



# TIMBER WORK

CONSULENCE · SOLUTION

# PROGETTARE IN LEGNO

## COPERTURE



## ING. GIOVANNI TUROLLA

*Responsabile Tecnico*



TIMBER  
WORK  
CONSULENCE · SOLUTION

- Laurea magistrale in Ingegneria Civile – Area strutture
- Esperienza pluriennale nella progettazione esecutiva di edifici in legno
- Esperienze lavorative in Italia e all'estero
- Attività di formazione
- Consulenza esterna per aziende produttrici del settore

- 1. Tipologie di coperture:** sistema tradizionale e «a vasca» - ventilazione singola e doppia
- 2. Tipologie di strutture:** classica e «alla piemontese»
- 3. Analisi di una stratigrafia:** componenti e obiettivi da raggiungere
- 4. Strutture resistenti al fuoco:** considerazioni generali e connessioni
- 5. Analisi e gestione delle offerte**

# COPERTURE IN LEGNO

## TIPOLOGIE

TRADIZIONALE E A VASCA  
VENTILAZIONE SINGOLA / DOPPIA

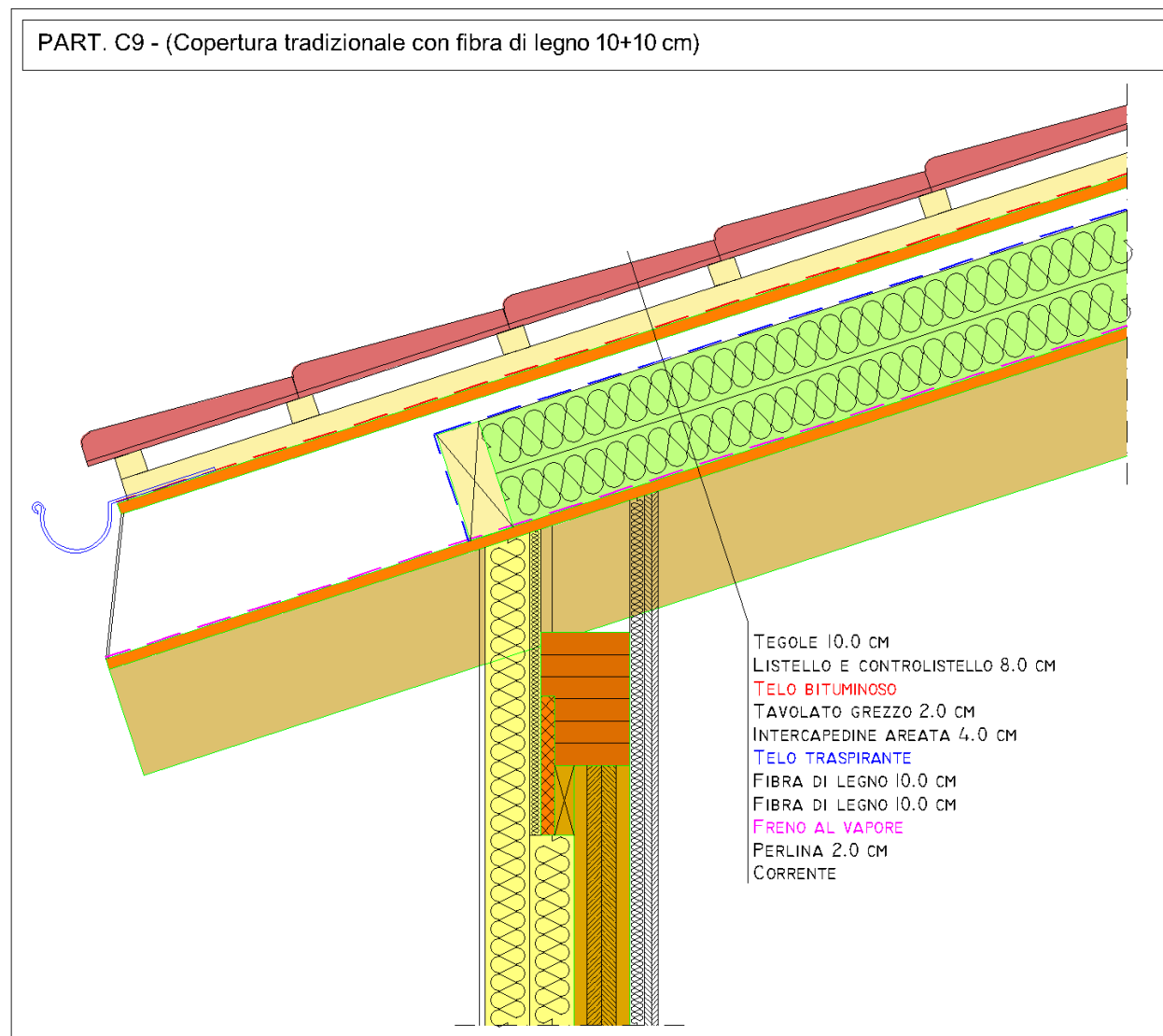
## Sistema tradizionale

### PREGI:

- Soluzione economica che si presta bene per tettoie esterne e/o garage non isolati.

### DIFETTI:

- Tenuta all'aria inferiore rispetto al sistema a vasca (presenza di velette sulle banchine).
- Spazio inferiore sotto la banchina per l'alloggiamento delle finestre.
- Pacchetto tetto più spesso sulle zone esterne.
- Presenza di velette anche sugli arcarecci nelle zone interne.



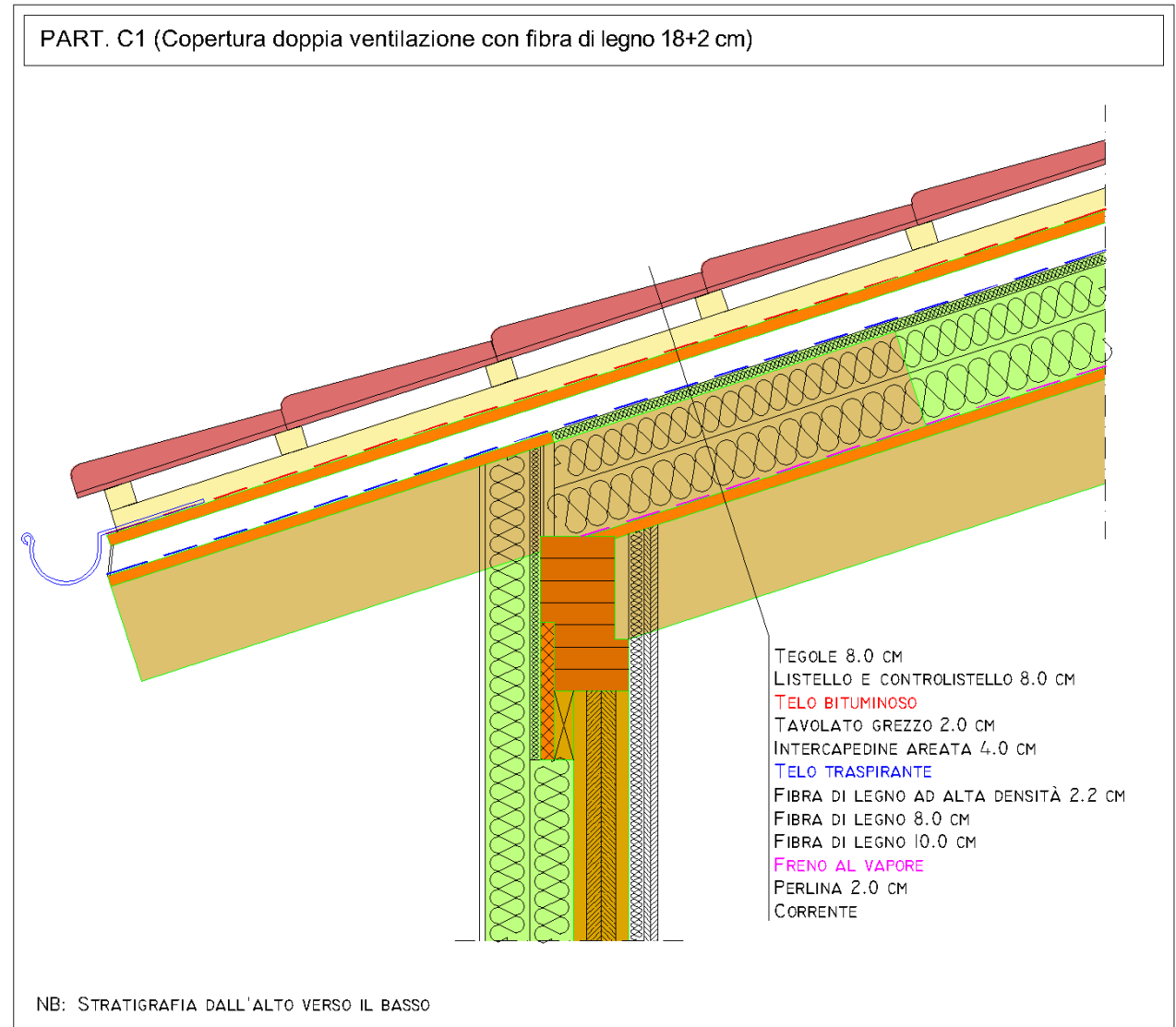
## Sistema nuovo «a vasca»

