



CERTIFICAZIONE DELLA PROFESSIONE DEL CARPENTIERE

UNI 11742 "Attività professionali non regolamentate - Carpentiere di
elementi e strutture di legno - Requisiti di conoscenza, abilità,
competenza"

INDICE

1	LA FIGURA DEL CARPENTIERE: NORMATIVA	2
1.1	LE FIGURE PREVISTE	2
1.2	CERTIFICAZIONE DELLA PROFESSIONE: REQUISITI DI ACCESSO	2
2	IL MATERIALE LEGNO: WOOD AND TIMBER.....	5
2.1	IGROSCOPICITÀ	7
2.2	RITIRI E DEFORMAZIONI	9
2.3	CLASSI DI DURABILITÀ.....	14
2.3.1	UMIDITÀ, CLASSI DI SERVIZIO E CLASSI DI UTILIZZO	16
2.3.2	CLASSI DI UTILIZZO E CLASSI DI DURABILITÀ.....	19
2.4	LEGNO MASSICCIO AD USO STRUTTURALE	21
2.5	REGOLE DI CLASSIFICAZIONE	22
2.6	SCELTA DEL METODO DI CLASSIFICAZIONE DA UTILIZZARE	23
2.6.1	NORMA UNI 11035-1/2.....	25
2.6.2	NORMA DIN 4074-1	27
2.6.3	NORMA DIN 4074-5	28
2.6.4	ESEMPI – MISURAZIONE DEI DIFETTI	29
3	PRODOTTI STRUTTURALI A BASE LEGNO	35
3.1	PRODOTTI IN LEGNO MASSICCIO	36
3.2	PERLINATO AD USO STRUTTURALE	38
3.3	LEGNO LAMELLARE (GLT) E LEGNO MASSICCIO INCOLLATO (GST)	38
3.4	ELEMENTI IN LEGNO MASSICCIO GIUNTATI A TUTTA SEZIONE (“KVH”)	39
3.5	COMPENSATO DI TAVOLE (CLT o XLAM)	40
3.6	DOCUMENTAZIONE ACCOMPAGNATORIA.....	42
3.6.1	LA FIGURA DEL COSTRUTTORE	43
4	SICUREZZA IN CANTIERE: BUONE PRASSI.....	47
4.1	CARATTERISTICHE DEI CANTIERI	48
4.2	OBBLIGHI: SINTESI	49
4.2.1	OBBLIGHI DEL DATORE DI LAVORO	49
4.2.2	OBBLIGHI DEI LAVORATORI	49
4.3	PIANO DI MONTAGGIO E DI TRASPORTO.....	50
4.3.1	PIANO DI MONTAGGIO E SICUREZZA	50
4.4	IL TRASPORTO.....	51
4.4.1	ANCORAGGIO PER IL TRASPORTO	52
4.4.2	SISTEMI DI TRASPORTO	52
4.5	IMPIANTO DI CANTIERE	57
4.5.1	ACCESSI	57
4.5.2	STOCCAGGIO INTERMEDIO, SUPERFICI DI APPOGGIO	57
4.5.3	MEZZI DI SOLLEVAMENTO	58
4.6	LA MOVIMENTAZIONE IN CANTIERE DEGLI ELEMENTI PREFABBRICATI	60

4.6.1	BILANCINI E ALTRI MEZZI COMUNI PER MOVIMENTAZIONE	62
4.6.2	TIRANTI	67
4.6.3	ACCESSORI DI SOLLEVAMENTO	72
4.7	MONTAGGIO E ISTRUZIONI PER IL LAVORO	81
4.7.1	GRU	81
4.7.2	MESSA IN SICUREZZA DEI PREFABBRICATI DURANTE L'IMBRACATURA.....	81
4.7.3	VIE DI CIRCOLAZIONE PER LE PERSONE.....	81
4.7.4	MISURE COLLETTIVE E INDIVIDUALI DI PROTEZIONE ANTICADUTA.....	82
5	CANTIERE: ORGANIZZAZIONE	85
5.1	GENERALITÀ	86
5.1.1	RECINZIONI DI CANTIERE	86
5.2	I SERVIZI DI CANTIERE	90
5.2.1	REALIZZAZIONE DEI SERVIZI DI CANTIERE	91
5.2.2	GESTIONE DELLE EMERGENZE.....	93
5.3	ZONE DI IMMAGAZZINAMENTO E LAVORAZIONE	97
5.4	COVID-19 E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA NEI CANTIERI	98
5.5	APPROVVIGIONAMENTI E OFFICINA PER RIPARAZIONE	102
5.6	VIABILITÀ DI CANTIERE.....	103
5.7	RILIEVO, TRACCIAMENTO E STRUMENTI DI MISURA.....	105
5.7.1	STRUMENTI PER MISURARE LE DISTANZE.....	105
5.7.2	TRACCIAMENTO PLANIMETRICO E ALTIMETRICO	116
5.8	CRONOPROGRAMMA & DIAGRAMMA DI GANTT	118
6	CANTIERE E LEGNO: APPROFONDIMENTI	121
6.1	UMIDITÀ E SITUAZIONI TRANSITORIE	122
6.2	SITUAZIONI TRANSITORIE IN CANTIERE.....	125
6.3	CANTIERE ED EVENTI ATMOSFERICI	126
6.3.1	PROCESSO DI REALIZZAZIONE E PREVENZIONE DEL DEGRADO BIOLOGICO	127
6.3.2	UMIDITÀ DEI PRODOTTI A BASE DI LEGNO E REALIZZAZIONE.....	130
6.3.3	LIVELLO DI PROTEZIONE DEL CANTIERE	130
6.4	PROTEZIONE CONTRO IL FUOCO: PANORAMICA SULLA REGOLAMENTAZIONE DI CANTIERE 132	
6.4.1	STUDI DI RIFERIMENTO	133
6.4.2	SICUREZZA AL FUOCO E COMPLESSITA' DELL'OPERA.....	135
6.5	CANTIERE E FUOCO	137
6.5.1	AZIONI PASSIVE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI INCENDIO.....	137
6.5.2	AZIONI ATTIVE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO	139
6.6	LAVORAZIONI IN CANTIERE E PERDITA DELLA CONFORMITÀ DEI PRODOTTI	142
6.7	TOLLERANZE DEI PRODOTTI A BASE LEGNO	143
6.8	TOLLERANZE DI MONTAGGIO DI ELEMENTI IN LEGNO	146

6.9	TOLLERANZE PER LE CONNESSIONI	148
7	NODI COSTRUTTIVI: CONCEZIONE E REALIZZAZIONI	151
7.1	PREMESSA	152
7.2	ATTACCO A TERRA	152
7.2.1	ESECUZIONE DELL'ATTACCO A TERRA	154
7.2.2	CONSIDERAZIONI PER LA MANUTENZIONE DELLA PARTE BASALE DELL'EDIFICIO....	157
7.3	ATTACCO SERRAMENTO	161
7.3.1	PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DEL DAVANZALE	162
7.3.2	STRATEGIA DI DIFESA PER L'ATTACCO SERRAMENTO	165
7.3.3	MESSA IN OPERA DEL DAVANZALE CON DUE SUPERFICI DRENANTI	165
7.3.4	IL RACCORDO CON LA FINESTRA	167
7.3.5	IL RACCORDO DEI PROFILI GUIDA PER TAPPARELLE E FRANGISOLE	167
7.3.6	CURA E MANUTENZIONE	168
7.4	ATTACCO BALCONE – PRINCIPI DI ESECUZIONE	171
7.4.1	LA CORRETTA CONCEZIONE DELLA STRUTTURA	172
7.4.2	PROTEZIONE DELLA STRUTTURA IN CORRISPONDENZA DEI FORI	173
7.4.3	PROTEGGERE IL PERIMETRO	174
7.4.4	POSA DEGLI ANCORAGGI AL PARAPETTO E GETTO DELLA SOLETTA	175
7.5	COPERTURE PIANE	178
7.5.1	TETTO PIANO “CALDO”	178
7.5.2	TETTO FREDDO	179
7.5.3	TETTO “INVERTITO”	179
7.5.4	LE REGOLE PER UNA CORRETTA REALIZZAZIONE DI UNA COPERTURA PIANA	180
7.6	SIGILLATURA DEI SANITARI	185
7.7	CAMINI E CANNE FUMARIE	186
7.7.1	DISTANZA DAI MATERIALI COMBUSTIBILI	187
7.7.2	TENUTA ALL'ARIA E IMPERMEABILIZZAZIONI	188
7.8	L'INVOLUCRO TERMICO	191
7.8.1	LA REGOLA DELLA CONTINUITÀ	191
7.8.2	DAL COMPONENTE AL DETTAGLIO COSTRUTTIVO.	195
7.8.3	BLOWER DOOR TEST	201
7.9	ACUSTICA: CENNI	207
8	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	211
8.1	PUBBLICAZIONI	212
8.2	NORME DI PRODOTTO	214
8.3	ADESIVI	214
8.4	CONNETTORI METALLICI	215
8.5	DURABILITÀ	215
8.6	NORME DI CLASSIFICAZIONE SECONDO LA RESISTENZA	215

8.7	PROGETTAZIONE	216
8.8	ALTRE.....	216

Introduzione a cura di Assolegno

In un contesto edile dove si registra un crescente interesse per l'edilizia in legno, sia residenziale che non residenziale, diviene importante per il settore industriale arrivare a definire un sistema normativo che possa essere effettivamente di supporto verso un'edilizia di qualità e che sappia allo stesso modo rispondere alle esigenze sia di una committenza privata che pubblica, sempre più attenta ai temi di sostenibilità ambientale e sicurezza abitativa.

Basta evidenziare che la quota delle nuove abitazioni in legno (esclusi ampliamenti) rappresentano nel 2018 il 7,1% del totale costruito, mentre tale percentuale nel 2014 si attestava nell'intorno del 6% (fonte: 4° Rapporto case ed Edifici in legno – Centro studi FederlegnoArredo Eventi SpA).

È inoltre chiaro che – in un'opera di ingegneria in legno - tutti gli elementi strutturali debbano essere vincolati tra loro, in linea con le richieste progettuali, al fine di realizzare opere corrette all'interno di un territorio, come quello italiano, caratterizzato da rischio sismico. Ingegneria, ma non solo: quando si procede alla cantierizzazione di opere con ossatura portante in legno è importante tenere conto delle peculiarità del materiale, che può essere soggetto ad azioni di degrado da parte di agenti (principalmente) biotici (funghi) che possono determinare manutenzioni straordinarie in relazione alla vita nominale prevista.

Per cercare quindi di evidenziare l'operato delle aziende specializzate nei lavori di bioedilizia, Assolegno, l'Associazione nazionale delle industrie di prima lavorazione e costruttori in legno, ha definito una norma di riferimento per assicurare che i soggetti che operano in cantiere siano provvisti degli adeguati requisiti di conoscenza, abilità e competenza. A tal proposito, infatti, a Aprile 2019 è stata pubblicata sul catalogo UNI, la norma UNI 11742 “Attività professionali non regolamentate – Carpentiere di elementi e strutture di legno - Requisiti di conoscenza, abilità, competenza”.

La presente pubblicazione – all'interno dei corsi organizzati da FederlegnoArredo – vuole fornire un utile supporto per la preparazione dei candidati al superamento dell'esame per l'ottenimento dei rispettivi “patentini” delle figure di carpentiere generico e carpentiere specializzato.

Angelo Marchetti

Consigliere Incaricato Gruppo Case ed
Edifici a struttura di legno

Paolo Subissati

Consigliere Gruppo Costruttori

1

La figura del carpentiere: normativa

1.1 LE FIGURE PREVISTE

La **legge 4 del 14 gennaio 2013** “*Disposizioni in materia di professioni non organizzate*” dà piena applicazione al **principio di sinergia** tra legislazione e normazione tecnica. In particolare, l’articolo 6 “*Autoregolamentazione volontaria*”, pur non rendendo obbligatorio il rispetto delle norme UNI, definisce quei principi e **criteri generali** che disciplinano l’**esercizio dell’attività professionale** che la norma tecnica di fatto garantisce.

In via semplicistica, secondo quanto disposto dalla stessa legge sopra richiamata e dalla Norma **UNI 11742**, il carpentiere per poter riconoscere la propria professionalità ha la necessità di coinvolgere un Organismo di parte terza che provvede ad accertare per i singoli candidati la sussistenza dei **requisiti minimi** di conoscenza, abilità e competenza tramite un percorso di esame ad hoc.

La norma UNI 11742 identifica due **figure di riferimento**:

- **carpentiere generico**: assimilabile ad una figura pratica che sappia leggere disegni esecutivi e contestualmente conosca i principi di base con cui eseguire la posa di materiali “complementari” all’opera strutturale, quali ad es.: guaine impermeabilizzanti, teli traspiranti, pannelli di isolamento....;
- **carpentiere specializzato**: tale figura ha il compito di coordinare la squadra (o squadre) di montaggio e di interagire con la direzione lavori e (eventualmente) con il costruttore. Lo stesso carpentiere specializzato può proporre una pianificazione dei lavori e delineare contestualmente – per quanto di sua competenza – soluzioni tecnico-organizzative al fine di favorire una visione multidisciplinare del cantiere.

1.2 CERTIFICAZIONE DELLA PROFESSIONE: REQUISITI DI ACCESSO

Per poter conseguire i “patentini” di carpentiere generico e carpentiere specializzato la Norma UNI 11742 al par. 6.2 riporta specifici **requisiti di accesso**, in particolare:

- **per i carpentieri generici**, questi devono dimostrare di aver acquisito almeno **qualifica triennale** nell’ambito della carpenteria in legno conseguita presso opportuno **centro di formazione**, o in alternativa, dimostrare di avere almeno **4 anni di pratica professionale** presso un’azienda del settore o in conto proprio;
- **per i carpentieri specializzati** allo stesso modo è richiesta, in alternativa ad una **qualifica triennale** nell’ambito della carpenteria in legno conseguita presso

opportuno centro di formazione, un'esperienza di **pratica professionale** di almeno **5 anni** presso un'azienda del settore o in conto proprio.

Tali requisiti, concertati all'interno del Gruppo di Lavoro "*Legno Strutturale*" (Commissione "Legno"), sono stati introdotti al fine di definire una sorta di tutela delle costruzioni in legno che vedono nella formazione (in primis) uno strumento per la crescita per tutta la filiera della bioedilizia.



Figura 1.1 – Metropol Parasol – Siviglia – particolare della struttura LVL

2

Il materiale legno:
wood and timber

La struttura eterogenea conferisce al legno un'elevata **anisotropia**; ciò comporta che le sue caratteristiche morfologiche dipendano dalla sezione esaminata e che le **proprietà** fisico-meccaniche siano influenzate dalla **direzione** lungo la quale vengono rilevate.

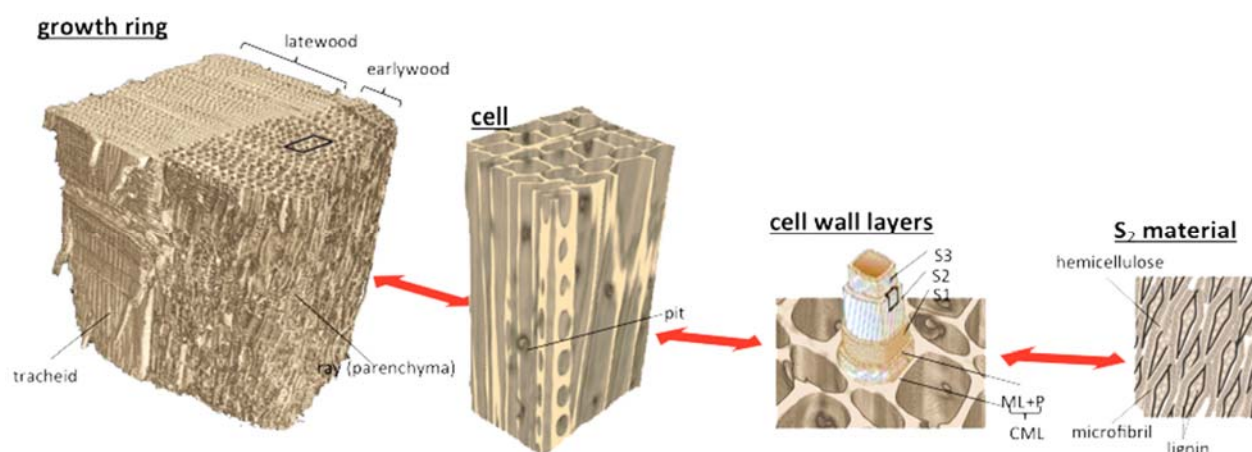


Figura 2.1 – Tessuto legnoso e parete cellulare. Il legno si configura come un materiale anisotropo e poroso, composto principalmente da fibrille di cellulosa (che conferisce al materiale resistenza a trazione) e da una matrice amorfa di lignina (che conferisce al materiale resistenza a compressione) – Courtesy of ETH Zurich.

Un elemento di legno mostra diversi “**disegni**” in funzione della direzione rispetto la quale lo si seziona, che a volte sono ben visibili anche ad occhio nudo e rappresentano la traccia degli anelli stessi. Sono individuabili 3 tipologie di **superfici**:

- **radiali**, caratterizzate da disegno “rigato”;
- **tangenziali**, caratterizzate da disegno “fiammato”;
- **trasversali**, caratterizzate da una trama “ad anelli concentrici”.

È importante essere in grado di individuare le suddette superfici e le direzioni di riferimento per interpretare correttamente il comportamento del legno e dunque utilizzarlo in modo appropriato.

Le caratteristiche fisiche (i ritiri e i rigonfiamenti) e le proprietà meccaniche del legno (la resistenza a trazione o quella a compressione) **differiscono della direzione esaminata**, in molti casi in maniera anche significativa: in uno stesso provino la **resistenza a trazione parallela alla fibratura può essere fino a 25 volte superiore a quella in direzione perpendicolare**.

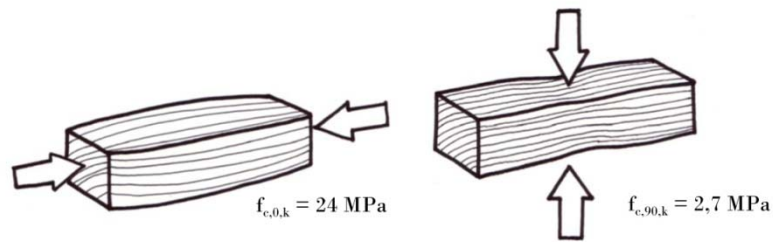


Figura 2.2 - Stati di compressione paralleli o ortogonali alla fibratura – Courtesy of Piazza et al. [2005].

2.1 IGROSCOPICITÀ

Il legno è un **materiale igroscopico**, cioè mostra sia in natura che nei manufatti, una spiccata **affinità con l'acqua**. In condizioni di esposizione con un ambientale normale, la quantità di acqua presente nel legno è strettamente correlata alla componente cellulosica delle **pareti cellulari (acqua di saturazione)**. Nel legno molto umido (legno fresco o immerso) si riscontra inoltre una quota di **acqua** cosiddetta “**libera**”, contenuta nelle **cavità cellulari** e non legata alle pareti ($U\% > 30\%$).



Definizione

Umidità di un elemento ligneo = il rapporto percentuale tra il peso dell'acqua contenuta in un elemento ligneo e il suo peso secco. In via analitica, la percentuale di umidità di un elemento in legno può essere ottenuta dalla relazione seguente:

$$U(\%) = \left(\frac{p - p_0}{p_0} \right) \times 100$$

dove:

p è il peso dell'elemento di legno al momento della misura;

p_0 è il peso dello stesso elemento di legno anidro.

Nella pratica, questo valore è generalmente misurato indirettamente mediante appositi strumenti (igrometri) che ne forniscono una valutazione in funzione delle proprietà elettriche e dielettriche del legno.



Definizione

Anidro = stato raggiunto dal legno quando l'umidità raggiunge valori del 0%, ovvero quando non è più presente acqua nelle pareti cellulari. Questa condizione è ottenuta per desorbimento, ponendo il materiale in una stufa ventilata ad una temperatura di $103 \pm 2^\circ\text{C}$.

Come affermato poco sopra, il legno è un materiale fortemente anisotropo; pertanto, **ritiri e rigonfiamenti** hanno **entità diversa** a seconda della direzione esaminata. In **direzione longitudinale** ritiri e rigonfiamenti sono pressoché **ininfluenti**, mentre in **direzione tangenziale e radiale** sono **rilevanti**, con i primi mediamente pari al doppio dei secondi. Le variazioni di umidità del legno si verificano tutte le volte che cambiano le condizioni climatiche dell'ambiente in cui è messo in opera indipendentemente dal grado di stagionatura raggiunto. Il rimedio più semplice ed efficace per risolvere il problema delle conseguenti variazioni dimensionali è condizionare il legno a un'**umidità in equilibrio con l'ambiente di posa** (che risulterà diversa in funzione del manufatto considerato, ad esempio circa il 7% per un parquet e pari a circa il 15% per gli elementi lignei di un sottotetto non riscaldato). Allo stesso tempo, è sempre necessario far ricorso ad opportune soluzioni tecniche (inserimento di **giunti di dilatazione**) attraverso cui **permettere gli eventuali movimenti** senza determinare inconvenienti. In aggiunta a ciò, i rivestimenti protettivi permettono di contenere gli effetti di oscillazioni di umidità brevi e limitate, in quanto rallentano lo scambio di umidità tra legno e l'ambiente, benché non eliminino completamente il fenomeno.

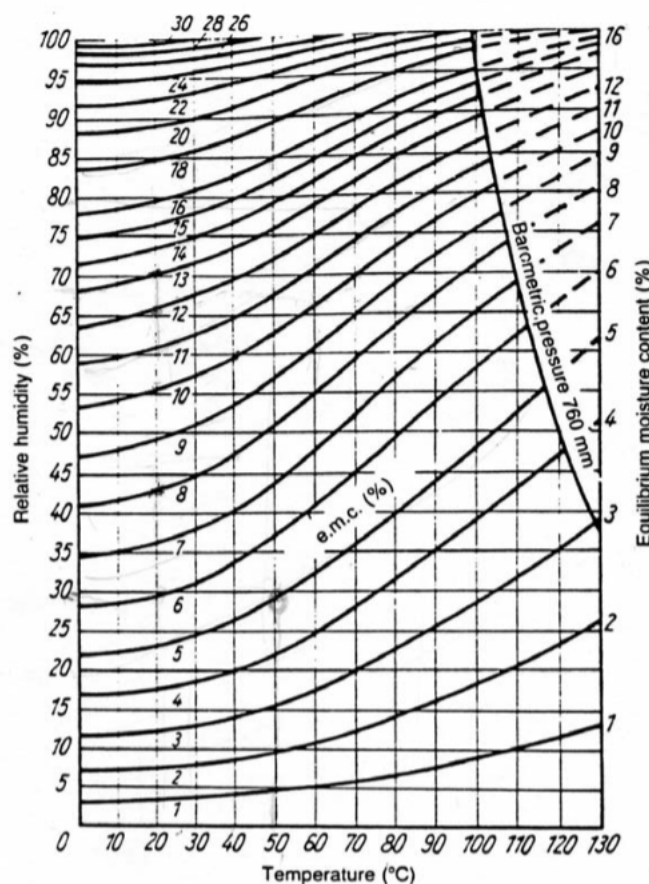


Figura 2.3 – Umidità di equilibrio del legno e Umidità / Temperatura dell'aria (Courtesy of Università Firenze – DEISTAF)



Definizione

Condizione normale di umidità = è l'umidità che un manufatto ligneo ha alla temperatura ambientale di 20°C e in presenza di una umidità relativa dell'aria ambientale del 65%. Nel caso di legno massiccio di conifere, la condizione normale coincide con un valore di umidità del legno pari al 12%.

A questo riguardo, è sempre opportuno usare il legno ad un'umidità più vicina possibile a quella a cui tenderà per equilibrio con l'ambiente di posa; in tal modo si **evita che le variazioni igrometriche inducano tensioni, deformazioni e rotture** del materiale (fessurazioni) che danno luogo a frequenti contestazioni in sede di fornitura.



Calcolo - Umidità del legno

Facendo riferimento al grafico in Figura 2.3, ricava l'umidità che dovrebbe avere un elemento di legno per potersi considerare in equilibrio in un ambiente sottoposto a condizioni di umidità dell'aria e temperatura indicate nella tabella seguente.

Ambiente	U_{amb} [%]	T [°C]	U_{legno} [%]
Cucina	80	40	
Cantina	60	5	
Parquet	65	20	
Sottotetto non riscaldato	35	10	
Tavolato esterno (inverno)	20	0	
Tavolato esterno (estate)	75	50	
Sauna	90	80	

2.2 RITIRI E DEFORMAZIONI

Le variazioni dimensionali del legno (ritiri e rigonfiamenti) sono **correlate alla perdita o all'assorbimento di umidità** nelle pareti cellulari. In generale è possibile affermare che tali variazioni (o movimenti) sono proporzionali alla sua densità o massa volumica: valori bassi si hanno ad esempio per pini o betulle (legni leggeri) mentre valori elevati si riscontrano nel caso di querce e faggi (legni pesanti).

Nella maggior parte dei casi, **ritiri e rigonfiamenti** del legno rappresentano **processi reversibili** caratterizzati da **andamenti lineari** per variazioni di umidità comprese tra lo stato anidro ($U = 0\%$) e il punto di saturazione delle pareti cellulari ($U = 30\%$), detto anche "**campo igroscopico**". In linea di massima, il ritiro totale del legno è

somma dei ritiri lineari totali lungo le direzioni anatomiche di riferimento. Inoltre, a causa dell'**anisotropia**, la variazione dimensionale nella **direzione assiale** è **trascurabile** ed è compresa generalmente tra lo 0,2 e lo 0,6%, invece, il ritiro nella **direzione tangenziale** varia dal **4 all'11%**, mentre quello **radiale** è compreso tra il **2 e 8%** (i valori sono espressi in percentuale delle dimensioni allo stato fresco).

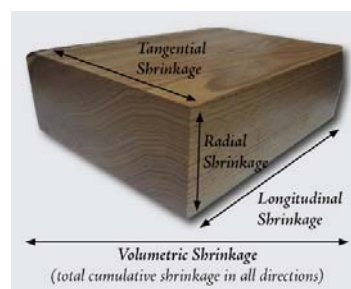
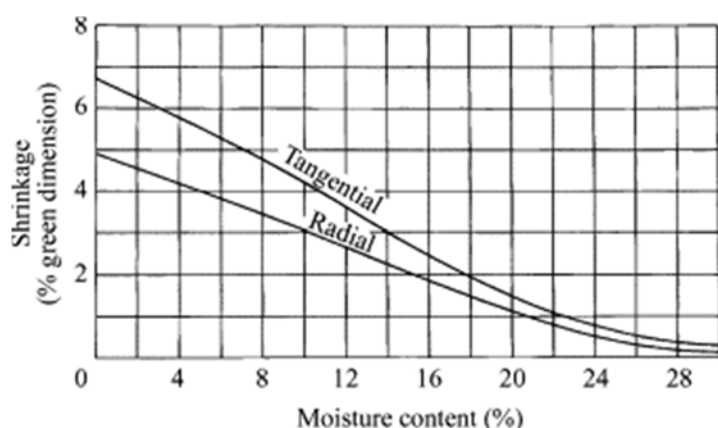


Figura 2.4 - Ritiri tangenziali e radiali (sx) e rappresentazione grafica (dx).

Il manifestarsi di **variazioni dimensionali** del legno provoca alcuni **inconvenienti** nei segati:

- **distorsione dei solidi**: un qualsiasi solido ricavato dal legno fresco presenterà variazioni di volume e deformazioni dopo l'essiccazione. Ad esempio, una sezione originariamente rettangolare o quadrata tenderà ad assumere un aspetto romboidale a seguito della stagionatura;
- **ovalizzazione dei fori**: per lo stesso principio della distorsione dei solidi, un foro circolare tenderà ad ovalizzarsi per effetto della variazione di umidità dovuta all'essiccazione;
- **fessure radiali a "V"**: negli assortimenti di grande sezione contenenti il midollo, il ritiro angolare induce spesso delle tensioni elevate e l'apertura di profonde fessurazioni radiali che causano un notevolmente deprezzamento del materiale;
- **imbarcamento tangenziale delle tavole**: questa deformazione ha luogo in tavole prive di midollo (ovvero ricavate con piani di taglio tangenziali). Il lato più esterno della tavola tenderà a ritirarsi maggiormente rispetto a quello opposto, esercitando forze che deformano il segato trasversalmente (con la convessità della curvatura orientata verso il midollo). L'imbarcamento tende ad aumentare con la tangenzialità della tavola;

- **falcatura**: si verifica quando è presente del **legno di reazione** in prossimità di uno dei bordi della tavola il quale, per effetto del maggior ritiro assiale, tende ad incurvarla longitudinalmente (a “lama di falce”);



Definizione

Legno di reazione = è un tessuto legnoso anomalo che si origina in conseguenza di carichi trasversali persistenti agenti sulla pianta in piedi (zone ventose o fusti con andamento “a ginocchio” a causa dell’azione della neve su terreno in pendenza).

- **svergolamento (o svergolatura)**: è un movimento torsionale dell’intera tavola rispetto al suo asse longitudinale e si manifesta in seguito al ritiro di una porzione di legno di reazione presente nella zona centrale, oppure quando l’elemento è stato ricavato da un assortimento con fibratura elicoidale;
- **arcuatura**: è una deformazione dovuta ad un ritiro anomalo di una porzione di legno di reazione presente su una faccia del segato, con incurvamento a “doga di botte”.

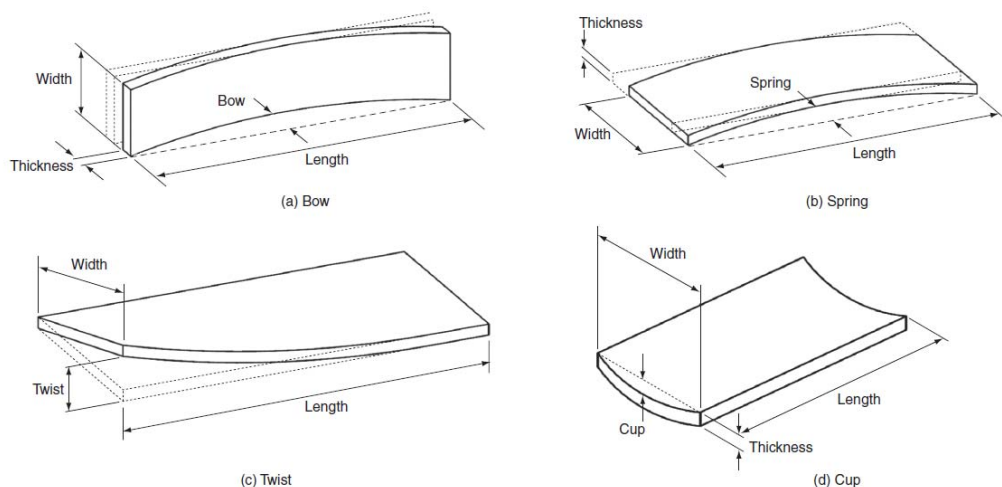


Figura 2.5 – Deformazioni tipiche di un elemento in legno.

