schema di posa precedentemente tracciato sul piano di falda (vedi "Tracciamento del piano di posa"):

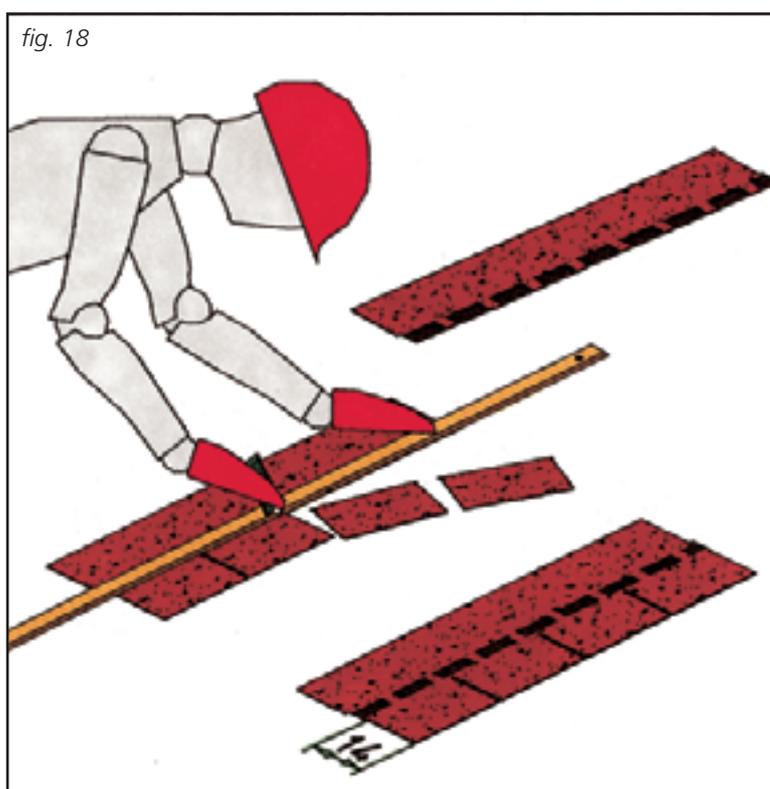
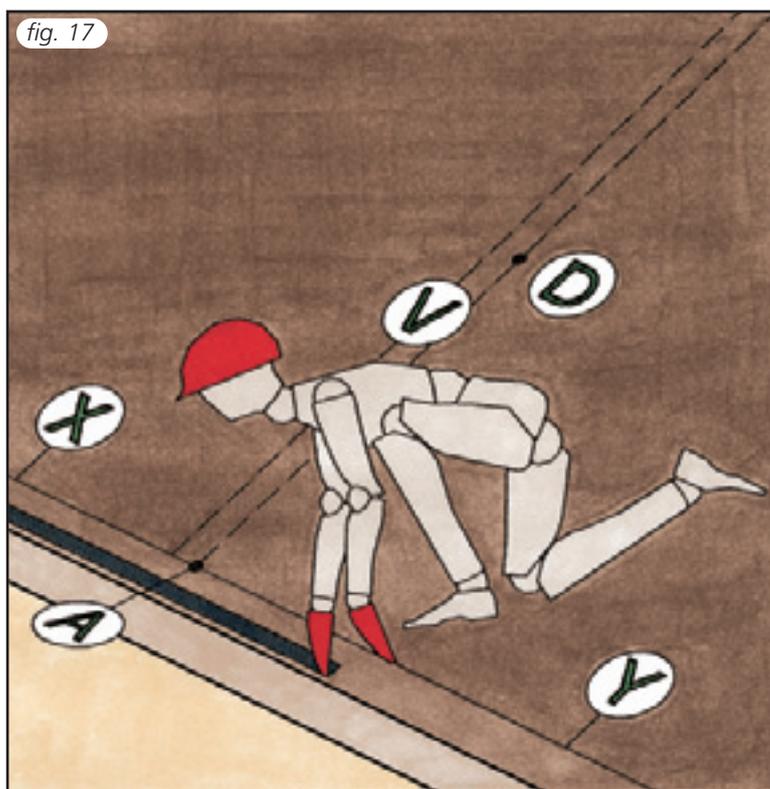
- applicare al di sotto della linea di riferimento XY, in prossimità della linea di gronda, un cordolo di adesivo bituminoso (fig. 17).

- preparare gli elementi della fila di partenza eliminando, con un taglierino da cantiere, la parte frontale "frastagliata" della tegola Italiana (una striscia larga circa 14 centimetri per tutta la lunghezza della tegola) (fig. 18).

- posare questi moduli di Tegola Italiana allineandoli al di sotto della linea XY (fig. 19).

- fare aderire il cordolo adesivo e chiodare le tegole al supporto (fig. 20).

- i diversi moduli di lunghezza 100 centimetri andranno posati in accostamento fra loro e non sovrapposti. Se il tracciamento della retta XY è corretto questi moduli saranno posizionati esattamente fra l'estremità bassa della falda, lungo la linea di gronda, e la retta XY (fig. 21).



- posare la prima fila di tegole in gronda sovrapponendo interamente il modulo di Tegole Italiane alla fila di partenza. Prestare attenzione ad allineare uno dei due bordi laterali del primo modulo posato alla retta AD precedentemente tracciata che, assieme alla parallela retta V, funge da riferimento per il corretto sfalsamento delle tegole.

Se il tracciamento del piano di posa è corretto il bordo superiore di questa prima fila di tegole coinciderà con la prima retta distante 14 centimetri (fig. 22).

*In caso di tetto con gronda non costante, la prima fila di tegole andrà invece posata allineando i moduli di Tegole Italiane alla retta W. In questa situazione di andamento obliquo della linea di gronda, la parte frontale delle tegole sporgente dal tetto andrà tagliata lungo la linea di gronda.*

*Qualora nel taglio vengano eliminate anche alcune pastiglie adesive presenti sui moduli di tegole, è necessario ricrearle con dell'adesivo bituminoso.*

*Lungo la linea di gronda è indispensabile un attento e accurato fissaggio di tutti gli elementi di piccola dimensione derivanti dal taglio del modulo base di tegole.*

- posare la seconda linea di tegole allineando il bordo posteriore della tegola lungo la successiva retta superiore distante 14 centimetri. Il bordo laterale del primo modulo di Tegola Italiana posato lungo questa seconda linea andrà allineato alla retta V distante 12,5 centimetri dalla retta AD. In questo modo si ottiene un facile e perfetto sfalsamento per file dei diversi moduli.

Proseguire in questo modo allineando le file di tegole alle linee equidistanti 14 centimetri fino al completamento della falda.

Le altre coppie di rette parallele a queste prime AD e V serviranno per la posa dei moduli contigui e per verificarne il corretto accostamento (fig. 23).