### PREGI:

- Migliore tenuta all'aria
- Maggiore spazio per l'alloggiamento delle finestre
- Pacchetto tetto più sottile sull'esterno
- Presenta soluzioni esteticamente più «pulite»
- Possibilità di realizzare una ventilazione singola o doppia

### DIFETTI:

- Costo più elevato rispetto al sistema tradizionale.



## Ventilazione singola

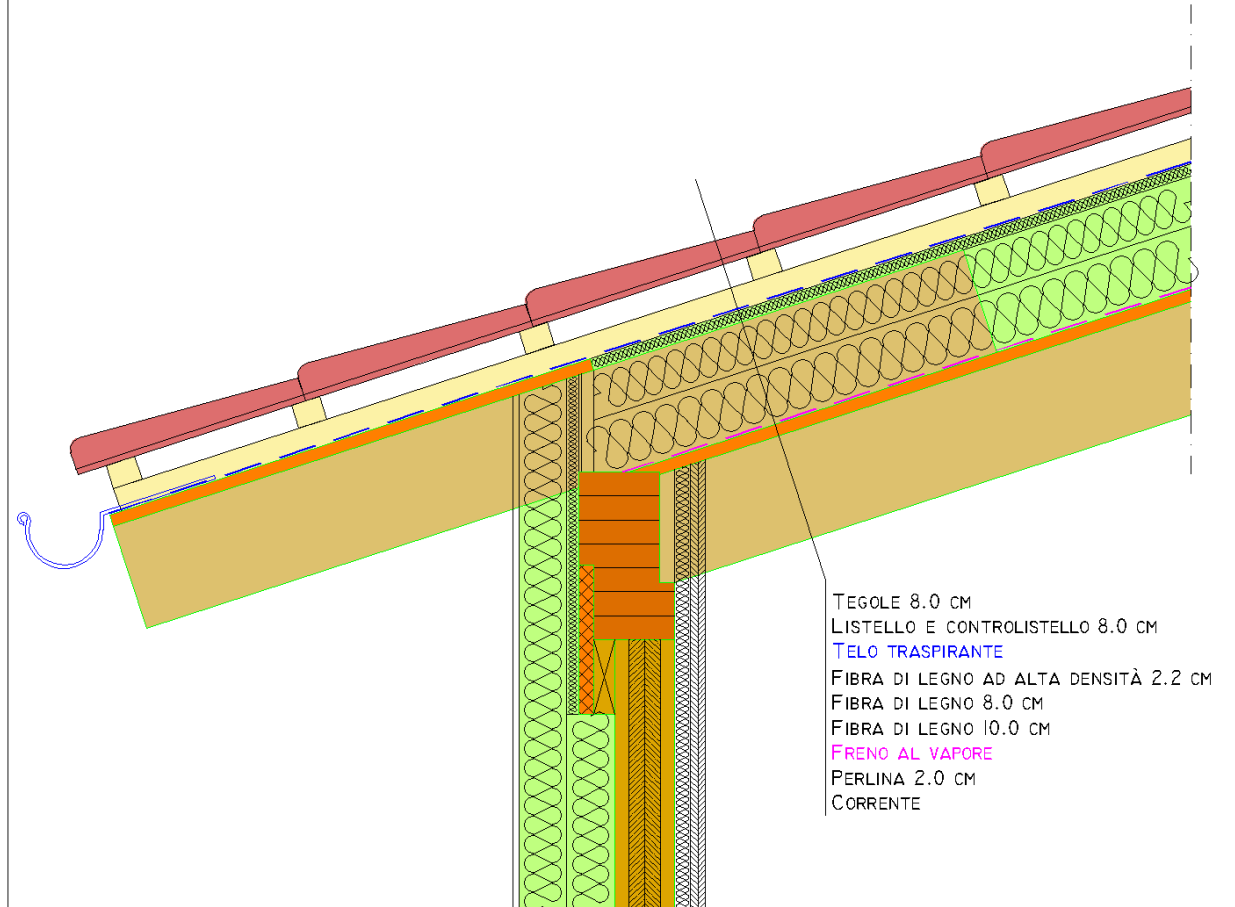
### PREGI:

- Costi più contenuti sia per i materiali che per la posa.

### DIFETTI:

- Presenta due teli invece di tre.
- Prestazione estiva inferiore rispetto alla doppia ventilazione

PART. C5 (Copertura singola ventilazione con fibra di legno 18+2 cm)