A tal riguardo, è importante fare una precisazione sulla fornitura e posa di elementi lignei di ampia sezione contenenti il midollo (ad esempio le travature che compongono l’orditura principale di una struttura). Per prassi comune e necessità di contenere costi e tempi di consegna, tale fornitura può avvenire con legname che non ha ancora raggiunto un’umidità di equilibrio con l’ambiente della collocazione finale (che spesso presenta valori di umidità anche superiori al 20%). In tale situazione, il materiale è soggetto a **stagionatura in opera** e porta all’inevitabile **sviluppo di**

fessurazioni a volte importanti e di deformazioni permanenti sotto l'azione dei carichi ai quali è sottoposto. Ciò è generalmente fonte di reclami e di contestazioni da parte dei clienti, che potrebbero essere limitate tramite una corretta informazione sul comportamento del legno da esplicitare già in fase di definizione del contratto.

Sebbene il fenomeno del **ritiro / rigonfiamento** sia di per sé imprescindibile, esso è sempre **accentuato** da:

- **variazioni elevate delle condizioni di umidità relativa dell'ambiente**, in termini di valore assoluto e/o di rapidità del cambiamento (ad esempio durante la messa in funzione di impianti di condizionamento / riscaldamento);
- **esposizione a condizioni termo-igrometriche non corrispondenti all'umidità del legno** a cui l'assortimento è stato stagionato o essiccato;
- progettazione e **dettagli costruttivi non idonei** a sopportare i movimenti del legno.



Quesiti - Ritiri e deformazioni

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

1) Da cosa dipendono le variazioni dimensionali (ritiro e rigonfiamento) di un elemento in legno?

2) Qual è il tipico andamento dei ritiri rispetto alla variazione di umidità nel legno? Esiste un range di validità per tale andamento?

3) Quali fattori accentuano i fenomeni di ritiro?

Domande a risposta multipla

- 1) Ritiri e rigonfiamenti sono: ☐ processi reversibili
☐ processi irreversibili
- 2) Facendo riferimento al grafico in Figura 2.4, il range di umidità per far sì che il ritiro abbia valori compresi fra 2% e 4% è: ☐ tra 0% e 6%
☐ tra 6% e 16%
☐ superiori al 16%
- 3) La stagionatura in opera: ☐ porta a fessurazioni
☐ è benefica per il legno



Disegno - Ritiri e deformazioni

Disegna nel modo più realistico possibile le varie tipologie di distorsione che possono formarsi in una tavola di legno.

2.3 CLASSI DI DURABILITÀ

Le cause che portano al **degradamento** del legno in opera sono molteplici e variano dal deterioramento dovuto ad **agenti abiotici** (agenti chimici), all'**umidità**, all'**eccesso di carico** e al danno dovuto ad **organismi**. Il danno più rilevante è dovuto all'azione di **funghi** e **insetti** che si nutrono delle sostanze organiche di cui il legno è costituito, sia quando l'albero è ancora in piedi e svolge le funzioni vegetative, sia quando si trova in opera nelle strutture degli edifici; per questo motivo sono definiti organismi xilofagi.

Lo sviluppo di funghi è spesso dovuto all'umidità che si infiltra nel tetto o nel sottotetto attraverso le testate delle travi inserite nella muratura (**errore di progettazione**) o per **eventi straordinari** (rottture delle coperture o di tubi di conduzione dell'acqua).

Il rischio di **attacco da insetti** negli edifici, coleotteri (ubiquitari in Europa) e isotteri (termiti, non ubiquitarie ma possono rappresentare un problema in alcune zone dell'Europa meridionale), può essere sempre presente qualora non si adottino adeguate **misure di prevenzione**. In ogni caso, va precisato che la scarsa durabilità naturale di una specie legnosa non comporta necessariamente l'impossibilità d'impiego: se le caratteristiche lo consentono, l'**impregnazione con sostanze preservanti** può infatti conferire al legno anche un alto grado di durabilità. Nella Tabella 2.1 si riportano le caratteristiche di durabilità naturale delle principali specie legnose utilizzate in edilizia. La tabella sintetizza (ed in alcuni casi amplia) i contenuti riportati nella norma **UNI EN 350**. Nella legenda è indicata la classificazione della durabilità naturale riguardo a funghi, insetti coleotteri e termiti e la classificazione dell'impregnabilità del legno estratta dalla UNI EN 350.

Specie			Durabilità naturale						Impregnabilità	
Nome commerciale	Nome scientifico	Origine	Funghi	Insetti						
				Hyl	Hesp.	An.	Ly.	Term	D	A
Abete bianco	<i>Abies alba</i> Mill.	EU, USA	4	NR	R	NR	R	NR	2-3	2
Abete rosso	<i>Picea abies</i> L. Karst.	EU	4	NR	R	NR	R	NR	3-4	3
Douglasia	<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb) Franco	USA	3	NR	R	NR	R	NR	4	3
Larice	<i>Larix decidua</i> Mill.	EU	3-4	NR	R	NR	R	NR	4	2
Pino silvestre	<i>Pinus sylvestris</i> L.	EU	3-4	NR	R	NR	R	NR	3-4	1
Castagno	<i>Castanea sativa</i> Mill.	EU	2	R	NR	NR	NR	NR	4	2
Pioppo	<i>Populus</i> spp.	EU	5	R	NR	NR	R	NR	3	1
Querce caducifoglie	<i>Quercus</i> spp	EU	2-4	R	NR	NR	NR	NR	4	1

Legenda:

Classi di durabilità naturale ai funghi

- 1 – molto durabile
- 2 – durabile
- 3 – moderatamente durabile
- 4 – poco durabile
- 5 – non durabile

Insetti del legno

- Hyl. – Hylotrupes bajulus
- Hesp. – Hesperothesus cinereus
- An. – Anobidi spp.
- Ly. – Lyctus spp.
- Term. – Termite spp.

Classi di durabilità naturale agli insetti coleotteri

- R – resistente
- NR – non resistente

Classi di durabilità naturale agli insetti isotteri o termiti

- R – resistente
- MR – moderatamente resistente
- NR – non resistente

Classi di impregnabilità del legno: A (alburno), D (durame)

- 1 – impregnabile
- 2 – moderatamente impregnabile
- 3 – poco impregnabile
- 4 – non impregnabile

Tabella 2.1 - Caratteristiche di durabilità naturale delle principali specie legnose utilizzate in edilizia (UNI EN 350). L'alburno di tutte le specie è sempre classe di durabilità 5 nei confronti dei funghi e NR nei confronti degli insetti.



Quesiti – Classi di durabilità

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

1) Quali sono le cause del degradamento del legno?

- _____
- _____
- _____
- _____

2) Come è possibile migliorare la durabilità del legno?

3) Secondo la Tabella 2.1, il larice può essere attaccabile da termiti? E da funghi?

2.3.1 UMIDITÀ, CLASSI DI SERVIZIO E CLASSI DI UTILIZZO

La progettazione di un'opera in legno deve tenere accuratamente in conto del contesto termo igrometrico a cui saranno soggetti gli elementi, porzioni degli stessi o l'opera nella sua interezza. Infatti, il **rischio di attacco biotico** da parte di agenti fungini è direttamente **correlato all'umidità del materiale**: l'attacco biotico si verifica qualora l'umidità del legno superi il 20% e porta alla **demolizione del tessuto legnoso** con successivo **decadimento delle proprietà meccaniche** del legno.

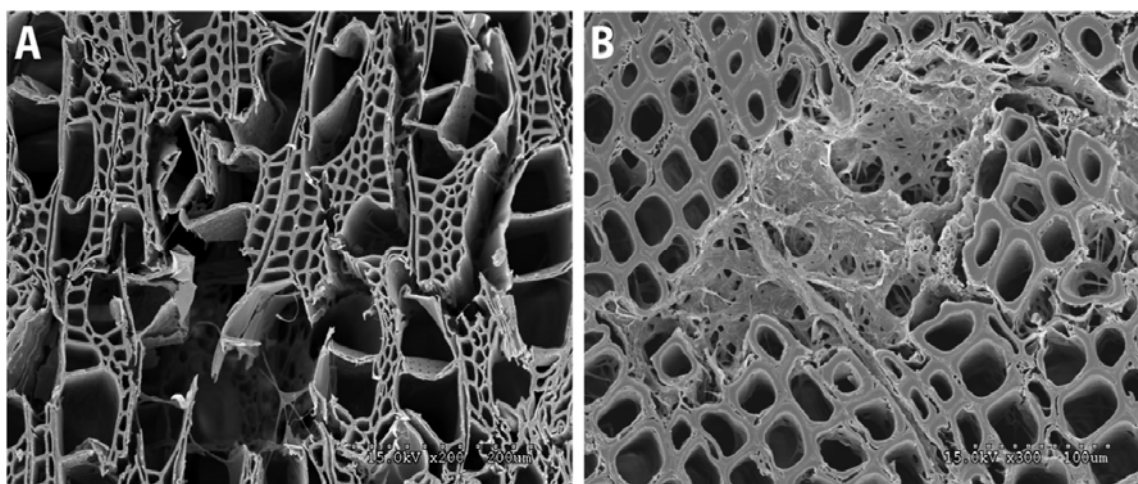


Figura 2.5 - a) Tessuto legnoso attaccato da funghi della carie (basidiomiceti); b) tessuto legnoso non soggetto ad attacchi (in questo caso le pareti cellulari non hanno subito azioni di degrado).

Di seguito, in considerazione delle **classi di servizio** e delle pertinenti **classi di utilizzo** previste dalla **UNI EN 335**, si riportano considerazioni utili al fine di valutare le interazioni tra scelte progettuali e successivi requisiti di manutenzione dell'opera.

Per quanto attiene le classi di servizio, è possibile adottare la seguente schematizzazione, conforme con quanto indicato nell'Eurocodice 5 e nelle NTC 2018. L'attribuzione ad una classe di servizio ha riflessi in ambito progettuale e va a inficiare i **coefficienti correttivi** da applicare in sede **dimensionamento** dell'opera e i particolari esecutivi dedicati alla cantieristica dell'opera stessa. Sono definite le seguenti classi di servizio:

- **classe di servizio 1:** per **ambienti interni riscaldati** (con RH generalmente inferiore al 20% e temperatura di 20°C). In questo caso l'umidità media degli elementi in legno è indicativamente non superiore al 20%;
- **classe di servizio 2:** per **ambienti protetti ma non riscaldati** (con RH maggiore dell'85% solo per poche settimane all'anno e temperatura di 20°C). In questo caso l'umidità del legno può superare il 20% solo in determinati e brevi periodi dell'anno;
- **classe di servizio 3:** per **ambienti non protetti** in cui l'umidità degli elementi in legno sarà maggiore del 20% per la maggior parte dell'anno.

Allo stesso modo, le classi di utilizzo della UNI EN 335 adottano la suddivisione riportata di seguito. È da sottolineare che la schematizzazione ha riflessi in relazione principalmente alle misure di protezione, nonché in merito alle caratteristiche di durabilità dell'opera e del materiale al fine di un suo corretto utilizzo.

- **Classe d'utilizzo 0:** tale classe include le realizzazioni o porzioni di esse dove l'umidità del legno è costantemente **inferiore al 20%** l'intero esercizio dell'opera. Nella classe d'utilizzo 0 non vi sono le condizioni per un attacco biotico da parte di funghi;
- **Classe d'utilizzo 1:** tale classe include le realizzazioni o porzioni di esse dove l'umidità del legno è **inferiore al 20%** per la durata di esercizio dell'opera. Solo **saltuariamente** può essere prevista un **RH superiore dell'85%** (per brevi periodi dell'anno); in considerazione delle condizioni di contorno sono possibili infestazioni prevalentemente da insetti.
- **Classe d'utilizzo 2:** tale classe include le realizzazioni o porzioni di esse dove l'umidità del legno **supera** soltanto **occasionalmente il 20%**. Similmente, l'umidità relativa dell'ambiente di posa **RH può superare l'85%**. Alla luce delle condizioni al contorno, sono possibili attacchi da parte di funghi e insetti.
- **Classe d'utilizzo 3:** tale classe include le realizzazioni o porzioni di esse nelle quali l'umidità del legno è di **frequente superiore al 20%**; il legno è **esposto** direttamente alle **precipitazioni atmosferiche** (ma non è a contatto diretto né con il terreno né con l'acqua). Sono naturalmente possibili attacchi da parte di funghi e insetti.

Nota: in considerazione della concezione architettonica dell'edificio, può verificarsi che un componente venga a contatto con il terreno o con l'acqua. In tale evenienza, l'elemento (o porzione di esso) deve essere considerato in classe d'utilizzo 4.

La “classe d’utilizzo 3” comprende le seguenti “sotto-classi”:

- **classe d’utilizzo 3.1:** all’interno di tale classe sono comprese quelle realizzazioni dove il drenaggio d’acqua e/o la ventilazione consentono una **rapida cessione di umidità** da parte del materiale; pertanto l’**umidità** del legno è solo **saltuariamente superiore al 20%**.
- **classe d’utilizzo 3.2:** la classe 3.2 comprende realizzazioni entro le quali non è garantito né il drenaggio di acqua, né la ventilazione. In tal caso il rischio di **attacchi di funghi e insetti** è elevato in quanto il materiale legno può superare frequentemente il 20% di umidità.
- **Classe d’utilizzo 4:** comprende realizzazioni dove il materiale legno si trova a **costante contatto con l’acqua o il terreno**. L’umidità del legno è quindi da considerare al di sopra del 20%. Entro tale ambito è necessario considerare la sostituzione periodica degli elementi (in funzione della classe di durabilità, così come espressa dalla UNI EN 350) a causa dello sviluppo di carie ad opera di funghi e attacchi da parte di insetti xilofagi.
- **Classe di utilizzo 5:** legno a contatto con **acqua marina**.

Classe di Utilizzo	Situazione di posa	Rischio di degrado a carico di		
		Insetti	Funghi	Carie soffice
0	Elementi installati all’interno di ambienti residenziali o in compartimenti riconducibili in termini di umidità relativa e temperatura	Sì	No	No
1	Legno riparato dalle intemperie e alla pioggia	Sì	No	No
2	Legno riparato dalle intemperie e alla pioggia; occasionalmente possono crearsi situazioni di contorno con alta umidità relativa (ad es. fenomeni di condensazione)	Sì	Sì	No
3	3.1 Legno non riparato dalle intemperie, non a diretto contatto con il terreno o con l’acqua; drenaggio e ventilazione consentono al materiale una veloce perdita di umidità.	Sì	Sì	No
	3.2 Legno non riparato dalle intemperie, non a diretto contatto con il terreno o con l’acqua; drenaggio e ventilazione non consentono al materiale una veloce perdita di umidità (ad es. dovuti ad una non corretta progettazione).	Sì	Sì	No
4	Legno a contatto con acqua e/o con il terreno	Sì	Sì	Sì

Tabella 2.2 — Classi, posa e rischio di attacco biologico.

Si comprende che il progettista deve tener conto dei carichi di umidità sia in fase di cantiere che durante la vita di esercizio del fabbricato, applicando ove opportuno le strategie necessarie a mantenere il tasso di umidità della struttura inferiore al 20%, limite oltre il quale si possono innescare fenomeni di degrado da parte di funghi.

2.3.2 CLASSI DI UTILIZZO E CLASSI DI DURABILITÀ

Nel prospetto seguente si riportano le classi di durabilità (UNI EN 350) in relazione alle relative classi di utilizzo. In assenza di particolari costruttivi, e in riferimento alle classi di durabilità definite dalla UNI EN 350, **devono adottarsi specie legnose in grado di soddisfare i requisiti di durabilità** indicati di seguito per la classe d'uso considerata. Si ricorda che la classe di durabilità si riferisce al solo **durame**. Può essere comunque ammesso dell'**alburno**, purché questo sia inferiore al 5% all'interno della sezione trasversale visibile.



Definizione

Durame = parte legnosa interna non più vitale del tronco degli alberi che circonda il midollo e si estende fino all'alburno. In molti casi la distinzione tra durame e alburno è resa facile grazie alla marcata differenza di colore più scuro in quanto all'interno delle cellule morte del durame ci sono delle sostanze estrattive conservanti che scuriscono il legno.

Alburno = parte legnosa più giovane del tronco degli alberi. Esso si trova subito sotto la corteccia ed è la parte dove scorre la linfa grezza.

Classe di utilizzo	Classe di durabilità (funghi – UNI EN 350)				
	1	2	3	4	5
0	+	+	+	+	+
1	+	+	+	+	+
2	+	+	+	(+)	(+)
3.1	+	+	+ ^{a)}	(+)	—
3.2	+	+	—	—	—
4	+	+ ^{b)}	—	—	—

Legenda:

+ Durabilità naturale sufficiente

(+) Durabilità naturale sufficiente purché implementata da misure costruttive adeguate

— Durabilità naturale non sufficiente

^{a)} Il durame di Larice e Douglasia possono essere utilizzati anche in classe di uso 3.1

^{b)} Entro la classe di uso 4 può ritenersi sufficiente l'utilizzo di legname appartenente alla classe di durabilità 2.

Tabella 2.3 - Classe d'uso & classe di durabilità.

Di seguito si riportano alcuni esempi circa le possibili correlazioni tra le classi di utilizzo espresse dalla UNI EN 335 e le classi di durabilità definite dalla UNI EN 350. Nella tabella sottostante il durame di Larice, Pino silvestre e Douglasia sono stati considerati in classe di durabilità 3 nei confronti degli attacchi da funghi xilofagi; alcune provenienze andrebbero tuttavia considerate in classe 4 e quindi trattate come gli Abeti.

Classe di utilizzo	Specie legnose impiegabili (nomi commerciali)
1	Tutte le specie legnose, durame e alburno
2	Durame di Castagno, Cipresso, Robinia, Quercia cerro e Quercia rovere non necessitano di trattamento preservante. Alburno e durame di Abete bianco, Abete rosso, Larice, Pino silvestre, Pino nero, Douglasia, Pioppo, nonché alburno di tutte le specie legnose potrebbero necessitare di trattamento preservante se in ambienti frequentemente umidi.
3	Durame di Castagno, Cipresso, Robinia e Quercia rovere non necessitano di trattamento preservante. Durame di Larice, Pino silvestre, Douglasia e Cerro potrebbero necessitare di trattamento preservante se in climi umidi e piovosi e/o se non protetti contro i ristagni di umidità e se non è assicurato il rapido deflusso delle acque. Alburno e durame di Abete bianco, Abete rosso, Pino nero, Pioppo, nonché alburno di tutte le specie legnose necessitano di trattamento preservante se non protetti contro i ristagni di umidità e se non è assicurato il rapido deflusso delle acque.
4	Durame di Castagno, Cipresso, Robinia e Quercia rovere potrebbero necessitare di trattamento preservante se non protetti contro i ristagni di umidità e se non è assicurato il rapido deflusso delle acque. Durame di Larice, Pino silvestre, Douglasia e Quercia cerro dovrebbero essere sottoposti a trattamento preservante ad eccezione di quegli elementi in cui può essere tollerato il degrado. Alburno e durame di Abete bianco, Abete rosso, Pino nero, Pioppo, nonché alburno di tutte le specie legnose necessitano di trattamento preservante.
5	Durame di Larice, Pino silvestre, Douglasia, Castagno, Cipresso, Robinia, Cerro e Rovere dovrebbero essere sottoposti a trattamento preservante ad eccezione di quegli elementi in cui può essere tollerato il degrado. Alburno e durame di Abete bianco, Abete rosso, Pino nero e Pioppo, nonché alburno di tutte le specie legnose necessitano di trattamento preservante

Tabella 2.4 – Classe di utilizzo & classe di durabilità.



Quesiti – Classi di servizio, classi di utilizzo e durabilità

Rispondi alle seguenti domande.

Domande a risposta multipla

- 1) Il rischio di attacco biotico è correlato a:
- ☐ specie legnosa
 - ☐ tipologia di intagli
 - ☐ umidità del materiale

- | | | |
|----|--|--|
| 2) | L'attacco biotico è probabile se l'umidità dell'elemento è: | ☐ compresa tra 0% e 10%
☐ compresa tra 10% e 20%
☐ superiore al 20% |
| 3) | Le classi di utilizzo e le classi di servizio sono definite in: | ☐ NTC2018
☐ UNI EN 355
☐ Eurocodice 5 |
| 4) | La classe di durabilità è riferita a: | ☐ durame
☐ alburno |
| 5) | La classe di utilizzo che necessita l'impiego di legno con caratteristiche di durabilità migliori è: | ☐ classe 1
☐ classe 5 |

2.4 LEGNO MASSICCIO AD USO STRUTTURALE

Un produttore classifica i propri segati in legno massiccio ad uso strutturale eseguendo una **classificazione secondo la resistenza**. Esistono due **metodi di classificazione**, armonizzati con quanto disposto dalla **UNI EN 338**:

- classificazione con **metodi a vista**;
- classificazione con **metodi a macchina**.

La classificazione eseguita con metodi a vista assegna a ciascun segato una determinata **classe di resistenza** sulle base di alcune caratteristiche facilmente rilevabili (ad esempio l'ampiezza media degli anelli di accrescimento, nodi, inclinazione della fibratura ecc.). Questo metodo di classificazione richiede **personale esperto** e qualificato, e comporta generalmente una sottostima delle caratteristiche meccaniche (quindi a favore di sicurezza).

Le regole di classificazione (solitamente specificate in standard nazionali – ad esempio nella UNI 11035-1/-2) sono diverse nei vari paesi in funzione della specie legnosa e delle tradizioni nella lavorazione, ma seguono gli stessi **principi** contenuti nell'**allegato A della UNI EN 14081-1**. La UNI EN 1912 riporta altresì le correlazioni tra categorie resistenti definite a livello nazionale (ad. es. S7, S10 e S13 secondo DIN 4074-1 oppure S1, S2, e S3 secondo UNI 11035-1/-2) e le classi di resistenza della UNI EN 338 (classi "C" o "D").

La classificazione eseguita con metodi a macchina si basa su criteri che prendono in considerazione le reali prestazioni dell'elemento ligneo. La **macchina** misura uno o

più **parametri non distruttivi** (generalmente il modulo elastico “locale” a flessione in vari punti del segato) attribuendo ad ogni elemento una classe di resistenza.

L'**affidabilità statistica** della correlazione deve essere verificata eseguendo una serie di **prove sperimentali** su un campione rappresentativo della popolazione in esame. Un controllo visivo finale (“**visual override**” secondo la UNI EN 14081-1) del segato consente poi di individuare quei difetti (ad esempio attacchi di funghi, insetti, fessurazioni o legno di reazione) di cui la macchina non ha rilevato l'importanza.

Relativamente alle macchine oggi disponibili sul mercato, si può fare (in via semplicistica) la seguente schematizzazione:

- **macchine di classificazione** che misurano il **modulo elastico locale** su più punti del segato;
- **macchine di tipo “vibrazionale”** (che misurano il **modulo elastico dinamico** del segato);
- **macchine a raggi X** (che misurano i **difetti del segato** in funzione della densità che questi presentano);
- **metodi combinati** (ad es. macchine a raggi X combinate a macchine di tipo “vibrazionale”).

A questo proposito, si accenna che i report dedicati alla definizione dei settings delle macchine sono, ad oggi, oggetto di valutazione da parte di uno specifico Task Group Europeo (TG1/WG2/TC124). In estrema sintesi, tale gruppo di lavoro ha il compito di vagliare i rapporti di prova presentati dai maggiori enti di ricerca europei al fine di:

- Validare i settings delle macchine di classificazione;
- Inserire nuovi tipi di legname all'interno della UNI EN 1912 e definire appositi Approved Grading Reports (AGR) che hanno la funzione di definire correlazioni tra categorie resistenti e classi di resistenza della UNI EN 338 in attesa appunto che vengano pubblicati nella stessa UNI EN 1912.

2.5 REGOLE DI CLASSIFICAZIONE

Attualmente a livello comunitario, la norma armonizzata è la **UNI EN 14081-1** che fa riferimento a vari **metodi** (o “regole”) di **classificazione** adottati a livello nazionale o locale, ma pur sempre coerenti con essa ed in particolare con i requisiti di cui all'Allegato A. Lo **scopo** della classificazione è **attribuire** ad un elemento **una classe di resistenza** (gruppo di tipi di legname con proprietà di resistenza simili e quindi

intercambiabili) normalmente armonizzata con quelle definite dalla UNI EN 338. Per esigenze di progettazione, la classificazione secondo la resistenza è espressa come una serie di profili prestazionali per le specie legnose e per le classi di qualità più frequentemente usate. I **valori di riferimento** riportati nei profili prestazionali sono “**caratteristici**”, ovvero elaborati statisticamente sulla base dei **risultati di prove distruttive**.

A titolo di completezza si precisa che per il legno lamellare e gli altri prodotti incollati o diversamente assemblati (chiodi, viti, graffe, cavicchi...) la classificazione dei segati (lamelle, tavole o altro) dev'essere comunque effettuata con riferimento alla EN 14081-1 e al relativo metodo nazionale (o locale).

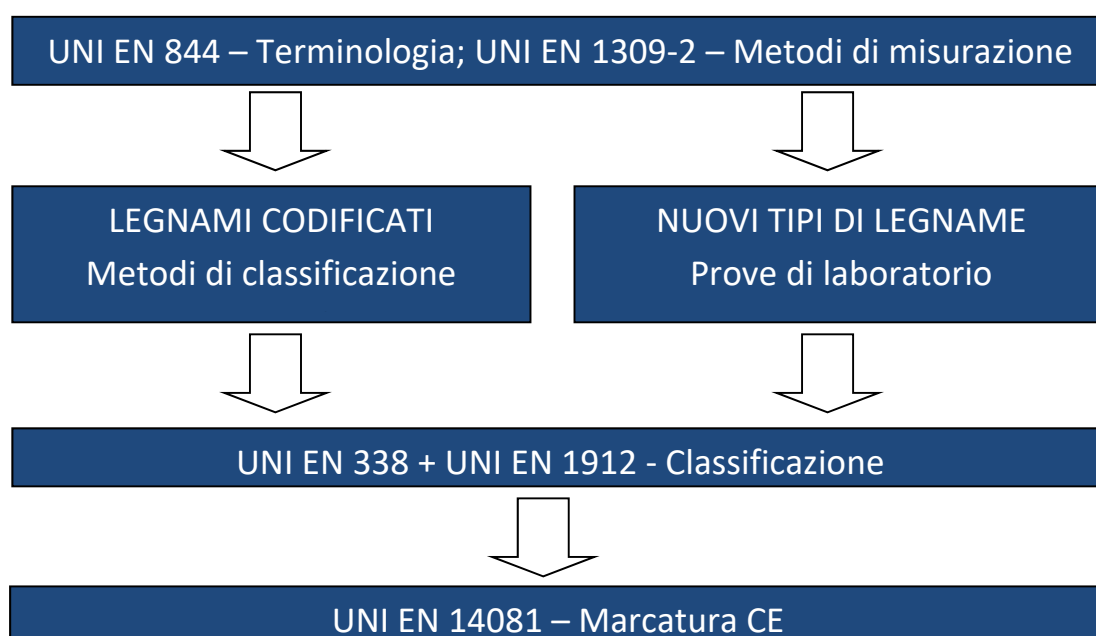


Figura 2.6 – Classificazione e certificazione del legname a sezione rettangolare.

2.6 SCELTA DEL METODO DI CLASSIFICAZIONE DA UTILIZZARE

Le metodologie di **classificazione “a vista”** si basano su una **grande mole di dati** (ottenuti da prove di laboratorio) e di **esperienze applicative**, che ne confermano la validità in coerenza con i livelli di affidabilità statistica attualmente prescritti in sede nazionale (Norme Tecniche per le Costruzioni) e in ambito Europeo (Eurocodici pertinenti). La scelta del metodo di classificazione avviene per combinazione di specie / provenienza in quanto paesi diversi hanno sviluppato, per legname proveniente da specifici paesi o “macroaree”, regole di classificazione che possono differire le une dalle altre. Come già evidenziato poco sopra, tutte le **regole di classificazione** secondo

la resistenza con metodi a vista devono però essere **in linea con quanto definito nell'Allegato A della UNI EN 14081-1**.

Di seguito si riporta un estratto desunto dalla UNI EN 1912, che fornisce alcune indicazioni sulle correlazioni tra categorie resistenti (con riferimento dalla norma di classificazione) e le relative classi di resistenza della UNI EN 338.

Specie legnosa	Provenienza	Norma di classificazione	Categoria	Classe di resistenza
Abete Rosso Picea Abies (PCAB)	CNE EUROPA	DIN 4074-1	S7, S10, S13	C18, C24, C30
	FRANCIA	NF B 52-001	ST III, ST II, ST I	C18, C24, C30
Abete Bianco Abies Alba (ABAL)	CNE EUROPA	DIN 4074-1	S7, S10, S13	C16, C24, C30
	FRANCIA	NF B 52-001	ST III, ST II, ST I	C18, C24, C30
Abete Rosso, Abete Bianco Picea Abies, Abies Alba (WPCA)	CNE EUROPA	DIN 4074-1	S7, S10, S13	C16, C24, C30
	ITALIA	UNI 11035-1/2	S3, S2, S1	C18, C24, FLA C30*
	FRANCIA	NF B 52-001	ST III, ST II, ST I	C18, C24, C30
Douglasia Pseudotsuga Menziesii (PSMN)	GERMANIA	DIN 4074-1	S7, S10, S13	C16, C24, C35
	ITALIA	UNI 11035-1/2	S1, S2, S2&better	C30, C22, FLA C24*
	FRANCIA	NF B 52-001	ST III, ST II	C18, C24
Rovere Quercus Petraea Quercus Robur (QCXE)	GERMANIA	DIN 4074-5	LS 10	D30
	FRANCIA	NF B 52-001	3, 2, 1	D18, D24, D30
Larice	ITALIA	UNI 11035-1/2	S3, S2	C18, C22

Specie legnosa	Provenienza	Norma di classificazione	Categoria	Classe di resistenza
Larix Decidua (LADC)	CNE EUROPA	DIN 4074-1	S7, S10, S13	C16, C24, C30
	FRANCIA	NF B 52-001	ST III, ST II, ST I	C18, C24, C27
Pino Silvestre Pinus Sylvestris (PNSY)	CNE EUROPA	DIN 4074-1	S7, S10, S13	C18, C24, C30
	FRANCIA	NF B 52-001	ST III, ST II	C18, C24
Pino laricio Pinus nigra subs. Laricio (PNNL)	ITALIA	UNI 11035-1/2	S3, S2 & better	C14, C24
Castagno Castanea Sativa (CTST)	ITALIA	UNI 11035-1/2	S	D24, _{FLA} C30*, _{FLA} D27*

Note: Con il simbolo “*” sono indicate le classi di resistenza ottenute tramite report di prova privati redatti in conformità con la UNI EN 384 dal CNR IVALLSA per conto di FederlegnoArredo al fine di valorizzazione delle specie italiane. Con la sigla “CNE” si intende l’acronimo di Centro Nord Est Europa.

Tabella 2.5 – Provenienza, Norme di classificazione e correlazione con le classi di resistenza.

