

4

approfondimento –  
approfondimento

bio-geo

Sito <http://pcircillo.wixsite.com/bio-architetto>  
Pagina News  
Rubrica WaLibrary



## Indice

### Prefazione

1. Caratteristiche tecniche del legno da costruzione	1
1.1. I ritiri	
1.2. La deviazione della fibratura	
1.3. L'umidità	
1.4. La temperatura	
2. Alterazioni e durabilità del legno	9
3. Accorgimenti tecnici	10
3.1. Attacco di parete a terra	
3.2. Attacco di parete in copertura	
3.3. Attacco di infisso a parete	

### Bibliografia

### Testi consultabili

### Argomenti di approfondimento successivi:

- Modellazioni di parete ad orditura lignea
  - *Particolare stratificazione parete cieca*
  - *Particolare aggiunta infisso*
- Accorgimenti antincendio
  - *Il comportamento del legno in caso di incendio*
  - *Precauzioni in fase d'opera*
  - *Particolare stratificazione parete antincendio*

## Prefazione

In questa pubblicazione sono raccolte una serie di approfondimenti riguardo all'impiego del legno nelle costruzioni.

L'attenzione è rivolta al materiale e alle sue caratteristiche, allo scopo di giungere a delineare delle regole di buon costruire e a fornire degli esempi di parete in legno curati fin nel dettaglio.

La raccolta delle nozioni tecniche deve poter favorire una maggiore consapevolezza sull'uso del legno nelle costruzioni e a fare maggiore chiarezza su ogni possibile abbinamento di materiali.

Le informazioni raccolte nelle pagine seguenti sono riconducibili a nozioni apprese da testi consultati e in parte scaturiscono da concetti e ragionamenti deduttivi elaborati nel corso del tempo.

Al lettore è consentito avere un quadro esauriente sui testi consultati tramite un elenco riportato nelle pagine conclusive della pubblicazione.

Buona lettura

## Caratteristiche tecniche del legno da costruzione<sup>1</sup>

Il legno è un materiale naturale... queste le parole con cui ogni testo tecnico apre l'argomento in questione. Il motivo di questa scelta risiede niente più che in quella specifica che il legno e pochi altri materiali possiedono e che ne fanno un elemento "sensibile", ovvero la provenienza da un contesto che dipende dagli apporti di luce solare e dalla presenza dell'acqua<sup>2</sup>.

Con il suddetto termine intendo sottolineare che il legno sottoposto a lavorazione (segato e trattato) modifica la sua particolare struttura, si deforma, in quanto risente delle caratteristiche connotative del clima. Entrando nel merito si può affermare che il legno è un elemento che può preservare oppure può vedere pregiudicate le proprie capacità strutturali a seconda della sua collocazione (in ambiente confinato o aperto) e della sua capacità di interagire con alcuni fattori ambientali (temperatura e umidità).

In linea generale si può concludere che la capacità strutturale del legno dipende:

- 1) dalla sua origine biologica (specie legnosa)
- 2) dal suo confezionamento (orientamento delle fibre)
- 3) dall'ambientazione:
  - a) inserimento dell'elemento o sistema costruttivo in un ambiente artificiale;
  - b) inserimento dell'elemento o del sistema in un contesto semi-naturale.
- 4) dalle concause tra tutti questi aspetti:
  - a) influenza dei nodi e degli altri difetti;
  - b) influenza della deviazione della fibratura;
  - c) influenza della temperatura;
  - d) influenza dell'umidità.

In merito all'origine biologica del legno va sottolineato che la sua struttura cellulare<sup>3</sup> si basa su dei composti, alcuni dei quali assumono una maggiore rilevanza: la cellulosa, la lignina e le emicellulose.

Di seguito riporto alcuni valori a riguardo:

	<i>cellulosa</i>	<i>lignina</i>	<i>emicellulose</i>	<i>altre</i>
Conifere (C)	50%	18%	26%	6%
Latifoglie (D)	47%	27%	22%	4%

<sup>1</sup> L'albero è costituito da apparato radicale, fusto e chioma. Il secondo termine indica un insieme di parti, nello specifico: il tessuto meccanico (cellule parallele all'asse longitudinale dell'albero); il tessuto conduttore (vasi in direzione verticale, paralleli al tessuto meccanico); il tessuto di riserva (raggi midollari in senso orizzontale). I composti presenti nelle pareti cellulari sono la cellulosa, la lignina e le emicellulose.

[capitolo 1, caratteristiche istologiche e strutturali, Tecnica delle costruzioni in legno, di G. Giordano, edizione Hoepli, quinta edizione, 2003]

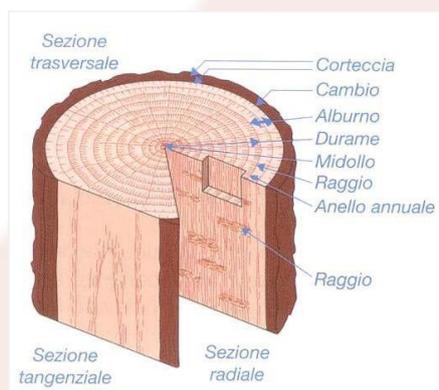
<sup>2</sup> Il manufatto in legno presenta una struttura interna che in origine alimentava l'organismo biologico. La sua crescita era dettata dal sole (fotosintesi clorofilliana) e dall'acqua (prelievo di sostanze nutritive). Di conseguenza ogni qual volta l'elemento viene introdotto in un ambiente climatizzato la sua struttura mantiene un comportamento tale per cui assimila calore e umidità presenti, fino a bilanciarsi con l'apporto termo-igrometrico di progetto.

<sup>3</sup> Con questo termine intendo la funzione congiunta svolta dalle cellule costituenti l'intero organismo vivente. La struttura si compone di tre distinte cellule che originano i corrispettivi tessuti della pianta (meccanico, conduttore, di riserva).

La struttura cellulare delle diverse specie legnose fa divergere la capacità di resistenza di ogni elemento con compiti strutturali. Queste differenze poi dipendono dall'orientamento delle fibre<sup>4</sup>. L'attuale normativa tecnica (NTC2018) individua resistenze caratteristiche differenti a seconda che l'azione sollecitante sia impressa in parallelo o in ortogonale alle fibre.

I valori attribuiti alle resistenze caratteristiche ( $f_{0,k}$  –  $f_{90,k}$ ) sono assegnati tenendo conto della particolare costruzione dell'elemento, massello (C, D) o lamellare (GL).

Di regola se considero l'immagine proposta di seguito posso affermare che ogni tronco dispone di una sezione ad anelli nella quale durame e albarno connotano la sezione tipica dell'elemento intagliato, mentre la direzione longitudinale esprime la sua lunghezza. Quest'ultima è ottenuta lungo la direzione radiale o tangenziale.



[<https://www.ingenio-web.it/4059-caratteristiche-del-legno-per-parquet>]

### *I ritiri<sup>5</sup>*

La realizzazione dell'elemento in legno massello può essere pregiudicata dalla differenza tra il ritiro radiale e quello tangenziale che sopravviene durante la stagionatura. Questo fenomeno comporta delle fessurazioni - aperture a V - che partono dal midollo per dirigersi verso l'albarno, orientate radialmente.

Per ovviare a questo difetto occorre squadrare il tronco a stagionatura avanzata, in modo tale da individuare la fenditura e orientare la sezione rettangolare (axb) in modo che il lato lungo (b) risulti parallelo alla fessurazione.

Un'altra considerazione va fatta riguardo alle procedure da seguire per ottenere travi prive di fenditure da ritiro:

- Se occorre produrre travi a sezione maggiore (lato > 30 cm) è opportuno fare ricorso al legno lamellare;
- Se occorre produrre elementi di sezione minore può risultare utile ricavarne la sezione da un tronco, eliminando l'asse midollare e lasciando stagionare il tutto. Raggiunta l'umidità normale (12%) si procede a squadrare l'elemento.

Il ritiro comporta dei problemi in quanto può pregiudicare la stabilità dell'elemento in legno, soprattutto nel qual caso la fenditura agisce nella direzione della forza sollecitante. Inoltre questo

<sup>4</sup> La fibratura esprime la disposizione delle cellule del tessuto meccanico. La fibratura normale è quella parallela all'asse del fusto.

<sup>5</sup> Possono essere definiti come "i movimenti del legno dovuti alle variazioni di umidità", durante la stagionatura.

fenomeno aumenta le discontinuità di resistenza del materiale in quanto avvengono in modo difforme a seconda della direzione delle fibre.

In direzione assiale (parallela) il ritiro è all'incirca dell'1%<sup>6</sup>. In direzione radiale il fenomeno può raggiungere anche accrescimenti nell'ordine del 3-6%, infine nella direzione tangenziale la fenditura tende a raggiungere anche il 12%.

Queste osservazioni sono da considerare valide nel caso in cui l'elemento in legno è ottenuto da un unico tronco, come legno massello.

La deformazione può essere evitata se si fa uso di una metodologia che ha preso piede di recente, consistente nell'incollaggio di lame in legno. L'elemento base consta di assi di legno accatastati ed incollati al fine di ottenere travi dalle prestazioni maggiorate (LLI).

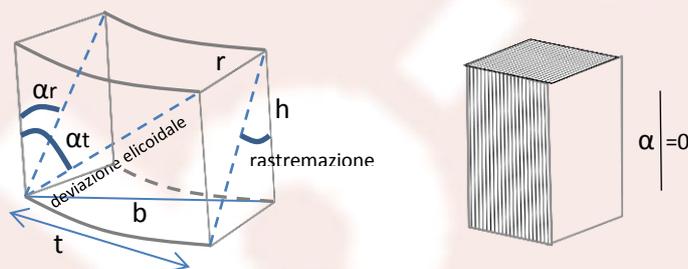
In tempi pressoché recenti è emerso anche un nuovo elemento strutturale, costituito di lame affiancate ed unite ad altre per strati mediante incollaggio (XLam). La tecnica consente di realizzare interi corpi rigidi simili a pannelli spessi in funzione del numero di strati incollati.

*La deviazione della fibratura*

Come annunciato all'inizio il legno preserva una struttura cellulare in cui il tessuto meccanico assolve alla funzione di sostegno. Questo tessuto è la parte predominante e può arrivare a rappresentare il 60-80% del volume del fusto.

Come annunciato le cellule ne costituiscono la struttura, in forma allungata, disposta parallelamente all'asse longitudinale dell'albero. Gli elementi confezionati (travi, assi di legno) sono ancorati a questa legge naturale, la loro tessitura segue quella meccanica dell'albero che li ha originati. Come tale le deformazioni che ne scaturiscono possono in ugual modo pregiudicare il comportamento statico dell'elemento una volta posizionato nella sua sede progettuale.