NB: STRATIGRAFIA DALL'ALTO VERSO IL BASSO

## Ventilazione doppia

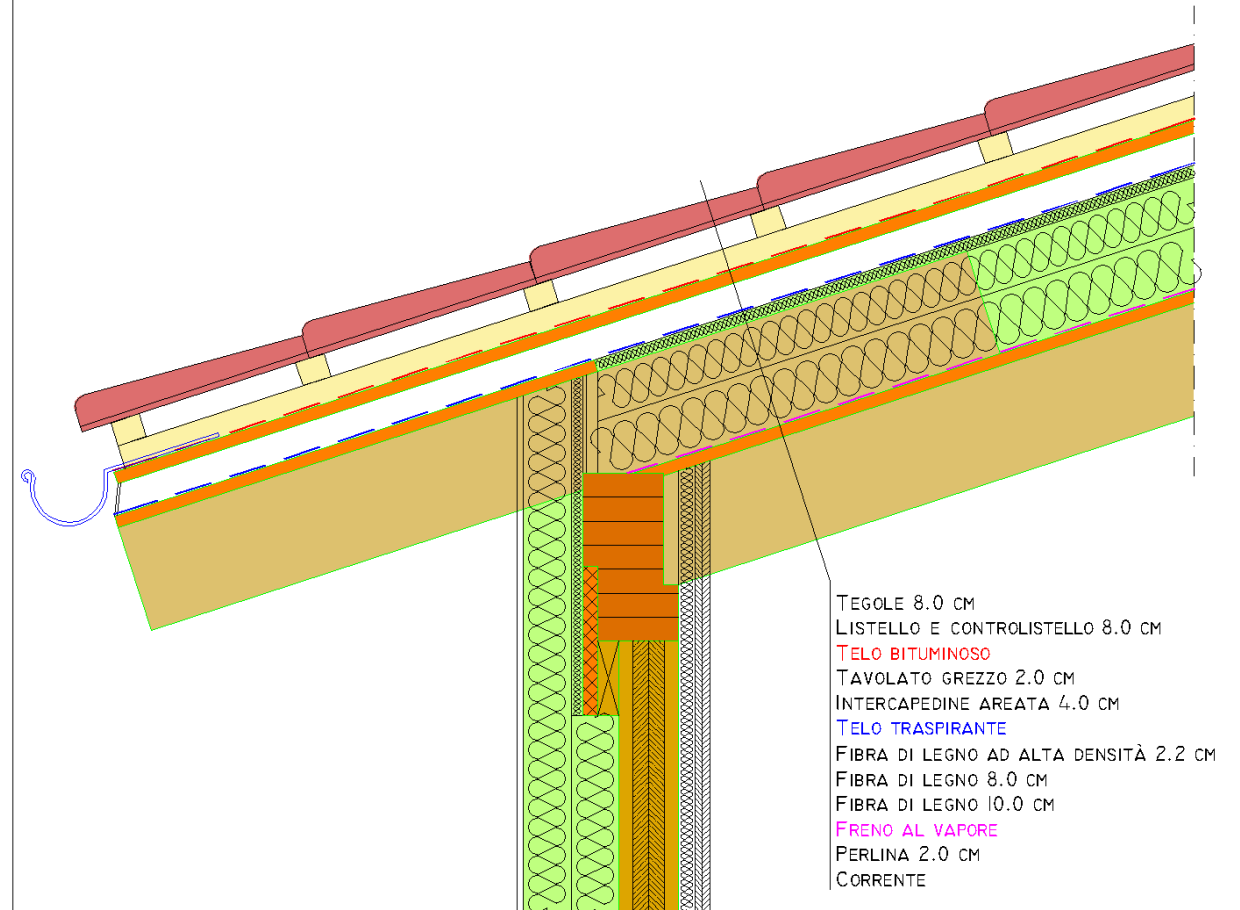
### PREGI:

- Presenta tre teli invece di due.
- Migliore prestazione estiva rispetto alla ventilazione singola.

### DIFETTI:

- Costo più elevato rispetto alla ventilazione singola.

PART. C1 (Copertura doppia ventilazione con fibra di legno 18+2 cm)



NB: STRATIGRAFIA DALL'ALTO VERSO IL BASSO

# COPERTURE IN LEGNO

## STRUTTURE

TRADIZIONALE E «ALLA PIEMONTESE»

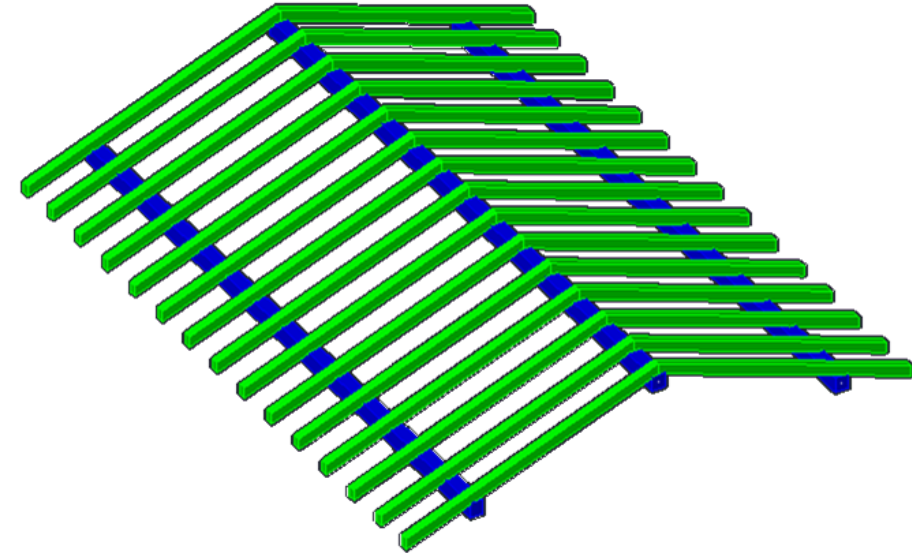
# Sistemi in uso

## STRUTTURA NORMALE

Struttura secondaria parallela alla linea di massima pendenza.

Struttura principale costituita arcarecci perpendicolari alla linea di massima pendenza.

Sistema ideale per gli edifici residenziali.

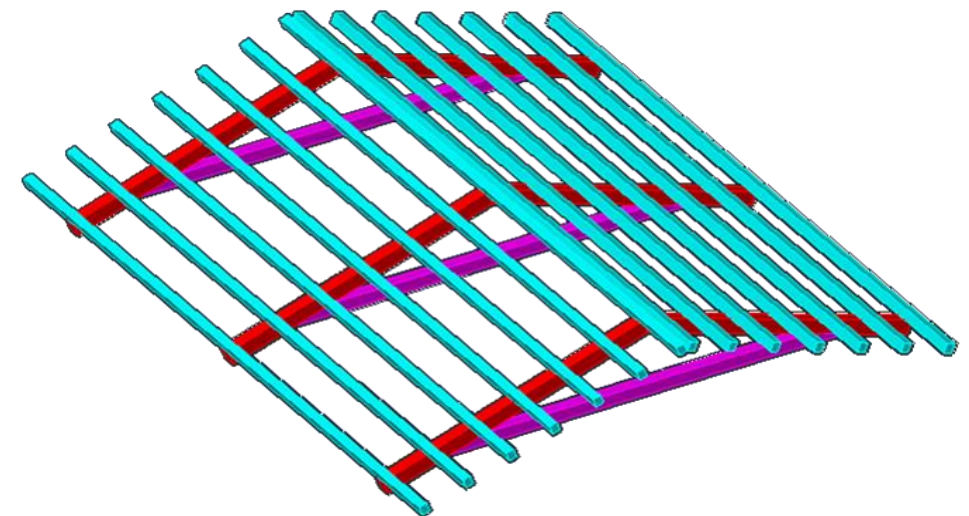


## STRUTTURA «ALLA PIEMONTESE»

Struttura secondaria perpendicolare alla linea di massima pendenza.