2.6.1 NORMA UNI 11035-1/2¹

In relazione al legname a spigolo vivo di provenienza italiana, le parti che sono di **riferimento per il classificatore** sono le seguenti:

- **UNI 11035-1** “*Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 1: Terminologia e misurazione delle caratteristiche*”;
- **UNI 11035-2** “*Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 2: Regole per la classificazione a vista secondo la resistenza meccanica e valori caratteristici per tipi di legname strutturale*”.

¹ La norma UNI 11035-1/2 è in corso di revisione presso il pertinente gruppo di lavoro UNI e comporterà delle modifiche importanti per quanto riguarda un maggior allineamento ai metodi di misura proposti dalla normativa DIN 4074-1/5; allo stesso tempo sarà rivista la struttura della norma stessa dove la parte 1 si applicherà alle Conifere e la parte 2 alle Latifoglie.

Le pagine seguenti sintetizzano i requisiti e le **principali** metodologie di misurazione della **UNI 11035-2:2010**. Si ricorda che questa pubblicazione ha finalità didattiche.

	CONIFERE 1			CONIFERE 2		LATIFOGLIE
DIFETTI	S1	S2	S3	S1	S2/S3	S
Smussi (1)	s ≤1/4	s ≤1/3	s ≤1/3	s ≤1/4	s ≤1/3	s ≤1/3
Nodi singoli (2)	A ≤1/5 d <50 mm	A ≤2/5 d <70 mm	A ≤3/5	A ≤1/5 d <50 mm	A ≤3/5	A ≤1/2 d ≤70 mm, D ≤150 mm
Nodi raggruppati (3)	Ag ≤2/5	Ag ≤2/3	Ag ≤3/4	Ag ≤2/5	Ag ≤3/4	Ag ≤1/2 t ≤70 mm
Ampiezza anelli	≤ 6 mm	≤ 15 mm		Non specificata		
Massa volumica	Non specificata			ρ > 380 kg/m³		ρ > ρ _{min} (4)
Incl. Fibratura	≤ 1:14	≤ 1:8	≤ 1:6	≤ 1:14	≤ 1:8	≤ 1:6
Profondità delle fessurazioni • da ritiro • cipollatura • lesioni	non pass. non amm. non amm.	ammesse con limit. (5) ammessa con limit.(6) non ammesse		ammesse non amm. non amm.	ammesse non amm. non amm.	con limitazioni (5) con limitazioni (6) non ammesse
Degrado da funghi • azzurramento • carie	ammesso non ammesse					
Legno di reazione	≤ 1/5	≤ 2/5	≤ 3/5	≤ 1/5	≤ 3/5	ammesso
Attacchi di insetti	non amm.	con limitazioni (7)		non amm.	con limitazioni (7)	
Vischio	non ammesso					
Deformazioni • arcuatura • falcatura • svergolamento • imbarcamento	10 mm / 2 m lung. 8 mm / 2 m lung. 1 mm / 25 mm larg. nessuna limitazione		20 mm / 2 m 12 mm / 2 m 2 mm/25mm nessuna lim.	10 mm / 2 m lung. 8 mm / 2 m lung. 1 mm / 25 mm larg. nessuna limitazione		10 mm / 2 m lung. 8 mm / 2 m lung. 1mm/25mm larg. nessuna limitazione

(1) s = rapporto fra dimensione obliqua dello smusso e lato maggiore della sezione; S = porzione di lato della sezione con smusso

(2) Si considera il nodo più grande del segato, e se ne misura il diametro minimo d , nonché il diametro massimo D . Si definisce inoltre A il rapporto fra d e la larghezza della faccia su cui d stesso viene misurato.

(3) Conifere: Non considerare questo criterio per Abete/Nord e Larice/Nord. Per le altre combinazioni specie/provenienza considerare il rapporto Ag fra la somma dei diametri minimi dei nodi compresi in un tratto di 150 mm e la larghezza della faccia su cui compaiono. Latifoglie: Si considera la somma t dei diametri minimi dei nodi compresi in un tratto di 150 mm. Si definisce inoltre W il rapporto fra tale somma e la larghezza della faccia su cui compaiono.

(4) Si applicano i seguenti valori di $\rho_{\min}$: 395 kg/m³ per Castagno/Italia; 415 kg/m³ per Pioppo e Ontano/Italia; 510 kg/m³ per Altre latifoglie/Italia; 740 kg/m³ per Querce caducifoglie/Italia.

(5) Se passanti, sono ammesse solo su una testata, e con lunghezza max. pari a due volte la larghezza della sezione

(6) Conifera: di norma non ammessa. Solo per Larice/Nord e Abete/Centro Sud, si considerano: il rapporto $r_{\max}$ fra il raggio massimo della cipollatura e il lato minore b della sezione; l'eccentricità E cioè la distanza massima del midollo rispetto al centro geometrico della sezione. Latifoglia: La cipollatura è ammessa se $r_{\max} < b/3$ ed $E < b/6$. Di norma non ammessa. Solo per Castagno/Italia, si considerano: il rapporto $r_{\max}$ fra il raggio massimo della cipollatura e il lato minore b della sezione; l'eccentricità E cioè la distanza massima del midollo rispetto al centro geometrico della sezione. La cipollatura è ammessa se $r_{\max} < b/3$ ed $E < b/6$.

(7) Ammessi solo fori con alone nerastro, oppure fori rotondi senza alone nerastro di diametro compreso tra 1,5 mm e 2,5 mm (Anobidi), purché l'attacco sia sicuramente esaurito, per un max. di 10 fori, distribuiti uniformemente, per metro di lunghezza (somma di tutte e quattro le facce).

Tabella 2.6 – UNI 11035-2 regole di classificazione.

Per scopi professionali si deve fare riferimento ai testi originali della norma, nell'edizione vigente o specificata nel contratto/progetto.

Presenta **tre diverse categorie resistenti per la regola Conifere 1** (S1=la migliore; S2; S3=la peggiore); **due categorie per la regola Conifere 2** (S1 e S2/S3) e **una sola categoria per le latifoglie** (S).

Infine si precisa che:

- La regola **Conifere 1** si applica a **Abete bianco, Abete rosso, Larice, Pino Laricio**;
- La regola **Conifere 2** si applica alla **Douglasia**;
- La regola **Latifolia** trova applicazione attualmente solo per il **Castagno**.

2.6.2 NORMA DIN 4074-1

La **DIN 4074-1** "*Legno strutturale classificato secondo la resistenza - legname di Conifera*" è certamente, in Italia, il **riferimento più diffuso** a livello commerciale.

I criteri di classificazione sono differenziati nel caso di:

- Travi e altri elementi squadri sollecitati di "bordo" (identificati con il suffisso "K");
- Tavole sollecitate di piatto ($b > h$);
- Lamelle (tavole destinate all'incollaggio);
- Listelli.

La norma è applicabile al legno di provenienza Centro Nord Est Europa, con la sola esclusione della Douglasia di cui si considera solo la provenienza tedesca. Include la **suddivisione della qualità resistente** degli elementi in **tre categorie**, quali **S7** (la peggiore), **S10** e **S13** (la migliore).

All'interno della presente pubblicazione si farà riferimento alla sola regola dedicata ad elementi sollecitati di bordo. Si ricorda che questa pubblicazione ha finalità didattiche. Per scopi professionali si deve fare riferimento ai testi originali della norma, nell'edizione vigente o specificata nel contratto/progetto.

DIFETTI	S7, S7K	S10, S10K	S13, S13K
Smussi	$s \leq 1/4$	$s \leq 1/4$	$s \leq 1/5$
Nodi singoli	$A \leq 3/5$	$A \leq 2/5$	$A \leq 1/5$
Ampiezza anelli	$\leq 6 \text{ mm}$	$\leq 6 \text{ mm}$	$\leq 4 \text{ mm}$
• per Douglasia	$\leq 8 \text{ mm}$	$\leq 8 \text{ mm}$	$\leq 6 \text{ mm}$
Incl. Fibratura	$\leq 12\%$	$\leq 12\%$	$\leq 7\%$
Profondità delle fessurazioni			
• da ritiro (b)	ammesse $\leq 1/2$	ammesse $\leq 1/2$	ammesse $\leq 2/5$
• Da gelo/fulmine e cipollature	non ammesse	non ammesse	non ammesse
Degrado da funghi	ammesso non ammesse		
• azzurrimento			
• carie			
Legno di reazione	$\leq 2/5$	$\leq 2/5$	$\leq 1/5$
Attacchi di insetti	Ammessi sino a 2 mm $\emptyset$		
Vischio	non ammesso		
Deformazioni (b)	8 mm / 2 m lung. 8 mm / 2 m lung. 1 mm / 25 mm larg.		
• arcuatura			
• falcatura			
• svergolamento			
•			
Midollo (a)	Ammesso	Ammesso	Non ammesso (a)

(a) Ammesso per travi con larghezza $b > 120 \text{ mm}$
(b) questa caratteristica non è visibile su legno non essiccato ($u > 20\%$)

Tabella 2.7 – DIN 4074-1 regole di classificazione.

2.6.3 NORMA DIN 4074-5

La norma in questione si applica al **legname di latifolia**, con particolare riferimento alla Quercia. Anche in questo caso si farà esclusivo riferimento alla regola dedicata agli assortimenti sollecitati di “bordo” identificati con il suffisso “K”.

La norma riporta **tre categorie** denominate come **LS7** (la peggiore), **LS10** e **LS13** (la migliore); non tutte le categorie in funzione della specie legnosa considerata possono avere una corrispondenza con le classi di resistenza della UNI EN 338.

Si ricorda che questa pubblicazione ha finalità didattiche. Per scopi professionali si deve fare riferimento ai testi originali della norma, nell'edizione vigente o specificata nel contratto/progetto.

DIFETTI	LS7, LS7K	LS10, LS10K	LS13, LS13K
Smussi	$s \leq 1/3$	$s \leq 1/3$	$s \leq 1/4$
Nodi singoli	$A \leq 3/5$	$A \leq 2/5$	$A \leq 1/5$
Per la Quercia	$A \leq 3/5$	$A \leq 2/5$	$A \leq 1/6$
Ampiezza anelli	Nessuna limitazione		
Incl. Fibratura (a)	$\leq 16\%$	$\leq 12\%$	$\leq 7\%$
Profondità delle fessurazioni			
• da ritiro (c)	ammesse $\leq 3/5$	ammesse $\leq 1/2$	ammesse $\leq 2/5$
• Da gelo/fulmine e cipollature	non ammesse	non ammesse	non ammesse
Degrado da funghi	ammesso		
• azzurrimento	non ammesse		
• carie			
Rosato (inizio di carie)	$\leq 3/5$	$\leq 2/5$	$\leq 1/5$
Attacchi di insetti	Non ammessi		
Vischio	Non ammesso		
Deformazioni (c)			
• arcuatura	12 mm / 2 m	8 mm / 2 m lung.	8 mm / 2 m lung.
• falcatura	12 mm / 2 m	8 mm / 2 m lung.	8 mm / 2 m lung.
• svergolamento	2 mm / 25 mm	1 mm / 25 mm larg.	1 mm / 25 mm larg.
•			
Midollo	Non ammesso (b)	Non ammesso (b)	Non ammesso

(a) Questa caratteristica non è da tenere in considerazione per legname di Faggio

(b) Ammesso per travi con larghezza $b > 100$ mm

(c) questa caratteristica non è visibile su legno non essiccato ($u > 20\%$)

Tabella 2.8 – DIN 4074-5 regole di classificazione.

2.6.4 ESEMPI – MISURAZIONE DEI DIFETTI

Per immagini a scopo illustrativo si riportano di seguito alcuni **esempi** per la misurazione dei difetti:

- **nodi singoli secondo UNI 11035-1/2 e DIN 4074-1/5:** deve essere misurato il **diametro minimo** del nodo in rapporto alla faccia su cui compare secondo quanto indicato nelle figure seguenti:



Figura 2.7 - Nodo singolo sulla faccia.

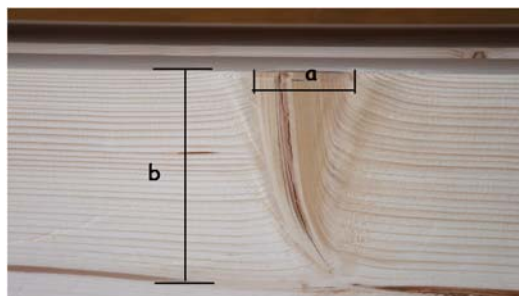


Figura 2.8 - Nodo singolo sul bordo (a: diametro più piccolo; b: faccia su cui rapportare la misura a).

Si ricorda inoltre che **nodi** aventi **diametro minore di 5 mm** non devono essere presi **in considerazione** nella misurazione. Sono altresì considerati allo stesso modo nodi sani, cadenti o marci ...

- **Lesioni meccaniche:** tale difetto non è **mai ammesso** da nessuna norma di classificazione. Di seguito alcuni esempi.



Figura 2.9 – Lesioni sulla faccia (sx) o in testa all'elemento (dx).

- **Inclinazione e profondità della fessura secondo DIN 4074-1:** le fessurazioni consentono di misurare l'**inclinazione della fibratura**, come “dislivello” rispetto ad una lunghezza (normalmente 1 m). Per misurare la **profondità delle fessurazioni**, si divide la lunghezza della fessura in 4 parti uguali e si procede a misurarne la profondità nei punti a $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ della lunghezza totale della fessurazione. Si sommano le tre misure fatte e si divide per 3 ottenendo la **profondità media**. Tale valore deve essere poi rapportato alla base dell'elemento. Fessurazioni di lunghezza minore o uguale a $\frac{1}{4}$ della lunghezza del segato, fino al massimo di 1 m., non vengono prese in considerazione.

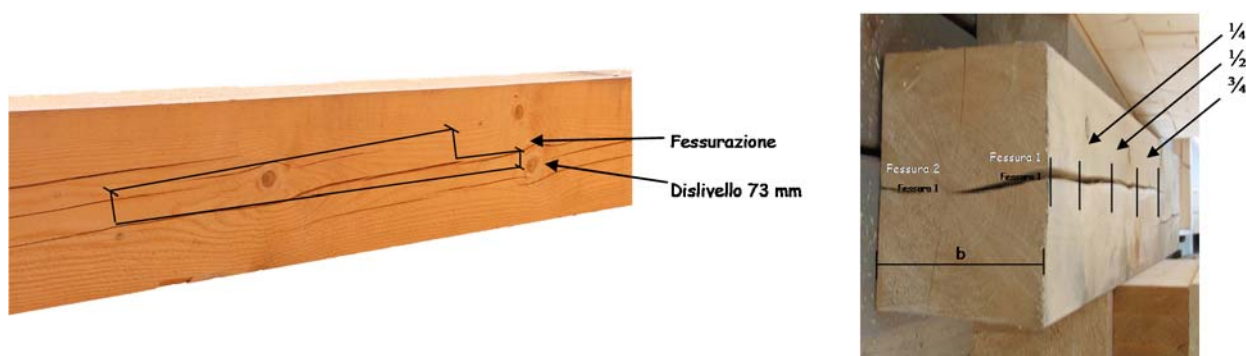


Figura 2.10 – Inclinazione della fibratura e profondità della fessura.

- **Azzurramento e legno di reazione (Conifere) secondo UNI 11035-1/2:** funghi dell'azzurramento sono **sempre ammessi** da tutte le regole di classificazione.

Per il legno di reazione la UNI 11035-1/2 definisce due metodi di misurazione dello stesso, considerando in alternativa, la porzione di “canastro” sulla faccia o sul perimetro del segato.



Figura 2.11 – Azzurramento.



Figura 2.12 – Canastro sulla sezione trasversale, riconoscibile per il colore brunastro che segue gli anelli di accrescimento.

- Attacchi di insetti secondo UNI 11035 (serie):** deve essere **scartato ogni elemento soggetto ad attiva infestazione da parte di insetti** in grado di proliferare anche nel legno stagionato (in genere: Anobidi, Lictidi, Cerambicidi). Sono ammessi solo fori di insetti che attaccano esclusivamente il legno fresco, purché l’attacco sia sicuramente esaurito: fori tipicamente rotondi, con alone nerastro, aventi diametro di circa 2 mm, fino a una presenza massima di 10 fori su un qualsiasi tratto di 1 m di lunghezza (sommando i fori visibili sulle quattro facce del pezzo). In caso di **attacchi pregressi e comprovatamente esauriti**, sono ammessi in ciascun elemento ligneo fori di Anobidi (tipicamente rotondi, senza aloni nerastri, aventi **diametro non maggiore di 2 mm**), fino a una presenza massima di 10 fori su un qualsiasi tratto di 1 m di lunghezza (sommando i fori visibili sulle quattro facce del pezzo). Non sono ammessi fori prodotti da Lictidi (fori piccolissimi senza alone, rotondi e tipicamente di diametro non maggiore di 1 mm) o da Cerambicidi (fori molto grandi senza alone, tipicamente ellittici e con diametro minimo maggiore di 3 mm). Non sono altresì ammessi segni di degradamento dovuti all’attacco di altri insetti distruttori del legno (per esempio Termiti).

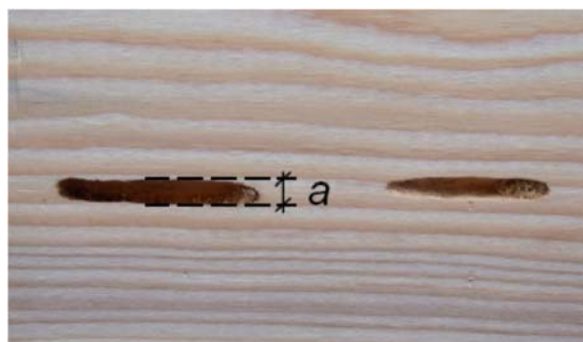


Figura 2.13 – Attacco di insetto; misura della galleria (a) e successiva comparazione dei valori con previsto dalla norma.



Quesiti - Ritiri e deformazioni

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

- 1) Descrivi quali sono le principali metodologie di classificazione. Secondo la tua opinione, qual è la migliore? Motiva la tua risposta.

- 2) Quali sono le macchine di classificazione disponibili?

- 3) Qual è il principale scopo della classificazione?

4) Quali sono i principali difetti da tener conto nella classificazione?

5) Quella in foto è una trave attaccata da funghi o da insetti? Motiva la tua risposta.



6) Menziona alcune norme che definiscono le regole di classificazione.

- ---
- ---
- ---
- ---

Domande a risposta multipla

1) La classificazione avviene in base:

- ☐ al futuro impiego dell'elemento ligneo
- ☐ alla dimensione degli elementi
- ☐ alla resistenza

2) Classificazione a macchina si basa su:

- ☐ metodi non distruttivi
- ☐ metodi distruttivi

3

Prodotti strutturali a
base legno

Nel presente paragrafo si riportano per i principali assortimenti legnosi ad uso strutturale, i rispettivi **referimenti normativi**, le **modalità di certificazione** e **casi esemplificativi** legati alla documentazione accompagnatoria così come indicato dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17.01.18).

3.1 PRODOTTI IN LEGNO MASSICCIO

Per approfondimenti in merito si rimanda ai pertinenti paragrafi del cap. 2. Entro il presente paragrafo e in relazione al legno massiccio si riporta breve sintesi dello status normativo.

La norma armonizzata di riferimento **per il legno massiccio a sezione rettangolare** è la **UNI EN 14081-1** (*“Legno strutturale con sezione rettangolare classificato secondo la resistenza – requisiti generali”*), il cui periodo di coesistenza è terminato il 1° dicembre 2012. Ad oggi quindi è **cogente** per i produttori la **marcatura CE**. Sembra altresì opportuno fornire una prima definizione di legno massiccio a sezione rettangolare e a sezione irregolare al fine di procedere ad una maggiore comprensione del quadro normativo legato a tale assortimento.



Definizione

Legno massiccio a sezione rettangolare = legno massiccio classificato secondo la resistenza la cui ampiezza di smusso non eccede 1/3 della larghezza della faccia dell'elemento.

Legno massiccio a sezione irregolare = legno massiccio classificato secondo la resistenza il cui smusso eccede i limiti di tolleranza riportati all'interno della UNI EN 14081-1.

Entro tale definizione possono essere distinti in via semplicistica i seguenti assortimenti:

- **legname “rusticato”**: nel linguaggio corrente per legname rusticato si intende legno con **smussi** realizzati attraverso una **piallatura degli spigoli** contenente o meno il midollo;
- **legname “Uso Fiume”** (§ 3.1 - UNI 11035-3): trave a **sezione quadrata o rettangolare** ottenuta da tronco mediante **squadratura meccanica**, continua e parallela dal calcio alla punta su quattro facce a spessore costante con smussi su tutte e contenente il midollo;
- **legname “Uso Trieste”** (§ 3.2 -UNI 11035-3): trave a **sezione quadrata o rettangolare** ottenuta da tronco mediante **squadratura meccanica**, continua

dal calcio alla punta su quattro facce **segundo la rastremazione del tronco**, con smussi e contenente il midollo.

Inoltre relativamente il legname “Uso Fiume” e “Uso Trieste” può essere utile per una maggiore comprensione riportare le seguenti definizioni (**UNI 11035-3**).



Definizione

Smusso = superficie arrotondata originale del tronco, con o senza corteccia, eventualmente regolarizzata tramite lavorazioni meccanica con l'asportazione di non più di 5 mm sotto corteccia, che raccorda due facce contigue dell'elemento ligneo.

Sezione nominale = sezione del rettangolo circoscritto dell'elemento ligneo a metà della lunghezza, alla quale sono riferiti i valori caratteristici.

Relativamente le **modalità di certificazione** e attribuzione delle conformità si riporta la seguente tabella riassuntiva (Tabella 3.1):

Tipologia di assortimento	Attribuzione della conformità
Legname “rusticato”	Qualificazione ministeriale secondo il p.to B delle NTC 2018 (Par. 11.1) attraverso le modalità di classificazione riportate nella Circolare Esplicativa ⁽¹⁾
Legno “Uso Fiume”	Qualificazione ministeriale secondo il p.to B delle NTC 2018 (Par. 11.1): - Attraverso le modalità di classificazione riportate nella Circolare Esplicativa ⁽¹⁾ - Attraverso l'applicazione della UNI 11035-3 (solo per Travi Uso Fiume di Abete Rosso e Abete Bianco) <i>In alternativa:</i> Marcatura CE secondo Benestare Tecnico Europeo (EAD 130167-00-0304 per Abete Bianco, Abete Rosso, Larice e EAD 130012-00-0304 per il Castagno).
Legno “Uso Trieste”	Qualificazione ministeriale secondo il p.to B del § 11.1: - Attraverso le modalità di classificazione riportate nella Circolare Esplicativa ⁽¹⁾

- | | |
|--|--|
| | - Attraverso l'applicazione della UNI 11035-3 (solo per Travi
Uso Trieste di Abete) |
|--|--|

In alternativa:

Marcatura CE secondo Benestare Tecnico Europeo (EAD 130167-00-0304 per Abete Bianco, Abete Rosso, Larice)

Nota 1: C11.7.2 “legno con sezioni irregolari”: in assenza di specifiche prescrizioni, per quanto riguarda la classificazione del materiale, si potrà fare riferimento a quanto previsto per gli elementi a sezione rettangolare, senza considerare le prescrizioni sugli smussi e sulla variazione delle sezioni trasversale, purché nel calcolo si tenga conto dell'effettiva geometria delle sezioni trasversali.

Tabella 3.1 – Riferimenti normativi legno a sezione irregolare.

3.2 PERLINATO AD USO STRUTTURALE

Relativamente al “perlinato” ad uso strutturale, valgono le **medesime considerazioni** riportate in relazione agli assortimenti a **sezione irregolare**.

A tal proposito si possono quindi configurare le seguenti ipotesi di **conformità** del materiale alle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni:

Qualificazione ministeriale secondo il p.to B del § 11.1:

- attraverso le modalità di classificazione riportate in **Circolare 2019** (includendo quale sezione resistente quella compresa tra profili maschio – femmina);
- attraverso Valutazione Tecnica Europea in accordo all'**EAD 130196-00-0304** “Solid Wood Boards for Flatwise Structural Use with Overlapping Edge Profiles”.

3.3 LEGNO LAMELLARE (GLT) E LEGNO MASSICCIO INCOLLATO (GST)

La norma armonizzata di riferimento per tali prodotti è la **UNI EN 14080**; la **marcatura CE** è oggi cogente per **tutti i produttori** europei. A tal proposito si riportano le definizioni di tali prodotti.



Definizione

Legno lamellare = elemento strutturale composto da almeno due lamelle aventi andamento della fibratura pressoché parallelo. Le stesse lamelle possono essere composte da una o due tavole per lato con spessore finito compreso tra 6 mm a 45 mm (incluso). In relazione all'argomento si ricorda che:

- Elementi con classe di resistenza **GLxx "H"** (ossia elementi composti da tavole con la **stessa classe di resistenza**);
- Elementi con classe di resistenza **GLxx "C"** (ossia elementi composti da tavole con **classi di resistenza diverse** – più alta in corrispondenza delle estremità dell'elemento; di "qualità" strutturale più bassa in corrispondenza della mezzeria o asse neutro).



Definizione

Legno massiccio incollato ("glued solid timber") = elementi strutturali con dimensioni delle sezioni fino a 280 mm composti da 2 / 5 lamelle (aventi la stessa classe di resistenza) con andamento della fibratura pressoché parallelo e uno spessore delle tavole compreso tra 45 mm fino a 85 mm (incluso).

La **UNI EN 14081-1** si applica **solo** al seguente elenco di specie:

Spruce (Picea abies, PCAB), Fir (Abies alba, ABAL), Scots pine redwood (Pinus sylvestris, PNSY), Douglas fir (Pseudotsuga menziesii, PSMN), Western Hemlock (Tsuga heterophylla, TSHT), Corsican pine and Austrian black pine (Pinus nigra, PNNL), European larch (Larix decidua, LADC), Siberian larch (Larix sibirica, LASI), Dahurian larch (Larix gmelinii (Rupr.) Kuzen.), Maritime pine (Pinus pinaster, PNPN), Poplar (Applicable clones: Populus x euramericana cv "Robusta", "Dorskamp", "I214" and "I4551", POAL), Radiata- Pine (Pinus radiata, PNRD), Sitka-spruce (Picea sitchensis, PCST), Southern Yellow pine (Pinus palustris, PNPL), Western Red Cedar (Thuja plicata, THPL), Yellow Cedar (Chamaecyparis nootkatensis, CHNT).

Specie diverse da quelle sopra menzionate devono essere sottoposte a certificazione attraverso **ETA** (Valutazione Tecnica Europea).

3.4 ELEMENTI IN LEGNO MASSICCIO GIUNTATI A TUTTA SEZIONE ("KVH")

I prodotti denominati come **"KVH"** sono oggi coperti sotto l'aspetto certificativo dalla seguente norma armonizzata: la **UNI EN 15497**. La relativa marcatura CE è cogente.

Anche in relazione agli elementi KVH la norma di cui sopra è applicabile solo al **medesimo elenco definito dalla UNI EN 14080**.

3.5 COMPENSATO DI TAVOLE (CLT O XLAM)

Per quanto riguarda la situazione normativa e in particolare quella dedicata alla certificazione di prodotto, i **pannelli XLAM** circolano sul territorio nazionale coperti da marcatura CE in accordo a **specifici ETA** o (in alternativa) tramite valutazione tecnica rilasciata dal Servizio Tecnico Centrale (**CVT – Certificato di Idoneità Tecnica**).

Relativamente a questo assortimento, le dimensioni lungo entrambi gli assi principali (che variano a seconda dei produttori) sono di gran lunga maggiori dello spessore del pannello. Gli elementi portanti di compensato di tavole assumono, in base alle **condizioni di carico**, funzione di **lastre** (per le pareti) e/o di **piastre** (per i solai). In generale, il vantaggio principale del sistema è la capacità di **auto-controventarsi** grazie al comportamento scatolare.

In relazione alla definizione, si riportano le seguenti (in quanto normativa nazionale e comunitaria differiscono in sede di definizione di “prodotto tipo”).



Definizione

Compensato di tavole (ambito europeo, coperto da ETA) = prodotto costituito da almeno due strati incollati disposti ortogonalmente tra di loro costituiti da tavole classificate secondo la resistenza o da pannelli a base di legno.

Compensato di tavole (ambito nazionale, coperto da CVT) = prodotto ottenuto per solo incollaggio, sotto adeguata pressione di tavole di legno massiccio classificate, a vista o a macchina, secondo la resistenza e disposte a strati (almeno 3) inclinati a 90° fra di loro in modo da ottenere pannelli adatti all'uso strutturale nelle sole classi di servizio 1 e 2 (UNI EN 1995-1-1). La disposizione degli strati risulta sempre simmetrica rispetto al piano medio del pannello.

Come si può osservare la **definizione nazionale** circa i CLT è molto **più restrittiva** in quanto la caratterizzazione del prodotto tipo si basa su una fase di test più semplice rispetto a quanto definito in sede europea.

Anche in questo caso le **specie applicabili** ai fini dell'applicazione della Valutazione Tecnica Europea sono le **medesime elencate all'interno della UNI EN 14080**.



Quesiti – Prodotti strutturali a base legno

Collega ogni prodotto a base legno con la corrispondente normativa che lo definisce e ne gestisce la regolamentazione.

Legno massiccio a sezione rettangolare	UNI 14080
“Uso Fiume”	UNI 11035-3
“Uso Trieste”	ETA o CVT
Legno lamellare	UNI EN 15497
Legno massiccio incollato	UNI 14081-1
KVH	
Compensato di tavole (XLAM)	



Quesiti – Prodotti strutturali a base legno

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

1) Spiega brevemente la differenza fra sezione rettangolare e sezione irregolare.

2) Quali sono le differenze fra un lamellare di classe GLxx”H” e GLxx”C”?

3) Quali sono i principali vantaggi nell’uso del compensato di tavole (XLAM)?

3.6 DOCUMENTAZIONE ACCOMPAGNATORIA

Il **paragrafo 11.7.10.2** “*Forniture e documentazione di accompagnamento*” delle **NTC 2018** (DM 17.01.18) specifica la documentazione che deve accompagnare le forniture di legno strutturale. In particolar modo e in senso generale la **documentazione accompagnatoria** deve essere composta da:

- Una copia del **Certificato CE di Costanza della Prestazione** (qualora applicabile dal sistema di attestazione previsto per il prodotto immesso in cantiere) oppure dall'**attestato di qualificazione** o dal **Certificato di Valutazione Tecnica** rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale;
- **Dichiarazione di Prestazione (DoP)** come da **Reg. 305/2011** oppure **Dichiarazione resa dal Legale Rappresentante dello stabilimento** in cui vengono riportate le informazioni riguardanti le caratteristiche essenziali del prodotto: “(...) classe di resistenza del materiale, l'Euroclasse di reazione al fuoco e il codice identificativo dell'anno di produzione; sulla stessa dichiarazione deve essere riportato il riferimento al documento di trasporto”;

Inoltre il nuovo corpo normativo delle NTC 2018 esplicita anche la **documentazione inerente i centri di lavorazione** e questa dovrà essere composta da:

- Una copia dell'**Attestato di Denuncia dell'Attività** del centro di lavorazione;
- **Dichiarazione del Direttore Tecnico della Produzione** inerente la descrizione delle lavorazioni eseguite;

Nella tabella seguente si riportano per ciascuno degli assortimenti maggiormente diffusi a livello commerciale la documentazione accompagnatoria come da nuove NTC e relative specifiche tecniche di riferimento.