Un fattore influenzante che si può rilevare maggiormente è la deviazione della fibratura. Essa esprime il rapporto tra le grandezze b ed h altrimenti espresso con la tangente dell'angolo  $\alpha$ .



Di seguito riporto le deviazioni in chiave di rapporto e di angolo appena enunciati<sup>7</sup>:

rapporto	1/20	1/15	1/12	1/10	1/8	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1/1.5	1/1
angolo	2°50'	3°50'	4°50'	5°40'	7°10'	9°30'	11°20'	14°	18°25'	26°30'	33°41'	45°

Dalla figura si apprende che l'inclinazione rispetto all'asse dell'elemento è riconducibile alle facce tangenziali e radiali in forma del rapporto  $1/t$  ed  $1/r$ . L'inclinazione reale equivale a  $\sqrt{1/t^2 + 1/r^2}$ .

<sup>6</sup> Umidità percentuale persa durante la stagionatura. Esprime la diminuzione dimensionale delle pareti cellulari per via del calo di umidità, indicata con il termine ritiro.

<sup>7</sup> §.2.1.2.1, capitolo 2, il legno come materiale da costruzione, Tecnica delle costruzioni in legno, di G. Giordano, edizione Hoepli, quinta edizione, 2003.

Negli anni 70 furono condotti degli studi che evidenziarono come gli effetti dell'inclinazione della fibratura avesse ripercussioni dirette sulle resistenze dell'elemento in legno, al punto da pregiudicarne le capacità. Ne conseguì la formulazione di un coefficiente riduttivo  $R^8$  e la costruzione di un diagramma capace di delineare delle curve di carico di rottura.

Questa ricerca ha condotto poi alla stesura di nuove procedure di calcolo agli stati limite, al fine di verificare l'instabilità degli elementi strutturali (travi e pilastri). In questi casi si è convenuto che durante un fenomeno instabile la deviazione laterale comporta delle incapacità strutturali. La verifica delle suddette esige l'impiego di un coefficiente riduttivo di tensione critica ( $k_{crit}$ )<sup>9</sup>.

Nelle NTC2018 il calcolo della resistenza di progetto implica l'uso di coefficienti che tengono conto degli effetti indotti dalla variazione dell'altezza di sezione ( $k_h$ ) e dell'effetto combinato di durata del carico e umidità ( $k_{mod}$ ).

### L'umidità

Questo ulteriore fattore influenzante gioca un ruolo sostanziale nel processo di dimensionamento e verifica dell'elemento strutturale. La ragione è come già accennato in precedenza dovuta alla sua capacità di comportare delle rastremazioni e fenditure.

Inoltre un elemento posizionato all'interno di un ambiente può essere attaccato da insetti e funghi in ragione di un incremento dell'umidità presente.

Andando per ordine è utile precisare che nel passato alcuni studi dimostrarono come oltre una certa umidità percentuale il provino non mostrava sensibili diminuzioni di resistenza. Inoltre si stabilì che un incremento delle resistenze al diminuire dell'umidità, durante la stagionatura, si manifestavano soltanto a partire da una umidità del 25-30%. Tale valore esprimeva quasi il punto di saturazione delle pareti cellulari, ovvero il punto in cui si sarebbe verificato il fenomeno dei ritiri.

Sulla base di queste conclusioni si decise di adeguare l'analisi strutturale. Il metodo delle tensioni ammissibili venne modificato, ammettendo l'uso di un formulario capace di convergere sulle nuove scoperte analitiche. Si stabilì in sintesi che:

- l'influenza dell'umidità sulla resistenza poteva essere compensata attraverso il calcolo della tensione resistente in funzione della stagionatura dell'elemento;
- l'apporto di umidità andava ricondotto ad una serie di coefficienti di maggiorazione delle dimensioni (area di sezione) dell'elemento in legno.

Il formulario subì delle ulteriori modifiche (aggiornamenti) quando si apprese la necessità di cambiare il metodo di approccio analitico. La cronologia degli eventi ha assistito all'abbandono del metodo sopra menzionato e all'impiego del metodo semiprobabilistico agli stati limite.

Le ultime norme tecniche (NTC2018) asseverano l'uso di un formulario nel quale l'umidità gioca un ruolo fondamentale sin nel calcolo della resistenza ( $f_{0,d} - f_{90,d}$ ).

<sup>8</sup> Espressione di Osgood:  $R_i = (\sigma_{r,0,fibre} * \sigma_{r,90,fibre}) / [\sigma_{r,90,fibre} + (\sigma_{r,0,fibre} - \sigma_{r,90,fibre}) * (\sin^2 \alpha + \omega \cos^2 \alpha) * \sin^2 \alpha]$ . Il coefficiente mette in rapporto l'angolo  $\alpha$  con la variazione del carico di rottura a compressione assiale del provino.

<sup>9</sup> In merito all'analisi geometrica "Le deviazioni  $\Delta_a$  dei dati geometrici dai loro valori nominali [ $a_{nom}$ ] sono introdotte quali valori di calcolo nei seguenti casi: instabilità laterali ( ), pilastri ( ), controventature ( ) e telai piani ( ). In tali casi risulta:  $a_d = a_{nom} + \Delta_a$ " [§ 3.5.2.1, capitolo 3, dimensionamento e verifica delle strutture di legno, Tecnica delle costruzioni in legno, di G. Giordano, edizione Hoepli, quinta edizione, 2003].

Il passaggio di metodo analitico può essere meglio interpretato dal seguente riassunto cronologico. In esso emerge come l'umidità sia stato un fattore concatenativo nel passaggio di normative (ISO 3129/75..NTC2008-2018)<sup>10</sup>.

*L'influenza dell'umidità sul comportamento del legno ha modificato l'analisi strutturale nel corso degli anni. A ridosso della ricerca internazionale venne stabilito che:*

- *in caso di compressione assiale poteva tornare utile quantificare l'azione resistente del legno in ragione dell'umidità di progetto. Nel qual caso l'umidità fosse stata pari a quella maggiore o uguale alla normale ( $u_1=12\%$ ) la tensione resistente poteva equivalere a:*

$$\sigma_{c,u2} = \sigma_{c,u1} * \frac{32 - u_2}{20}$$

*In linea di massima la conoscenza del carico di rottura a compressione assiale in uno dei due stati (dallo stato fresco allo stato di umidità normale o viceversa) poteva essere utile per determinare con la suddetta formula la tensione massima.*

*Il calcolo si avvaleva di coefficienti di maggiorazione tabellati o di massima. Quelli di massima erano nell'ordine di 2.17 per legno di Conifere oppure di 1.75 per quello di Latifoglie in caso di passaggio da  $u_2$  ad  $u_1$ , oppure rispettivamente dell'ordine di 0.46 e 0.57 in caso contrario.*

- *in caso di flessione si riteneva utile bilanciare tale apporto attraverso la formula:*

$$\sigma_{f,u2} = \sigma_{f,u1} * \frac{\alpha - u_2}{\alpha - u_1}$$

*Inerentemente alla flessione si stabilì da prove sperimentali che:*

- *aumentando l'altezza di sezione e la lunghezza tra gli appoggi delle travi inflesse il carico unitario di rottura a flessione e la relativa deviazione diminuiscono;*
- *la larghezza di sezione della trave non influenzerebbe il carico unitario di rottura.*

*Queste considerazioni vennero accorpate e poi sottoposte ad altri processi di analisi. Nel corso degli anni venne approntata un'analisi ed un campionamento di specie legnose sempre più puntuale, fino alle più recenti analisi. L'uso strutturale del legno ha aggiunto altre conoscenze e ha migliorato l'intera disciplina.*

*Con il proseguo delle analisi si è giunti ad affermare che nel metodo agli stati limite si può ovviare alle presenti influenze di comportamento se nel calcolo della tensione resistente si aggiunge un parametro tabellato  $k_{mod}$  ed un parametro da calcolare in base all'altezza assegnata all'elemento  $k_h$ .*

*La formula a cui si ricorre attualmente è la seguente:*

$$X_d = \frac{k_{mod} * X_k}{\gamma_M} * k_h \quad \text{oppure} \quad f_d = \frac{k_{mod} * f_k}{\gamma_M} * k_h \quad \text{con} \quad k_h = [(d/h)^n] * m$$

*d esprime l'altezza della sezione del campione di prova (150 mm per legno massello e 600 mm per LLI); n è l'esponente della formula (0.2 oppure 0.1); m è una costante (1.3 oppure 1.1).*

*La condizione di verifica è dimostrata qualora:*

$$Ed \leq Rd \quad \text{ovvero} \quad \sigma_d \leq f_d = \frac{k_{mod} * X_k}{\gamma_M}$$

<sup>10</sup> La normativa di settore muove i suoi passi in un contesto internazionale. L'impiego del legno acquista rilevanza in altre nazioni prima di raggiungere l'Italia. In ordine cronologico si assiste alla stesura di una norma ISO nel 1975 (la 3129 pubblicata a Ginevra) sui metodi di campionamento per prove fisiche e meccaniche del legno. In Europa vengono recepite e curate in forma UNI EN 380 soltanto nel luglio del 1994. Altri passi avanti avvengono nel corso del 1997, fino poi all'introduzione del legno strutturale nelle norme tecniche costruttive del 2008 e del 2018.

### La temperatura

Questo fattore influenzante condiziona il legno tanto quanto l'umidità presente in un ambiente confinato. Gli effetti indotti dalla temperatura possono aggravare la resistenza del materiale soltanto a determinate condizioni. Inoltre è stato appurato che interviene solitamente congiuntamente all'umidità, nel qual caso la sua influenza concorre e mai in maniera più incisiva dell'umidità ad aggravare il comportamento statico del legno.

Da prove in laboratorio, sin nel corso degli anni 60, emerse la consapevolezza che la temperatura poteva influenzare il materiale senza che intervenisse il fattore-umidità soltanto in due occasioni, allo stato anidro (assenza di umidità) e allo stato di totale imbibizione (max grado di umidità).

Le prove confermarono che sottoponendo il provino ad uno stato di sollecitazione a compressione assiale un elevato rapporto tra superficie e volume comportava un innalzamento della temperatura e in conseguenza di ciò il pregiudicamento della resistenza unitaria.

Le stesse prove dimostrarono un risultato del tutto simile in caso di azione flessionale, si apprese però che in questo caso l'influenza negativa si manifestava soprattutto ai bordi estremi.