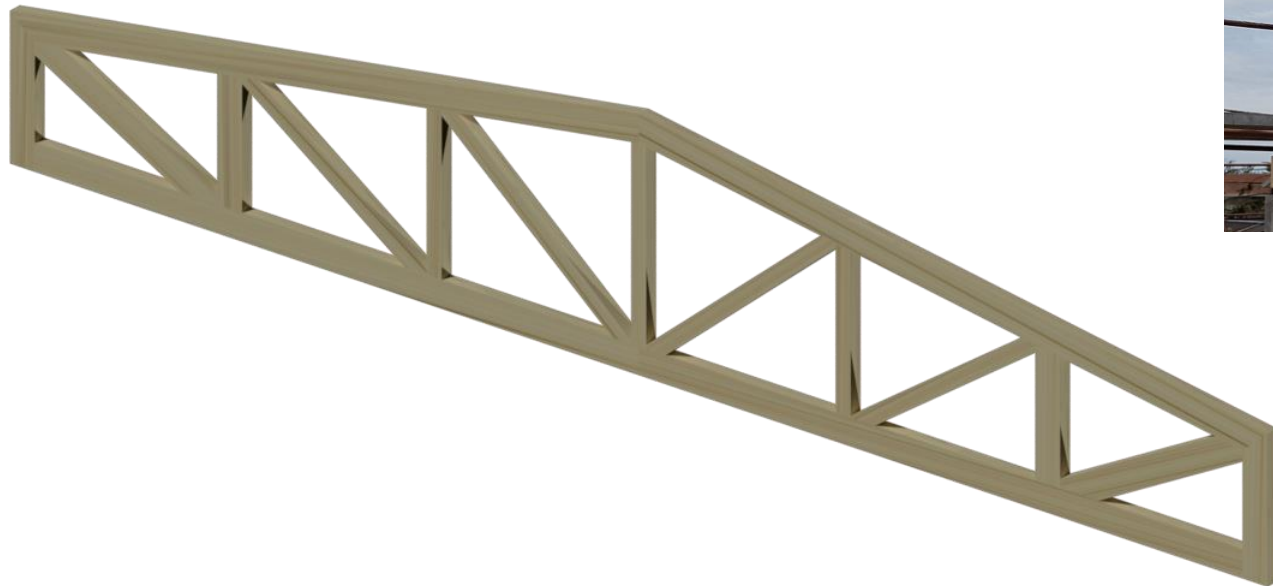
Struttura principale costituita da capriate o altri sistemi strutturali analoghi.

Sistema utilizzabile principalmente per edifici industriali/commerciali



## Strutture principali

DI QUALI TIPI DI STRUTTURE PRINCIPALI CI POSSIAMO AVVALERE?



La geometria delle falde e dell'edificio influenzano la scelta della tipologia di struttura e del tipo di struttura principale

# COPERTURE IN LEGNO

## ANALISI DI UNA STRATIGRAFIA

### COMPONENTI E OBIETTIVI

## Comporre una stratigrafia

### QUALI SONO GLI ELEMENTI CHE COMPONGONO UNA STRATIGRAFIA GENERICA?

- Struttura (funzione portante);
- Freno al vapore (regola la traspirazione e protegge temporaneamente la struttura dalle intemperie);
- Isolante termico (deve garantire prestazioni termiche sia invernali che estive che prestazioni acustiche);
- Telo traspirante (funzione di protezione dalle intemperie e di «sfogo» del vapore all'interno della ventilazione);
- Camera di ventilazione (asporta l'umidità residua e abbatte il calore estivo);
- Manto di rivestimento (funzione di protezione dalle intemperie e di «scudo» termico per l'irraggiamento);

### QUALI SONO GLI OBIETTIVI DA PERSEGUIRE NELLA COMPOSIZIONE DI UNA STRATIGRAFIA?

- Garantire una prestazione invernale (trasmissione secondo Legge 10/91);
- Garantire una prestazione estiva (sfasamento termico adeguato);
- Garantire una prestazione di abbattimento acustico (secondo DPCM 5/12/1997);
- Utilizzare il più possibile materiali naturali e facilmente smaltibili;
- Garantire una corretta migrazione del vapore;
- Cercare di utilizzare soluzioni certificate dai produttori;
- Cercare di ottenere soluzioni che oltre a garantire le prestazioni siano anche economicamente ottimizzate, sia per i materiali che per la posa;

# Struttura

QUALI SONO I MATERIALI CHE POSSIAMO UTILIZZARE? IN CHE MODO?

### LEGNO MASSICCIO:

- Poco costoso;
- Possibilità di avere elementi con sezioni e lunghezze di entità limitata;
- Materiale poco stabile;

### LEGNO MASSICCIO USO FIUME:

- Elevato valore estetico per edifici rustici;
- Strutture difficili da gestire e realizzare che richiedono grandi sforzi progettuali;

### LEGNO MASSICCIO DA COSTRUZIONE (KVH):

- Sezioni limitate e standardizzate, ma con lunghezze superiori rispetto al massiccio;
- Materiale poco stabile e giuntato su tutta la sezione. Proibito in classe di serv. 3;

### LEGNO MASSICCIO INCOLLATO (BILAM/TRILAM):

- Sezioni limitate e standardizzate, ma con lunghezze superiori rispetto al massiccio;
- Materiale stabile e giuntato su metà sezione;
- Adatto per creare strutture secondarie per via del passo 2 cm;

### LEGNO LAMELLARE:

- Possibilità di realizzare sezioni di grandi dimensioni e lunghezze;
- Buon comportamento al fuoco e con connettori cilindrici;
- Adatto per realizzare strutture principali di solai e coperture;



# Struttura

## CLASSI DI RESISTENZA

Aumentare la classe di resistenza porta dei reali benefici?

Le tempistiche per le forniture sono le stesse?

## DETTAGLI A CUI OCCORRE PRESTARE ATTENZIONE:

- La struttura del tetto non deve essere spingente;
- L'interfaccia fra la struttura in legno e quella sottostante deve essere curata nel dettaglio: appoggi, finiture e fissaggi devono essere facili da realizzare e «versatili» (nei limiti del possibile);
- La geometria della copertura e la pianta dell'edificio influenzano la scelta della struttura più corretta;
- Bisogna tener presente che non è possibile creare vincoli di incastro (tranne in casi molto particolari);

## REGOLE DA APPLICARE:

- Inserire arcarecci al massimo ogni 4 o 5 m di luce;
- Struttura principale con max. 8-9 m di luce per edifici residenziali

## Freno al vapore

### SCOPO E SCELTA DEL FRENO AL VAPORE

Il freno al vapore serve principalmente per evitare che nel pacchetto della copertura entri più vapore di quanto il sistema tetto stesso possa smaltire, creando quindi ristagno di umidità e marcescenze. Esistono vari tipi di freni al vapore in commercio, ma i parametri/caratteristiche di interesse sulla base delle quali si poggia la scelta del materiale corretto sono: Massa, Sd, impermeabilità, resistenza alla lacerazione, resistenza al calpestio.

Oltre alla funzione di regolazione del vapore è bene anche considerare il fatto che durante le fasi di realizzazione del pacchetto tetto la copertura possa trovarsi esposta alla pioggia battente. In zone in cui gli eventi atmosferici sono frequenti offrire un freno al vapore con caratteristiche prestazionali elevate può rivelarsi determinante per preservare la struttura.



# Materiale isolante

## COME SCEGLIERE L'ISOLANTE CORRETTO?

Gli obiettivi da raggiungere sono i seguenti:

1. Garantire una prestazione termica adeguata (sia invernale che estiva!)
2. Garantire una corretta migrazione del vapore
3. Garantire un corretto abbattimento acustico

Sul materiale isolante è bene fare delle valutazioni che siano principalmente di carattere numerico.

Quali sono i parametri che ci permettono di distinguere i materiali fra di loro?

$\lambda$  (conducibilità termica)  $\rho$  (densità)  $\mu$  (resist. diffusione al vapore)  $c$  (calore specifico)

Materiale	$\lambda$ W/(mK)	$\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	$\mu$	$c$ J/(Kg·K)
XPS	0,035	33	100-150	1450
Lana di roccia	0,038	100	1	1030
Lana di vetro	0,032	70	1	1030
Fibra di legno	0,038	110	4	2100
Sughero	0,039	120	20	1900

E' necessario, inoltre, valutare le prestazioni acustiche del materiale e la resistenza allo schiacciamento. Un isolante schiacciato con meno aria al suo interno o un isolante umido FUNZIONA MALE! Come ultimo aspetto vale la pena ricordare che utilizzare prodotti biodegradabili costituisce sempre un valore aggiunto.