Assortimento	Documentazione accompagnatoria	
	Produzione	Lavorazione
Legno massiccio a spigolo vivo classificato secondo la resistenza (1)	Certificato CE secondo EN 14081-1 e Dichiarazione di Prestazione	Attestato di Denuncia di Attività e Dichiarazione resa dal Direttore Tecnico di Produzione
Legno lamellare incollato e legno massiccio incollato	Certificato CE secondo EN 14080 e Dichiarazione di Prestazione	
KVH	Certificato CE secondo EN 15497 e Dichiarazione di Prestazione	
Compensato di tavole (XLAM) (2)	Certificato CE secondo ETA e Dichiarazione di Prestazione resa dal Legale Rappresentante	

(1) Per gli assortimenti. “Uso Fiume” e “Uso Trieste” e a “sezione irregolare”, salvo casistiche legate all’applicazione di specifica Valutazione Tecnica europea (ETA), la documentazione accompagnatoria sarà costituita dai seguenti documenti:

- Attestato di qualificazione ministeriale come produttore ; Dichiarazione resa dal Legale Rappresentante.
- Attestato come centro di lavorazione; Dichiarazione resa dal Direttore Tecnico di Produzione .

(2) La conformità del compensato di tavole può essere definita attraverso specifica Valutazione di Idoneità Tecnica (come da Linee Guida emanate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici). In tale caso la documentazione accompagnatoria dovrà essere costituita da:

- Valutazione di idoneità tecnica all’impiego
- Dichiarazione resa dal Legale Rappresentante
- Attestato di qualificazione come centro di lavorazione
- Dichiarazione resa dal Direttore Tecnico del centro di lavorazione

Tabella 3.2 – Documentazione accompagnatoria per i prodotti di maggiore diffusione commerciale.

3.6.1 LA FIGURA DEL COSTRUTTORE

Anche se non direttamente correlato con l’argomento del carpentiere, si riportano alcune considerazioni circa la figura del “costruttore”. Innanzitutto, va premesso che in realtà **non esiste nella legge italiana una definizione ed una disciplina precisa** ben delimitata e definita per ambiti oggetto di attività e requisiti professionali, che possa renderne compiutamente il senso, la portata e gli effetti, non solo in termini giuridici ma anche in termini più strettamente professionali.

Esistono invece **caratterizzazioni della figura** medesima del **costruttore** in ambiti diversi, con prescrizioni e previsioni diverse, in ragione dei diversi obiettivi perseguiti dal legislatore. Solo a titolo di esempio si riportano considerazioni in merito in funzione del documento legislativo oggetto di interesse.



Definizione

Costruttore (secondo DPR 380/01 e s.m.i) = soggetto titolare del permesso di costruire. Tale soggetto è responsabile della conformità “delle opere alla normativa urbanistica, alle previsioni di piano nonché, unitamente al direttore dei lavori, a quelle del permesso e alle modalità esecutive stabilite dal medesimo. Essi sono, altresì, tenuti al pagamento delle sanzioni pecuniarie e solidalmente alle spese per l'esecuzione in danno, in caso di demolizione delle opere abusivamente realizzate (art. 29); allo stesso tempo lo stesso testo unico non riporta una definizione tecnico-organizzativa dello stesso.

Costruttore (secondo D. lgs. 122/05 “Disposizioni per la tutela dei diritti patrimoniali degli acquirenti di immobili da costruire”) = colui che si pone come soggetto venditore di un immobile da costruire, sia che lo abbia edificato direttamente, sia attraverso appalto o esecuzione ad opera di terzi

L'amministrazione finanziaria, ovviamente ai soli fini fiscali, considera costruttore l'impresa che svolge attività di “produzione di immobili” per la successiva vendita, a nulla rilevando chi ne abbia effettuato la materiale esecuzione dei lavori.

Da un'analisi quindi dei testi vigenti di legge e congiuntamente dalla giurisprudenza, è possibile individuare quale costruttore il **soggetto chiamato ad eseguire un'opera**: in altre parole il costruttore è quel soggetto professionale che assume rilievo di fronte alla legge per ciò che va a costruire su incarico e/o per soddisfare un'esigenza di un committente.

Venendo quindi alla **Circolare Esplicativa** (che sicuramente sotto un profilo di gerarchia delle fonti si pone ad un livello inferiore), questa introduce finalmente la figura del **Costruttore del legno**, precisando alcuni dei compiti in materia dei prodotti strutturali utilizzati (e relativa documentazione accompagnatoria/tracciabilità lungo la filiera), in linea con quanto espresso dal DPR 380/01. A tal proposito si riporta breve estratto della Circolare (C11.7.10.1.1 “Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati”).



Citazione (Circolare Esplicativa - C11.7.10.1.1)

“Il costruttore resta comunque responsabile della qualità degli elementi strutturali in legno posti in opera, qualità che sarà controllata dal Direttore dei Lavori secondo le procedure di cui al § 11.7.10.2. Lo stesso costruttore, nell'ambito delle proprie responsabilità, prima dell'inizio della costruzione dell'opera, deve acquisire idonea documentazione relativa ai componenti, per ciascun elemento strutturale in legno da utilizzare, al fine di ottenere le prestazioni indicate nel progetto. Tale documentazione dovrà essere comprensiva sia della fase di produzione come da §. 11.1 (casi A, B o C) che di quella di centro di lavorazione come da § C11.7.10.1. Inoltre ai fini della rintracciabilità dei prodotti, il costruttore deve assicurare la conservazione della medesima documentazione, unitamente a marchiature o etichette di riconoscimento, fino al completamento delle operazioni di collaudo statico.”

In relazione alle **responsabilità** si fa presente (nel caso di contratti di appalto come molte volte avviene all'interno dei rapporti committente - impresa costruttrice del comparto legno) che le stesse vertono principalmente sulla **garanzia dell'opera da eventuali difformità e vizi**, ovvero deve garantire che la stessa sia esente da vizi, sia con riguardo alle regole dell'arte e alle norme tecniche inderogabili, sia con riguardo al capitolato ed al progetto.

Ciò significa che in caso contrario il committente potrà chiedere che le difformità e i vizi siano **eliminati a spese del costruttore**, oppure che il prezzo sia diminuito, salvo il risarcimento del danno nel caso di colpa del costruttore. Se vizi e difformità sono tali da rendere l'opera del tutto inadatta alla sua destinazione, il committente potrà chiedere la **risoluzione del contratto**.

Per gli edifici e le altre cose immobili destinate per loro natura a lunga durata, la **garanzia dura 10 anni** dal compimento dell'opera: se in questo arco temporale l'opera rovina in tutto o in parte o presenta pericolo di rovina o gravi difetti, per vizio del suolo o per difetto della costruzione, il **costruttore sarà responsabile nei confronti del committente** e dei suoi aventi causa purché sia stata fatta **denuncia entro un anno** dalla scoperta e la relativa azione sia iniziata entro un anno dalla denuncia. Come è ormai acquisito anche al vissuto quotidiano, le conseguenze di tale forma di garanzia ruotano intorno alla distinzione sulla natura dei difetti dell'opera: se non gravi la garanzia avrà durata di due anni, se gravi di dieci anni. Distinzione che tiene conto, in buona sostanza, dell'obiettivo di far conseguire al committente la consegna di un'opera solida e duratura, anche in relazione ad efficienza, funzionalità.

Per tal motivo, infatti, senza addentrarsi in discorsi e in argomenti tecnico-giuridici, va precisato che all'individuazione dei primi (**difetti non gravi**) si giunge in via di esclusione rispetto all'individuazione dei secondi (**difetti gravi**) e che con riguardo a questi ultimi la giurisprudenza ha dato, sì, differenti contenuti e caratterizzazioni, ma comunque pur sempre all'interno dell'univoco concetto per cui il difetto, per considerarsi grave, pur non determinando la rovina o il pericolo di rovina dell'edificio o delle altre cose immobili, deve essere tale da **incidere significativamente sul godimento e sulla funzionalità** del bene. A titolo di completezza si riporta art. 1669 del Codice Civile.



Citazione (Cod. Civile - Art. 1669 “Rovina e difetti di cose immobili”)

“Quando si tratta di edifici o di altre cose immobili destinate per la loro natura a lunga durata, se, nel corso di dieci anni dal compimento, l'opera, per vizio del suolo o per difetto della costruzione, rovina in tutto o in parte, ovvero presenta evidente pericolo di rovina o gravi difetti, l'appaltatore è responsabile nei confronti del committente e dei suoi aventi causa, purché sia fatta la denuncia entro un anno dalla scoperta. Il diritto del committente si prescrive in un anno dalla denuncia.”



Quesiti – Certificazioni e responsabilità

Rispondi alle seguenti domande.

Domande a risposta multipla

- | | |
|--|--|
| <p>1) Un produttore estero che procede a lavorare all'interno del suo stabilimento, deve procedere a qualificarsi come centro di lavorazione secondo quanto previsto dalle NTC 2018?</p> | <p>☐ Sì, se la fornitura riguarda un cantiere in Italia</p> <p>☐ No, non è necessario quando i materiali sono marcati CE</p> <p>☐ Mai</p> |
| <p>2) È obbligatorio marcare CE gli elementi in legno massiccio incollato?</p> | <p>☐ Sì, secondo la UNI EN 14080</p> <p>☐ Sì, secondo la UNI EN 15497</p> <p>☐ Sì, secondo la UNI EN 14081</p> |
| <p>3) La documentazione accompagnatoria per il CLT è composta da:</p> | <p>☐ ETA, DoP, attestato come lavorazione e dichiarazione rilasciata dal DTP</p> <p>☐ ETA e DoP</p> <p>☐ Certificato CE, DoP, attestato come lavorazione e dichiarazione rilasciata dal DTP</p> |
| <p>4) Le responsabilità del costruttore nei confronti della committenza sono:</p> | <p>☐ relative ai soli difetti gravi</p> <p>☐ relative alla garanzia dell'opera da eventuali difformità e vizi</p> |

4

Sicurezza in cantiere:
buone prassi

In merito ai cantieri di costruzione di **edifici prefabbricati in legno**, l'aspetto forse più interessante e vantaggioso, soprattutto dal punto di vista economico, è quello relativo alla **durata limitata dei tempi di costruzione**. È quindi necessario programmare con tempi certi e procedure definite nel dettaglio le modalità di esecuzione di tutte le fasi della costruzione. Ove ciò non accada eventuali imprevisti in corso d'opera possono rallentare l'esecuzione e rendere difficoltosa la ricerca delle soluzioni da adottare.

Tale programmazione deve considerare anche la progettazione della sicurezza, ovvero la corretta analisi e valutazione dei rischi legati alla fase di realizzazione dell'opera con la conseguente individuazione e definizione delle conseguenti **misure di sicurezza** sin dalla fase progettuale dell'opera.

Il compito di individuare le corrette misure da adottare in fase di realizzazione dell'opera non è un compito esclusivo del Coordinatore per la Progettazione e del Datore di Lavoro dell'impresa esecutrice ma anche del Progettista.

4.1 CARATTERISTICHE DEI CANTIERI

La fase costruttiva di un edificio in legno ha ulteriori aspetti positivi in relazione alle problematiche relative alla sicurezza:

- la durata inferiore dei tempi di costruzione significa **minore possibilità del verificarsi di incidenti** in cantiere;
- il **ridotto peso degli elementi costruttivi** significa oltre che una più agevole movimentazione, un minor pericolo per gli operatori coinvolti;
- il montaggio di impianti e cappotti isolanti è notevolmente più semplice, essendo possibile utilizzare per il **collegamento semplice ferramenta** e non essendo necessaria la realizzazione di tracce o scassi;
- gli **attrezzi** utilizzati durante le fasi costruttive sono **più leggeri** rispetto a quelli utilizzati in un cantiere tradizionale con conseguente minor fatica e minor rischio per gli operatori;
- l'**assenza di getti** e in generale della presenza d'acqua e materiali inerti consente di mantenere più pulito e ordinato l'ambiente di lavoro e di poter organizzare al meglio le diverse fasi di lavorazione.

Tuttavia il cantiere di un edificio di legno presenta delle caratteristiche particolari in relazione ai rischi relativi alla sicurezza che lo differenzia rispetto ai rischi

normalmente presenti in un cantiere tradizionale e che se non adeguatamente considerati possono portare al verificarsi di incidenti con conseguenze anche mortali.

In particolare verranno presi in considerazione i **rischi** connessi a:

- **movimentazione** degli elementi prefabbricati;
- **attrezzature per il montaggio** degli elementi divisorii prefabbricati e per le opere di finitura;
- **sistemi anticaduta** per il montaggio degli elementi prefabbricati in quota.

4.2 OBBLIGHI: SINTESI

Di seguito si cercherà, senza entrare eccessivamente nel dettaglio di definire per le principali figure gli **obblighi** derivanti dai principali riferimenti legislativi presenti sul nostro paese (vedi **D. lgs 81/08** e **s.m.i.**).

4.2.1 OBBLIGHI DEL DATORE DI LAVORO

Il datore di lavoro deve:

- **informare** i lavoratori dei **pericoli** sul luogo di lavoro;
- **istruire** i lavoratori sulle **misure di prevenzione**;
- **formare** i lavoratori in determinati **compiti della sicurezza sul lavoro** e nei lavori che presentano **pericoli particolari**;
- **informare** sulla funzione e sui compiti degli **specialisti** in azienda e sul cantiere;
- provvedere affinché i lavoratori **osservino i provvedimenti** relativi alla sicurezza sul lavoro;
- **garantire** ai lavoratori il **diritto di consultazione**;
- concordare i provvedimenti necessari ai fini della **sicurezza sul lavoro** e della **tutela della salute** in caso di collaborazione con altre aziende.

4.2.2 OBBLIGHI DEI LAVORATORI

Il lavoratore deve:

- **rispettare** le **istruzioni** del datore di lavoro;
- tenere conto delle **norme di sicurezza** generalmente riconosciute;
- utilizzare i **dispositivi di protezione individuale (DPI)**;

- eliminare le **anomalie** che possono pregiudicare la sicurezza sul lavoro o **segnalarle** al datore di lavoro;
- **sospendere** il lavoro se la sicurezza non è più garantita;
- sottoporre ogni giorno le misure di protezione collettiva a un **controllo visivo**;
- se riscontra delle **carenze** non deve lavorare nella zona di pericolo. Se inizia a lavorare, dichiara tacitamente di ritenere idonee le misure di protezione collettiva;
- **segnala** eventuali carenze o **irregolarità** al committente;
- non è autorizzato a modificare le misure di protezione collettiva.

4.3 PIANO DI MONTAGGIO E DI TRASPORTO

Per una pianificazione ottimale della **logistica** servono buone conoscenze delle infrastrutture aziendali, di trasporto e di cantiere. È necessario definire gli ancoraggi degli elementi per le operazioni di carico/scarico e per il trasporto.

Nel piano di carico degli elementi sul mezzo di trasporto bisogna considerare la sequenza di montaggio nel cantiere. La sequenza di produzione può essere stabilita di conseguenza.

4.3.1 PIANO DI MONTAGGIO E SICUREZZA

Prima di iniziare i lavori di montaggio bisogna chiarire definitivamente i seguenti punti con la direzione dei lavori:

- **impianto generale di cantiere** (recinzioni, elettricità, impianti sanitari, ecc.);
- **accessi** per veicoli di trasporto e mezzi di sollevamento;
- aree di **parking** per veicoli di trasporto, piattaforme e mezzi di sollevamento (dimensioni, capacità portante del suolo);
- situazione per la **gru** (area di scarico e montaggio);
- aree di **stoccaggio**;
- **misure di protezione collettiva** a cura del committente (accessi, protezioni laterali, ponteggi, reti di protezione, ecc.), compresi gli adeguamenti durante il montaggio;
- **misure per la sicurezza sul lavoro** e la **tutela della salute** da adottare per proprio conto (illuminazione, DPI, attrezzature di lavoro, ecc.);

- **istruzioni** proprie al cantiere e istruzioni a tutti i dipendenti;
- **accordi** necessari con **imprese terze** (pericoli, misure, istruzioni, ecc.).



Quesiti – Obblighi e aspetti di montaggio

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

1) Quali sono gli obblighi a cui deve sottostare il datore di lavoro? Riportali brevemente.

2) Quali sono gli obblighi a cui deve sottostare il lavoratore? Riportali brevemente.

3) Quali sono gli aspetti generali da concordare prima dell'inizio dei lavori in cantiere?

4.4 IL TRASPORTO

Pur non essendoci una soluzione standard, per il trasporto di prefabbricati in legno è molto diffuso il sistema di **piattaforme di carico con montanti centrali**. Gli elementi per **pareti** vengono trasportati prevalentemente **in verticale**, gli elementi per **coperture e soffittature in orizzontale**.

I fattori che determinano il tipo di trasporto sono la **larghezza ammissibile del veicolo**, l'**altezza** del veicolo e il **peso totale** dell'automezzo adibito al trasporto di merci.

In linea generale valgono i seguenti principi:

- **dimensionare i dispositivi di ancoraggio** per il trasporto in funzione del carico. Attenersi ai requisiti indicati nella norma **EN 12195** (serie);

- **controllare l'ancoraggio** del carico prima di ogni viaggio e a intervalli regolari durante i viaggi lunghi;
- interrompere immediatamente il viaggio se si constatano difetti di qualsiasi genere al fissaggio del carico;
- per ancorare il carico, utilizzare delle **cinghie di fissaggio**;
- garantire la **sicurezza statica** durante il trasporto di elementi prefabbricati in orizzontale;

4.4.1 ANCORAGGIO PER IL TRASPORTO

Oltre a chiarire i campi di responsabilità bisogna rispettare i seguenti punti fondamentali:

- l'**ancoraggio** dei prefabbricati avviene **indipendentemente** dagli **accessori di sollevamento**; solo così è infatti possibile garantire l'**aggancio** e lo **sgancio in sicurezza** dei mezzi di sollevamento;
- togliere l'ancoraggio per il trasporto solo se l'ancoraggio dei prefabbricati è intatto;
- togliere l'ancoraggio dei prefabbricati **solo dopo l'aggancio al mezzo di sollevamento**, quando la fune è già in tensione;
- durante il carico e scarico dei prefabbricati in legno accertarsi che **nessuno si trovi nella zona di pericolo** o sotto il carico sospeso.

4.4.2 SISTEMI DI TRASPORTO

Per garantire la sicurezza durante il trasporto e le operazioni di carico e scarico bisogna rispettare le seguenti istruzioni:

- durante le operazioni di carico e scarico degli elementi prefabbricati, il **rimorchio** o il sistema di piattaforme è **orizzontale** e si trova su una superficie portante (fig. 2.1);
- gli elementi prefabbricati sono disposti in modo **simmetrico** rispetto alla linea centrale del sistema di trasporto così da garantire il **bilanciamento** dell'intero **carico** (fig. 2.2);
- **ancorare singolarmente** gli elementi prefabbricati caricati in verticale prima di allentare l'accessorio di imbracatura;

- gli elementi vanno assicurati singolarmente anche quando si utilizzano strutture ad A.

Nelle seguenti figure, le parti dell'ancoraggio dei prefabbricati sono riportate in rosso, mentre le parti dell'ancoraggio per il trasporto sono in verde:

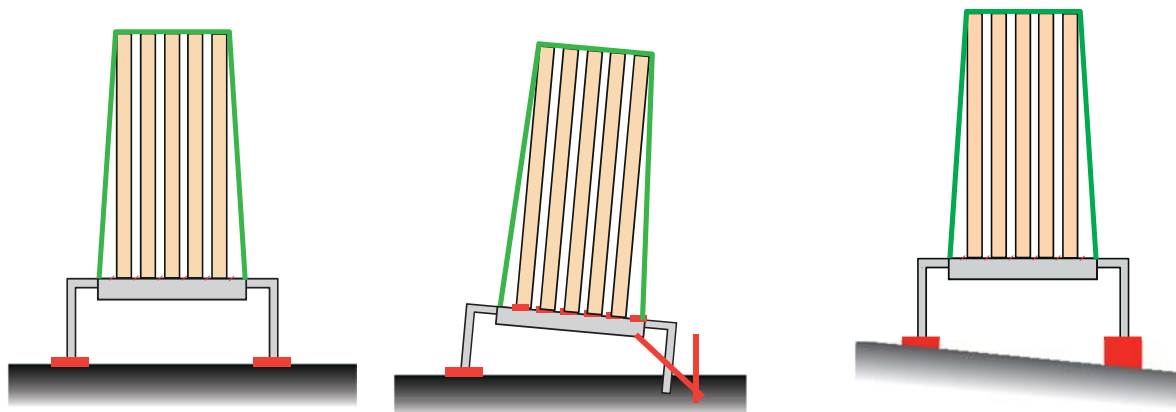


Figura 4.1 – Superfici di appoggio per i sistemi di piattaforme di carico

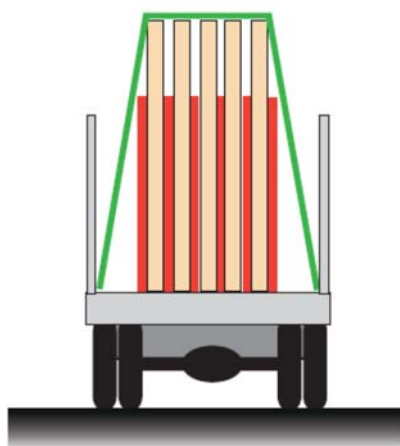


Figura 4.2 – Sistemi di montanti ad innesto per disposizione simmetrica degli elementi prefabbricati

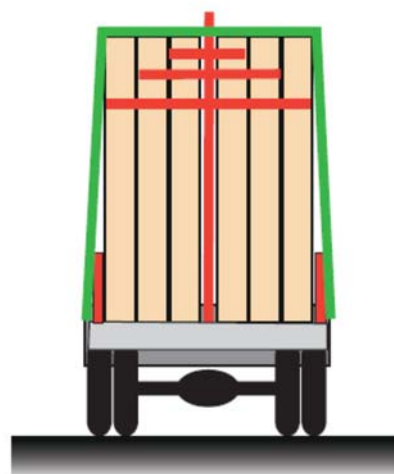


Figura 4.3 – Sistema di montanti centrali

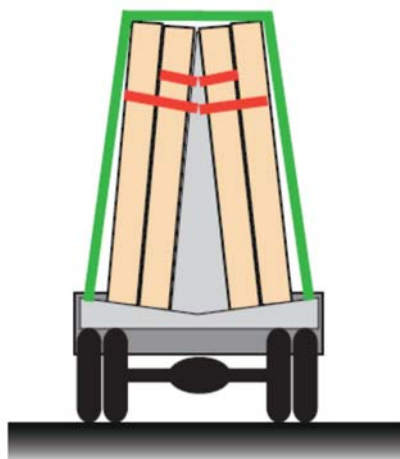


Figura 4.4 – Sistema con struttura ad "A"

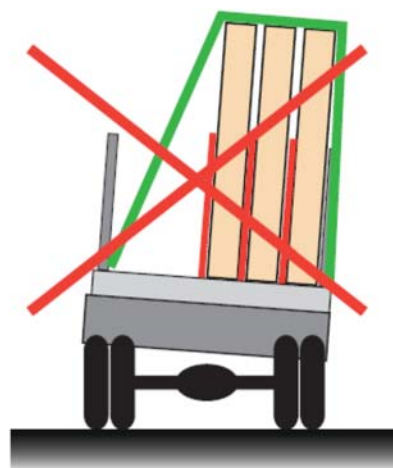


Figura 4.5 – Posizionamento non consentito

I sistemi di rimorchio **non dispongono** di un proprio **motore**. Se il piano di carico non è uniforme e continuo bisogna tenerne conto durante le operazioni di carico.

Il sistema di rimorchio può essere utilizzato tanto per il trasporto quanto come sistema di stoccaggio. Gli elementi prefabbricati possono essere trasportati in verticale o in orizzontale. I sistemi a piattaforma e a piattaforma scarrabile richiedono un **autotelaio supplementare**. Si distingue tra piattaforme a pianale uniforme e continuo e piattaforme a pianale ribassato. Grazie alla scanalatura centrale su tutta la lunghezza, queste piattaforme consentono il trasporto di elementi prefabbricati **alti fino a circa 3,4 m**.

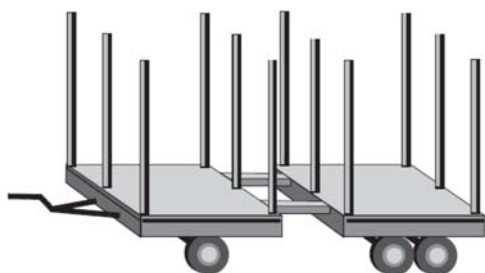


Figura 4.6 – rimorchio a ralla sterzante con montanti centrali e laterali

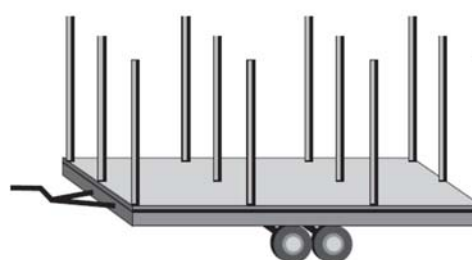


Figura 4.7 – Rimorchio tandem con montanti centrali

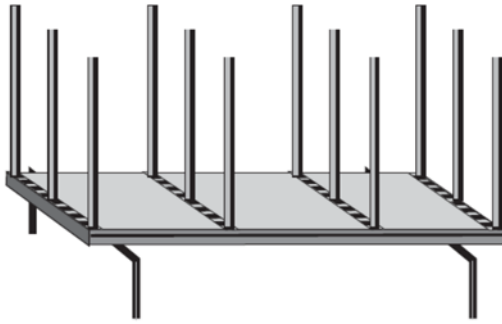


Figura 4.8 – Sistema a piattaforma con montanti verticali

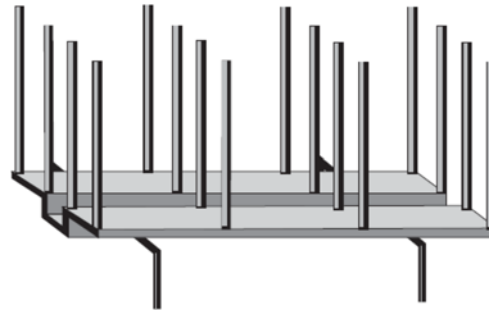


Figura 4.9 – Sistema a piattaforma con pianale ribassato e montanti

I **semirimorchi** sono rimorchi che scaricano una **parte del carico sul veicolo trainante**. Gli **inloader** con piano basso sono indicati anche per il trasporto di elementi prefabbricati **alti fino a circa 3,4 m**.

Il vantaggio dei semirimorchi è l'elevato carico utile ammissibile che consente di trasportare prefabbricati pesanti.

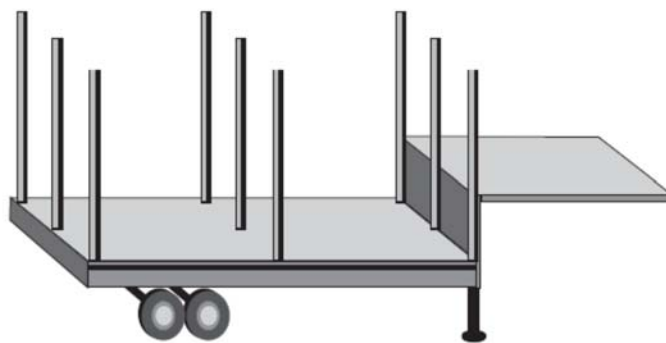


Figura 4.10 – Semirimorchi

Gli **autocarri** con cassoni scarrabili sono un'alternativa ai sistemi di rimorchio. I prefabbricati in legno possono essere trasportati in verticale o in orizzontale e sono **protetti dalle intemperie**. La superficie di carico è uniforme e continua.



Quesiti – Certificazioni e responsabilità

Rispondi alle seguenti domande.

Domande a risposta multipla

- 1) Il trasporto dei prefabbricati può avvenire senza dispositivi di ancoraggio:
 - ☐ quando gli elementi non superano l'altezza di 3,4m.
 - ☐ quando gli elementi sono coricati in orizzontale
 - ☐ in nessuna condizione
- 2) I dispositivi di ancoraggio per il trasporto:
 - ☐ possono essere gli stessi dei dispositivi di sollevamento
 - ☐ sono indipendenti dai dispositivi di sollevamento
 - ☐ sono opzionali, a discrezione e a responsabilità del trasportatore
- 3) Il trasporto degli elementi prefabbricati deve avvenire in modo:
 - ☐ simmetrico, rispetto alla linea centrale del sistema di trasporto
 - ☐ causale, purché ordinato per massimizzare le quantità trasportate
- 4) Con piattaforme a pianale uniforme è possibile trasportare prefabbricati fino a 3,4m?
 - ☐ Sì, purché siano ben ancorati al sistema di trasporto
 - ☐ No, è possibile con altre tipologie di sistemi, come piattaforme ribassate



Disegno – Sistemi di trasporto

Disegna nel modo più realistico possibile almeno due tipologie di sistemi di ancoraggio per il trasporto in verticale di elementi prefabbricati con altezze inferiori a 3,4m.

4.5 IMPIANTO DI CANTIERE

Per ridurre il rischio di infortunio, gli **accessi** e le **uscite** del cantiere devono essere concepiti in modo che risultino piane e **separate** tra loro. Le zone a traffico pubblico e le relative regolamentazioni devono essere considerate in fase di progettazione.

4.5.1 ACCESSI

Le vie di circolazione nel cantiere devono essere progettate a prova di intemperie. Occorre prevedere un **drenaggio** e un **deflusso** mirati dell'**acqua piovana**. A seconda della stagione, bisogna tenere conto del ghiaccio e della neve.

Oltre ai requisiti di sicurezza qui specificati si riportano ulteriori note a riguardo:

- Rispettare sempre le **distanze di sicurezza da scavi e scarpate**, nonché la **sagoma libera** necessaria (Figura 4.11);
- Mantenere sempre sgombre le **vie di fuga**;
- Se la luce diurna non è sufficiente, **illuminare** le vie di circolazione nel cantiere;
- **Contrassegnare il confine** con le zone a traffico pubblico e i fondi limitrofi con recinzioni o cartelli.