Questo fattore ha condizionato l'intera disciplina delle costruzioni soprattutto sotto un altro punto di vista, dal lato cioè dell'energia termica che può essere trattenuta o dispersa dal materiale.

Sotto questo aspetto il legno può avere un comportamento di favore, può fornire ad un ambiente un comfort soprattutto se impiegato sotto forma di materiale ridotto in fibre e pressato fino a ricavarne degli elementi rigidi, ad alta densità.

L'edilizia moderna ha assistito alla nascita e al progressivo sviluppo di pannellature con un basso valore di conducibilità termica, al fine di offrire nelle moderne pareti massive un prodotto con buona capacità isolante.

Il materiale ridotto in fibre di legno si presta bene all'edilizia in quanto ha un comportamento verosimigliante con il resto della struttura in legno. La sua natura gli consente di fronteggiare l'umidità interstiziale attraverso un buon valore di  $S_d$  (spessore equivalente dell'aria)<sup>11</sup>.

Le fibre di legno riescono a contenere l'umidità interstiziale senza riversarla sugli elementi strutturali in legno. Una regola presente sulla pagina [espertocasaclima.com](http://espertocasaclima.com) ammette che si possono ridurre i rischi di condensa riducendo la trasmittanza termica (U), ovvero aumentando lo spessore di materiale isolante. In questo modo la temperatura superficiale interna aumenta, avvicinandosi a quella dell'aria dell'ambiente.

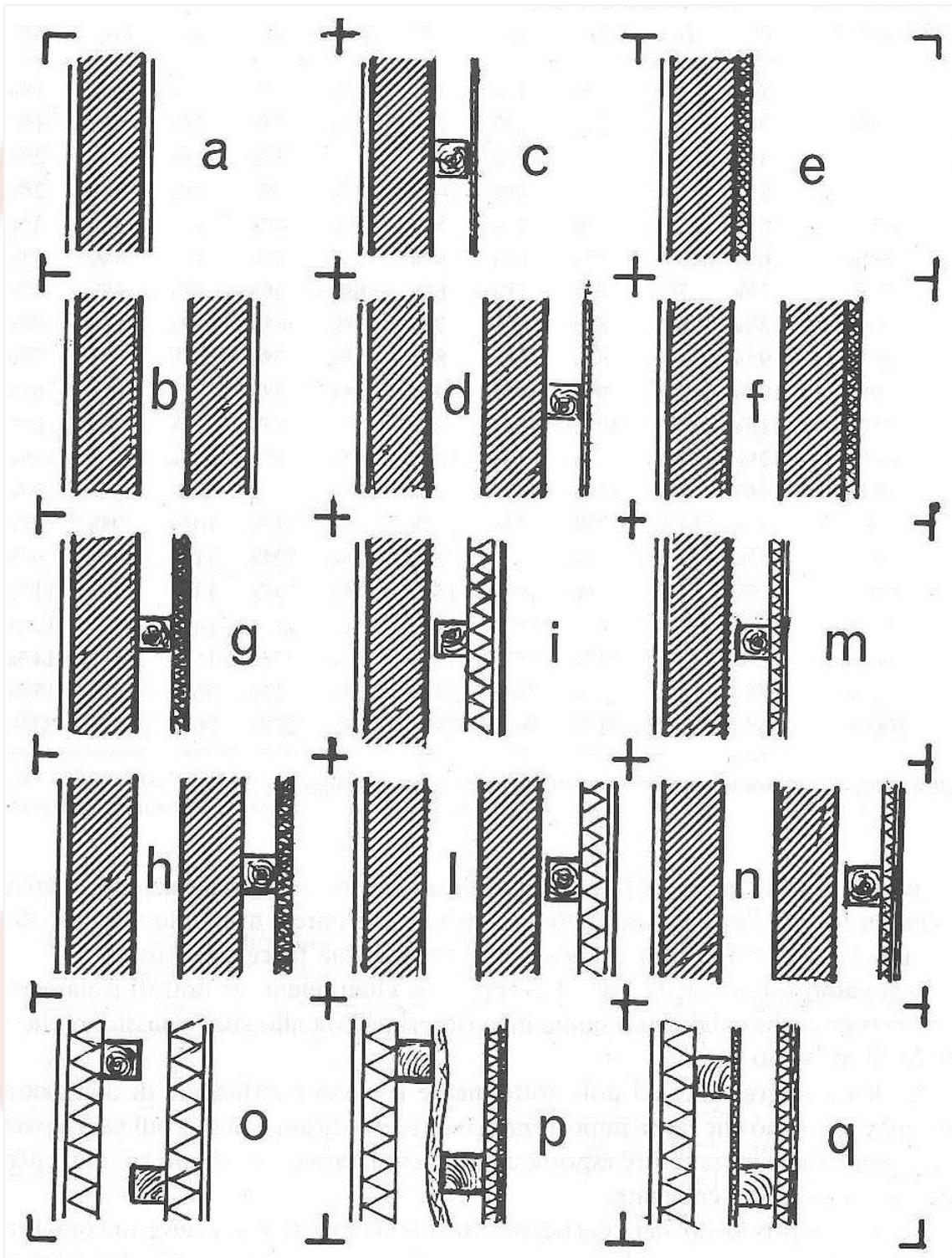
Il suo deficit maggiore può consistere nel non riuscire ad eliminare sufficientemente in tempo l'umidità raccolta a causa di errori di progettazione. Questo problema comporta inevitabilmente la marcescenza degli altri elementi e soprattutto di quelli che ricoprono funzioni strutturali.

Per ovviare a queste problematiche la scienza costruttiva ha sviluppato alcune precauzioni e alcuni modelli costruttivi.

La regola base consiste nel conferire alla parete una stratificazione idonea a contenere la dispersione termica senza pregiudicare l'arieggiamento del materiale posto in essa. Di seguito riporto alcuni schemi di parete che evidenziano quest'ultimo assunto<sup>12</sup>.

<sup>11</sup>  $S_d$  equivale al prodotto di  $\mu$  (fattore di resistenza alla diffusione del vapore del materiale) con  $d$  (spessore dell'isolante).

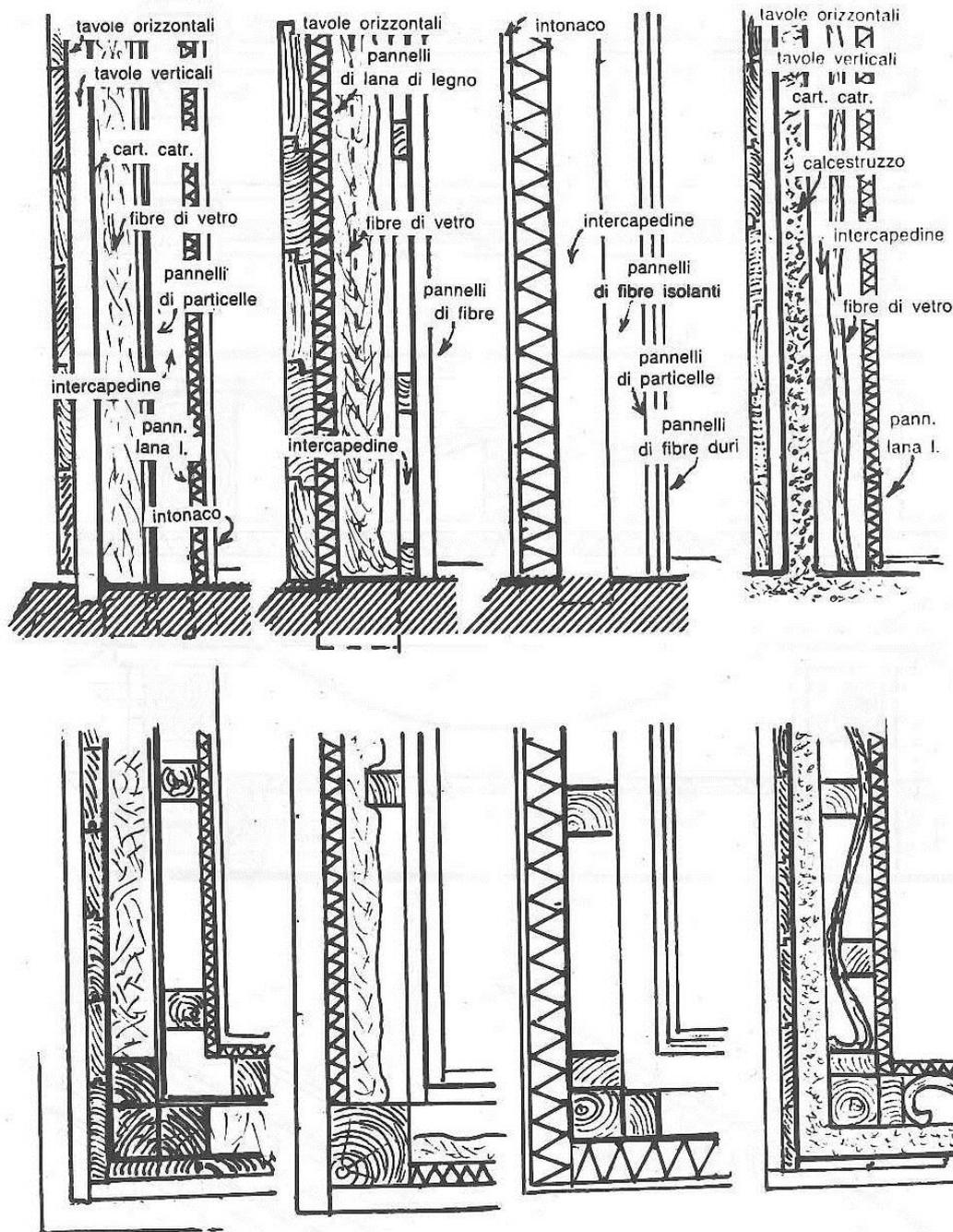
<sup>12</sup> Figg. 1.24 e 1.26, capitolo 1, caratteristiche fondamentali del legno, Tecnica delle costruzioni in legno, di G. Giordano, edizione Hoepli, quinta edizione, 2003.



La logica costruttiva assegnata a questi esempi di parete segue una configurazione che oggi si rivela essere a bassa prestazione termica. La disposizione degli strati è curata in modo particolare e cautelativo. Gli strati e gli stessi travetti di irrigidimento sono distanziati, allo scopo di fornirgli il tempo materiale per asciugarsi a contatto con l'aria presente nell'intercapedine<sup>13</sup>.