# Membrana traspirante

## TIPOLOGIE E CARATTERISTICHE DELLE MEMBRANE TRASPIRANTI

Attualmente esistono in commercio due tipi di membrane traspiranti: quelle microporose (che lavorano secondo un principio meccanico) e quelle monolitiche (che lavorano secondo un principio chimico).

Le membrane di tipo monolitico sono più stabili rispetto all'invecchiamento, all'esposizione ai raggi UV, alla pioggia battente e, a parità di grammatura, più resistenti nei confronti della lacerazione al chiodo.

Nella scelta della membrana traspirante va anche analizzata la pendenza della copertura: coperture piane o molto inclinate richiedono grammature più elevate, al fine di garantire maggiore resistenza al calpestio o nei confronti della lacerazione.





**TIMBER  
WORK**  
CONSULENCE · SOLUTION

# Ci vediamo tra poco...

[www.timberwork.it](http://www.timberwork.it) / [info@timberwork.it](mailto:info@timberwork.it) / tel.0432 68 92 91

# Camera di ventilazione

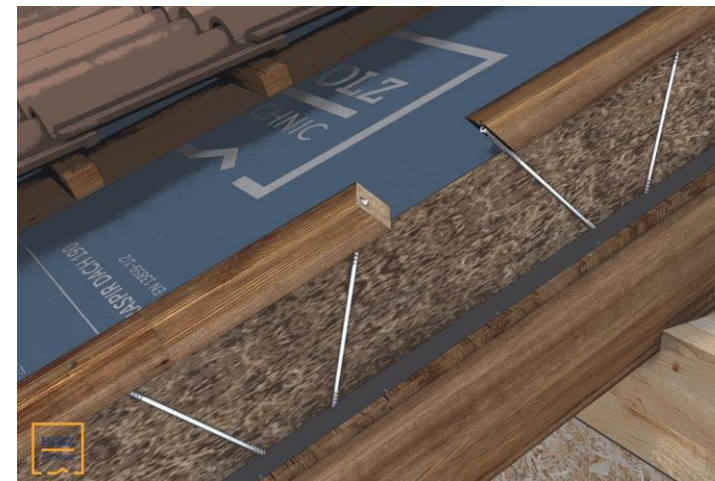
## TIPOLOGIE DI VENTILAZIONI DISPONIBILI SUL MERCATO

Sul mercato è possibile reperire due tipi di sistemi di ventilazione per le coperture in legno: la ventilazione singola e la ventilazione doppia.

La ventilazione singola è meno costosa, ma abbatte di meno il calore estivo rispetto a quella doppia (alcune misurazioni hanno mostrato una differenza di temperatura di circa 5 gradi centigradi fra la ventilazione sotto-tegola e la camera sottostante).

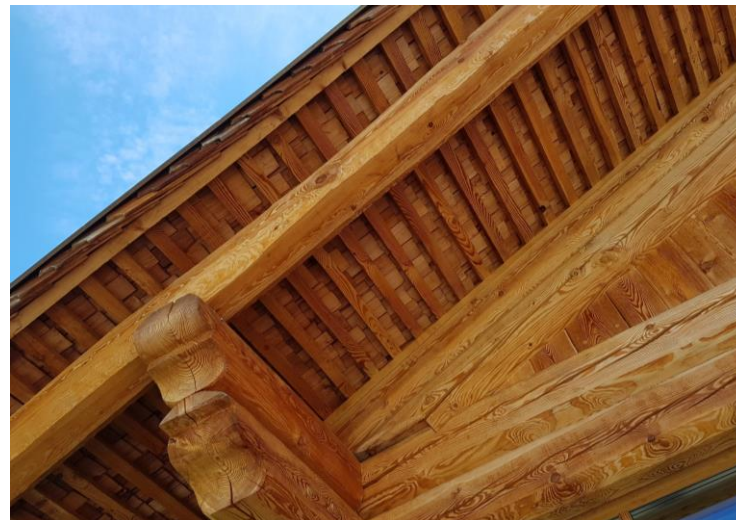
## ASPETTI DA NON TRASCURARE:

- Il materiale isolante non deve subire schiacciamento per funzionare correttamente, quindi è opportuno fissare il listello con viti a doppio filetto;
- La camera di ventilazione deve avere uno spessore adeguato;
- Specialmente per le coperture a ventilazione singola è **OBBLIGATORIO** utilizzare il nastro punto chiodo, in quanto sopra alla membrana traspirante non abbiamo altro tipo di protezione oltre alla tegola.