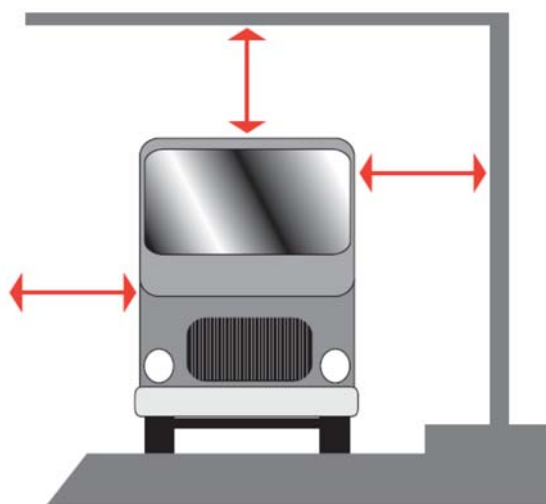


Figura 4.11 – Distanze di sicurezza/sagoma libera

4.5.2 STOCCAGGIO INTERMEDIO, SUPERFICI DI APPOGGIO

In linea generale, sui cantieri è bene **evitare lo stoccaggio intermedio** dei singoli prefabbricati in legno. È molto probabile che i prefabbricati siano esposti a **fattori esterni** e che vengano **stoccati in modo improprio**.

Vanno inoltre rispettati i seguenti punti:

- Per lo stoccaggio dei prefabbricati in verticale utilizzare **incastellature** di trasporto o **strutture ad A**;
- Ogni elemento deve essere **fissato separatamente**;
- L'ancoraggio dei prefabbricati avviene **indipendentemente** dagli accessori di sollevamento; solo così è infatti possibile garantire l'**aggancio e lo sgancio in sicurezza** dei mezzi di sollevamento;
- L'ancoraggio dei prefabbricati va realizzato **prima** dello sgancio dal mezzo di sollevamento e va tolto solo **dopo** l'aggancio, quando la fune di sollevamento è già in tensione;
- Per lo stoccaggio intermedio su veicoli a pianale o sistemi di rimorchio le superfici di **appoggio** devono essere scelte in **funzione del carico**. Accertarsi che non si possa verificare alcun **cedimento dei piedini di appoggio**.

4.5.3 MEZZI DI SOLLEVAMENTO

Per il sollevamento dei prefabbricati in legno nella fase di montaggio si possono utilizzare sistemi di **gru** ed **elicotteri**.

Le **gru a torre** o gru mobili possono essere manovrate solo da **personale qualificato** e da **gruisti con patente**. Per il sollevamento dei prefabbricati, i gruisti devono rispettare i seguenti punti:

- Verificare l'**omologazione della gru** prima della messa in servizio;
- Controllare il **corretto funzionamento** della gru prima di ogni utilizzo;
- Valutare sempre la situazione del **vento** prima di procedere all'imbracatura dei prefabbricati. Già basse velocità del vento possono causare evidenti **oscillazioni** e **rotazioni** dei prefabbricati in legno;
- Nessuno deve sostare nella **zona di pericolo**, sotto i carichi sospesi e lungo i percorsi in cui vengono movimentati i prefabbricati in legno;
- Sui cantieri rispettare l'**obbligo del casco**;
- La **portata massima ammissibile** e le tabelle di carica della gru/del mezzo di sollevamento sono note e vengono rispettate per la movimentazione dei prefabbricati in legno;
- Stabilire il **raggio di azione del gancio** della gru in funzione dell'impiego previsto. Considerare soprattutto l'ingombro delle diverse imbracature;

- Utilizzare i **segnali convenzionali** per il trasporto dei carichi;

Durante il trasporto con elicottero bisogna tener conto di forze molto più elevate prodotte da movimenti dinamici (ad es. vento, procedura di volo). Generalmente l'accessorio di imbracatura viene fissato al gancio di sicurezza dell'elicottero invece che al gancio della gru.

Le misure specifiche per l'impiego di un elicottero vanno coordinate tempestivamente con l'impresa di elitransporto a cui è stato affidato l'incarico.



Quesiti – Impianto di cantiere

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

- 1) Quali sono i requisiti fondamentali per l'accesso al cantiere? Descrivili brevemente.

- 2) Quali sono le principali regole per la movimentazione con gru?

- 3) Quali specifiche devono possedere gli accessori di sollevamento?

- ---
- ---
- ---
- ---

Domande a risposta multipla

- | | |
|--|---|
| 1) Via di entrata e di uscita del cantiere devono essere: | ☐ coincidenti
☐ separate e indipendenti |
| 2) Durante lo stoccaggio in verticale di prefabbricati, ogni elemento deve essere: | ☐ semplicemente appoggiato, purché stabile
☐ fissato separatamente
☐ libero, purché lontano dal passaggio di persone |
| 3) L'ancoraggio dei prefabbricati deve realizzarsi: | ☐ prima dello sgancio del mezzo
☐ dopo dello sgancio del mezzo |

4.6 LA MOVIMENTAZIONE IN CANTIERE DEGLI ELEMENTI PREFABBRICATI

Elementi fondamentali per una corretta e sicura movimentazione (in cantiere così come in stabilimento) sono:

- predisposizione di un **piano di trasporto e scarico** degli elementi costruttivi che andranno preventivamente **numerati e disposti in ordine di utilizzo**;
- predisposizione all'origine di **punti di ancoraggio** sugli elementi da movimentare;
- utilizzo di **adeguate attrezzature** per il sollevamento;
- utilizzo di corretti **accessori di sollevamento**;
- utilizzo di **funi guida**;
- utilizzo dei necessari **DPI**.

Per gli **accessori di sollevamento** è da ricordare che ognuno di essi all'atto della immissione sul mercato, ovvero della prima utilizzazione per quelli allestiti direttamente dall'utente, deve oggi soddisfare a quanto previsto dal **D. Lgs. n. 17/2010** (nuova direttiva macchine) i quali specificano che ogni accessorio di sollevamento deve recare i seguenti dati:

- **marcatura CE**;
- **identificazione del fabbricante**;
- **identificazione del materiale** qualora tale informazione sia necessaria per la sicurezza di utilizzo;
- **identificazione del carico massimo** di utilizzazione.

Inoltre è necessario tenere ben presente le sollecitazioni a cui gli elementi costruttivi sono sottoposti in fase di produzione, trasporto e montaggio. Gli elementi per pareti,

soffittature e coperture subiscono diverse sollecitazioni durante le operazioni di capovolgimento, sollevamento e trasporto. Se, ad esempio, gli elementi sono prodotti in orizzontale e poi vengono messi in verticale con la gru, il punto di ancoraggio è sollecitato trasversalmente.

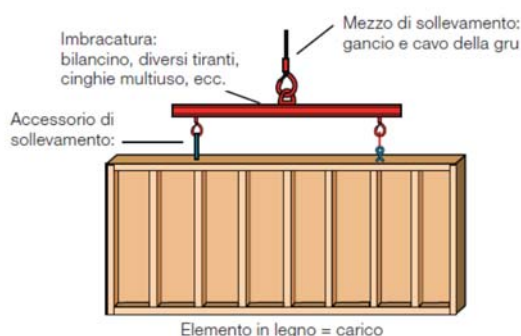


Figura 4.12 – Imbracatura dei prefabbricati in legno

Durante l'allestimento dei piani di montaggio occorre stabilire la **posizione del baricentro** degli elementi prefabbricati con l'ausilio di software e/o calcoli manuali in modo da poter **bilanciare l'assetto** in previsione del trasporto e del montaggio.

L'utilizzo di accessori di imbracatura regolabili (**bilancini, catene, bascule**, ecc.) consente di correggere eventuali **posizioni oblique**. Le disposizioni contenute nei manuali d'uso (indicazioni del fabbricante) devono essere assolutamente visionate e rispettate dalle squadre di montaggio.

In senso generale è di buon senso utilizzare i medesimi sistemi di imbracatura degli elementi in azienda, durante il trasporto e nel cantiere. Questo sicuramente può aiutare nell'evitare situazioni di carico non definite per i dispositivi di fissaggio.

Quando si scelgono gli accessori di imbracatura e di sollevamento bisogna considerare i seguenti punti:

- **Mezzi di sollevamento disponibili** (gru a ponte, gru di cantiere, elicottero, ecc.) durante la produzione, il trasporto e il montaggio;
- **Spazio disponibile** (in verticale e orizzontale) durante la produzione, il trasporto e il montaggio;
- Per ogni tipo di elemento (per pareti, soffittature e coperture) bisogna definire un **sistema di imbracatura specifico** in funzione della geometria e del peso del prefabbricato;
- **Distribuzione del carico e forze massime** che possono agire sui singoli punti di ancoraggio (attenzione ai sistemi non isostatici);

- Utilizzo di una **bascula** per il **bilanciamento del carico** con più di 2 punti di ancoraggio (è un sistema isostatico);
- È necessario elaborare istruzioni specifiche; sugli accessori di sollevamento è necessario che vi sia **specificata la portata**.

Inoltre al posizionamento degli **accessori di imbracatura** bisogna considerare i seguenti punti:

- **baricentro** degli elementi;
- assetto durante le operazioni di montaggio (ad es. **inclinazione** degli elementi per coperture);
- **indicazioni** del fabbricante sull'**uso degli accessori** di imbracatura e di sollevamento;
- **rigidezza e resistenza** degli elementi (ad es. a rottura, piegatura);
- **forze indotte** nell'elemento dalla posizione dell'accessorio di sollevamento;

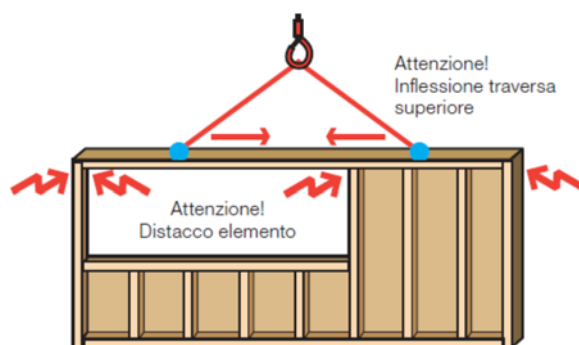


Figura 4.13 – È indispensabile pianificare il diagramma dei carichi in gioco al fine di garantire la stabilità degli elementi.

4.6.1 BILANCINI E ALTRI MEZZI COMUNI PER MOVIMENTAZIONE



Definizione

Bilancino da sollevamento = strumento di sollevamento realizzato con profili in laminati di acciaio ad alto limite di snervamento che può essere installato su qualsiasi tipo di gru. Le due tipologie più utilizzate sono:

- i **bilancini a trave** (Figura 4.14);
- i **bilancini ad H** (Figura 4.15).

Nelle costruzioni in legno i bilancini si sono rivelati molto utili nel sollevamento in sicurezza degli elementi prefabbricati. I bilancini sono in **metallo** e dimensionati per un determinato carico.

Nelle costruzioni in legno si usano soprattutto i bilancini con **due attacchi superiori** e quelli con un **solo attacco superiore**. Gli attacchi inferiori degli accessori di sollevamento devono essere regolabili in modo da bilanciare il carico.

I **bilancini ad H** dispongono di **4 punti di ancoraggio** e sono adatti al **sollevamento di elementi orizzontali/obliqui** o moduli prefabbricati.

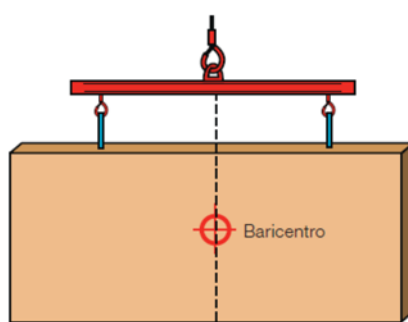


Figura 4.14 – Bilancino con un solo attacco superiore

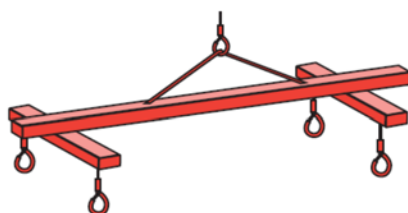


Figura 4.15 – Bilancino ad H con un 4 punti di ancoraggio

Per trasportare in sicurezza gli elementi con i bilancini bisogna rispettare i seguenti punti:

- il **baricentro** dell'elemento in legno si stabilizza sempre **sulla verticale del gancio della gru** (Figura 4.16 e Figura 4.17)
- rispettare le specifiche contenute nei **piani di officina** (ad es. accessori di imbracatura e di sollevamento, punti di ancoraggio);
- quando si utilizzano più di due accessori di sollevamento, bisogna adottare adeguati provvedimenti per **bilanciare il carico**, ad es. bilancia;
- allineare i bilancini in orizzontale, le **posizioni oblique non sono consentite**.

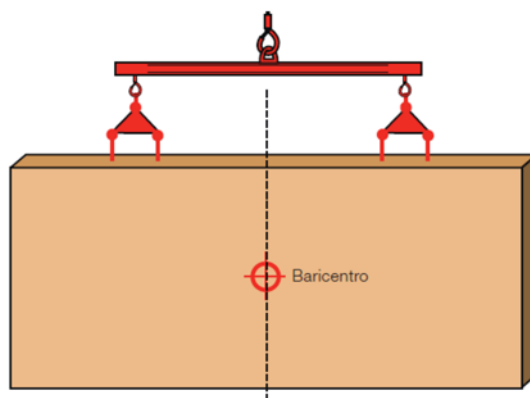


Figura 4.16 – Trasporto di un elemento pesante con bilancino, bascula e quattro accessori di sollevamento

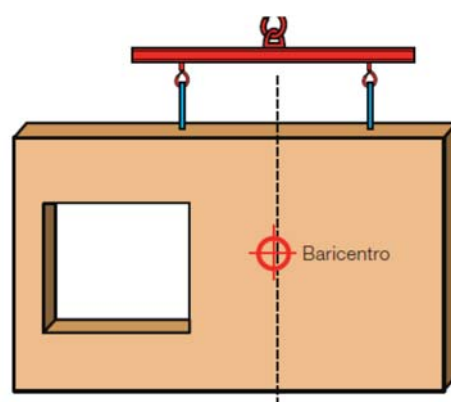


Figura 4.17 – Situazione di equilibrio con imbracatura

Per il sollevamento di **elementi in orizzontale** per pavimenti o elementi obliqui per coperture si devono prevedere **4 punti di ancoraggio**. La configurazione del bilancino prevede due sistemi isostatici.

- **Bilancino in combinazione con due tiranti a 2 bracci lato carico.** Tener presente che l'assetto inclinato dei bracci genera una compressione all'interno dell'elemento in legno (Figura 4.18).
- **Bilancino ad H con quattro tiranti verticali lato carico,** senza compressione supplementare all'interno dell'elemento in legno (Figura 4.19).

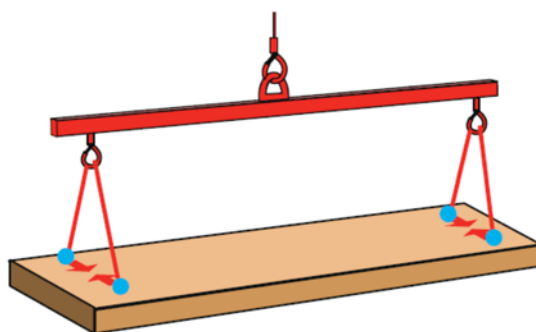


Figura 4.18 – Sistema di imbracatura con bilancino per prefabbricati orizzontali

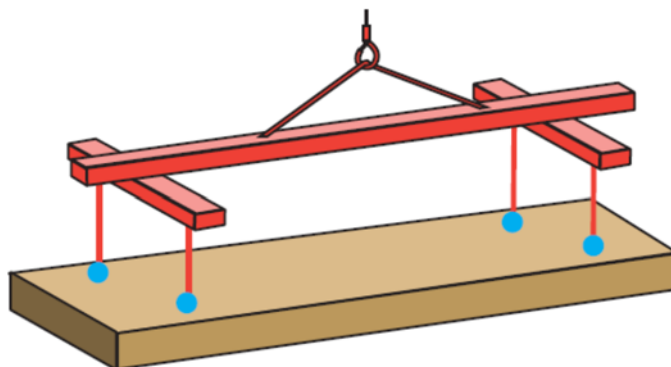


Figura 4.19 – Sistema di imbracatura con bilancino ad H per prefabbricati in orizzontale

L'utilizzo di un **bilancino ad H** consente di realizzare un'imbracatura sicura di **elementi obliqui** per coperture (Figura 4.20).

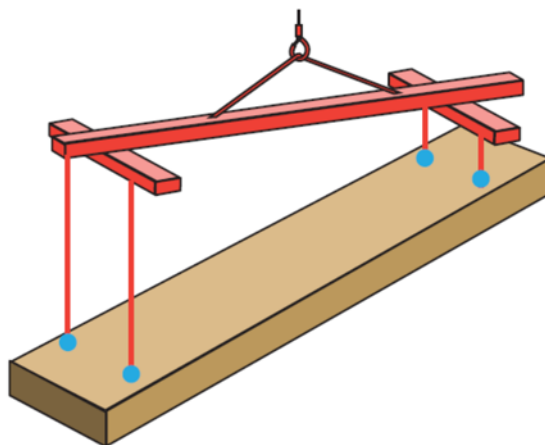


Figura 4.20 – Sistema di imbracatura con bilancino ad H per prefabbricati obliqui



Quesiti – Bilancini

Rispondi alle seguenti domande.

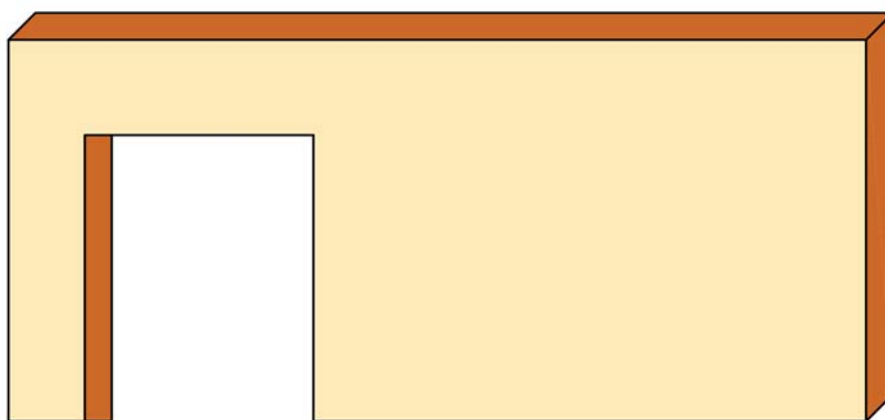
Domande a risposta multipla

- 1) Per il sollevamento di elementi obliqui (es. elementi di copertura) è più adatto:
- ☐ bilancino a trave
 - ☐ bilancino ad H
 - ☐ nessuno dei precedenti
- 2) Per il sollevamento in sicurezza di elementi orizzontali servono almeno:
- ☐ 4 punti di ancoraggio
 - ☐ 2 punti di ancoraggio



Disegno – Bilancini

Considera la parete con apertura riportata in figura. Ipotizza la posizione approssimativa del baricentro della parete e disegna il posizionamento del bilancino e il gancio della gru per il sollevamento.





Disegno – Bilancini

Disegna un bilancino per arrivare ad un'imbracatura sicura di elementi obliqui per coperture.

4.6.2 TIRANTI



Definizione

Tiranti = dispositivi di sollevamento costituiti da funi di acciaio con anima tessile e/o metallica aventi alle estremità dei terminali che consentono la connessione con i ganci dell'apparecchio di sollevamento, con i carichi da sollevare o con organi di macchine.



Figura 4.21 - Tiranti a 4 bracci con asole in estremità



Figura 4.22 - Tiranti a 2 bracci con gancio in estremità

L'utilizzo dei tiranti può generare **forti compressioni all'interno degli elementi in legno**. Queste sollecitazioni devono essere **considerate già in sede di progettazione** con un adeguato dimensionamento del corrente superiore. A titolo non esaustivo si riportano alcuni punti e considerazioni da rispettare per favorire un razionale utilizzo dei medesimi tiranti (Figura 4.23 e Figura 4.24):

- il **baricentro** dell'elemento in legno si stabilizza sempre **sulla verticale del gancio della gru**;
- scegliere i tiranti in funzione delle **dimensioni e del peso** degli elementi in legno.
- non usare mai tiranti a un solo braccio;
- in un **anello ovale** vanno agganciati al **massimo due bracci**;
- per il sollevamento di elementi pesanti per pareti è possibile utilizzare una combinazione di più tiranti a 2 bracci con **dispositivi di compensazione**. Tale combinazione deve essere progettata di conseguenza (Figura 4.24).

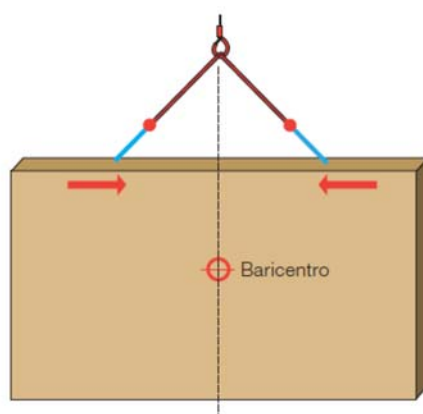


Figura 4.23 – Rischio di inflessione della traversa superiore in seguito a compressione

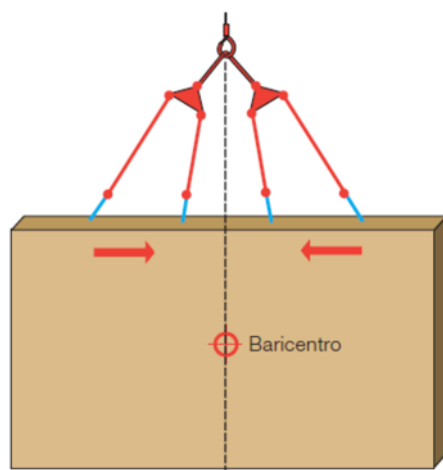


Figura 4.24 – Sollevamento di elementi pesanti con due tiranti a 2 bracci (dispositivi di compensazione)

Un crescente **angolo di inclinazione** riduce la **capacità di portata** del tirante a parità di forza in ogni braccio (Figura 4.25):

- la forza nel braccio e la **componente orizzontale** aumentano con l'aumentare dell'**angolo di inclinazione**;
- l'**angolo massimo** di inclinazione ammesso è di **45°**.

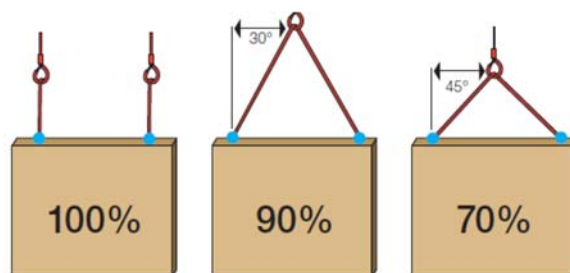


Figura 4.25 – Riduzione della capacità portante in funzione dell'inclinazione dei bracci

Per il trasporto di **elementi orizzontali od obliqui** in legno sono necessari **quattro punti di ancoraggio**. Già una minima differenza di lunghezza dei singoli bracci del tirante comporta una distribuzione disomogenea del carico sui bracci. Senza un **dispositivo di compensazione** solo due dei quattro bracci risultano in tensione (portanti).

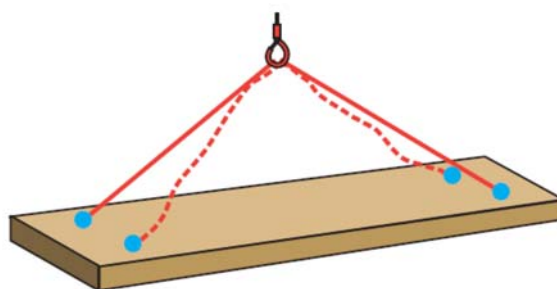


Figura 4.26 – Tirante con due bracci portanti



Definizione

Dispositivi di compensazione = dispositivi ausiliari di sollevamento atti a distribuire in modo uniforme il carico complessivo sui bracci che raccordano.

I **dispositivi di compensazione** distribuiscono in modo **uniforme** il carico complessivo sui 4 bracci. Quando si utilizzano dispositivi di compensazione bisogna rispettare i seguenti punti:

- le bascule hanno un effetto di compensazione **solo in caso di piccole differenze della lunghezza dei bracci** o dei punti di ancoraggio (Figura 4.27). La posizione obliqua massima ammissibile della bascula deve essere rispettata;
- con una distribuzione del **carico non uniforme** bisogna considerare la **portata massima consentita dei singoli bracci**.

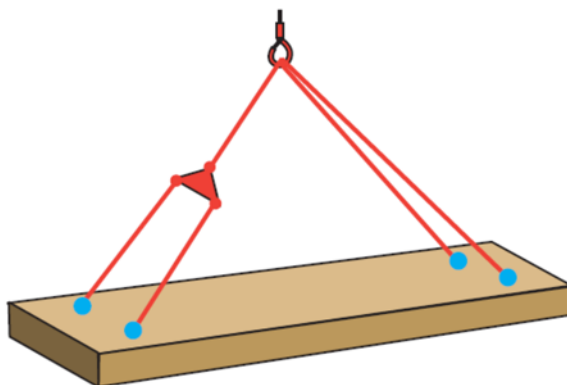


Figura 4.27 – Tirante a quattro bracci portanti con dispositivo di compensazione

In caso di **elementi prefabbricati asimmetrici** bisogna adattare le lunghezze dei singoli bracci:

- la **lunghezza** dei bracci deve essere **regolata prima di sollevare** il carico;
- nei **tiranti a catena** la lunghezza dei bracci può essere regolata in corrispondenza di ogni maglia con un **accorciatore ad artiglio**.



Quesiti – Tiranti

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

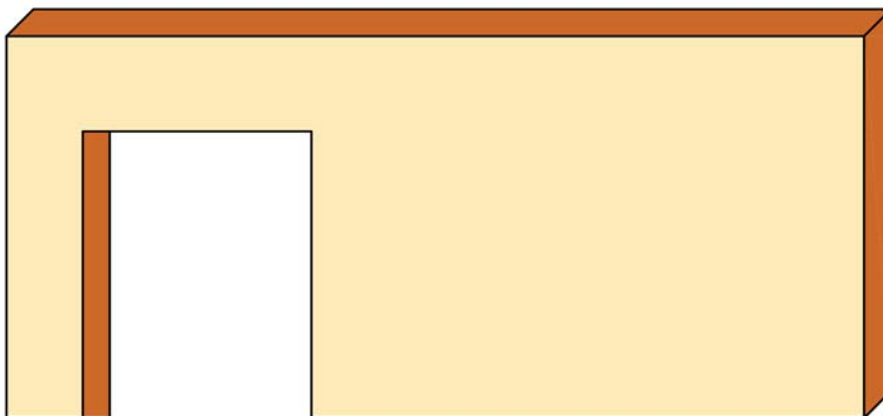
- 1) Spiegare brevemente a cosa servono i dispositivi di compensazione.

Domande a risposta multipla

- 1) I tiranti ad un solo braccio:
- ☐ sono consentiti, purché si rispettino i limiti di portata massima
- ☐ non sono consentiti
- 2) In un anello ovale, possono essere agganciati un massimo di:
- ☐ 1 braccio
- ☐ 2 bracci
- ☐ 3 bracci
- 3) L'angolo di inclinazione massima consentita dei tiranti è di:
- ☐ 30°
- ☐ 45°
- ☐ 60°
- 4) Come influisce l'angolo di inclinazione del tirante?
- ☐ Riduce la capacità portante all'aumentare dell'angolo di inclinazione
- ☐ Riduce la capacità portante al diminuire dell'angolo di inclinazione
- ☐ Non ha nessuna influenza sulla capacità portante del tirante

**Disegno – Tiranti**

Considera la parete con apertura riportata in figura. Ipotizza la posizione approssimativa del baricentro della parete e disegna il posizionamento dei bracci dei tiranti e il gancio della gru per il sollevamento.



4.6.3 ACCESSORI DI SOLLEVAMENTO



Definizione

Accessori di sollevamento = possono essere suddivisi in cinghie monouso, cinghie multiuso e ancoranti. Gli stessi creano un accoppiamento di forza tra l'elemento in legno da sollevare e l'accessorio di imbracatura.

Le seguenti indicazioni di sicurezza devono essere considerate per l'accessorio di sollevamento scelto:

- tener conto di come agisce l'imbracatura (ad es. **angolo di inclinazione**) sull'accessorio di sollevamento;
- il fabbricante deve consegnare la rispettiva dichiarazione di conformità (e relativa certificazione);
- per la movimentazione dei carichi **non sono consentiti sistemi non certificati** come ganasce di presa, espansori e viti sollecitate per trazione;
- scegliere gli accessori di sollevamento **in funzione delle forze** che intervengono sul sistema;
- **controllare gli accessori** di sollevamento **prima di ogni utilizzo**. Scartare immediatamente gli accessori danneggiati o difettosi;
- se non previsto diversamente dal fabbricante, utilizzare l'accessorio di sollevamento **solo nella direzione del carico** (Figura 4.28);
- **fissare correttamente** gli accessori di sollevamento all'elemento prefabbricato secondo le specifiche di progetto (Figura 4.29).

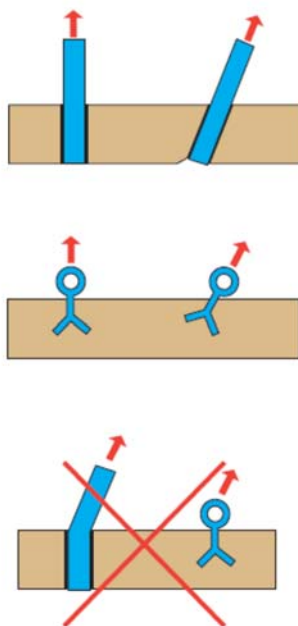


Figura 4.28 – Impiego conforme degli accessori di sollevamento

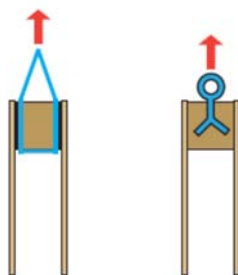


Figura 4.29 – Gli accessori di sollevamento devono essere montati o fissati secondo le indicazioni del fabbricante

Le **cinghie tessili** di sollevamento **monouso e multiuso** vengono fatte passare **attorno o attraverso il prefabbricato**. A tale scopo bisogna tener conto dei seguenti aspetti:

- **non utilizzare** cinghie di sollevamento **danneggiate** o prive di contrassegni. Le cinghie di sollevamento vanno controllate regolarmente durante tutta la catena di trasporto per garantirne l'integrità (nessun danneggiamento o segni di abrasione/usura);
- alla fine della catena di trasporto, le cinghie di sollevamento **monouso** devono essere **smaltite**. Le cinghie di sollevamento monouso sono contrassegnate solitamente con un'**etichetta arancione**. L'etichetta riporta le seguenti informazioni: carico massimo, materiale, specifica monouso, lunghezza nominale, fabbricante e codice di tracciabilità;
- considerare i fattori modali per determinare l'effettiva portata. Le cinghie usate a U consentono un fattore superiore a seconda dell'angolo (Figura 4.30);

- applicare le cinghie monouso in modo che il **carico sia distribuito uniformemente** sulla loro larghezza;
- **non è consentito annodare** o torcere le cinghie di sollevamento monouso;
- **mantenere la cucitura sul lato libero**. Non deve trovarsi all'interno del punto di ancoraggio o del dispositivo di sollevamento;
- **mai far passare le cinghie di sollevamento su spigoli vivi**. Gli spigoli vivi vanno arrotondati, smussati o muniti di speciali paraspigoli;
- le cinghie di sollevamento monouso **non devono essere trascinate sul terreno o su superfici ruvide**;
- in un sistema di imbracatura utilizzare solo cinghie di sollevamento monouso o multiuso dello **stesso tipo**.