<sup>13</sup> I materiali adottati consistono in parete solida in singola o doppia fila di mattoni vuoti rivestita d'intonaco (2 cm all'esterno e 1,5 cm all'interno); pannelli di lana di legno di 5 cm; pannelli di particelle di 2-2,5 cm. L'intercapedine è di 6-10 cm (6 cm nei casi g, i, m, h, l). Nei casi p e q l'isolante intermedio è in fibra di vetro (3) e di tipo poroso (2,5).

## VARIE MODALITÀ DI ISOLAMENTO DI PARETI LEGGERE



L'immagine qui riprodotta non presenta note specifiche, va comunque precisato che l'attacco a terra della parete esige una maggiore cura rispetto alla presente raffigurazione.

Nel caso più comune l'attacco a terra richiede un rialzo di quota rispetto a quella di campagna. Tale condizione si può ottenere inserendo un cordolo in cls armato. L'elemento si dimostra in grado di interrompere la continuità tra la fondazione a platea ed il terreno circostante.

## Alterazioni e durabilità del legno

Il legno è un materiale naturale e in quanto tale la sua robustezza e capacità di resistere agli agenti patogeni dipende dal livello di protezione fornitagli durante la messa in opera.

Come esposto in precedenza il legno può subire effetti degenerativi ogni qual volta viene a contatto con umidità e incremento prolungato di temperatura.

In particolare si può affermare che divergenti gradi di umidità riscontrabili nel materiale costruttivo e in ambiente possono cagionare alterazioni e finanche perdita di materiale. In una tale condizione il riequilibrio dell'igrometria ambientale può avvenire attraverso il naturale assorbimento di umidità da parte del legno con il conseguente incremento di valore non previsto. Se ciò avviene il legno può, con ogni probabilità, portarsi al punto di attivazione delle spore e conseguente attacco fungino (umidità del legno > 20%).

In altrettanto modo l'azione simultanea di temperatura e umidità può generare l'ambiente ideale per la coltura di alcune specie di insetti. Gli stessi si trattengono nel materiale per il tempo necessario alla schiusa delle larve, nutrendosi della parte zuccherina del legno.

L'acqua infine, allo stato liquido, può mostrarsi aggressiva qualora il materiale ne entra in contatto per un tempo prolungato. Questa condizione comporta carie del legno e decadimento strutturale dell'elemento.

Queste situazioni rappresentano le principali azioni patologiche inflitte al legno quando viene esposto ad ogni possibile attacco senza considerarne la destinazione finale e senza prevedere adeguate precauzioni (distacco, isolamento, areazione, trattamento).

La tecnica costruttiva ha dovuto adeguarsi per tempo, provvedendo alla nascita di una intera prassi diagnostica. Le prove di laboratorio hanno consentito di decifrare il comportamento di alcune specie legnose sottoposte all'azione patologica, favorendo la realizzazione di alcune schede riepilogative. Una di esse è stata prodotta allo scopo di assegnare ad ogni specie legnosa una classe di rischio in merito alla durabilità (capacità di resistenza agli agenti patogeni) e alla capacità del legno a lasciarsi sottoporre ad un pretrattamento<sup>14</sup>.

Per una migliore comprensione riporto qui di seguito alcune delle predette schede.

CLASSIFICAZIONE DELLA DURABILITA' NATURALE DELLE SPECIE LEGNOSE NEI CONFRONTI DEGLI ATTACCHI DA TERMITI (UNI EN 350/1)	
Classe di durabilità	Descrizione
D	Durabile
MD	Moderatamente Durabile
ND	Non Durabile

CLASSI DI RISCHIO BIOLOGICO (UNI EN 335-1)			
Classe di rischio	Situazione del legno	Esp. ad umidificazione	Umidità del legno
1	Lontano da terreno e coperto	Sempre secco	Sempre < 18%
2	Lontano da terreno e coperto	Umidificazione occasionale int.	Occasionalmente > 20%
3	Lontano da terreno e scoperto	Umidificazione frequente	Frequentemente > 20%
4	Nel terreno e in acqua dolce	Umidificazione permanente	Permanentemente > 20%
5	In acqua di mare	Umidificazione permanente	Permanentemente > 20%

<sup>14</sup> Le caratteristiche specifiche dei vari legni vanno sotto la denominazione generica di *durabilità* mentre quella collegata alle condizioni ambientali da luogo alla *durata in opera* di quel legno in un determinato ambiente [tratto da *Tecnica delle costruzioni in legno*, di G. Giordano, edizione Hoepli, quinta edizione, 2003].

In considerazione a quanto riportato nella predetta scheda aggiungo che il legno può presentarsi in diversi stati a seconda del grado di umidità presente al suo interno.

Dopo il taglio del fusto l'acqua presente all'interno dei vasi inizia a prosciugarsi così come anche l'umidità rilevabile in ogni cellula legnosa inizia a diminuire. In principio l'umidità è >60%, al momento dell'abbattimento dell'albero il valore si porta al 40%. Sottoponendo il fusto a lavorazione e ad una prima fase di stagionatura l'umidità si raccoglie intorno al punto di saturazione (32%). In questo momento ogni elemento prodotto in grande scala tende a presentare i difetti da ritiro. Proseguendo con la stagionatura il legno incomincia a perdere in maniera significativa fino a che non si raggiunge il punto di equilibrio igroscopico al mantenimento di una temperatura di 20°C. L'umidità è espressa al 12%, detta anche normale. Se la stagionatura prosegue si raggiunge la totale essiccazione del legno (stato anidro = 0% di umidità).

Al passaggio dell'umidità dallo stato di saturazione a quello normale il legno può presentare fenomeni di ritiro e tende ad esporsi all'attacco degli insetti del legno.

Una volta stagionato e inserito in un ambiente non controllato il grado di umidità accenna a crescere fino a raggiungere valori che superano il 20%. La stessa condizione può avvenire per immersione in un liquido (acqua piovana) per tempi lunghi. In questi casi l'attività biologica entra in azione e il legno, ormai saturo d'acqua, viene aggredito da insetti e funghi.

Quanto detto può essere riassunto nella seguente scheda:

AGENTI BIOLOGICI <sup>15</sup> (UNI EN 335-1)						
Classi di rischio	FUNGHI			INSETTI		ORGANISMI MARINI
	Carie bruna	Carie soffice	Azzurramento	Coleotteri	Termiti	
1				X	L	
2	X		X	X	L	
3	X		X	X	L	
4	X	X	X	X	L	
5	X	X	X	X		X

A completamento dei dati aggiungo la scheda che ho menzionati in principio. La presente scheda è solo un estratto di quella originale, riporta solo alcune delle specie legnose indicate<sup>16</sup>.

Nome commerciale	Durabilità naturale <sup>17</sup>						Trattabilità <sup>18</sup>	
	Funghi	Hylotrupes	Hesperophanes	Anobidae	Lyctus	Termiti	alburno	durame
Abete bianco	4	NR	R	NR	R	NR	4	4
Abete rosso	4	NR	R	NR	R	NR	4	4
Douglasia Europa	4	NR	R	NR	R	NR	2	3
Larice	3	NR	R	NR	R	NR	2	3
Pino silvestre	3-4	NR	R	NR	R	NR	1	3
Castagno	2	R	NR	NR	NR	NR	2	4
Cerro	4	R	NR	NR	NR	NR	1	1
Rovere	2	R	NR	NR	NR	NR	1	4

<sup>15</sup> X = presente dappertutto in Europa; L = limitato ad alcune zone.

<sup>16</sup> Progettare la durabilità : ORGANISMI XILOFAGI E METODI PRESERVANTI, dal convegno Sicurezza e comfort nelle abitazioni con strutture di legno, a cura della D.essa Gambetta, CNR, Verona, 16 giugno 2001.

<sup>17</sup> NR = non resistente, R = resistente [classificazione della durabilità nei confronti degli attacchi degli insetti (coleotteri) – UNI EN 350/1].

<sup>18</sup> 1-4 da impregnabile a non impregnabile [classificazione dell'impregnabilità del legno – UNI EN 350/1].

## Accorgimenti tecnici

Ogni qualvolta si provvede ad eseguire una costruzione occorre prestare molta attenzione ai particolari progettati, nel caso di una struttura in legno quest'ultimi possono condizionare la resa finale non solo dal punto di vista estetico e del comfort ambientale ma anche in merito all'involucro strutturale.

Questa condizione di partenza implica che quando si progetta una casa in legno occorre informarsi sul contesto nel quale inserire l'abitazione, tenendo in adeguato conto le forze impresse dall'azione climatica locale e la loro persistenza (aria=vento, acqua=pioggia e umidità).

La tenuta all'aria e all'acqua sono aspetti di progettazione essenziali, la loro compromissione comporta un drastico calo dell'apporto termo-igrometrico e la conseguente alterazione del materiale. L'azione sul legno si manifesta in ragione del tempo e del livello di esposizione, al punto che l'Eurocodice 5<sup>19</sup> (EN 1995 1-1) ha ritenuto indispensabile relazionare tra loro le classi di servizio con quelle d'uso<sup>20</sup>.

Dal raffronto emergono almeno cinque situazioni pratiche:

1. Legno protetto e non soggetto a intemperie (asciutto); tale solamente se esposto ad ambienti con temperatura di 20°C ed una umidità relativa dell'aria circostante minore del 65%;
  - a. In queste condizioni l'umidità del legno può essere contenuta entro il 18% e non si prevedono casi di attacco imminenti e particolarmente aggressivi.
    - i. Questa condizione può riguardare tetti riscaldati, piani intermedi, muri di legno intelaiati esterni e interni (...adeguatamente protetti).
2. Legno protetto e occasionalmente soggetto a intemperie (bagnatura); tale se rientrante nella classe di servizio 2, esposto a temperatura costante di 20°C e ad un tasso di umidità che non supera l'85%;
  - a. In queste condizioni l'umidità del legno raggiunge occasionalmente il 20% e può andare incontro ad alcune alterazioni. Il legno si trova prossimo alla fonte che origina il degrado e l'azione perturbante proviene da errori di progettazione e di posa.
    - i. Questa condizione si avverte nel caso di tetti non riscaldati, piani terra, muri intelaiati esterni, manufatti esterni protetti dal bagnato diretto.
3. Legno non protetto o a contatto con il terreno, soggetto a intemperie (bagnato); tale se appartiene alla classe di servizio 3, esposto ad un tasso di umidità molto elevato;
  - a. In queste condizioni l'umidità del legno tende a mantenersi frequentemente intorno al 20%. L'aggressione è continua, mettendo a dura prova anche specie legnose più resistenti. Il legno tende a degradarsi anche se non è a diretto contatto con la fonte.
    - i. Questa condizione si manifesta abitualmente nel caso di manufatti esterni totalmente esposti anche se non in continuo contatto con il terreno.