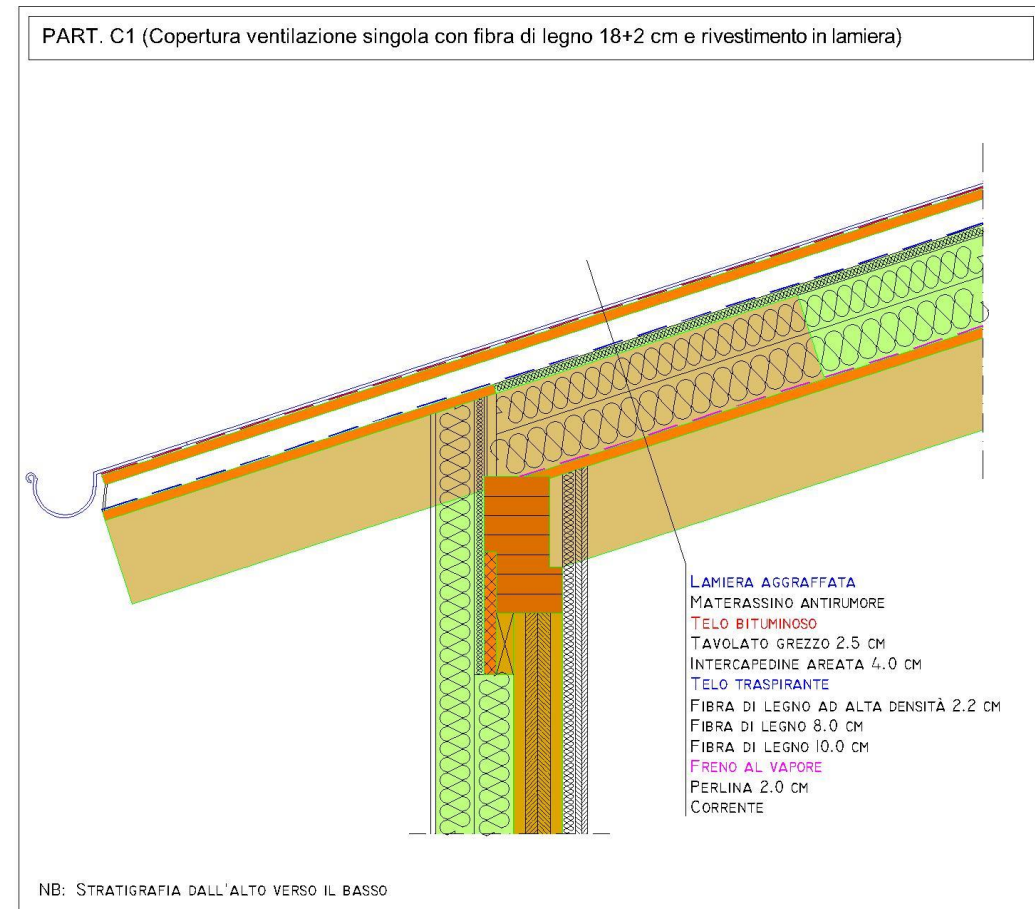
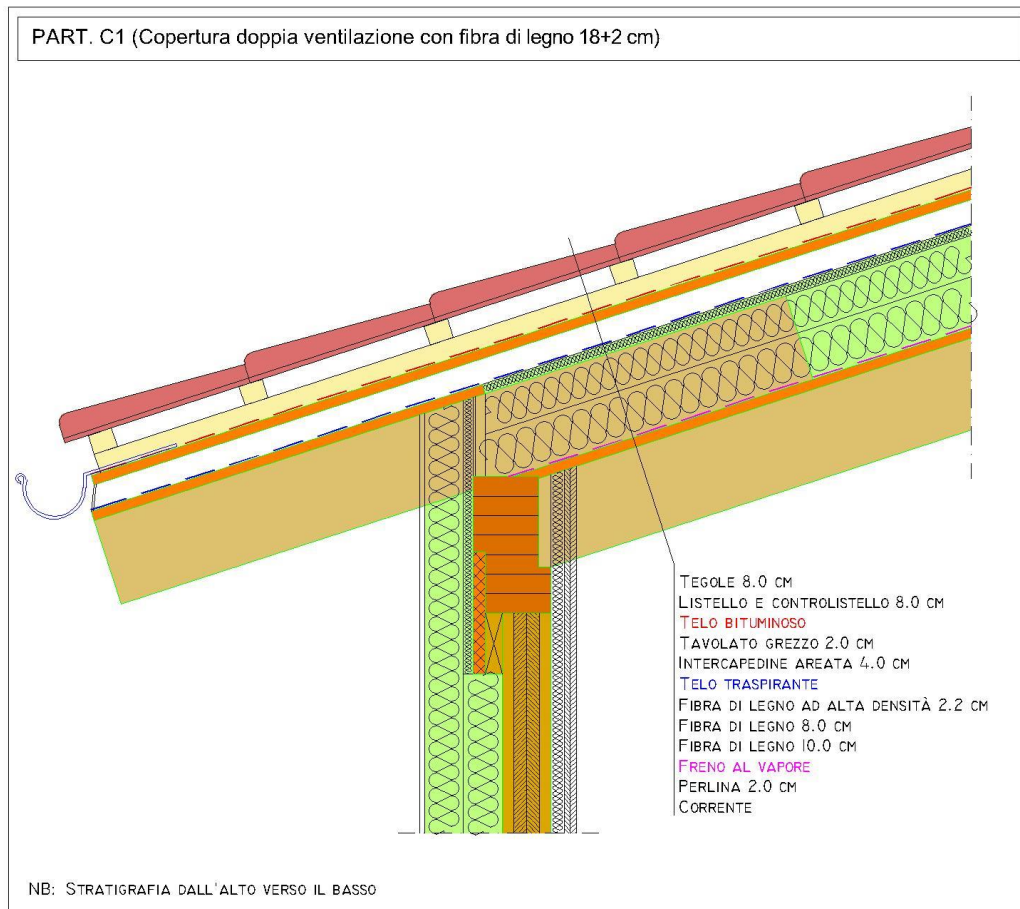
# Manto di rivestimento

QUALI SONO I MATERIALI UTILIZZABILI?



# Manto di rivestimento

QUALI SONO LE SOLUZIONI UTILIZZABILI?



# Manto di rivestimento

## COME GESTIRE IL MANTO DI RIVESTIMENTO IN TEGOLE?

Allo stato attuale risulta molto diffusa la soluzione di applicare la tegola su una guaina ardesiata mediante l'uso di schiuma poliuretana.

Così facendo, però, si creano due problemi:

1. Si inibisce la ventilazione al di sotto della tegola
2. Si propone sul mercato una soluzione che spesso non è certificata dal produttore della tegola

Qual è la differenza fra applicare la tegola schiumata e una tegola fissata su listello e controlistello?

Nel primo caso sopra la membrana traspirante dovremo disporre un listello per la ventilazione, un OSB da 15 mm e una guaina ardesiata con schiuma poliuretana. Costo stimato dei materiali: 10,5 €/m<sup>2</sup>

Nel secondo caso sono sufficienti listelli e controlistelli e l'apposita ferramenta di fissaggio. Costo stimato dei materiali: 4,12 €/m<sup>2</sup>

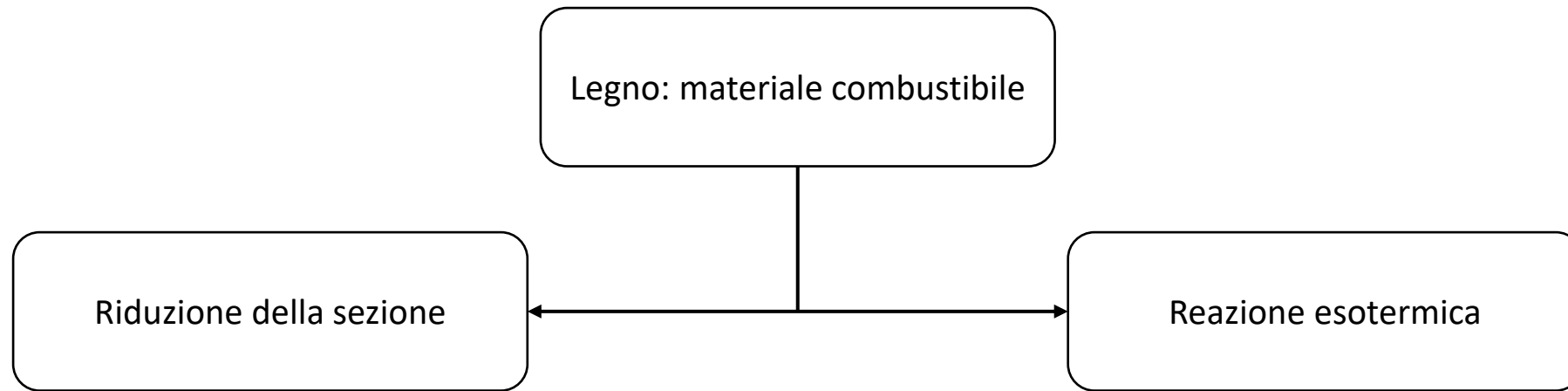
Perché spendere di più per dare soluzioni non certificate?

# COPERTURE IN LEGNO

# STRUTTURE RESISTENTI AL FUOCO

CONSIDERAZIONI GENERALI  
E CONNESSIONI

# Caratteristiche del materiale



Per quale motivo si utilizza quindi il legno come materiale da costruzione resistente al fuoco?

1. Il legno è un cattivo conduttore termico
2. Ha un comportamento «prevedibile»
3. Lo strato «di confine» fra sezione carbonizzata e non carbonizzata ha uno spessore di pochi mm
4. Le proprietà meccaniche risultano praticamente invariate fino a temperature di 100°C

## Reazione al fuoco e resistenza al fuoco

QUAL E' LA DIFFERENZA FRA I DUE CONCETTI?