Utili **referimenti normativi** in relazione ai requisiti che le cinghie di sollevamento monouso devono rispettare sono definiti nella norma **DIN 60005** “*Textile Anschlagmittel – Sicherheit – Einweg-Hebebänder aus Chemiefasern für allgemeine Verwendungszwecke*”.

Allo stesso tempo si precisa che i **requisiti** che devono soddisfare le **cinghie di sollevamento multiuso** di nastro tessuto piatto di fibra chimica per uso generale sono definiti nella norma **EN 1492 – Parte 1**.

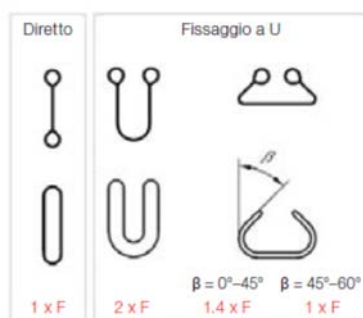


Figura 4.30 – Fattori modali per cinghie di sollevamento

4.6.3.1 Punto di ancoraggio, movimentazione verticale degli elementi

Tenuto conto della loro praticità vengono rappresentati solo i sistemi con cinghie di sollevamento monouso.

Le **cinghie di sollevamento monouso** vengono fatte passare **attorno alla traversa superiore** e posizionate nelle maglie strutturali corrispondenti. Vanno inoltre rispettati i seguenti punti:

- le cinghie di sollevamento devono essere **incassate in intestature** realizzate ai lati della **traversa superiore**. In caso contrario, le pannellature e i rivestimenti successivi non risulteranno planari;
- **non è consentito** fissare le cinghie di sollevamento monouso con **chiodi o viti** per sostenerle o mantenerle in posizione;
- l'ancoraggio si realizza tramite compressione trasversale sulla traversa superiore.

Caso 1. Tirante a due bracci combinato con cinghie di sollevamento monouso inserite nella traversa superiore

L'**asola** della cinghia di sollevamento monouso viene **inserita in un foro longitudinale** della traversa superiore e ancorata con una **spalletta fresata in compensato**.

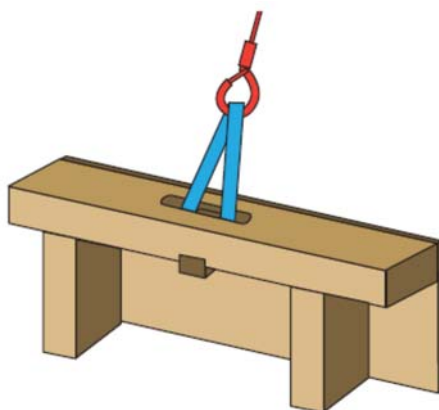


Figura 4.31 – Cinghia di sollevamento inserita nella traversa superiore con asola bloccata da un listello

Il tiro diretto è garantito in ogni momento del processo di sollevamento, anche al variare dell'angolo dei bracci.

Caso 2. Tirante a due bracci combinato con cinghie di sollevamento monouso inserite nella traversa superiore

La cinghia monouso viene inserita in un **foro della traversa superiore** e bloccata con un **perno di acciaio** (Figura 4.32).

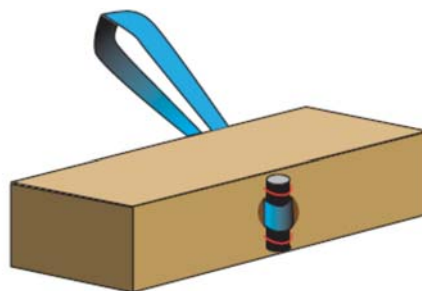


Figura 4.32 – Cinghia di sollevamento inserita nella traversa superiore con asola bloccata da un perno di acciaio

Per questo punto di ancoraggio sono indicati nastri di sollevamento monouso **larghi 25 o 35 mm**. Questo tipo di ancoraggio, rispetto a quello a U sulla traversa superiore, **evita** che la cinghia di sollevamento venga **danneggiata** durante l'applicazione della **pannellatura**.

Vanno inoltre rispettati i seguenti punti:

- Il **perno** di acciaio deve essere **introdotto trasversalmente** alla fibratura e bloccato in posizione (ad es. con una graffa);
- **Centrare** sempre il **perno** di acciaio **sotto il foro**;
- Per il perno di acciaio e l'ancoraggio bisogna fornire la **prova di stabilità**;
- La cinghia monouso **non deve risultare schiacciata** nel foro o sotto il perno;
- I **bordi** del foro vanno **smussati**.

Caso 3. Bilancino combinato con cinghie di sollevamento fissate al montante

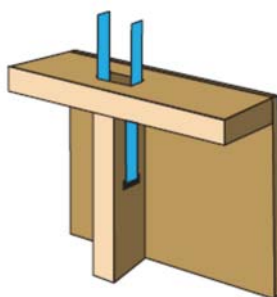


Figura 4.33 – Cinghia di sollevamento con tiro a U nel montante

Per l'imbracatura di **elementi pesanti** per pareti si raccomanda di fissare le cinghie di sollevamento monouso o multiuso direttamente al **montante**. Se introdotte in fori, le **cinghie di sollevamento** possono provocare un imprevedibile **effetto di spaccatura**. Questo **tipo di ancoraggio va evitato**.

4.6.3.2 Punto di ancoraggio, movimentazione orizzontale degli elementi

Caso 1. Bilancino combinato con quattro cinghie di sollevamento monouso

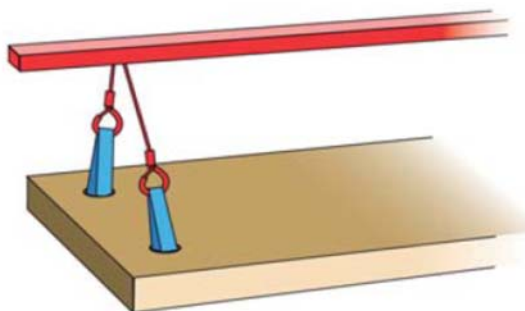


Figura 4.34 – Imbracatura di un elemento per coperture con bilancino e cinghie di sollevamento monouso

Le **cinghie** di sollevamento monouso vengono **introdotte sulle costole dell'elemento** in sede di produzione. Affinché le cinghie di sollevamento monouso aderiscano in modo uniforme bisogna utilizzare un **bilancino**.

Caso 2. Golfare di sollevamento ancorato con bullone per carpenteria passante o vite per legno

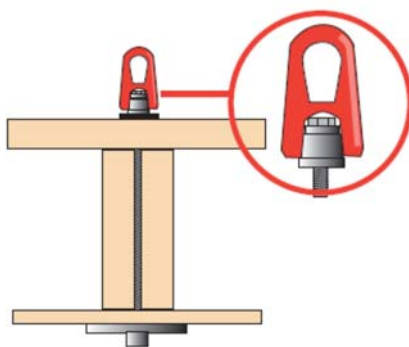


Figura 4.35 – Imbracatura di un elemento per coperture con golfare e ancoraggio a vite

Oltre alle avvertenze generali di sicurezza, per questo sistema di ancoraggio per il trasporto bisogna rispettare i seguenti punti:

- Impiegare soltanto **golfari certificati** per il trasporto di carichi;
- È consentito l'uso di golfari di sollevamento (punti di ancoraggio) **snodati** e orientabili di **180°**;
- Rispettare le **distanze dai bordi** specificate nelle indicazioni del fabbricante o nella normativa applicabile. In caso di costole sottili è possibile applicare un

rinforzo in legno massiccio incollato su entrambi i lati dei bulloni passanti per carpenteria (Figura 4.35);

- Verificare la **resistenza all'estrazione** e la **tranciatura** del giunto bullonato in funzione dell'accessorio di imbracatura;
- Le caratteristiche della **piastra di base** e della rispettiva **filettatura** vanno scelte in funzione della qualità del bullone;
- Assicurare il giunto a vite contro l'allentamento involontario;
- **Non serrare eccessivamente** il giunto bullonato.

Caso 3. Giunto universale con vite per legno

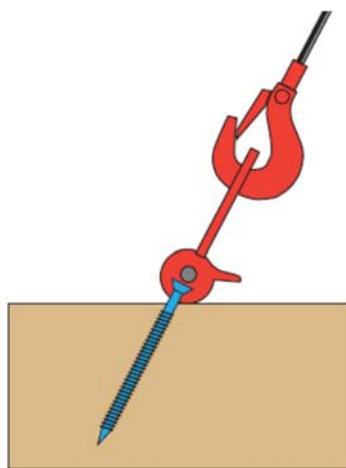


Figura 4.36 – Imbracatura di un elemento per coperture con giunto universale e ancoraggio a vite

Oltre alle avvertenze generali di sicurezza, con questo sistema di ancoraggio per il trasporto bisogna rispettare i seguenti punti:

- Impiegare il sistema solo come specificato nel **manuale d'uso del fabbricante**;
- Utilizzare solo **viti e giunti certificati** del fabbricante;
- Rispettare le **dimensioni minime** del legno, le **distanze dai bordi** in senso orizzontale e verticale della fibra indicate dal fabbricante;
- Non superare l'**angolo di inclinazione massimo** dei tiranti indicato dal fabbricante;
- Prima di sollevare l'elemento costruttivo accertarsi che tutti i giunti siano agganciati completamente.

Infine si fa presente che i sistemi sin qui illustrati **non sono idonei al trasporto degli elementi prefabbricati in elicottero** in quanto gli stessi, necessitano di calcolazioni e dimensionamento peculiari.



Quesiti – Accessori di sollevamento

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

- 1) Quali sono i principali aspetti da considerare per l'uso di cinghie monouso e multiuso?

Domande a risposta multipla

- 1) Sono consentiti accessori di sollevamento: ☐ anche non certificati, purché siano saldi e non danneggiati
☐ solo certificati
- 2) Gli accessori di sollevamento possono essere montati con orientamento: ☐ in tutte le direzioni
☐ nella sola direzione del carico
- 3) Generalmente le cinghie monouso hanno etichetta color: ☐ rosso
☐ giallo
☐ arancione



Disegno – Accessori di sollevamento

Disegna nel modo più realistico possibile 3 metodologie di sollevamento di un prefabbricato verticale.

--	--	--



Disegno – Accessori di sollevamento

Disegna nel modo più realistico possibile 3 metodologie di sollevamento di un prefabbricato orizzontale.

--	--	--

4.7 MONTAGGIO E ISTRUZIONI PER IL LAVORO

Le **istruzioni di lavoro** devono essere riportate nei **piani di montaggio** mediante **disegni o figure**. In questo modo si garantisce che le misure di sicurezza previste vengano applicate in funzione dell'avanzamento del montaggio.

L'istruzione dei lavoratori deve essere documentata.

4.7.1 GRU

Oltre alle avvertenze generali di sicurezza, per la movimentazione di carichi con gru bisogna rispettare i seguenti punti:

- il **personale** addetto alla manovra di gru a torre e autogru deve essere in possesso della **patente di gruista**;
- durante il sollevamento, il **carico** deve essere assicurato e posato in modo che **non possa rovesciarsi, precipitare o scivolare**;
- i **dispositivi** di sollevamento e gli accessori di **imbracatura** devono **essere adatti al tipo di trasporto** e in **perfetto stato** di funzionamento (tener conto delle indicazioni del fabbricante);
- le persone incaricate di agganciare i carichi devono essere **istruite** su tale lavoro;
- se le operazioni di sollevamento non possono essere eseguite in condizioni di sicurezza a causa delle **intemperie** o di altri fattori esterni bisogna **sospendere i lavori con la gru**. La decisione in tal senso spetta al gruista che, se necessario, consulta le indicazioni del fabbricante nel manuale d'uso della gru.

4.7.2 MESSA IN SICUREZZA DEI PREFABBRICATI DURANTE L'IMBRACATURA

Durante l'imbracatura, l'**ancoraggio** dei prefabbricati può essere **rimosso solo quando gli elementi sono tenuti dall'imbracatura**. Durante la movimentazione, l'**imbracatura** può essere **tolta solo quando il prefabbricato è fissato** in modo adeguato.

4.7.3 VIE DI CIRCOLAZIONE PER LE PERSONE

Durante il montaggio della costruzione grezza, bisogna poter **accedere ai vari livelli in modo sicuro** (ad es. torre- scala, scala interna). Per i lavori di montaggio di breve durata, l'accesso ai luoghi di lavoro **fino a 5 m** di altezza può avvenire con **scale a pioli**

adeguate. Queste devono essere bloccate in modo da non scivolare, ruotare o ribaltarsi. Le scale devono essere usate a mani libere. Si devono preferire le scale fisse a rampa rispetto alle scale a pioli.

4.7.4 MISURE COLLETTIVE E INDIVIDUALI DI PROTEZIONE ANTICADUTA



Definizione

Misure di protezione collettiva = sono i dispositivi atti a mettere in sicurezza un luogo specifico del cantiere. Rientrano in questa categoria le protezioni laterali, i ponteggi, le reti di sicurezza, i ponteggi di ritenuta, le delimitazioni delle zone, le piattaforme di lavoro elevabili, le coperture resistenti alla rottura, le passerelle, ecc.

Misure di protezione individuale = sono i dispositivi atti a mettere in sicurezza il singolo lavoratore da cadute o altre evenienze pericolose per l'incolumità della persona. Sono anche detti DPI.

4.7.4.1 Misure contro le cadute dall'alto sul bordo perimetrale dell'edificio

Se si eseguono **lavori in quota**, a partire da un'altezza di caduta di **3 m** occorre installare un **ponteggio per facciate**. Il **corrente superiore** del ponteggio deve sempre trovarsi almeno **80 cm** sopra il bordo dalla zona più elevata che presenta un rischio di caduta, anche durante i lavori di montaggio.

In caso di **ponteggi premontati** con rischio di caduta verso l'interno, a partire da un'altezza di caduta di **2 m** occorre montare un **doppio parapetto interno**.

Se la distanza tra il piano di calpestio del ponteggio di facciata e l'elemento prefabbricato supera i **30 cm** è necessario montare delle mensole interne. Se, per motivi tecnici, questo non fosse possibile, occorrerebbe montare un doppio parapetto interno.

4.7.4.2 Messa in sicurezza delle aperture nel vuoto

- A partire da un'altezza di caduta di **2 m**, le **aperture nel vuoto** devono essere messe in sicurezza con **protezioni laterali** o misure equivalenti;
- se l'altezza di caduta è compresa fra **2 e 3 m**, le aperture nel vuoto devono essere messe in sicurezza in modo **continuo**. In caso di interruzione dei lavori, bisogna **impedire l'accesso ai lati aperti non protetti** con un'altezza di caduta superiore a 2 m. A tale scopo è possibile posizionare una barriera come minimo a 2 m dall'apertura;

- a partire da un'altezza di caduta di **3 m non è consentito lavorare senza protezioni** (anche per il montaggio di componenti di sicurezza);
- una **protezione laterale** deve soddisfare come minimo i **requisiti** della norma **EN 14474**. La protezione laterale deve trovarsi come minimo **a 1 m al di sopra della superficie praticabile**. Nei luoghi di lavoro sopraelevati accanto alla protezione laterale (ad es. su scale a pioli o ponteggi a cavalletto), quest'ultima deve essere rialzata di conseguenza.

4.7.4.3 Misure anticaduta durante il montaggio

- A partire da un'altezza di caduta di **3 m** è necessario montare preventivamente **reti di sicurezza, ponteggi di ritenuta o protezioni laterali**;
- i lavori di montaggio sono consentiti a partire da una **piattaforma di lavoro elevabile**, nella misura in cui si rimane nella cesta di lavoro;
- le **aperture nei pavimenti**, attraverso le quali è possibile cadere, devono essere protette con una **copertura inamovibile** e resistente alla rottura o una protezione laterale, a prescindere dall'altezza di caduta.

4.7.4.4 Scarico dei prefabbricati dal mezzo di trasporto

- A partire da un'altezza di caduta di **3 m non è consentito lavorare sui mezzi di trasporto** (pianali, rimorchi a piattaforma, ecc.) senza protezioni anticaduta;
- già in sede di **preparazione dei lavori**, bisogna prevedere misure costruttive adeguate (ad es. accessori di imbracatura sufficientemente lunghi, ancoraggio conforme dei prefabbricati) allo scopo di **evitare di doversi arrampicare** sui prefabbricati;
- l'**imbracatura** e lo **sgancio dell'ancoraggio** dei prefabbricati è **consentito a partire da una scala a pioli**, nella misura in cui questa è bloccata in modo da non poter ribaltarsi o scivolare.



Quesiti – Misure di protezione

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

1) Dai una definizione di misure di protezione collettive ed individuali. Fornisci dunque qualche esempio.

2) Indica brevemente come adottare misure di protezione contro le cadute sul bordo perimetrale dell'edificio.

3) Indica brevemente come adottare misure di protezione in caso di aperture nel vuoto.

5

Cantiere:
organizzazione

5.1 GENERALITÀ

I **criteri** per la pianificazione delle **lavorazioni** in cantiere sono:

- 1) Adeguata **recinzione** dell'area di cantiere;
- 2) Idonea collocazione dei **varchi di accesso** al cantiere e della zona uffici;
- 3) Corretta **sistemazione delle attrezzature**, delle apparecchiature e dei percorsi interni.

Durante le fasi di organizzazione e di gestione del cantiere bisogna rispettare le prescrizioni contenute nel **D.Lgs. n°81/2008** "*Testo unico in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro*". Il decreto ha riformato, riunito ed armonizzato, abrogandole, le disposizioni dettate da numerose precedenti normative in materia di sicurezza e salute nei luoghi di lavoro succedutesi nell'arco di quasi sessant'anni, per adeguare il corpus normativo all'evolversi della tecnica e del sistema di organizzazione del lavoro.

Inoltre, in senso generico nel cantiere si distinguono varie **zone caratteristiche**:

- **area** sulla quale deve sorgere il **fabbricato**;
- **servizi** (spogliatoio, servizi igienici, refettorio, eventuali dormitori...);
- **uffici** (direzione lavori, direzione cantiere...);
- **deposito di leganti** in sacchi;
- zona per la **lavorazione dell'acciaio in barre** per opere in c.a.;
- zona per la **lavorazione del legno**;
- zona per il **confezionamento** di malte e calcestruzzi;
- zone per il **ricovero delle attrezzature** mobili e degli attrezzi;
- zone riservate alla **viabilità interna** pedonale e carrabile.

In relazione alle caratteristiche della costruzione da realizzare e della località, le varie zone del cantiere possono essere ridotte o aumentate.

5.1.1 RECINZIONI DI CANTIERE

Il cantiere, in relazione al tipo di lavori effettuati, deve essere dotato di **recinzione** avente caratteristiche idonee ad **impedire l'accesso agli estranei** alle lavorazioni (**Art.109-D.Lgs. 81/2008**). In altre parole, le recinzioni di cantiere servono a proteggere l'ambiente esterno dai pericoli che derivano dalle attività che si svolgono in cantiere. Se non dovesse essere possibile, per la natura dell'ambiente, realizzare la

recinzione completa è necessario provvedere almeno ad apporre **sbarramenti** e **segnalazioni** in corrispondenza delle eventuali vie di accesso alla zona proibita e recinzioni in corrispondenza dei luoghi di lavoro fissi, degli impianti e dei depositi che possono costituire pericolo.

Le recinzioni rappresentano, oltre che una necessità funzionale, un elemento importante per la caratterizzazione del contesto urbano evitare che possano costituire un elemento improprio di isolamento da tale contesto, sia con riferimento alla percezione del tessuto edificato che delle relazioni tra gli spazi pubblici e privati e di questi con i percorsi veicolari e pedonali.

In relazione alle caratteristiche, le recinzioni devono essere **robuste** e **durature**, munite di **segnaletiche** e di scritte ricordanti il **divieto** e di **segnali di pericolo**. Devono essere tenute in efficienza per tutta la durata dei lavori.

Se dovesse essere necessario rimuovere in tutto o in parte tali protezioni, deve essere previsto un sistema alternativo di protezione quale la sorveglianza continua delle aperture che consentono l'accesso di estranei ai luoghi di lavoro pericolosi.

Inoltre le stesse devono:

- essere di natura tale da risultare **costantemente ben visibili**;
- provviste di **illuminazione artificiale** per renderle visibili durante le ore notturne ed in condizioni di scarsa visibilità diurna.

Le recinzioni dei cantieri possono essere realizzate in vari modi. Nei **regolamenti edilizi dei comuni** sono stabilite, in funzione della localizzazione del cantiere, le possibili **tipologie di recinzioni utilizzabili**.

In senso generale e in tutti i regolamenti esaminati si prescrive che le recinzioni di cantiere siano caratterizzate da:

- **aspetto decoroso**;
- **porte** che si aprano **verso l'interno** del cantiere;
- abbiano un'altezza minima di **2,00 m**;
- siano provviste di **illuminazioni di sicurezza** in prossimità degli **angoli sporgenti** su spazi pubblici;
- siano dotate di **segnaletica di sicurezza**;
- siano dotate della **tabella con le informazioni**;
- sulla tipologia dei lavori, tabella di cantiere.

La chiusura del cantiere edile deve comportare l'inibizione a chiunque non autorizzato espressamente poiché il cantiere edile è da ritenersi luogo ad elevato pericolo; vi è sempre l'esigenza costante di **adeguamento dei presidi antinfortunistici**.

Le modalità di recinzione più comuni sono:

- con sostegni in paletti in legno o tubolari in acciaio e **lamiera ondulata**;
- con sostegni in paletti in legno o tubolari in acciaio con **rete metallica zincata**;
- con sostegni in paletti in legno o in tubi da ponteggio con **rete di plastica stampata**;
- cieca con sostegni di travi in abete e **tavolato in legno**;
- con sostegni realizzati con elementi tubolari metallici e tavolato in legno;
- modulare a **pannelli ciechi in legno** e/o metallo predisposti ad allestimenti pubblicitari o a disegni da arredo urbano con sostegno in elementi tubolari metallici zincati.

Sulle recinzioni dei cantieri, in prossimità degli ingressi deve essere esposta la **tabella con le indicazioni** previste dalla normativa ed un'adeguata **segnaletica di sicurezza** (Figura 5.1) atta a informare i non addetti ai lavori del pericolo derivante dalle attività che si svolgono in cantiere.



Figura 5.1 – Segnaletica di cantiere (esempio)



Quesiti – Recinzioni di cantiere

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

- 1) Riportare brevemente gli obiettivi, le caratteristiche e i requisiti di una recinzione per cantieri. A quale norma si fa riferimento?

- 2) Indicare le tipologie di recinzioni più comuni.

Domande a risposta multipla

- 1) L'altezza minima di una recinzione di cantiere è di:
- ☐ 1,5 m
- ☐ 2 m
- ☐ 2,5 m
- 2) Le porte di accesso al cantiere si aprono:
- ☐ verso l'interno
- ☐ verso l'esterno
- 3) I dispositivi di illuminazione artificiale sono obbligatori:
- ☐ sulle tabelle di informazioni
- ☐ ogni 2 m lineari di recinzione
- ☐ agli angoli sporgenti



Disegno – Recinzioni di cantiere

Disegna le principali segnaletiche contenute in una tabella segnaletica di pericolo e descrivi brevemente a quale indicazione fanno riferimento.

5.2 I SERVIZI DI CANTIERE

Nei medi e grandi cantieri i **servizi** sono generalmente costituiti da:

- **ufficio** per il **capo cantiere**;
- **ufficio** per la **Direzione dei lavori**;
- eventuale **ufficio vendite** solo nel caso di edilizia privata;
- **spogliatoi**;
- **refettori**;
- **servizi igienico-sanitari** con wc, lavabi e docce;
- eventuali **alloggiamenti**, quando il cantiere è lontano dai centri abitati;
- **presidi sanitari**.

Per questi servizi vengono in genere utilizzate baracche o **costruzioni provvisorie prefabbricate**, dotate di impianto di riscaldamento, fornite di energia elettrica e, ove necessario di acqua calda e fredda.

5.2.1 REALIZZAZIONE DEI SERVIZI DI CANTIERE

L'occupazione dell'area di cantiere, **all'interno della recinzione**, è preceduta dall'allontanamento di eventuali rifiuti o depositi di sostanze pericolose. Gli **allacciamenti** comportano l'esecuzione di **piccoli scavi**, in genere realizzati a mano o con mini-escavatori.

I sottoservizi, presenti nelle vicinanze degli scavi o demolizioni, vanno opportunamente segnalati, demarcando la relativa fascia di rispetto. L'eventuale installazione della **gru**, come per gli allacciamenti, può comportare l'esecuzione di **piccoli scavi e opere di carpenteria** per la costruzione del basamento.

La preparazione delle **aree di stoccaggio**, per i materiali da costruzione o per i rifiuti da avviare a discarica, può comportare il **livellamento del terreno** con l'utilizzo di macchine movimento terra e/o attrezzi per la demolizione. Inoltre, per le **bombole di gas** compresso o liquefatto occorre approntare un **deposito appartato ed adeguato**.

Si seguito si riportano in modo schematico i **principali servizi** dedicati al cantiere:

- **fornitura di acqua:** se il cantiere è nell'ambito di un **centro urbano** o comunque in una zona servita dall'acquedotto, l'acqua viene prelevata dalla **condotta cittadina** e distribuita con una rete interna al cantiere ai punti di utilizzazione. Se la località è **priva di acquedotto** o comunque non è in grado di fornire l'acqua necessaria al cantiere, questa può essere prelevata **da pozzi o da corsi d'acqua** vicini, utilizzando in genere delle pompe a stantuffo o centrifughe oppure è conservata in cantiere in apposite **cisterne** (Figura 5.2);



Figura 5.2 – Cisterna d'acqua per cantiere (esempio)

- **spogliatoi o locali refezione/riposo:** si utilizzano, in genere, per i locali ad uso spogliatoi, locali di riposo e refezione monoblocchi prefabbricati, che vengono

posati, con l'ausilio di gru, su dei **supporti di legno o di calcestruzzo**, in modo da tenerli staccati dal terreno.

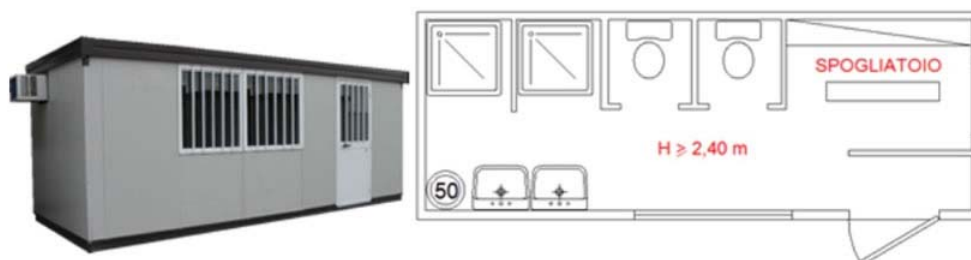


Figura 5.3 – monoblocchi prefabbricati (esempio)

In condizioni lavorative con **mancanza di spazi sufficienti** per l'allestimento dei servizi di cantiere ed in prossimità di strutture idonee aperte al pubblico, è consentito attivare **convenzioni** con tali strutture per supplire all'eventuale carenza di servizi in cantiere. Una copia della convenzione deve essere tenuta in cantiere ed essere portata a conoscenza dei lavoratori.

I prefabbricati devono avere **altezza netta interna** superiore a **2.40 m**. L'aerazione e l'illuminazione devono essere sempre assicurate da serramenti apribili, integrando eventualmente l'illuminazione naturale con un impianto di illuminazione artificiale. L'impiego di **caravan o roulotte**, per i servizi igienico-assistenziali, è consentito esclusivamente ad inizio cantiere per un **periodo massimo di 5 gg**, prima dell'installazione dei servizi di cantiere veri e propri. Nei cantieri stradali di rilevante lunghezza e brevi tempi di lavorazione su singole posizioni fra loro molto lontane è consentito l'uso di caravan o roulotte in aggiunta agli ordinari servizi igienico assistenziali posizionati presso le aree di cantiere o i campi base;

- **spogliatoi:** I locali spogliatoi devono disporre di adeguata **aerazione**, essere illuminati, ben difesi dalle intemperie, **riscaldati** durante la stagione fredda, **muniti di sedili** ed essere mantenuti in buone condizioni di pulizia. Devono essere dotati di attrezzature che consentano a ciascun lavoratore di chiudere a chiave i propri indumenti durante il tempo di lavoro. La superficie dei locali deve essere tale da consentire, una dislocazione delle attrezzature, degli arredi, dei passaggi e delle vie di uscita rispondenti a criteri di funzionalità e di ergonomia per la tutela e l'igiene dei lavoratori, e di chiunque acceda legittimamente ai locali stessi;

- **servizi igienici:** I servizi igienici devono essere costruiti in modo da salvaguardare la decenza e **mantenuti puliti**. I locali che ospitano i lavabi devono essere dotati di **acqua corrente**, se necessario calda e di mezzi detergenti e per asciugarsi. I **lavabi** devono essere almeno **1 ogni 5 lavoratori**, mentre i **wc** devono essere almeno **1 ogni 10 lavoratori** impegnati. Quando per particolari esigenze vengono utilizzati bagni mobili chimici, questi devono presentare caratteristiche tali da minimizzare il rischio sanitario per gli utenti. Tali bagni non necessitano di alcun allacciamento elettrico-idrico e fognario e sono dotati di apposita schermatura con doppia vasca (reflussi e disinfettante).

5.2.2 GESTIONE DELLE EMERGENZE

Nel cantiere va prevista la gestione delle **emergenze** che si attua attraverso l'istituzione, da parte del datore di lavoro dell'impresa affidataria dei lavori dei servizi:

- per la gestione delle emergenze;
- di **pronto soccorso**;
- **antincendio**;
- di **evacuazione** dei lavoratori;
- di salvataggio nei lavori in sotterraneo.

Gli addetti a tali servizi sono lavoratori della ditta esecutrice dei lavori **formati con idonei corsi a carico del datore di lavoro**. Nel cantiere deve essere sempre assicurata la presenza di tali addetti.

5.2.2.1 Organizzazione del pronto soccorso

Il **D.M. n° 388/2003** ha classificato tutte le aziende ovvero le unità produttive in **3 gruppi** individuati con le lettere **A, B e C**, fissando per ciascuno di questi gruppi l'organizzazione di pronto soccorso obbligatoria, che prevede **per le aziende dei gruppi A e B** le seguenti attrezzature:

- una **cassetta di pronto soccorso**, da eventualmente integrare sulla base dei rischi presenti e su indicazione del medico competente, se previsto, e del sistema di emergenza sanitaria del S. S. N., della quale sia costantemente assicurata la completezza ed il corretto stato d'uso dei presidi contenuti;
- un **mezzo di comunicazione** idoneo ad attivare rapidamente il sistema di emergenza del S. S. N.

Per le aziende di gruppo C le attrezzature sono invece:

- **pacchetto di medicazione;**
- un **mezzo di comunicazione** idoneo ad attivare rapidamente il sistema di emergenza del S. S. N.