<sup>19</sup> Tabella 4.1, Capitolo 4, Durabilità, Guida all'Eurocodice 5. Progettazione delle strutture in legno, collana a cura di H. Gulvanessian, EPC editore, 2014.

<sup>20</sup> Le classi d'uso sono le classi di rischio per il legno strutturale, definite nella UNI EN 335-1.

4. Legno a contatto con terreno o acqua dolce, in modo costante (bagnato); tale se esposto di continuo ad umidità elevata (classe di servizio 3);
- a. In queste condizioni l'umidità del legno raggiunge e supera abitualmente il 20%. L'attacco del legno si manifesta soprattutto se posto al di sopra del livello dell'acqua, mentre si riduce enormemente al di sotto di esso.
    - i. Questa condizione appartiene a strutture sui fiumi, pali di sostegno delle banchine nel terreno.
5. Legno esposto costantemente ad acqua salata (bagnato); tale se riconducibile all'ultima classe di servizio.
- a. In queste condizioni l'umidità del legno supera abitualmente il 20%. L'attacco del legno dipende dalla sua posizione. L'umidità e il contatto all'aria al di sopra del livello d'acqua generano un ambiente ideale per l'attacco biologico.
    - i. Questa condizione appartiene a strutture marine, moli, banchine.

Tutte queste considerazioni impongono alcuni accorgimenti utili.

#### *Attacco di parete a terra*

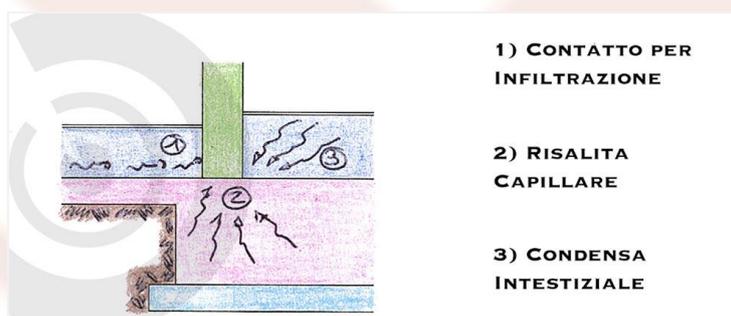
Come accennato prima ogni punto di collegamento a terra di una struttura lignea risente dell'umidità presente nel terreno. Questo aspetto assume consistenza ogni volta che occorre progettare e realizzare un impianto di fondazione che faccia al caso nostro.

Nel ramo delle costruzioni si tende sempre a far convergere tecnologia con valore dell'opera, ne consegue che al fine di impiegare una tecnologia come quella del legno - leggera ma anche di immediata fabbricazione tramite parti pre-assemblate – può risultare opportuno associarvi fondazioni superficiali eseguibili in tempi contenuti.

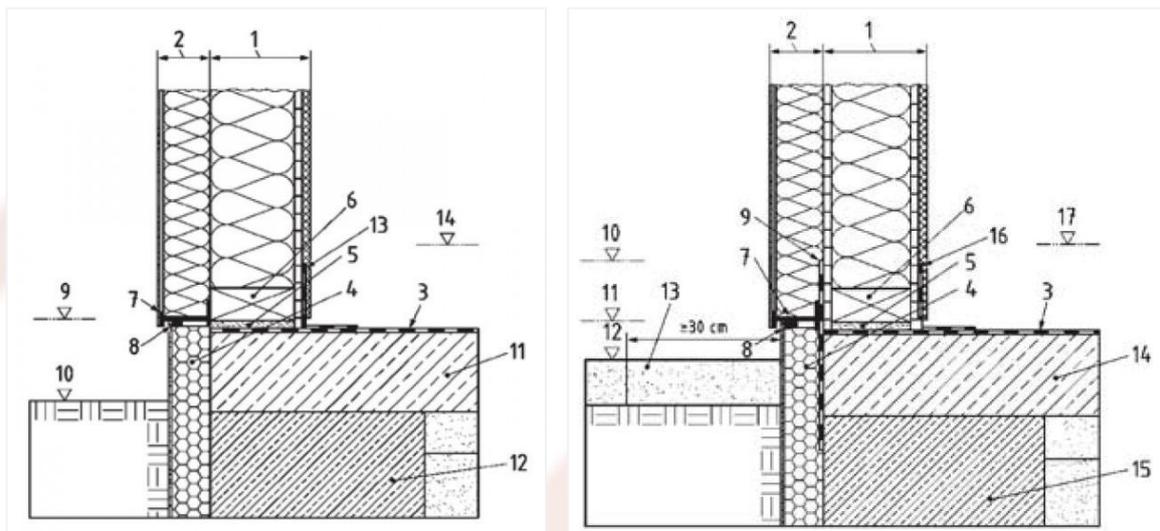
La fondazione a platea è quella maggiormente impiegata, ma la sua scelta esige anche degli accorgimenti maggiori. Il motivo di fondo risiede in almeno due aspetti: in primo luogo un solaio di piano terra realizzato in modo semplicistico può risentire direttamente dell'umidità; in secondo luogo si tende erroneamente ad allineare il piano di campagna con quello del piano terra.

Entrambi questi aspetti possono condizionare l'intero fabbricato, rendendo inefficace ogni altro accorgimento preso in fase progettuale. Per ovviare al danno che possono cagionare i due aspetti può risultare utile aggregare nel primo caso una intercapedine per l'aerazione, nel secondo invece un rialzo o cordolo in cls armato.

La giusta posa degli elementi di contorno assume altrettanta importanza. Ne consegue che dopo aver considerato come smorzare e allontanare l'umidità e l'acqua di ristagno si deve scegliere con la dovuta cura la guaina da applicare sulle superfici.



[da woodlab.info, schema 10]



- 1- parete esterna con soglia sporgente rispetto alla fondazione con isolante termico<sup>21</sup>;  
 2- parete meno sporgente e con letto di ghiaia sulla facciata esterna<sup>22</sup>.

Segue un esempio di fondazione a platea provvista di elementi igloo<sup>23</sup>. La logica costruttiva deve poter garantire alla fondazione di allontanare la presenza di umidità, staccandosi dal terreno e favorendo una circolazione d'aria che ne abbassi la percentuale. L'intercapedine può fornire un contributo utile all'efficiamento energetico.



La modalità di attacco deve assicurare le stesse condizioni appena esposte anche nel qual caso la tecnica selezionata implichi l'uso di pareti massicce (elementi lineari o piani). L'attacco deve conformarsi agli stessi problemi legati all'umidità, inoltre può rivelarsi indispensabile un cordolo in cls armato (zoccolo) nel caso in cui l'attacco dei pannelli al supporto inferiore avviene per mezzo di una lamiera d'acciaio (vedi figura successiva<sup>24</sup>).

L'esempio proposto considera l'uso di un XLam a 5 strati ancorato a terra in due possibili modi, attraverso una lamiera oppure attraverso un angolare d'acciaio.

Nella figura è proposto solamente l'attacco, ai lati occorre sempre considerare l'aggiunta di uno strato isolante continuo e una quota di campagna più bassa di quella di attacco della parete.

<sup>21</sup> 1-struttura portante; 2-isolante termico stratificato; 3-guaina contro umidità di risalita; 4-isolamento perimetrale; 5-iniezione cementizia livellante; 6-cordolo di legno duro (essiccato contro attacchi); 7-profilo di sostegno isolante; 8-guarnizione di sigillatura dei giunti; 9-soglia di almeno 15 cm sopra livello del suolo esterno; 10-livello suolo esterno; 11-piattaforma; 12-fondamenta; 13-guaina a tenuta stagna e contro umidità di risalita; 14-livello pavimento finito.

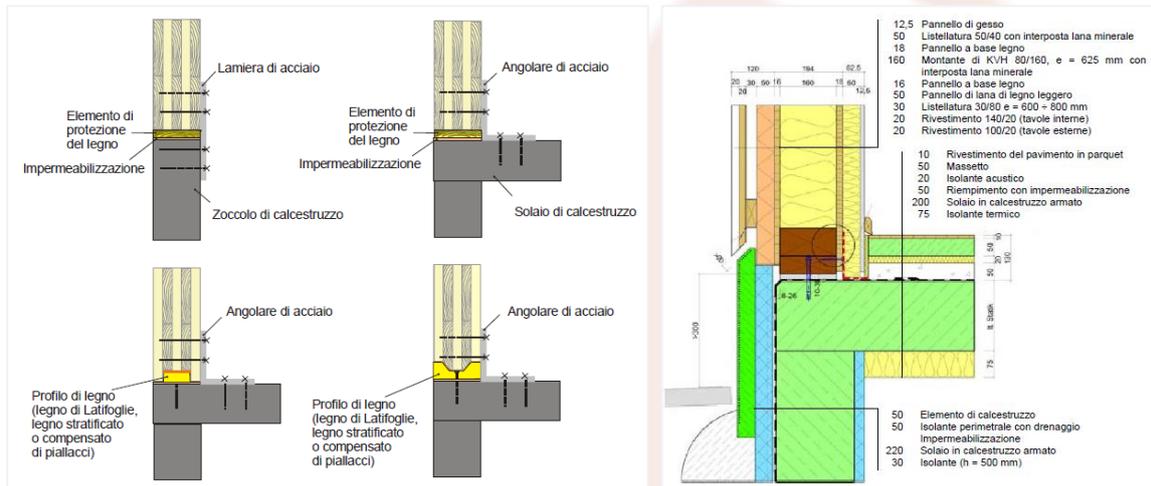
<sup>22</sup> In particolare: 9-guaina di sigillatura verticale; 10-livello di sigillatura della guaina allo stato finale (>15 cm); 11-lato inferiore del cordolo duro (ad almeno 5 cm sopra livello pavimentazione esterna); 12-livello del suolo esterno; 13-letto di ghiaia.

<sup>23</sup> Immagini prese da internet, rispettivamente da moriscostruzioni.com e da casaecosostenibile.com.

<sup>24</sup> 1.4.4. Dettagli costruttivi tipo, Costruzioni di edifici di legno, corso base promo\_legno.