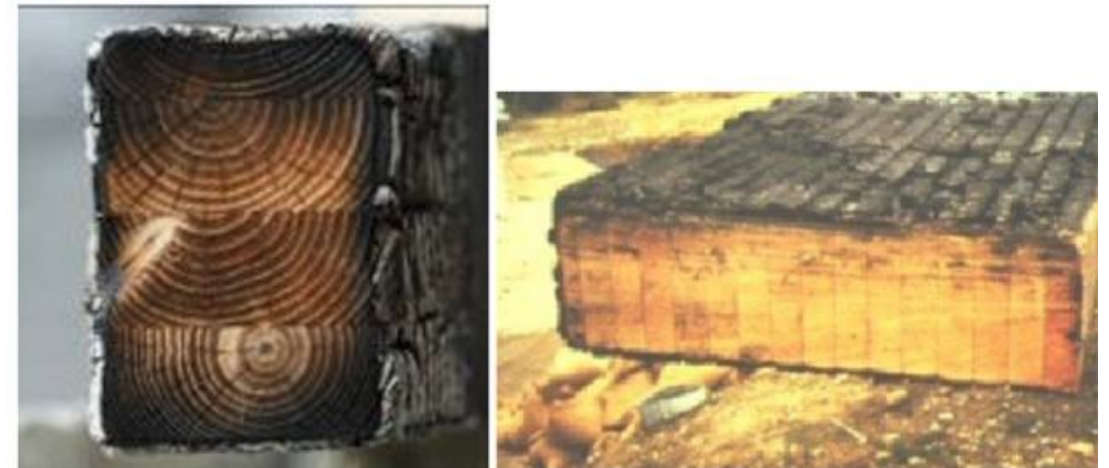
Reazione al fuoco: è legata alla natura del materiale e indica se questi è combustibile o meno

Resistenza al fuoco: capacità di un elemento/struttura di svolgere la sua funzione se coinvolta in un incendio

Acciaio e calcestruzzo: Classe A1 – incombustibili (Secondo DM 10/03/2005)

Legno da costruzione: Classe D-s2,d0 (Secondo decisione 2000/147/CE)

Resistenza al fuoco: dipende da come è stata progettata la struttura!



# Protezione del legno dal fuoco

Esistono due vie principali per proteggere il materiale legno dall'azione del fuoco:

1. Sistemi di protezione passiva
2. Trattamenti ignifughi

Sistemi di protezione passiva:

Si tratta di placature protettive a base di legno o materiale incombustibile che ritardano il degrado.

Trattamenti ignifughi:

Possono essere trattamenti superficiali o di massa. I trattamenti di massa tendono a inibire le reazioni di ossidazione (es. derivati degli alogeni) o a produrre gas incombustibili che, diluendo i gas infiammabili prodotti dalla combustione, ne rendono difficoltosa l'accensione (es. fosfati ammoniacali).

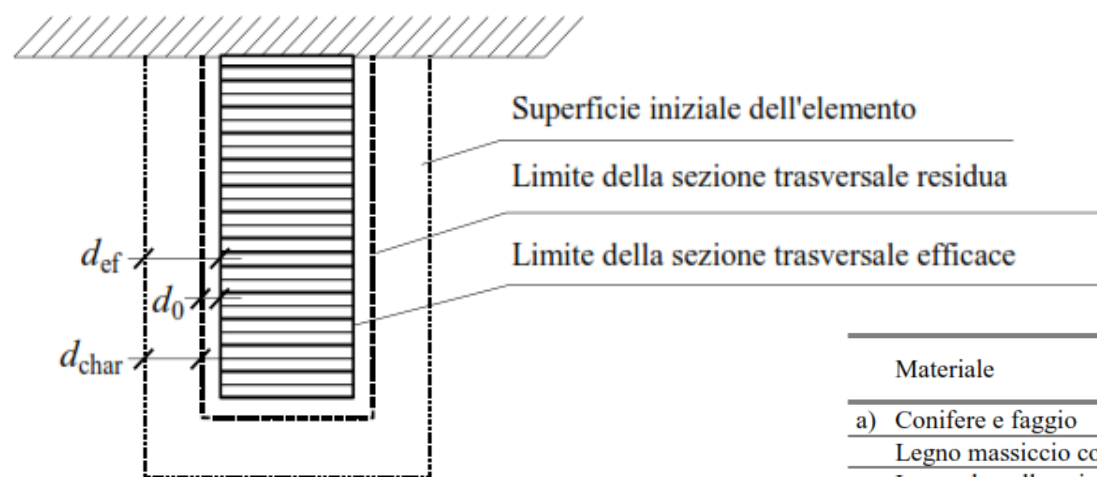
I trattamenti superficiali possono essere di tipo intumescente e non intumescente.

I prodotti non intumescenti agiscono secondo lo stesso principio dei trattamenti di massa.

I prodotti intumescenti, invece, sono composti da una serie di sostanze che, a contatto col fuoco, producono acqua e un residuo incombustibile. Tale residuo tende poi ad espandersi formando una sostanza schiumogena che, solidificando, funge da isolante per il materiale base.

# Metodo della riduzione della sezione efficace

Il calcolo della sezione efficace è funzione del tipo di materiale, del tempo di esposizione al fuoco e della quantità di superfici esposte



$$d_{char} = \beta_0 \cdot t;$$

$$d_{ef} = d_{char} + k_0 \cdot d_0$$

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_k}{\gamma_{M,fi}}$$

$$S_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{S_{0.5}}{\gamma_{M,fi}}$$

Tabella 12.1–Velocità di carbonizzazione  $\beta_0$

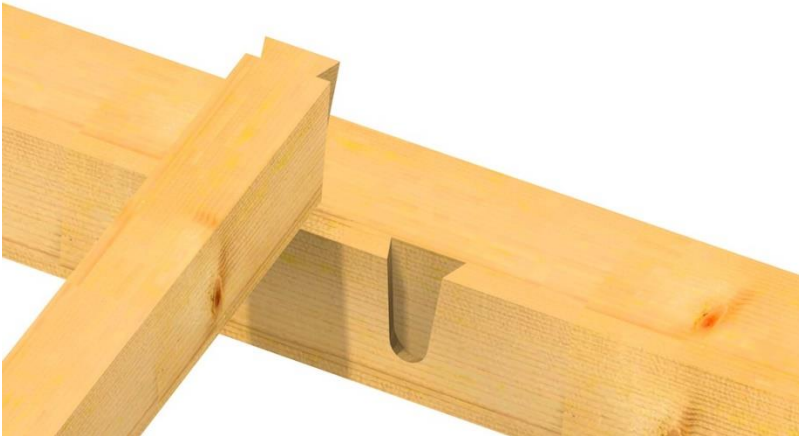
Materiale	$\beta_0$ [mm/minuto]
a) Conifere e faggio	
Legno massiccio con massa volumica caratteristica non inferiore a 290 kg/m <sup>3</sup>	0.8
Legno lamellare incollato con massa volumica caratteristica non inferiore a 290 kg/m <sup>3</sup>	0.7
b) Latifoglie	
Legno massiccio o legno lamellare incollato con massa volumica caratteristica non inferiore a 290 kg/m <sup>3</sup>	0.7
Legno massiccio o legno lamellare incollato con massa volumica caratteristica non inferiore a 450 kg/m <sup>3</sup>	0.55
c) LVL	
con massa volumica caratteristica non inferiore a 480 kg/m <sup>3</sup>	0.7

Quale sarà la profondità di carbonizzazione per una struttura che deve rispondere al requisito R60?