A tal proposito si precisa che in edilizia i vari gruppi sono definiti come in seguito.



Definizione

Gruppo A = cantieri per lavori in sotterraneo di cui al DPR 20 Marzo 1956 n. 320. Sono comprese le imprese con oltre 5 lavoratori appartenenti o riconducibili ai gruppi tariffari INAIL con indice infortunistico di inabilità permanente superiore a 4, quali desumibili dalle statistiche nazionali INAIL relative al triennio precedente ed aggiornate al 31 dicembre di ciascun anno.

Gruppo B = imprese con 3 o più lavoratori che non rientrano nel gruppo A.

Gruppo C = imprese con meno di 3 lavoratori che non rientrano nel gruppo A.

Inoltre in ogni cantiere **devono essere disponibili i presidi sanitari indispensabili** per prestare le prime immediate cure al lavoratori feriti o colpiti da malore improvviso. Le attrezzature minime di equipaggiamento, i dispositivi di protezione individuale per gli addetti al primo intervento interno ed al pronto soccorso ed il materiale di primo soccorso, cassetta di pronto soccorso o pacchetto di medicazione, vanno tenuti in un **posto pulito e conosciuto da tutti**, riparato dalla polvere, ma **non chiuso a chiave**, facilmente accessibile ed individuabile con **segnaletica appropriata** per evitare perdite di tempo al momento in cui se ne ha bisogno.

Nei grandi cantieri, se la distanza dei vari lotti di lavoro dal posto di pronto soccorso centralizzato, non garantisce la necessaria tempestività delle cure, va valutata l'opportunità di istituirne altri localizzati nei lotti più lontani o di più difficile accesso. È comunque opportuno valutare i presidi medico-chirurgici con il medico competente, se previsto, e con il sistema di emergenza sanitaria del Servizio Sanitario Nazionale, in relazione alla particolarità dei lavori e sulla base dei rischi presenti in cantiere. I presidi devono, in tutti i casi, essere corredati da **istruzioni complete** sul corretto stato d'uso degli stessi e sui primi soccorsi da prestare all'infortunato in attesa del medico. Se in cantiere **non sono presenti i presidi il datore di lavoro e il dirigente sono puniti con l'arresto** o con un'ammenda fissata per legge.

5.2.2.2 Addetti alle emergenze e servizi di pronto soccorso

L'incarico di addetto alla prevenzione incendi ed evacuazione e quello di addetto al primo soccorso può essere **ricoperto sia dal datore di lavoro titolare sia da un dipendente dell'impresa**. I lavoratori non possono, se non per giustificato motivo, rifiutare la designazione.

Gli incaricati devono essere **opportunamente formati** e dotati delle attrezzature adeguate. I **compiti degli addetti al primo soccorso** sono:

- **mantenere in efficienza i presidi medico aziendali**, cassetta o pacchetto di pronto soccorso;
- **aggiornare i recapiti telefonici** dei servizi pubblici competenti;
- **intervenire in caso d'infortunio**, evitando che l'infortunato venga soccorso in modo non corretto.

In funzione della natura delle attività e delle dimensioni del cantiere, sentito il medico competente se previsto, vanno presi i provvedimenti necessari in materia di pronto soccorso ed assistenza medica di emergenza, rapporti con i servizi esterni, anche per il trasporto dei lavoratori infortunati. All'attuazione di tali provvedimenti devono essere designati uno o più lavoratori incaricati, se non vi provvede direttamente il datore di lavoro.

In relazione al **tipo di attività**, al **numero di lavoratori** occupati e ai **fattori di rischio** devono essere individuate e messe in atto le **misure di prevenzione incendi** e di gestione delle emergenze conseguenti, nonché le caratteristiche dello specifico servizio di prevenzione e protezione antincendio.

I **dispositivi** per combattere l'incendio devono risultare **adeguati ai rischi** e facilmente **accessibili ed utilizzabili**.

5.2.2.3 Servizi di Evacuazione e Salvataggio

Sempre in relazione al tipo di attività, al numero dei lavoratori occupati e ai fattori di rischio, vanno definite misure che consentano ai lavoratori, **in caso di pericolo grave** ed immediato che non può essere evitato, di **cessare la loro attività**, ovvero mettersi al sicuro, abbandonando immediatamente il posto di lavoro. Le misure devono essere contenute in apposito **piano di evacuazione**, e devono essere individuati i soggetti incaricati della gestione di tale piano. Il piano di evacuazione deve essere **reso noto a tutti i lavoratori interessati ed esposto in cantiere**.

I **soggetti incaricati** del servizio di evacuazione dei lavoratori nelle situazioni di pericolo grave ed immediato, **devono accertarsi che tutti i lavoratori abbiano abbandonato i posti di lavoro** o la zona di pericolo e mettere in atto le relative procedure di emergenza.



Quesiti – Servizi di cantiere

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

1) Quali sono i principali servizi di cantiere? Descrivili brevemente.

2) Descrivere le caratteristiche e i requisiti funzionali principali degli spogliatoi.

3) Definisci brevemente i gruppi A, B e C in materia di pronto soccorso in cantiere. Quali dispositivi sono obbligatori per i gruppi A e B?

4) A chi sono attribuite le responsabilità in caso di mancata presenza di presidi medico-chirurgici in cantiere?

5) Riporta i compiti dell'addetto al primo soccorso.

- ---
- ---
- ---

Domande a risposta multipla

- 1) Gli spogliatoi devono avere un'altezza minima pari a: ☐ 3,1 m
☐ 2,1 m
☐ 2,4 m
- 2) Il numero minimo di lavabi in cantiere è: ☐ 1 ogni 5 lavoratori
☐ 1 ogni 10 lavoratori
☐ 1 ogni 15 lavoratori
- 3) Il numero minimo di wc in cantiere è: ☐ 1 ogni 5 lavoratori
☐ 1 ogni 10 lavoratori
☐ 1 ogni 15 lavoratori
- 4) I servizi di cantiere possono essere collocati: ☐ fuori dalla recinzione, purché costantemente sorvegliati
☐ solo all'interno della recinzione

5.3 ZONE DI IMMAGAZZINAMENTO E LAVORAZIONE

Queste zone sono in genere **all'aperto o al massimo protette con semplici tettoie**. Il numero e l'ampiezza variano in relazione alle dimensioni del cantiere e al sistema costruttivo impiegato.

Lo stoccaggio del materiale in cantiere dovrà avvenire in luogo adeguato e agevolmente accessibile per le operazioni di montaggio con la gru, con spazio

sufficiente per operazioni di spostamento. Il luogo di deposito dovrà essere il più possibile **piano e il sottosuolo non cedevole**. Come supporto di deposito si prestano molto bene gli **spessori in legno squadrato** o altri elementi che distacchino da terra i pannelli in legno. I pannelli devono essere **coperti in modo da non essere esposti alle intemperie** (pioggia, vento e sole). Avendoli coperti con un telone, bisogna però garantire queste condizioni per tutta la durata dello stoccaggio; un telo di plastica previsto per durare qualche giorno potrebbe lacerarsi sotto l'azione del vento, della pioggia e del sole.



Figura 5.4 – Stoccaggio materiale in cantiere (esempio)

La soluzione ideale è quella di portare i **pannelli e le travi in cantiere in pacchi già confezionati in stabilimento** e stocarli quindi con l'interposizione di dormienti in legno di almeno 6-8 cm di spessore. In alternativa è possibile portare i **singoli pannelli** in cantiere, posarli in **posizione orizzontale** distanziati con dormienti in legno posizionati tra tutti i pannelli e proteggere poi **l'intero carico con un telo impermeabile e a tenuta**. È molto importante, in quest'ultimo caso che i dormienti garantiscano un'adeguata ventilazione tra i pannelli.

5.4 COVID-19 E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA NEI CANTIERI

Situazioni come derivante l'emergenza sanitaria da **COVID-19** non sono contemplate né ipotizzate dalle norme antinfortunistiche. Con riferimento al **D.LGS 81/08** e s.m.i., ad oggi è necessario valutare il **rischio biologico** in processi produttivi e ambiti dove vi è presenza di "agenti biologici".



Definizione

PSC = è il Piano di Sicurezza e Coordinamento. Esso è costituito da una relazione tecnica che delinea le varie fasi operative del lavoro, individuando le situazioni più a rischio e prevedendo azioni concrete (correlate alla complessità dell'opera) per la messa in sicurezza del cantiere specifico; tale documento deve essere allegato al contratto di appalto.

Alla luce di quanto sta accadendo in Italia, bisognerà tuttavia prevedere nel PSC alcune indicazioni su come il CSE debba **verificare/accertare la possibilità di diffusione di virus** che possono avere rilevanza ai fini dell'igiene e salute pubblica con riflessi sull'attività lavorativa del cantiere. In tale logica, il CSE dovrà valutare la definizione del sistema degli accessi e degli spazi da destinare ai servizi igienico assistenziali.

Le caratteristiche della situazione emergenziale in atto hanno richiesto di **affinare le procedure di sicurezza** sinora adottate. Dalle prime disposizioni sino al **DPCM del 9 marzo**, le **azioni contenitive** sono prevalentemente **a carico del Datore di Lavoro** che, con l'ausilio del Medico competente, ha l'**obbligo di garantire la continuità del lavoro in condizioni adeguate**. L'aggiornamento del PSC può avvenire attraverso Appendici e Disposizioni, emesse contestualmente all'emanazione di Decreti e/o di Ordinanze governative. Inoltre, è necessario valutare e rendicontare gli oneri aggiuntivi della sicurezza in ragione della nuova e particolare esigenza non direttamente correlata con le attività di cantiere. Alla luce dei recenti Decreti Ministeriali, si è richiesto di valutare:

- Messa in sicurezza del cantiere preliminare alla chiusura;
- Predisposizione di un **servizio di guardiania** continuativo;
- Creazione di **informative con le norme di igiene e salute**;
- Messa a **disposizione** di:
 - **Liquidi igienizzanti** e detergenti opportuni **per le mani**;
 - **DPI personali** e non promiscui e abiti da lavoro idonei;
 - **Mascherine** (quando distanza interpersonale < 1.0 m);
- Riorganizzazione di incontri e riunioni:
 - Preferendo modalità di **collegamento da remoto**;
 - Garantendo **distanza** di almeno **1.0 m** se in presenza;
- Regolamentazione dell'accesso agli spazi comuni:

- Limitando il numero di accessi contemporanei;
- Garantendo **distanza di almeno 1.0 m tra i presenti**;

Le attività sopra menzionate, assieme alla rivisitazione del cronoprogramma, consentono di avere una valutazione puntuale dei costi aggiuntivi della sicurezza dipendenti dall'emergenza.



Definizione

CSE = è il Coordinatore della Sicurezza in Fase di Esecuzione. Esso è un tecnico incaricato dal committente o dal responsabile dei lavori, dell'esecuzione dei compiti di cui all'articolo 92 del D. Lgs. 81/08

Il CSE ed il Committente diventano così parte attiva del processo e garantiscono l'attuazione dei protocolli proposti attraverso: la "contabilizzazione" degli oneri aggiuntivi.

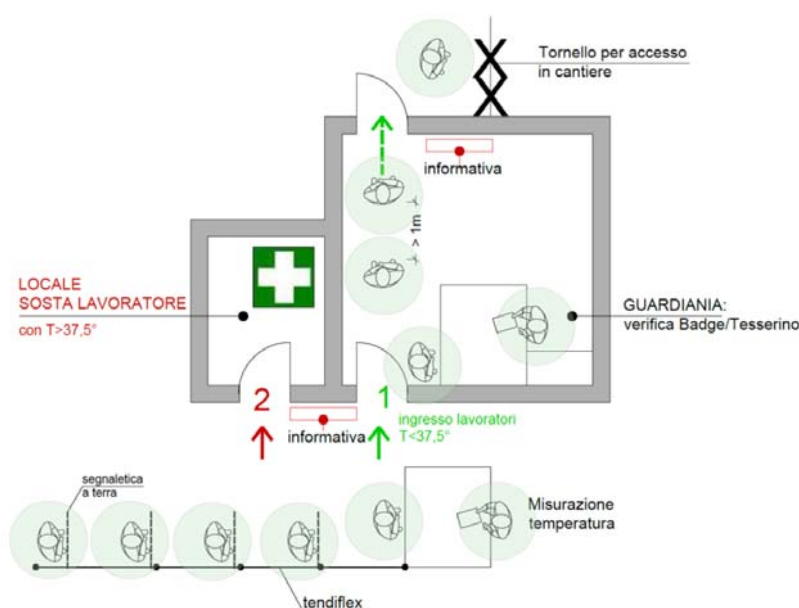


Figura 5.5 – Ipotesi riorganizzazione flussi di accesso al cantiere (GA^e Engineering)

L'aggiornamento del PSC accompagna l'impresa entro un processo che porta a **rivedere e rivalutare le aree logistiche**, l'organizzazione del servizio di guardiania, i **controlli al personale** (provenienza, contatti, misurazione della temperatura), le **modalità di lavoro**, le interferenze tra le squadre e tra i singoli operatori.

È importante sottolineare che l'emergenza sanitaria in atto ha costretto le Imprese affidatarie e di conseguenza anche i Committenti, i Responsabili dei Lavori, le Direzioni Lavori ed i CSE a rivedere le modalità operative proprie dell'attività

d'impresa nonché l'interfaccia tra i soggetti coinvolti nel processo di realizzazione e gestione dell'opera durante la fase di costruzione. Ciò può avvenire se si prevede:

- **sanificazione di aree logistiche**, uffici e cantiere (comprese tutte le macchine);
- messa a disposizione di **detergenti-disinfettanti** all'interno dei servizi igienici;
- affissione di **cartellonistica informativa** in tutte le aree operative e logistiche;
- **aggiornamento del Piano di emergenza** del cantiere;
- **turnazione delle squadre** e redistribuzione delle squadre presenti in cantiere;
- messa a disposizione nella guardiana di un **misuratore della temperatura**;
- controllo delle dotazioni di **DPI adeguati** (almeno della maschera chirurgica);
- segnalazione di tutte le **attività di igienizzazione e sanificazione** su un registro;
- controllo delle **pratiche anti-contagio** (utilizzo DPI, distanze interpersonali).

La **sospensione** (o rimodulazione) **delle attività** in conseguenza alle restrizioni ed al nuovo impianto organizzativo che l'impresa è tenuta ad attuare può essere influenzata da criticità contingenti come la **mancanza di DPI** o la **chiusura di servizi esterni**. In taluni casi si è constatata la difficoltà non tanto ad eseguire le lavorazioni quanto a garantire i servizi di supporto al personale in trasferta.

Le misure introdotte devono essere rese operative avendo come obiettivo la rimodulazione della logistica del cantiere integrata con la pianificazione delle forniture. Ciò permetterà, al riavvio delle attività, di ripartire con la massima operatività. In tal senso, al **CSE** spetta il compito di far **interagire le misure introdotte e renderle attuabili** senza generare condizioni maggiormente critiche rispetto alle "normali lavorazioni" mentre al **committente** spetta il compito di **monitorarle**. È raccomandata inoltre la promozione di sessioni informative che prevedono il coinvolgimento di tutte le imprese e dei singoli lavoratori, volte ad affrontare al meglio (professionalmente e umanamente) l'emergenza.



Quesiti – Covid-19 e coordinamento della sicurezza

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

1) Descrivere le principali predisposizione anti-contagio.

2) Quali possono essere le cause per le quali possa essere disposta la sospensione delle attività?

5.5 APPROVVIGIONAMENTI E OFFICINA PER RIPARAZIONE

Una percentuale elevata del costo di una costruzione è rappresentata dai materiali che vengono impiegati nei lavori. Oltre a un esame delle fonti di approvvigionamento è importante **programmare la loro consegna in modo di evitare di rischio di rimanere sprovvisti** o al contrario avere esigenze molto elevate che, oltre che a creare intralci e ingombri nell'area del cantiere, rappresentano un immobilizzo di denaro con risvolti economici negativi per l'impresa.

Sono destinate al deposito di materiali varie zone in base ai tipi occorrenti sempre nel rispetto della sicurezza. I materiali devono rimanere in **perfette condizioni di conservazione** senza deteriorarsi, fino al loro impiego nella costruzione.

Nei medi cantieri, ma soprattutto nei grandi, specialmente se lontani da centri abitati, è opportuno prevedere la dotazione di una attrezzatura anche limitata, **saldatrice, trapano, mola** e altro, per eseguire semplici **lavori di riparazione e manutenzione**, oltre ad alcuni pezzi di ricambio delle macchine più soggette a usura.

5.6 VIABILITÀ DI CANTIERE

Le disposizioni chiave circa la **viabilità di cantiere** sono contenute nell'**Allegato XVIII del D.Lgs. n.81/08**. Deve essere organizzata cercando di evitare l'insorgere di eventi che possano generare **situazioni pericolose**, definendo preventivamente i percorsi che dovranno effettuare i mezzi per raggiungere le postazioni di lavoro e prevedendo **accesi e viabilità differenziati per mezzi e pedoni**. In corrispondenza degli ingressi e dei punti pericolosi deve essere prevista un'**adeguata segnaletica** di sicurezza. In caso di pericolo i lavoratori vanno sempre evacuati in sicurezza.

L'**accesso stradale** è quello più comune ed è anche il più utile; in ogni caso deve consentire facilmente l'**entrata** e l'**uscita degli automezzi**, favorendo le operazioni di carico e scarico senza intralciare le operazioni del cantiere.

Per l'accesso e circolazione dei mezzi meccanici e di trasporto:

- le **strade** usate dai mezzi meccanici devono avere una **manutenzione appropriata** e per evitare la formazione di fango e di polvere se sterrate, devono essere spianate, trattate con inerti e innaffiate periodicamente;
- la **velocità** deve essere **limitata** per garantire la massima sicurezza in ogni condizione e comunque ridotta a **passo d'uomo** in corrispondenza dei posti di lavoro o di passaggio;
- le **manovre in spazi ristretti** od impegnativi devono avvenire con l'**aiuto di personale a terra**;
- le varie disposizioni devono essere richiamate con **apposita segnaletica**;
- deve essere regolamentato l'accesso e la circolazione dei mezzi di trasporto personali per raggiungere i posti di lavoro. Se non sono approntate zone di parcheggio, separate da quelle di lavoro, all'interno del cantiere, i mezzi devono essere lasciati all'esterno.

I **percorsi** interni devono essere studiati in modo da avere la **minore interferenza possibile** fra i percorsi seguiti dagli automezzi esterni che riforniscono il cantiere e il via vai di quelli interni impiegati nei lavori di costruzione.

L'accesso e la circolazione degli addetti ai lavori devono avvenire in modo ordinato, predisponendo percorsi ed attrezzature per il raggiungimento del posto di lavoro. Se non risulta possibile garantire la percorribilità di tali percorsi per tutta la durata dei lavori, vanno installati opportuni segnali, individuando percorsi alternativi, resi noti a tutto il personale operante in cantiere. **L'accesso ai non addetti ai lavori è tassativamente vietato** e va installata appropriata segnaletica in corrispondenza degli accessi al cantiere e, se del caso, alle zone di lavoro. Se l'accesso di terzi è previsto e regolamentato, è necessaria la preventiva informazione sulle attività in corso.



Quesiti – Viabilità di cantiere

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

1) Come deve essere organizzata la viabilità nel cantiere?

2) Riportare i principali accorgimenti per l'accesso e la circolazione nel cantiere dei mezzi meccanici.

5.7 RILIEVO, TRACCIAMENTO E STRUMENTI DI MISURA



Definizione

Rilievo = è l'insieme di misurazioni ai fini di procedere ad una progettazione dell'opera di ingegneria.

Tracciamento = è l'insieme di operazioni atte a restituire delle misure, materializzandole in cantiere.

5.7.1 STRUMENTI PER MISURARE LE DISTANZE

Di seguito si riporta un breve elenco dei principali strumenti per misurare le distanze:

5.7.1.1 Metro a stecca, flessometro e corda metrica



Figura 5.6 – Metro a stecca



Figura 5.7 – Flessometro



Figura 5.8 – Corda metrica

Generalmente tali strumenti hanno una **risoluzione di 1 mm** e consentono una rapida misurazione delle **distanze lineari**. Vi è in questo senso la sola nota di prestare attenzione al fine di evitare che la corda metrica possa fare delle pance (in quanto non stesa correttamente), falsando la misura.

5.7.1.2 Distanziometro tascabile Laser

Sono molti gli aspetti determinanti per la scelta del misuratore laser: sicuramente precisione e funzionalità svolgono un ruolo centrale, ma procediamo con ordine.

Il primo fattore da prendere in considerazione per la scelta del misuratore laser riguarda le **dimensioni del prodotto**, ovvero: grandezza, peso e dimensioni dello schermo. Tra questi sicuramente devono essere tenute in considerazione:

o Accuratezza

In un misuratore laser l'accuratezza è forse la caratteristica più importante, poiché è l'aspetto che determina la qualità delle misurazioni. Il termine accuratezza si riferisce al **marginale di errore** che è possibile riscontrare in una misurazione: se qualche tempo

fa era impossibile trovare dei misuratori laser a prezzi ragionevoli con un basso margine d'errore, oggi in commercio esistono diversi prodotti che coniugano risparmio e qualità, fornendo misurazioni molto accurate. La maggior parte dei dispositivi presenti sul mercato hanno **un margine di accuratezza che oscilla tra ± 3 mm e ± 2 mm**: questo significa che il valore che viene riportato dal misuratore potrebbe essere approssimato di 2 mm in più o in meno. Esistono tuttavia alcuni brand leader nel settore che sono riusciti a portare il margine d'errore nei loro dispositivi anche a ± 1 mm. Questi misuratori laser, seppure più costosi, sono consigliati specialmente a chi necessita di un prodotto da destinare ad un uso professionale.

o Distanza massima

Anche la **distanza massima calcolabile** è un aspetto importante per la scelta del misuratore laser: rispetto a questo elemento esistono notevoli differenze tra i prodotti. Solitamente la **distanza massima raggiungibile e la distanza minima sono indicate sotto il display**. Si passa da apparecchi che hanno una distanza massima di 20 metri a dispositivi che arrivano a calcolare distanze **fino ai 250 metri**. Un grosso divario dunque, tuttavia è bene ricordare che non tutti hanno necessità di misurare grosse distanze: chi per esempio ha bisogno di un prodotto per il fai da te da utilizzare in un normale appartamento non dovrà considerare la distanza massima come un elemento fondamentale. A chi invece deve acquistare un misuratore laser da usare in ambito professionale consigliamo di valutare attentamente questo aspetto, in modo da ottimizzare la spesa ed evitare prodotti poco versatili.

o Ambienti di utilizzo

La possibilità di utilizzare il misuratore laser in diversi ambienti rappresenta sicuramente un valore aggiunto, che dev'essere attentamente valutato anche in base alle proprie esigenze. Oltre agli **ambienti chiusi**, molti misuratori laser possono essere utilizzati **all'aperto**, in modalità notturna, sotto la pioggia, se sono impermeabili, o in ambienti polverosi: tutti elementi molto utili per chi deve lavorare in cantieri o in situazioni poco confortevoli.



Figura 5.9 – Distanziometro Laser

5.7.1.3 Squadra da carpentiere



Figura 5.10 – Squadra da carpentiere

Lo strumento in questione, semplice nel suo utilizzo, è genericamente realizzato in **acciaio inox** ed è dotata di **fori di marcatura**. Ciò permette in primis di verificare la **perpendicolarità tra due piani** e di riportare linee parallele a piccola distanza.

5.7.1.4 Squadra Alpha



Figura 5.11 – Squadra Alpha

Tali elementi in genere sono realizzati in **acciaio inox** con **scala graduata con divisione di $0,5^\circ$** ; tale strumento è per il carpentiere utile soprattutto nel **tracciare angoli su piccoli elementi**, diviene invece imprecisa nel svolgere la medesima operazione su elementi di grandi dimensioni.

5.7.1.5 Goniometro digitale



Figura 5.12 – Goniometro Digitale

Lo strumento – prima di un suo utilizzo – si ricorda che diviene **necessario calibrarlo** ai fini di consentire all'operatore una corretta misura degli angoli.

A tal proposito tale strumento – similmente alla squadra Alpha – diviene utile nel **tracciare angoli su piccoli elementi** ma diviene impreciso e difficoltoso da utilizzare nel caso di angoli su grandi lunghezze.

5.7.1.6 Bolla

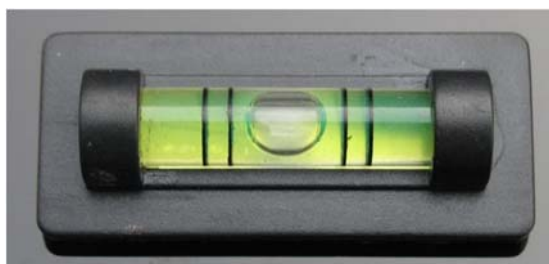


Figura 5.13 – Livella a bolla torica



Figura 5.14 – Livella a bolla sferica

La **livella** (o bolla) **torica** è costituita da una ampolla di vetro sigillata avente la forma di una porzione di superficie toroidale (calotta torica). L'ampolla è riempita completamente con un **liquido volatile colorato**. Prima di sigillare l'ampolla viene rilasciata all'interno del liquido una bolla d'aria. Una volta sigillata l'ampolla è

montata e centrata in una struttura di metallo o plastica a forma di parallelepipedo con 6 facce laterali perfettamente sigillate. La **bolla d'aria tende a galleggiare portandosi verso l'alto**.

La **livella sferica** è come principio identica a quella di cui sopra, allo stesso tempo è definibile come strumento con cui è possibile **verificare se un piano è perfettamente orizzontale**. Tali livelle si avvalgono per le loro misurazioni di una ampolla di vetro sigillata di forma variabile che contiene un liquido volatile e quindi poco viscoso in cui è inglobata la bolla d'aria. La stessa – in funzione della planarità del piano – tenderà a disporsi in mezzeria.

5.7.1.7 Stadia



Figura 5.15 – Stadia

La **stadia** può essere disposta **verticale o orizzontale**. La **stadia orizzontale** è utilizzata per la **misura indiretta delle distanze insieme a un teodolite**. È costituita da una barra di metallo **lunga 2 metri** con una mira in ciascun estremo. La stadia **si pone su un treppiede** e si collimano le due mire misurando l'angolo orizzontale col goniometro del teodolite. La **stadia verticale** viene **sostenuta da un operatore** che la mantiene verticale con la massima precisione possibile, normalmente controllandone la **verticalità con una livella sferica** attaccata alla stadia. Nella stadia verticale la

graduazione è riportata su una faccia ed è evidenziata con trattini alternati, di colore bianco/nero o bianco/rosso, dell'altezza di **1 cm**. La numerazione riportata è, di solito, riferita ai decimetri ed ai metri. Le graduazioni sono varie, policrome e particolari per permettere una lettura veloce e sicura. La lettura, eseguita con il reticolo del cannocchiale dello strumento topografico, si esegue leggendo prima il numero di decimetri scritti sulla stadia, poi contando il numero dei centimetri interi compresi tra l'inizio del decimetro e il filo orizzontale del reticolo e infine stimando a vista i millimetri. Per poter stimare i millimetri la distanza non deve superare valori legati al potere di ingrandimento del cannocchiale.

Le stadie comuni sono **in legno o in alluminio**, materiali leggeri da trasportare, con **lunghezza variabile da 2 a 5 metri**. Le stadie per misure di precisione hanno la parte graduata costituita da una lega in acciaio e nichel (chiamata **Invar**) a **basso coefficiente di dilatazione termica**, in modo da diminuire il più possibile l'imprecisione dovuta alla dilatazione termica del materiale stesso.

Normalmente le stadie sono equipaggiate da una o più bolle toriche e possono essere utilizzate per:

- materializzare linee orizzontali;
- piani orizzontali;
- materializzare linee a piombo;
- **canna d'acqua.**

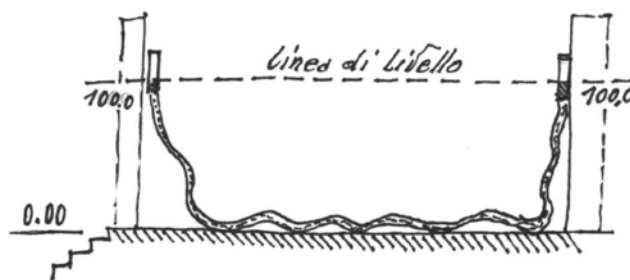


Figura 5.16 – canna d'acqua e linea di livello

Tale strumento risulta nella sua semplicità, molto preciso, sfruttando il **principio dei vasi comunicanti**. Lo stesso è costituito da un tubo flessibile alle cui estremità sono collegate due cilindri trasparenti mantenuti verticalmente riempiendo d'acqua il sistema fino a vedere il livello salire a metà delle ampolle, è possibile rilevare i riferimenti.

5.7.1.8 Livella Ottica



Figura 5.17 – Livella ottica

I livelli sono strumenti a **cannocchiale orizzontale**, con i quali si realizza una **linea di mira orizzontale**. Vengono utilizzati per misurare **dislivelli** con la tecnica di livellazione geometrica (a visuale orizzontale).

Esistono diversi tipi di livelli, che possono essere raggruppati in **tre principali categorie**:

- **livelli manuali** (orizzontalità della linea di mira ottenuta manualmente). Nel corso del tempo ne sono stati ideati e realizzati molti tipi, ma quelli principali utilizzati ancora oggi sono riconducibili a due sottocategorie: livelli a **cannocchiale fisso con e senza vite di elevazione**;
- **autolivelli** (orizzontalità ottenuta in maniera automatica);
- **livelli digitali** (orizzontalità e lettura alla stadia ottenute in maniera automatica).

Attraverso tali strumenti, è possibile **misurare dislivelli** e **tracciare piani orizzontali**.

5.7.1.9 Livella Laser Rotante

La livella laser è un apparecchio che serve a **misurare correttamente il livello di pendenza di una superficie** rispetto ad un piano orizzontale tramite un fascio di luce laser che proietta una serie di punti appartenenti tutti ad un piano. I fasci di luce utilizzati dalla livella laser possono essere di colore rosso o verde. Il dispositivo viene solitamente montato su una base che può essere rotante oppure traslare e quindi

muoversi in diverse direzioni. In commercio esistono tantissimi tipi di livella laser: dalla categoria autolivellante al modello manuale.

In relazione alle livelle laser rotanti si tratta di **strumenti molto delicati e precisi**. Il livello di efficienza rispetto alle livelle laser tradizionali è molto più alto: grazie ad un diodo la linea proiettata raggiunge anche 50 metri di distanza.

Le stesse sono dotate di ricevitore acustico per il tracciamento e relativa stadia graduata per la misurazione puntuale di quote altimetriche.



Figura 5.18 – Livella Laser rotante

5.7.1.10 Stazione totale (teodolite e distanziometro)



Figura 5.19 – Stazione totale

Lo strumento è composto da un **distanziometro elettronico**, da un **goniometro elettronico** per la misurazione dell'**angolo azimutale** e da un **secondo goniometro elettronico** per la misurazione dell'**angolo zenitale**. Il calcolo dei dati immagazzinati in fase di campagna, vengono memorizzati attraverso un computer con interfaccia utente. La stazione totale, dunque, è in grado di rilevare la misurazione di angoli e

distanze di una serie di punti e di determinarne l'esatta collocazione spaziale rispetto a un sistema di coordinate predefinito.