L'immagine di fianco alla prima riproduce un possibile attacco di parete leggera (a telaio in legno) ad un piano interrato, quest'ultimo realizzato in cls armato. La parete è del tipo ventilata, ovvero presenta sulla faccia esterna una camera di ventilazione che sfrutta il flusso ascensionale dell'aria per allontanare il calore estivo.

Sul fianco esterno della parete è possibile intravedere il dislivello che dev'essere mantenuto tra la pavimentazione esterna e l'attacco del cordolo di legno duro, la figura ripropone una dimensione minima di 30 cm.

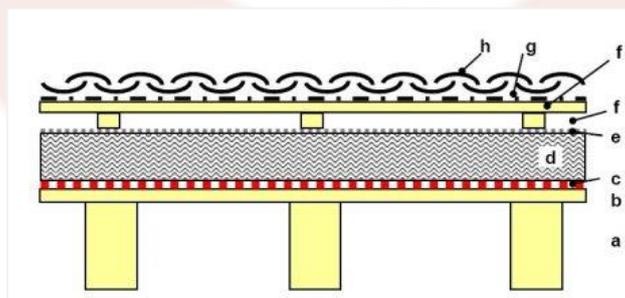


### Attacco di parete in copertura

Secondo alcuni testi il manto di copertura di una struttura in legno deve poter esibire un andamento ed una inclinazione sufficiente, in breve deve essere a falde inclinate e di sufficiente estensione lineare. Il motivo di questa scelta risiede in una ben precisa logica costruttiva, che consiste nell'allontanare l'acqua piovana e nel contempo usufruire del movimento d'aria ascensionale (effetto Venturi).

L'inclinazione e l'intercapedine a diretto contatto con l'aria esterna offrono prestazioni garantite durante l'intero anno solare. L'acqua piovana viene allontanata e raccolta tramite gronde e canali senza che questa ristagni in nessun punto. La camera di ventilazione aiuta a mantenere asciutta la superficie in cui può manifestarsi condensa interstiziale.

Questi aspetti sono stati ampiamente trattati e hanno condotto, soprattutto negli ultimi tempi, alla stesura di alcuni testi di approfondimento. Da una ricerca su internet è emerso in particolare un esempio<sup>25</sup> di stratigrafia per coperture inclinate.



[da ingegneria365.wordpress.com]

<sup>25</sup> Tetto caldo ventilato: h) tegole; g) telo impermeabile; f) tavolato e intercapedine; e) telo permeabile al vapore e riflettente; d) strato isolante; c) freno al vapore; b) tavolato; a) travatura a vista.

La logica costruttiva dell'esempio raffigurato consente di preservare entro limiti accettabili il mantenimento delle prestazioni energetiche richieste ad un edificio convenzionale, occorre però prestare sempre attenzione alle condizioni ambientali del sito.

Nel caso esposto la logica funzionale è ritenuta efficace in quanto il tetto caldo consente di spostare lo strato isolante nel punto più esterno della stratigrafia, in questo modo la struttura mantiene una temperatura più elevata.

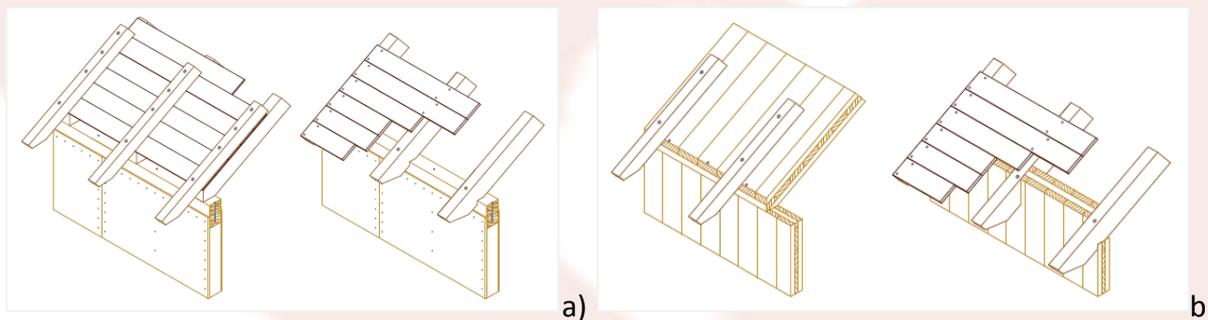
L'esempio confida poi anche nel freno al vapore posto al di sopra del primo tavolato, capace di equilibrare l'apporto igrometrico dell'ambiente, e nel telo posto nell'intercapedine. Quest'ultimo regola insieme al flusso d'aria la formazione di condensa. La sua capacità riflettente migliora la prestazione estiva.

Detto ciò nulla vieta l'uso consapevole di una tecnologia capace di orientare diversamente il piano di solaio, preservando o garantendo le stesse prestazioni. Attualmente quest'ultima scelta progettuale non ha ancora maturato alternative valide.

Altro aspetto concatenativo e di tutt'altra prassi progettuale interessa il punto di congiunzione della parete alla copertura. La logica costruttiva in legno esige l'impiego di alcuni accorgimenti, trattati qui di seguito.

- La tecnologia prefabbricata facilita le operazioni di cantiere ma richiede precisione, i particolari di dettaglio e d'incastro devono essere progettati entro valori di tolleranza molto risicati;
- La scelta dei materiali e della stratigrafia che si decide di impiegare in parete e in copertura deve avvenire in modo simbiotico, gli accorgimenti tecnici devono poter essere scelti migliorando o correggendo i limiti esecutivi di ogni parte costruttiva.
- Può rivelarsi utile avvalersi di stratigrafie sviluppate da un'unica casa produttrice.

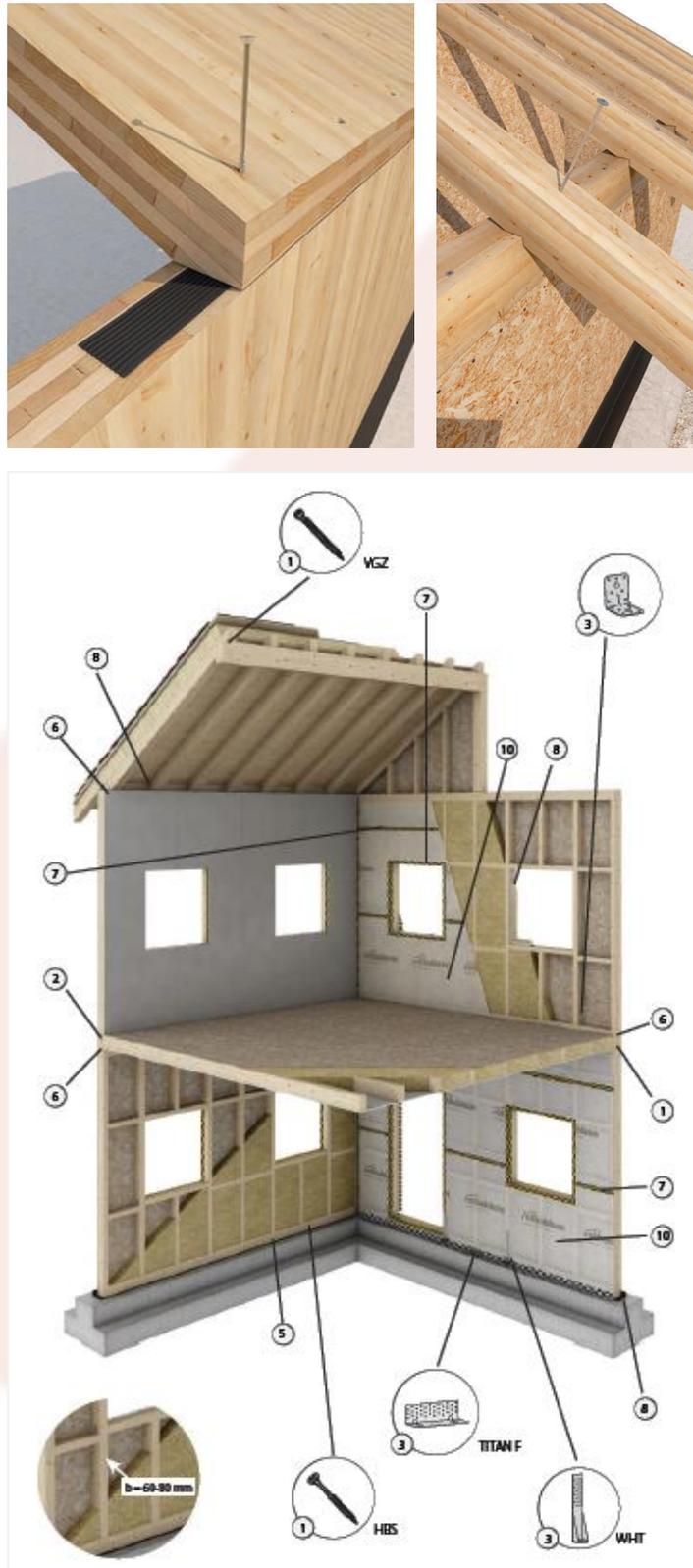
L'attacco della parete alla copertura confida sempre nella scelta del sistema tecnologico impiegato. Varia a seconda che si decida di utilizzare un sistema ad ossatura portante, a telaio, massiccio (Block Bau) o con compensato di tavole (XLam)<sup>26</sup>.



A seconda della scelta tecnologica cambia il sistema di supporto strutturale e di irrigidimento. Ne consegue che anche le modalità di giuntare insieme le parti va ricondotta a specifiche metodologie. In genere ci si affida a incastri in legno nel caso di sistemi massicci, di connettori meccanici (a gambo cilindrico, angolari) nel caso di sistemi a telaio o con compensato di tavole e giunti metallici a scarpa oppure a scomparsa nel caso di strutture ad ossatura portante.

<sup>26</sup> Le immagini sono state tratte dalla dispensa FLA intitolata "Edifici in legno, catalogo di particolari costruttivi": a) sistema a telaio; b) sistema XLam.

Nelle immagini seguenti rendo più facile la comprensione delle figure precedenti, i particolari servono da esempio ma sono anche riconducibili ai manuali di alcune aziende costruttrici<sup>27</sup>.



<sup>27</sup> Esempi estratti dai cataloghi Rothoblaas intitolati “Guida per edifici in XLam” e “Guida per Timber Frame”, consultabili o scaricabili [\[pagina sito\]](#).