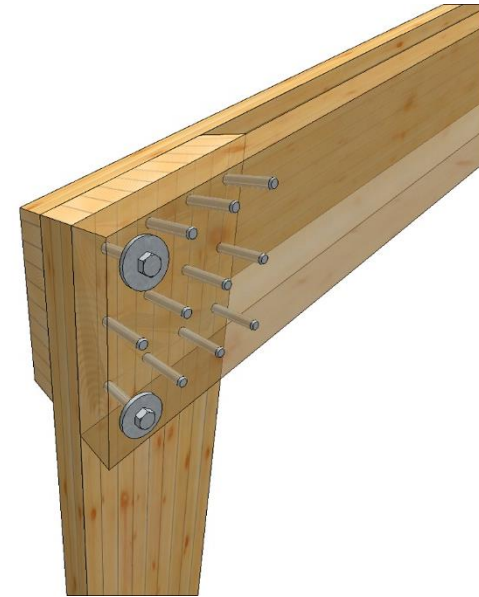
$$d_{ef} = 0.7 \cdot 60 + 7 = 49 \text{ mm}$$

# Collegamenti

Collegamenti di carpenteria



Collegamenti meccanici



## Collegamenti di carpenteria

Si ottengono mediante la lavorazione delle superfici di contatto e gli sforzi vengono trasmessi per compressione



Sono i collegamenti più comuni e sono anche quelli più graditi dai carpentieri, in quanto veloci da installare. Sono ammessi solo in presenza di elementi di chiusura.

# Collegamenti meccanici

Unioni con connettori a gambo cilindrico



Unioni con staffe speciali



Unioni con connettori di superficie



## Protezione dei collegamenti dal fuoco

Molto spesso i collegamenti sono il vero punto debole di una struttura per quanto riguarda la resistenza al fuoco. In particolar modo le unioni metalliche trasmettono rapidamente il calore all'interno del materiale legno accelerandone la combustione.

I collegamenti possono essere protetti o non protetti.

**Tabella 12-2**–Classi di resistenza per unioni non protette a comportamento simmetrico

Elementi di collegamento	$t_{d,fi}$ (min.)	Condizione imposta
Chiodi	15	$d \geq 2.8\text{mm}$
Viti	15	$d \geq 3.5\text{mm}$
Bulloni	15	$t_1 \geq 45\text{mm}$
Perni	20	$t_1 \geq 45\text{mm}$
Altri tipi di connettori (secondo EN 912)	15	$t_1 \geq 45\text{mm}$

$t_1$  spessore dell'elemento di legno laterale  
 $d$  diametro dell'elemento di collegamento

In ogni caso le unioni non protette non possono mai superare il requisito di resistenza R30.

Per ottenere prestazioni superiori a R30 è necessario ricorrere a placature, protezioni o tappi in legno. Se non si rispettano le dovute prescrizioni si compromette il risultato finale.

**E' INUTILE PROGETTARE UNA STRUTTURA CON SEZIONI RISPONDENTI AL CRITERIO R60 AVENTE COLLEGAMENTI R0 O R30!!!**

# COPERTURE IN LEGNO

## ANALISI E GESTIONE DELLE OFFERTE

## Offerte a corpo e a misura

L'offerta per la fornitura e la posa di una copertura è costituita da molte voci differenti e varia in funzione delle richieste del cliente, dei livelli prestazionali da raggiungere e anche dallo stato di avanzamento dei lavori.

Alcune voci degli elementi costituenti la copertura devono essere conteggiati a corpo (eventualmente con una stima), mentre altre è opportuno che vengano computate a misura.

Esempio di voci computabili a corpo: Ferramenta per i fissaggi, posa in opera

Esempio di voci computabili a misura: Struttura portante, perlinato, materiale isolante

In una prima fase l'offerta non può essere definitiva, ma può essere raffinata man mano che tutti i dettagli esecutivi vengono definiti. Non è possibile fare offerte definitive in mancanza di un progetto esecutivo!

In fase di stima è comunque importante verificare le quantità relative alla struttura portante!

# Differenze fra prototipo e prodotto in serie

**PRODOTTO IN SERIE:** La copertura deve avere sempre la stessa stratigrafia, geometria, luci, carichi agenti, condizioni climatiche e logistica di cantiere

**PROTOTIPO:** Si tratta di un prodotto diverso ogni volta che viene costruito e va attentamente valutato.

## ESEMPIO

- Copertura A: 400 mq – luci struttura 3 m
- Copertura B: 400 mq – luci struttura 6 m

Il costo delle due coperture è identico?

Alla luce di queste considerazioni come dobbiamo considerare i preventivi di aziende che offrono la copertura chiavi in mano sempre allo stesso prezzo?

Timberwork s.r.l.s.  
 Via F.lli Cairoli 14 - 33038 San Daniele de Friuli (UD)  
 P.IVA: 02963920216

Spett. \_\_\_\_\_

Preventivo n. 01/2017 del 22/02/2017

Come da vostra gentile richiesta siamo a sottoporvi stima dei costi per la fornitura e la posa in opera di copertura in legno da realizzarsi nel comune di \_\_\_\_\_

COPERTURA				
Progr	Voce di capitolato	Quantità	Prezzo un.	Importo €
1	Fornitura di struttura della copertura costituita da travatura principale in legno lamellare di abete rosso GI24h e secondaria in legno Bilama di abete rosso C24, comprensiva di trasporto in cantiere. La cubatura valutata in fase di preventivo potrebbe variare dopo l'approvazione dei disegni definitivi da parte della D.L. In caso di sfioramento di tale quantità saranno addebitati i costi relativi.	15,0 m <sup>3</sup>	630,00	9950,00
2	Fornitura di perlina maschiata in legno di abete sp. 20 mm qualità AB di larghezza 175 mm (160 mm incastrata), non spazzolata.	200,0 m <sup>2</sup>	12,75	2550,00
3	Fornitura di Freno a Vapore con nastro doppio tape, peso 225 g/m <sup>2</sup> , valore Sd = 4m, colonna d'acqua >500 cm	150,0 m <sup>2</sup>	1,95	292,50
	Fornitura di pannello isolante in lana di roccia spessore 180 mm. Conducibilità termica $\lambda=0,038$			

## Servizi connessi alla fornitura

### PROGETTAZIONE ESECUTIVA

Caso A: Il progettista strutturale fornisce un progetto 2-D con indicazioni riguardanti sezioni e materiali

Possibili conseguenze: L'impresa e/o il centro taglio dovranno produrre un progetto 3-D per tagliare il materiale e fornire proposte per i sistemi di connessione. E' possibile avere un controllo sulle quantità fornite, ma vi è la possibilità che si generino incomprensioni o si verifichino errori di valutazione.

Caso B: Il progettista architettonico si affida interamente all'impresa e/o al centro taglio

Possibili conseguenze: Il flusso di lavoro sarà più stabile e sicuro. Di contro il cliente perde il controllo delle quantità fornite e vi è la possibilità che il materiale venga fornito accompagnato da elaborati privi di timbro e firma.

### QUAL E' LA SOLUZIONE DEFINITIVA?

Il progettista strutturale (che risponde AL CLIENTE!) deve fornire un PROGETTO STRUTTURALE PRONTO TAGLIO all'impresa che fornisce il materiale. In questo modo si evitano incomprensioni, lacune e possibili conflitti d'interesse.

## SERVIZI OFFERTI

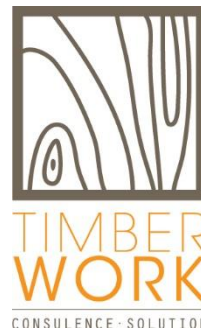


TIMBER  
WORK  
CONSULENCE · SOLUTION

- **Consulenza su progetti architettonici**
- **Valutazioni statiche preliminari**
- **Progettazione strutturale pronto taglio**
- **Disegni di taglio**
- **D.L. Strutture**
- **Formazione**



# DOMANDE ?



# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Segui i nostri Webinar su Archiformazione

*Stay tuned....*

[www.timberwork.it](http://www.timberwork.it) / [info@timberwork.it](mailto:info@timberwork.it) / tel.0432 68 92 91