Riporto di seguito alcuni termini impiegati nel settore della carpenteria del legno e che possono tornare utili. La fonte di provenienza appartiene ad un sito della wüth<sup>28</sup>:

### Termini e definizioni

Secondo la norma vengono adottati i termini e le definizioni seguenti:

- **Membrana traspirante e altamente traspirante:** elemento impermeabile di tenuta al vento, avente la funzione di consentire il convogliamento di acqua meteorica proveniente da rotture, dislocazioni accidentali degli elementi di tenuta o formazioni di condense accidentali sottotegola, verso i dispositivi di raccolta e smaltimento. Deve consentire la diffusione immediata del vapore acqueo proveniente dagli elementi sottostanti. Non può sostituire l'elemento di tenuta in quanto tale.
- **Schermo freno vapore:** elemento impermeabile di tenuta all'aria avente la funzione di limitare il passaggio di vapore acqueo per evitare l'insorgere di fenomeni di condensa all'interno dei pacchetti di copertura.
- **Schermo barriera vapore:** elemento impermeabile di tenuta all'aria avente la funzione di limitare fortemente il passaggio del vapore acqueo per controllare il fenomeno della condensa all'interno dei pacchetti di copertura.
- **Schermo e membrana traspirante (SMT):** schermo e membrana traspirante di tipo sintetico in conformità alla UNI EN 13984, UNI EN 13859-1 e UNI EN 13859-2
- **Tenuta all'aria:** capacità di uno schermo al vapore di limitare il passaggio incontrollato di aria verso gli strati esterni della copertura per proteggere i materiali (isolanti) dalla fuoriuscita di aria e vapore acqueo con conseguente probabile formazione di condensa.
- **Tenuta al vento:** capacità di un materiale di limitare il passaggio incondizionato di vento per proteggere la struttura sul lato esterno (sottotegola) contro l'ingresso di correnti fredde d'inverno o calde d'estate ad esempio attraverso la camera di ventilazione del pacchetto di copertura.
- **Traspirabilità degli SMT:** capacità degli schermi e membrane traspiranti di lasciarsi attraversare da vapore acqueo in modo controllato. La traspirabilità è espressa tramite il valore Sd che indica lo strato d'aria equivalente espresso in metri, che oppone la stessa resistenza al passaggio di vapore del materiale. Maggiore sarà il valore Sd, minore risulterà la traspirabilità del prodotto considerato.

### Classificazione SMT

Gli SMT sono classificati in base alla loro traspirabilità, alla resistenza meccanica ed alla massa areica.

#### Traspirabilità

La trasmissione del vapore acqueo degli SMT e, di conseguenza, la loro funzione viene identificata dal valore Sd (strato d'aria equivalente).

**Le membrane:** si distinguono in altamente traspiranti ( $Sd \leq 0,1$  m) e traspiranti ( $0,1$  m  $Sd \leq 0,3$  m). La loro funzione è quella di smaltire velocemente il vapore e l'umidità presenti sulla superficie esterna dell'isolante termico tramite la camera di ventilazione, proteggere dal vento e costituire uno strato impermeabile sotto la copertura.

Vengono applicate sul lato freddo, a diretto contatto con l'isolante.



**Gli schermi:** si distinguono in freni al vapore ( $2$  m  $Sd \leq 20$  m) e barriere al vapore ( $Sd \geq 100$  m). La loro funzione è quella di regolare o impedire la diffusione del vapore acqueo attraverso l'isolante termico per mantenerlo asciutto ed efficiente nel tempo e garantire la tenuta all'aria evitando, così, perdite energetiche.

Vengono applicati sul lato caldo, sotto all'isolante termico, sul tavolato in legno.



Classificazione degli SMT in funzione delle loro proprietà di trasmissione del vapore acqueo:

- |                                   |                           |
|-----------------------------------|---------------------------|
| • Membrane altamente traspiranti: | $Sd \leq 0,1$ m           |
| • Membrane traspiranti:           | $0,1$ m $< Sd \leq 0,3$ m |
| • Schermi freno vapore:           | $2$ m $< Sd \leq 20$ m    |
| • Schermi barriere vapore:        | $Sd \geq 100$ m           |

Come ricordato in precedenza la scelta dei materiali dipende sempre dalle condizioni climatiche di zona. Ciò vale di più in considerazione del grado di umidità del legno in rapporto poi all'uso a cui sono destinati gli ambienti abitati.

BigMat<sup>29</sup> ha recentemente pubblicato un quaderno tecnico sui tetti in legno<sup>30</sup>, nel quale pone in relazione i suddetti aspetti.

<sup>28</sup> La fonte di provenienza è raggiungibile cliccando su [link](#).

<sup>29</sup> Gruppo europeo di distributori indipendenti di materiali edili.

<sup>30</sup> Quaderno n.7 della collana "I quaderni tecnici BigMat", Tetti in legno, scaricabile in formato elettronico da uno dei siti del Gruppo ([www.bigmat.it](http://www.bigmat.it)).

La tabella che ne è scaturita (vedi figura successiva) riporta in sintesi il tipo di membrane e di schermi che si ritiene opportuno impiegare al variare della destinazione d'uso e della classe di rischio biologico del legno (UNI EN 335-1)<sup>31</sup>.

Classe di umidità	Edificio (esempi)	Sotto il coibente	Sopra il coibente
Classe 1	Magazzini	Schermo freno al vapore $S_d \geq 2 \text{ m}$	Membrana traspirante $S_d \leq 0,3 \text{ m}$
Classe 2	Uffici, negozi	Schermo freno al vapore $S_d \geq 2 \text{ m}$	Membrana traspirante $S_d \leq 0,3 \text{ m}$
Classe 3	Alloggi con basso indice di affollamento	Schermo freno al vapore $S_d \geq 2 \text{ m}$	Membrana traspirante $S_d \leq 0,3 \text{ m}$
Classe 4	Alloggi con alto indice di affollamento, palestre, cantine; edifici riscaldati con sistemi a gas senza camino	Schermo barriera al vapore $S_d \geq 100 \text{ m}$	Membrana traspirante $S_d \leq 0,3 \text{ m}$
Classe 5	Edifici speciali (lavanderie, distillerie, piscine)	Schermo barriera al vapore con valore $S_d$ da verificare secondo UNI EN ISO13788	Membrana traspirante $S_d \leq 0,3 \text{ m}$

Dalla tabella si evince chiaramente che a differenti ambienti corrispondono differenti abbinamenti tra membrane e schermi. Questi abbinamenti consentono di aggregare le guaine in modo tale che l'umidità fluisca dall'interno verso l'esterno in modo graduale.

La capacità di regolare l'apporto di umidità racchiude in se una funzione necessaria, ovvero ridurre il salto nello schema igrometrico di coperture e pareti. Questa condizione se non fosse mediata dalle guaine creerebbe le condizioni ideali per la formazione di condensa sia sulle facce degli strati interposti sia nei nodi della struttura (nei punti di attacco della parete alla copertura).

Detto ciò dalla tabella non emergono in modo esaustivo gli effetti benefici prodotti dalle guaine per mezzo della loro capacità di mediare il flusso di uscita di vapore acqueo.

Se mi soffermo su questi effetti benefici riconosco che l'abbinamento delle guaine consente indirettamente di:

1. preservare a lungo il grado di umidità riservato al legno;
2. gestire la fonte emittente di nuova umidità nell'ambiente (le persone).

Esaminando le rispettive voci numerate riconosco che l'uso combinato delle guaine può conferire ai supporti in legno un incremento o decremento dell'umidità stabilita in fase progettuale. Se ciò avvenisse il sistema costruttivo ne sarebbe compromesso. Inoltre un cambio nella fonte emittente potrebbe cambiare il tasso di umidità interno e sulle facce delle pareti degli ambienti e questo si riverserebbe sulla struttura in modo significativo e degenerativo.

In ultima analisi il loro posizionamento secondo tabella è da ritenersi giusto in quanto l'umidità tende ad oltrepassare gli strati in ordine crescente man mano che si approssima alla camera di ventilazione (dall'interno all'esterno).

<sup>31</sup> vedi pagina 9.

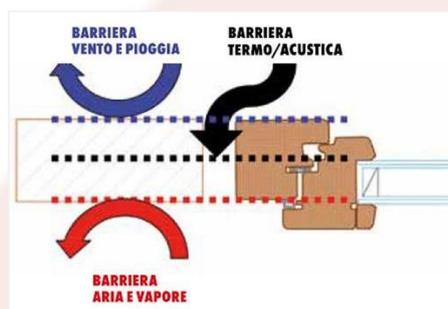
### Attacco di infisso a parete

Le parti dell'edificio destinate agli infissi, sia per illuminare sia per il ricambio d'aria, devono poter essere montati con gli stessi accorgimenti che occorre osservare per le parti cieche.

La loro tenuta all'aria e all'acqua serve soprattutto ad un duplice scopo, preservare ogni strato delle parti che costituiscono l'edificio da infiltrazioni e contenere entro valori accettabili la dispersione termica. Inoltre la giunta posa degli infissi consente di eliminare i ponti termici.

Da un esame stratigrafico del punto di attacco parete-infisso emerge che è possibile tracciare una linea di demarcazione fittizia tra la zona che deve preservare le condizioni ambientali interne e quella capace di fronteggiare le condizioni climatiche esterne.

Queste due rispettive parti (vedi figura<sup>32</sup>) convergono in un unico corpo di attacco alla parete cieca e la loro valutazione richiede distinti accorgimenti.



Stando a quanto emerge dall'immagine e dai contenuti di dispensa della würrth ogni punto di attacco dell'infisso alla parete deve poter avvenire conformemente alla scelta e all'impiego di opportuni giunti di installazione. Questi devono essere progettati sulla base del metodo di isolamento e di sigillatura ricondotto al caso pratico, su tre piani funzionali:

- piano di tenuta agli agenti atmosferici;
- piano di permeabilità all'aria interna dell'edificio;
- piano di isolamento termo-acustico e di fissaggio meccanico.

Il rispetto dei suddetti piani funzionali è una condizione indispensabile secondo la normativa vigente<sup>33</sup> e deve sempre avvenire nei confronti del giunto primario (interfaccia muro/controltelaio) e secondario (interfaccia controltelaio/serramento).

In questa elencazione di termini si ricorda che appartiene soprattutto al contesto italiano l'uso del controltelaio<sup>34</sup>. Questo elemento può rivelarsi utile nella costruzione convenzionale dell'infisso ma presenta sempre un ulteriore svantaggio, ovvero può creare un ulteriore punto in cui convergono perdita di calore e mancata tenuta all'aria e all'acqua.

Per quest'ultima ragione si dimostra sempre necessaria una adeguata scelta di materiali nei giunti e una perfetta posa degli stessi. In caso contrario anche l'infisso con elevate prestazioni si rivelerebbe inevitabilmente compromesso e quindi incapace di assolvere il suo compito.

<sup>32</sup> La figura è stata tratta da una dispensa della würrth intitolata "Posa in opera serramenti". La dispensa si avvale dei contenuti prescrittivi della norma UNI 11673-1:2017 "Posa in opera dei serramenti – Parte 1".

<sup>33</sup> UNI EN 11673-1:2017 – Parte 1: requisiti e criteri di verifica della progettazione.

<sup>34</sup> Il controltelaio, detto anche falso telaio o opera morta, è un elemento che rifinisce l'opera muraria prima dell'installazione delle finestre. La sua presenza rende più agevole l'incasso del telaio dell'infisso.

In conseguenza di ciò la würrth ha stabilito che nel qual caso si impiega il controtelaio quest'ultimo deve prevedere dei giunti tra serramento e parete muraria che siano in grado di garantire nel contempo:

- I. un adeguato fissaggio al muro;
- II. un ottimo fissaggio del serramento;
- III. una buona tenuta termica senza creare ponti termici;
- IV. una buona tenuta acustica;
- V. una perfetta integrazione nel contesto circostante.

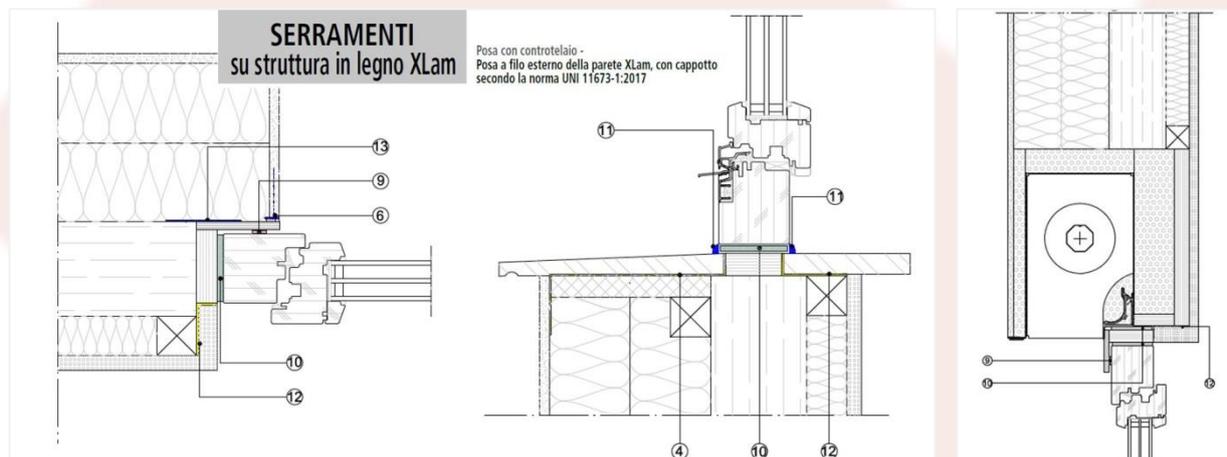
L'ultimo punto richiama l'attenzione anche sul fronte del contesto ambientale, infatti ogni infisso deve poter fronteggiare gli agenti climatici specifici di zona.

Si può inoltre, in ultima battuta, concludere che i moderni controtelai sono pensati e prodotti di materiale a bassa conducibilità termica. Quelli da ritenersi migliori sono del tipo Pvc/legno, Legno/Legno oppure Eps/Legno.

Proseguendo oltre occorre precisare che ogni qual volta si deve procedere alla scelta dei materiali e dei dispositivi di apertura occorre sempre attenersi ad una buona base progettuale (dimensioni, collocazione e orientamento) e si rivela sempre indispensabile seguire la scheda tecnica e le istruzioni di montaggio fornite dal costruttore dei serramenti<sup>35</sup>.

Una volta effettuate tutte le operazioni intermedie (scelta materiali, progettazione, verifica) si procede all'esecuzione pratica, in questa parte si rivela necessario attingere informazioni dal complesso di dati che scaturiscono dal progetto e dalla pratica del serramentista.

La natura del tipo di infisso e di sistema costruttivo aggiungono al momento di posa le caratteristiche di fissaggio. Il risultato dell'azione consente di introdurre il particolare esposto qui di seguito<sup>36</sup>.

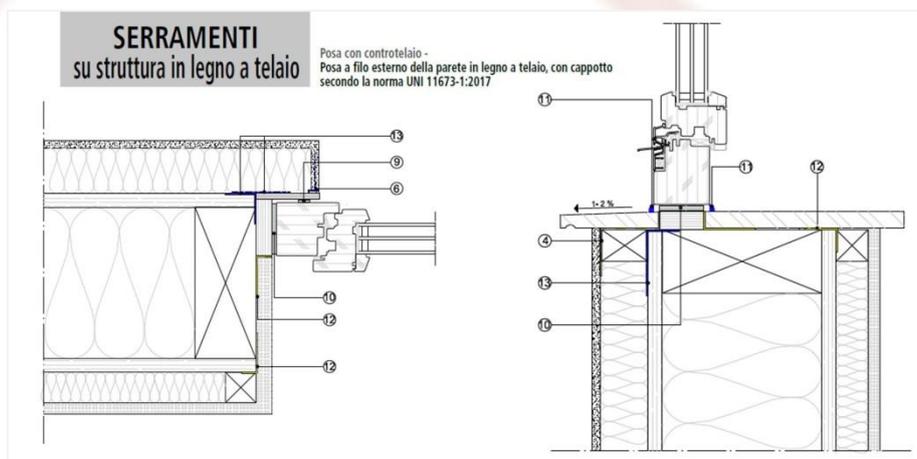


Il tipo di attacco raffigurato si riferisce ad una costruzione muraria in XLam. L'attacco avviene in linea con l'elemento di ossatura portante.

<sup>35</sup> Queste regole generali possono rivelarsi sufficienti nel caso che l'opera da realizzare riguardi una nuova costruzione. In caso di interventi su opere preesistenti si rivela necessario avvalersi di collaborazioni con altre figure. In questa circostanza occorre: - conoscere la tipologia e le dimensioni del vano murario; - verificare la presenza del controtelaio e la sua solidità; - verificare la struttura muraria [tratto da Guida pratica per l'installazione ed il montaggio di finestre e portefinestre, finestra-shop.com, 2015].

<sup>36</sup> Particolare estratto dal manuale tecnico serramenti della Riwega. Legenda: 4- nastro adesivo butilico; 6- profilo sigillante; 9-10 – guarnizione ad espansione; 11- MS polimero; 12-13- nastro adesivo acrilico.

In tutte le immagini è presente il controtelaio, di fatto questo elemento può anche essere eliminato. Nella figura seguente è raffigurato il caso di un infisso provvisto sempre di controtelaio e montato su una struttura platform frame.



La logica di attacco è mantenuta, l'infisso si aggancia al listello e ciò che differisce dal caso precedente è la presenza dell'isolante interposto tra i pannelli di irrigidimento.

Questa semplice condizione divergente consente però di riconoscere come in entrambi i casi l'attacco dell'infisso alla parete avviene sempre all'intradosso del cappotto. L'esito finale di questa considerazione permette di affermare che in tutti e due i casi si ottiene un profilo di temperatura<sup>37</sup> somigliante.

#### NOTA CONCLUSIVA

Quando arriva il momento di scegliere il componente-infisso torna utile rivolgersi a ditte specializzate, capaci di fornire informazioni sulla sua posa in relazione alla tipologia costruttiva che si intende utilizzare. Questa condizione si rivela molte volte indispensabile in quanto le conoscenze sul legno strutturale possono essere omesse dalle ditte.

Un modo corretto di intervenire consiste nel ricorrere a siti specializzati, capaci di fornire ottime informazioni sui materiali e sui manuali di posa del componente. Il sito ufficiale di queste ditte permette di trarre maggiori conoscenze anche sui partners. Quest'ultimi si rivelano necessari nel caso in cui si intende realizzare l'intero corpo di opere in legno (struttura e componenti).

<sup>37</sup> Questo profilo esprime l'insieme di isoterme (curve di collegamento di tutti i punti che si trovano alla stessa temperatura) che è possibile attribuire ad una sezione di telaio.

## Bibliografia

- G. Giordano, *Tecnica delle costruzioni in legno*, edizione Hoepli, quinta edizione, 2003;
- *Progettare la durabilità : ORGANISMI XILOFAGI E METODI PRESERVANTI*, dal convegno Sicurezza e comfort nelle abitazioni con strutture di legno, a cura della D.essa Gambetta, CNR, Verona, 16 giugno 2001;
- J. Porteous, P. Ross, *Guida all'Eurocodice 5. Progettazione delle strutture in legno*, collana a cura di H. Gulvanessian, EPC editore, 2014;
- A. Merotto, *Danni e difetti delle costruzioni in legno. Diagnosi, punti critici, soluzioni*, collana quaderni di patologia edilizia, Maggioli editore, 2017;
- G. Schickhofer, A. Bernasconi, G. Traetta, *Costruzione di edifici di legno*, corso base – l'uso del legno nelle costruzioni promo\_legno; [\[pdf\]](#)
- FederLegnoArredo (FLA), Assolegno, *Edifici in legno. Catalogo di particolari costruttivi*; [\[pdf\]](#)

## Testi consultabili

- R. Tomasi, *Connessioni e collegamenti: principi ed applicazioni*, corso di approfondimento – edifici in legno in XLam promo\_legno; [\[pdf\]](#)
- M. Andreolli, *Esempio di progettazione di un tetto. Disegno e documentazione per l'esecuzione*, corso di approfondimento – tetti e coperture di legno promo\_legno; [\[pdf\]](#)
- ANIT, *Progettazione igrotermica delle coperture*, manuale di approfondimento tecnico, marzo 2017;
- BigMat, quaderno n.7, *Tetti in legno*, collana "I quaderni tecnici BigMat", 2018?; [\[pdf\]](#)
- Würth, *Posa in opera serramenti*, dispensa 2017?; [\[pdf\]](#)
- Riwega, manuale tecnico serramenti, 2017; [\[pdf\]](#)

## altro

- dataholz.eu, scelta dei componenti di parete in legno esterna > [pagina sito](#)
- dataholz.eu, scelta dei componenti di parete in legno interna > [pagina sito](#)
- rothoblaas.it, cataloghi edifici in legno > [pagina sito](#)
- fs.wuerth.it, carpenteria metallica strutture in legno > [pagina sito](#)