Per effettuare correttamente un rilievo con stazione totale, è necessario eseguire correttamente la fase di **stazionamento**.

Lo stazionamento determina fin dall'inizio la corretta misurazione dei punti, consiste nel **posizionare la stazione totale sulla verticale di un punto materializzato solitamente con un chiodo** assicurandola al treppiede tramite una **vite di serraggio**.

Il fissaggio avviene a cavallo del punto con la testa in orizzontale tenendo allungate le gambe del treppiede momentaneamente libere per fissarle meglio nel terreno creando così la stabilità per procedere alla fase di rilievo. La stazione totale e il **piombo laser** vengono accesi. Quest'ultimo è composto da una luce laser rossa che mostra il punto sul quale lo strumento è a piombo, pertanto per un corretto stazionamento tale laser deve **centrare il chiodo di stazione** mentre lo strumento è perfettamente livellato. Verificato ciò lo strumento è posizionato ed è possibile **configurare l'angolo zero su un riferimento** (un altro chiodo di stazione ad esempio) tramite una operazione detta **"azzeramento"**.

La misurazione attraverso la Stazione Totale tiene conto degli angoli verticali, orizzontali e della distanza inclinata e può essere esportata dallo strumento in coordinate Polari grezze o in coordinate Cartesiane. Nel primo caso il Topografo potrà intervenire autonomamente nella verifica degli errori e nella **costruzione della poligonale**, nel secondo caso ci si fiderà dello strumento e dei suoi software interni ed esterni.

Per una corretta misurazione angolare e lineare è **necessario centrare ciascun punto con il cannocchiale** fino a visualizzarlo esattamente sull'incrocio di linee corrispondenti al centro ottico dell'obiettivo.

La **distanza** viene rilevata grazie alla tecnologia **Electronic Distance Measurement (EDM)** integrata nella Stazione Totale. Questo sistema non fa altro che rilevare il tempo che impiega il raggio laser ad andare e tornare dal punto colpito al cannocchiale. Il dato viene memorizzato dallo strumento e contestualmente vengono mostrate tramite display le coordinate polari.

La misurazione con la Stazione Totale può avvenire attraverso **due metodologie**:

- **raggio infrarosso;**
- **raggio laser.**

Il rilievo attraverso il **raggio infrarosso** ha bisogno di un **sistema riflettente**; in questo caso per la misurazione viene utilizzato un **prisma** o un mini-prisma per attenuare ulteriormente l'errore di rilevamento.

Il rilievo, invece, con **raggio laser** è un metodo adottato per rilevare punti difficilmente accessibili all'operatore, dato che **non è necessario posizionare alcun sistema riflettente**.

5.7.1.11 GPS Topografico

La determinazione di un punto avviene attraverso il processo di **comunicazione con 4 satelliti**.

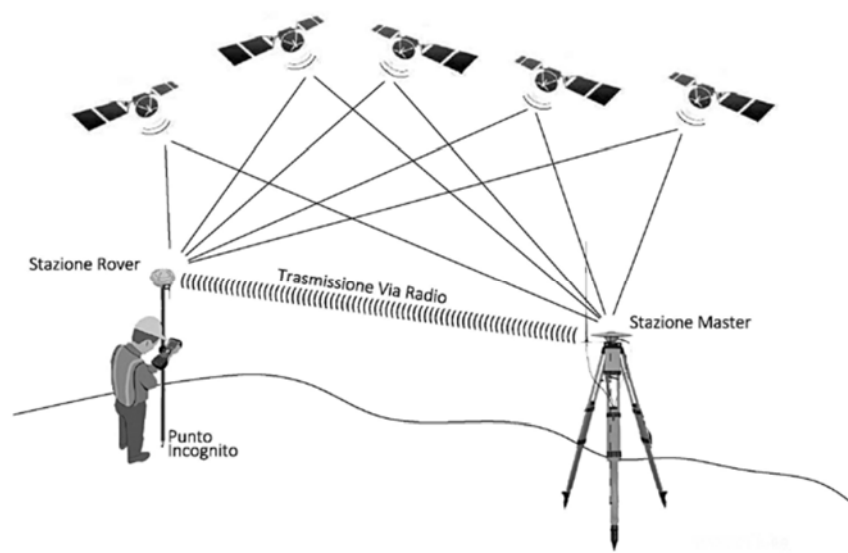


Figura 5.20 – GPS –Determinazione del punto di misura

Ogni stazione è costituita da:

- un **ricevitore GPS**, con incorporato almeno un **orologio atomico**, un **ripetitore di codici di frequenza**, un gruppo di batterie ed altre strumentazioni di supporto; esso è capace di acquisire i dati occorrenti attraverso un sistema apposito; il ricevitore può essere posizionato a terra, su nave e su aereo;
- un'**antenna esterna** interconnessa al ricevitore;
- una strumentazione accessoria, di cui fa parte il controller, in cui vengono immessi i dati dal ricevitore, per una prima elaborazione di verifica del buon funzionamento dell'apparato.

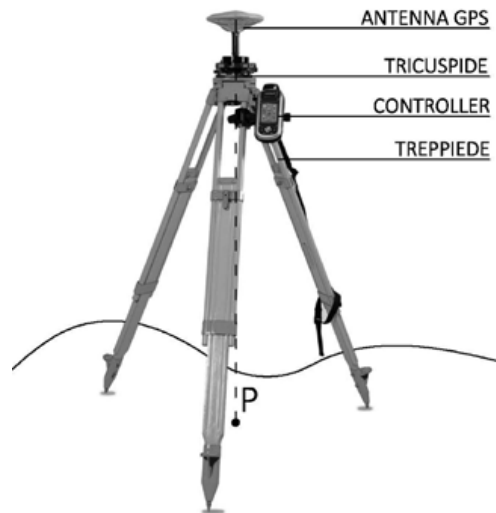


Figura 5.21 – GPS – Sezione di utenza



Quesiti – Strumenti per misurare le distanze

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

- 1) Descrivere le principali caratteristiche di un distanziometro laser (accuratezza, distanza massima e ambienti di utilizzo).

- 2) Descrivere brevemente come si apporta un taglio in pendenza ad un elemento in legno (conosciuto l'angolo) e quale strumento utilizzeresti per la buona riuscita della lavorazione.

- 3) Qual è il principio di funzionamento della livella torica e sferica? Esistono metodi più “rustici” ma altrettanto efficaci, attuabili in cantiere?

- 4) In cosa consiste la procedura di stazionamento della stazione totale?

- 5) Quali sono le 2 metodologie di misurazione delle distanze tramite stazione totale? Quali accorgimenti si devono adottare per poterle attuare?

5.7.2 TRACCIAMENTO PLANIMETRICO E ALTIMETRICO

Di seguito si riporta un possibile **esempio** ai fini di definire un possibile **tracciamento planimetrico di tetti o edifici**. Generalmente appare **suddividere la planimetria in triangoli**. Una volta definito il primo triangolo, appoggiandosi ai lati già fissati, si procede a definire gli altri in accordo alla figura di seguito riportata attraverso il tracciamento delle rispettive diagonali.

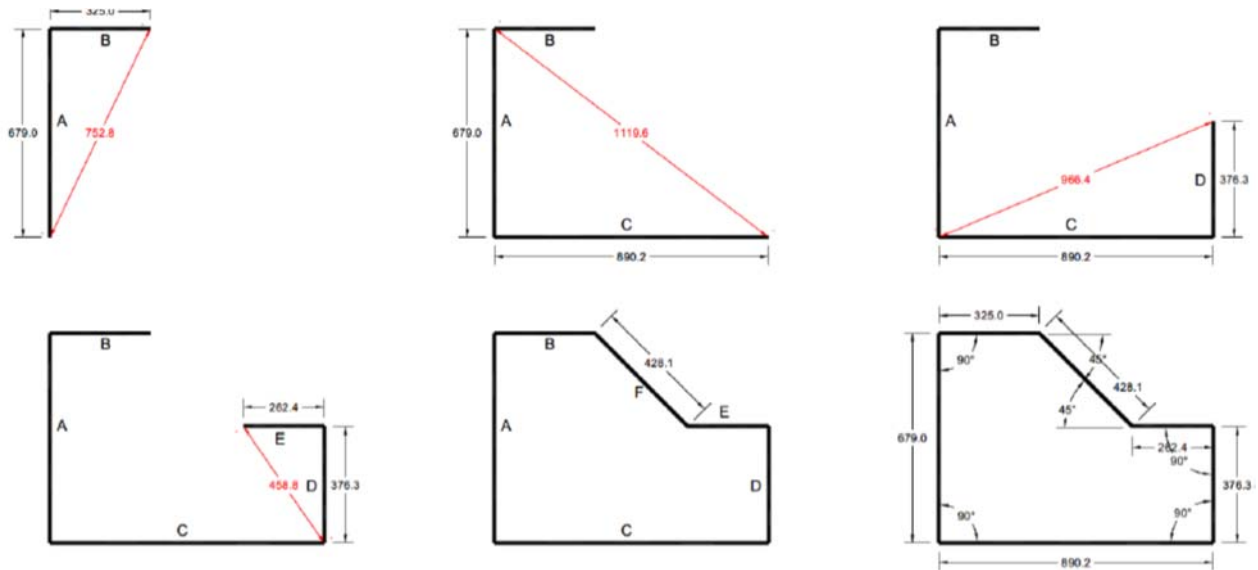


Figura 5.22 Tracciamento planimetrico suddividendo la planimetria in triangoli e definizione delle diagonali di riferimento

Il **tracciamento altimetrico delle coperture** è molto **più complesso** rispetto a quello delle pareti. Senza entrare nel dettaglio si accenna che per le coperture possono sussistere decine di falde diverse; inoltre:

- le **stesse falde possono avere pendenze diverse**;
- Per tetti su edifici esistenti, i fuori squadra delle pareti possono comportare la presenza di travi di colmo o di banchina non orizzontali.



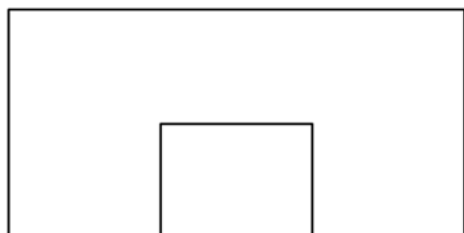
Figura 5.23 Falde e rilievo altimetrico (esempio)

Infine relativamente alle operazioni di tracciamento di misure in serie si consiglia di lavorare con quote progressive (ossia riportando da zero ad ogni quota, prendendo un unico riferimento, anziché lavorare con quote parziali).



Disegno – Tracciamento planimetrico

Disegna come faresti un tracciamento planimetrico della planimetria riportata in figura. Utilizza la regola dei triangoli, disegnando il tracciamento per fasi successive.



5.8 CRONOPROGRAMMA & DIAGRAMMA DI GANTT

La **durata del cantiere** si calcola per stabilire (principalmente ma non solo):

- il tempo in giorni naturali e consecutivi da indicare nel contratto di appalto;
- quando procedere all'**emissione dei pagamenti** all'appaltatore – SAL;
- definire quando alcune parti delle opere sono **ultimate** (nell'eventualità della messa in esercizio per parti).
- programmare le **fasi successive all'ultimazione dei lavori** per la messa in esercizio della struttura (es. ordinativi di mobili, attrezzature, ecc.)

A tal proposito il cronoprogramma serve al:

- **Committente:**
 - per conoscere le **scadenze** e le **risorse economiche necessarie** per remunerare l'appaltatore;
- **All'appaltatore**
 - per sapere quando effettuare gli **ordinativi dei materiali**;
 - per organizzare la **manodopera**;
 - per sapere quando **effettuare i pagamenti dei fornitori**;
 - nel caso di ritardi, per individuare scelte operative in grado di **restringere i tempi**;
- **Alla Direzione lavori:**
 - per verificare l'andamento dei lavori e predisporre gli atti relativi (**verbali e ordini di servizio**);
- **Al coordinatore in fase di progettazione ed esecuzione:**
 - per individuare la **sovrapposizione in cantiere di lavorazioni pericolose e rischiose** per la salute dei lavoratori;



Definizione

Diagramma di Gantt = è uno strumento che permette di trasformare gli importi delle lavorazioni in barre con lunghezza proporzionale al tempo impiegato.

Cronoprogramma = è il programma dei lavori che rappresenta la distribuzione temporale dei costi. Esso rappresenta l'andamento nel tempo degli importi dei lavori da eseguire.

Il risultato finale è un diagramma che riporta sull'asse verticale gli importi progressivi a partire da zero (in corrispondenza della data di inizio dei lavori) fino all'importo complessivo di tutti i lavori (in corrispondenza della data di ultimazione), e sull'asse orizzontale i tempi di esecuzione.

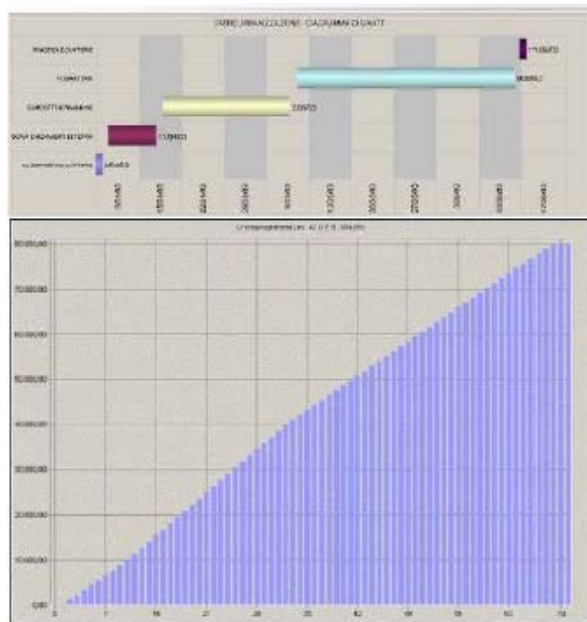


Diagramma di Gantt

Cronoprogramma

Figura 5.24 Cronoprogramma e diagramma di Gantt (esempio)

6

Cantiere e Legno: Approfondimenti

Il presente paragrafo vuole fornire delle indicazioni di carattere generale circa gli aspetti di **gestione dei cantieri di opere di ingegneria in legno**. Il cantiere infatti riveste un'importanza fondamentale non solo ai fini di garanzia della qualità del costruito, ma anche per quanto riguarda la gestione del materiale e tutti quei processi di mitigazione del rischio soprattutto in relazione alla sicurezza in caso di incendio e ai processi di degrado a carico di funghi.

6.1 UMIDITÀ E SITUAZIONI TRANSITORIE

È molto importante in un cantiere di un edificio in legno pensare ad una **protezione** adeguata delle strutture durante il montaggio, sia quotidianamente da **eventi atmosferici improvvisi** e inaspettati come temporali che possono capitare, sia in particolar modo nel caso in cui il cantiere debba subire dei **fermi prolungati** dovuti ad esempio ad eventi meteorologici (periodi di pioggia persistente) o di altra natura (ad esempio amministrativi o per cause di altra natura).

Nel primo caso occorre porre attenzione alla protezione soprattutto della **testa di pareti o pilastri in legno**, visto che le teste sono zone in cui l'assorbimento dell'acqua è maggiore. Una soluzione pratica da utilizzare è quella di prevedere una protezione con **guaine traspiranti** adeguatamente assicurate agli stessi elementi strutturali in modo da impedire in tutti i modi il possibile passaggio d'acqua, che possono essere facilmente **posizionate e rimosse quotidianamente**. La stessa soluzione va utilizzata anche per i solai, avendo cura però di togliere i teli per consentire l'asciugatura nelle giornate di sole.



Figura 6.1 Protezione delle teste delle pareti con guaine traspiranti durante il cantiere (esempio)

In caso di **periodi di fermo prolungato** del cantiere occorre prevedere soluzioni leggermente più laboriose da mettere in opera ma tutto sommato semplici, economiche ed efficaci. Una soluzione è illustrata in Figura 6.2, nella quale tutto il

perimetro esterno dell'edificio è protetto con **teli traspiranti di protezione all'acqua** e persino i ponteggi sono ulteriormente protetti dall'acqua battente da un telo protettivo esterno. È necessario proteggere anche le **aperture** realizzate per porte e finestre, qualora gli infissi non siano stati ancora installati, mediante **soluzioni provvisorie** ma efficaci che **impediscano l'ingresso dell'acqua all'interno della costruzione**, come nel caso di Figura 6.3.



Figura 6.2 Protezione del perimetro esterno dell'edificio con teli impermeabili traspiranti

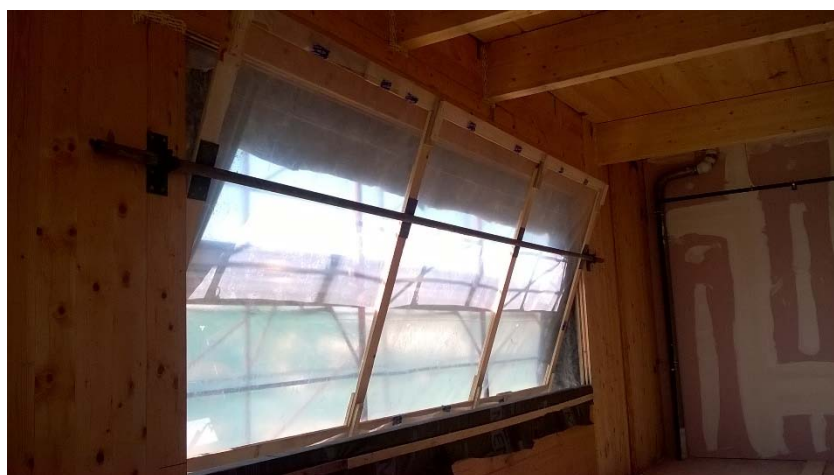


Figura 6.3 Infissi provvisori realizzati per proteggere le strutture durante il cantiere

Anche il **controllo della temperatura e umidità dell'aria** all'interno del cantiere sono particolarmente importanti per prevenire possibili **condizioni di degrado**. A questo proposito una soluzione semplice ed economica è quella di posizionare dei **termometri ed igrometri** in maniera tale da monitorare le condizioni ambientali (Figura 6.4).



Figura 6.4 Controllo della temperatura e dell'umidità in cantiere tramite termoigrometro

Occorre anche porre attenzione a situazioni inattese che si possono verificare durante il cantiere. Ad esempio, la presenza di **guaine acustiche poste alla base delle pareti** che **fuoriescono rispetto al perimetro esterno** dell'edificio come in Figura 6.5 possono fungere da elementi che convogliano l'acqua all'interno della costruzione causando aumenti non voluti dell'umidità alla base della parete che possono portare nell'arco di breve tempo a fenomeni di degrado se non controllate.

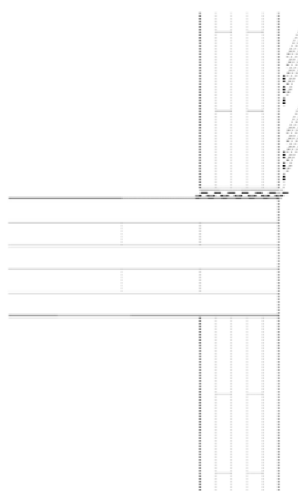


Figura 6.5 Guaina acustica alla base della parete che fuoriesce rispetto al perimetro esterno convogliando l'acqua all'interno della costruzione

La situazione può ulteriormente peggiorare se la guaina è porosa (cosa assolutamente da evitare), perché in questo caso funge da “spugna” alla base della parete peggiorando ulteriormente la situazione.

6.2 SITUAZIONI TRANSITORIE IN CANTIERE

Le nuove norme tecniche per le costruzioni riportano un paragrafo dedicato alle situazioni transitorie. A tal proposito indicano quanto di seguito.



Citazione (NTC 2018)

Per situazioni costruttive transitorie, come quelle che si hanno durante le fasi della costruzione, dovranno adottarsi tecnologie costruttive e programmi di lavoro che non possono provocare danni permanenti alla struttura o agli elementi strutturali e che comunque non possano riverberarsi sulla sicurezza dell'opera (...) L'assegnazione delle azioni di progetto ad una delle classi di durata del carico e delle classi di servizio dovrà essere congruente con la effettiva durata della situazione transitoria in esame"

Tali ambiti risultano essere importanti, sia per la positiva conclusione dei lavori, che per quanto riguarda la sicurezza dei lavoratori in cantiere; basti pensare infatti che un **incremento della luce del 20%** (causa ad es. la posa di montanti alle estremità in assenza di un pilastrino intermedio) comporta un **incremento del 43% delle tensioni di trazione e compressione sul materiale** ed una deformabilità massima doppia. Per questo motivo ogni variazione della luce l , a parità di sezione e carico, deve essere valutata attentamente, poiché comporta incrementi non trascurabili in termini sollecitazioni e deformabilità.

Inoltre per **elementi snelli** (base molto minore dell'altezza) su luci di calcolo elevate si deve prestare particolare attenzione al fenomeno di **instabilità flesso-torsionale**, che può verificarsi anche in presenza dei soli carichi permanenti. Per questo motivo **deve sempre essere stabilizzato il lembo superiore compresso** mediante l'inserimento di elementi di controvento.

Durante il montaggio, qualora in sede di progetto sia previsto il controvento, è necessario che le travi rimangano puntellate con uno o più supporti intermedi fino alla completa realizzazione del controvento.



Figura 6.6 - Brock Commons – Fase di cantiere a seguito di nubifragio

Oltre a considerazioni ingegneristiche, è necessario arrivare a definire strategie di protezione del cantiere contro il contatto con l'acqua meteorica e fuoco.

6.3 CANTIERE ED EVENTI ATMOSFERICI

Indipendentemente dal materiale utilizzato è necessario prevedere apposite misure al fine di **evitare il contatto tra materiali edili e acqua**, sia questa dovuta a eventi atmosferici, di risalita o effetti di condensazione.

Tutti i materiali da costruzione a contatto con l'acqua possono sviluppare **agenti fungini**, tanto dannosi per quanto riguarda la salute in termini di **qualità dell'aria**, **aspetto** (presenza di muffe) e **stabilità strutturale**. Basti infatti pensare alla corrosione dell'acciaio, oppure alla perdita delle prestazioni di connettori acciaio-cemento o ancora agli aspetti di attacco fungino su materiali legnosi.

La capacità di gestire l'acqua sia nella fase cantieristica che in esercizio rappresenta un punto focale per tutto il comparto edile e in questo le costruzioni in legno non fanno eccezione. E' inoltre da sottolineare che i **meccanismi igroscopici** del materiale legno uniti alla tendenza dello stesso ad assorbire più velocemente l'umidità rispetto alla relativa cessione, rendono di fatto le relazioni legno-acqua come punto focale su cui tanto la direzione lavori, quanto il costruttore devono prestare attenzione.

Relativamente allo **stoccaggio di materiale in cantiere** si rimanda a quanto indicato all'interno del Paragrafo 5.3.

6.3.1 PROCESSO DI REALIZZAZIONE E PREVENZIONE DEL DEGRADO BIOLOGICO

Le costruzioni in legno possono essere oggetto di **attacchi da parte di funghi** (qualora il contenuto di **umidità** degli elementi sia **superiore al 20%**) durante l'iter di costruzione dell'opera. Si possono infatti verificare eventi atmosferici quando gli elementi non sono ancora protetti e quando inoltre le condizioni per una cessione dell'umidità da parte del materiale legno non sono ottimali. Entro tale frangente è possibili **minimizzare il rischio** di attacco fungino prendendo a carico della filiera che agisce su un determinato cantiere le dovute **precauzioni** sia nella fase di trasporto del materiale a base legno, **stoccaggio in cantiere** e montaggio dell'opera stessa.

Teloneria di vario tipo può essere utilizzata per proteggere il materiale durante le fasi di trasporto e stoccaggio in cantiere; tali teli allo stesso tempo devono essere parzialmente rimossi in sede di montaggio dell'opera, esponendo il materiale a rischi per quanto riguarda l'attacco di agenti biotici (funghi).

In alcuni casi, tutta la costruzione può essere oggetto di protezione mediante l'utilizzo di una **tenda mobile** (tale metodologia di lavoro è spesso utilizzata nei paesi scandinavi dove molto spesso si hanno condizioni meteorologiche avverse).

Entro tale ambito **Assolegno ha definito una proposta di standard dedicato alla fase di esecuzione dell'opera**, riportando varie strategie di protezione del cantiere in funzione della complessità dell'opera. Entro tale ambito è prevista la redazione di un **piano di controllo dell'umidità** a carico del Direttore Lavori.

6.3.1.1 Piano di controllo dell'umidità

Nella proposta di standard elaborata da Assolegno dedicata all'esecuzione delle opere in legno e similmente a quanto previsto in altri contesti Europei, si suggerisce alla direzione lavori la definizione di un **piano di controllo dell'umidità**. Tale piano di controllo deve contenere i metodi con cui viene **verificata l'umidità dei prodotti a base legno** all'interno delle diverse fasi realizzative dell'opera, le **periodicità** dei controlli e i **limiti di ammissibilità** entro i quali è possibile parlare di conformità della costruzione in relazione alla vita nominale prevista in sede di progetto.

In senso generale, all'interno del medesimo piano di controllo dovranno essere indicate anche:

- le relative misure di protezione dagli agenti atmosferici da apportare alla struttura nelle diverse fasi di edificazione. Di norma, questo può essere ottenuto attraverso l'apposizione di **teli impermeabili traspiranti** sui solai (Sd

$\leq 0,02$ m), coperture, tetti o **infissi temporanei** che di fatto impediscono l'ingresso di pioggia o precipitazioni in genere nelle fasi costruttive;

- le relative misure dedicate alla protezione del materiale legno nei confronti dell'umidità in condizione di esercizio dell'opera.

Un esempio di piano di controllo dell'umidità è contenuto all'interno della tabella seguente.

Generalità

- il piano di controllo dell'umidità deve prendere in considerazione le fasi di **produzione, lavorazione, trasporto e posa in opera** degli elementi a base legno;
 - il Direttore Lavori deve supervisionare l'attività del costruttore e carpentiere al fine di verificare che le prescrizioni del piano vengano effettivamente eseguite in corrispondenza dell'ingresso al cantiere, di stoccaggio e nelle fasi di realizzazione dell'opera.
-

Contenuti

Il seguente piano di controllo dell'umidità è **riferito a realizzazioni in situ**; per costruzioni oggetto di prefabbricazione possono essere previste opportune semplificazioni. Il piano di controllo dell'umidità deve quindi contenere:

- **informazioni di base** circa l'opera da realizzare (indirizzo del cantiere, il riferimento del costruttore, delle squadre di carpenteria, direttore lavori, progettista strutturale dell'opera);
 - **elenco dei materiali a base legno** ad uso strutturale impiegati nella realizzazione;
 - i **riferimenti di umidità** degli elementi a base legno e relative tolleranze previste nelle specifiche tecniche di riferimento all'interno **della produzione**;
 - i **riferimenti di umidità** degli elementi a base legno e relative tolleranze previste nelle fasi di **ingresso in cantiere, stoccaggio, realizzazione** dell'opera e a **conclusione** dei lavori (chiusura dei pacchetti);
 - possibili **fonti di umidità del cantiere** (ad es. neve, pioggia, umidità di risalita, umidità dei getti...); è consigliato dettagliare la stessa fonte di umidità in relazione al particolare costruttivo considerato;
 - il **livello di protezione** (LP di riferimento come da paragrafo seguente) scelto per la fase di realizzazione e una stima della durata della protezione stessa;
 - la **protezione** dei prodotti a base legno da seguire all'interno del cantiere:
-

-
1. Nella fase di **stoccaggio** (se prevista)
 2. Nella fase di **realizzazione** dell'opera (corrispondente al livello di protezione scelto)
 3. Nelle fasi entro le quali – per eventi accidentali – si necessita di processi di **asciugatura del materiale**
- definizione di **piani di emergenza** dovuti ad **infiltrazioni di acqua** una volta che la struttura è entrata in esercizio;
 - **periodicità^{a)}**, **punti di ispezione^{b)}**, registrazioni e persona responsabile degli stessi controlli.
-

a) La circolare esplicativa, al punto C11.7.10.2, definisce quanto segue in relazione ai controlli di umidità.



Citazione (Circolare Esplicativa – C11.7.10.2)

“In relazione ad elementi lineari o planari che devono essere incorporati in pacchetti costruttivi atti a definire la stratigrafia di strutture opache orizzontali, verticali e coperture assemblate in situ, non ventilate, il Direttore Lavori è opportuno che provveda ad assicurarsi che l'umidità degli elementi portanti al momento della chiusura della stratigrafia interessata sia inferiore o uguale al 18%. Tale controllo dovrà interessare almeno il 10% del materiale strutturale fornito ed essere uniformemente distribuito su tutta la fornitura messa in opera”.

- b) Quale indicazione di massima è consigliato definire come punti di controllo, almeno i seguenti:
- attacco a terra;
 - attacco balcone;
 - nodo serramento;
 - coperture piane.
-

Contenuto del piano di controllo dell'umidità (esempio sulla base della proposta normativa di Assolegno circa l'esecuzione delle strutture in legno)

6.3.2 UMIDITÀ DEI PRODOTTI A BASE DI LEGNO E REALIZZAZIONE

L'umidità dei prodotti a base legno più diffusi a livello commerciale (all'uscita dello stabilimento di produzione), può essere generalmente così schematizzata:

- **legno massiccio:** generalmente in cantiere con $U_{legno} \geq 20\%^2$;
- **legno lamellare incollato** (EN 14080) e **pannelli di compensato di tavole** (EAD 130005-00-0304; EN 16351) **incrociati a strati incollati:** generalmente in cantiere con $9\% \leq U_{legno} \leq 15\%$;
- **pannelli in legno compensato** e **LVL:** generalmente in cantiere con un $8\% \leq U_{legno} \leq 10\%$.

È altrettanto chiaro che durante le fasi di **trasporto**, **stoccaggio** in cantiere e **montaggio** generalmente si assiste ad un **aumento dell'umidità** dei prodotti a base legno (ad eccezione di prodotti in legno massiccio, qualora gli stessi vengano previsti in sede di progetto quali elementi "freschi", ossia con $U_{legno} > 20\%$).

6.3.3 LIVELLO DI PROTEZIONE DEL CANTIERE

Nel piano di controllo dell'umidità deve essere previsto il **livello di protezione** degli elementi a base legno. In considerazione della stazione di cantiere devono essere previste le **condizioni metereologiche normali ed eccezionali** che possono influenzare la scelta del livello di protezione. Deve essere inoltre considerata l'**umidità di cantiere** al fine di garantire la conformità dell'opera alle prestazioni previste in progetto.

I livelli di protezione (LP) possono essere così schematizzati:

- **LP0: nessuna protezione.** È consigliato solo in particolari condizioni climatiche in quanto si deve tenere in considerazione che l'umidità del materiale viene ad essere direttamente influenzata dalle condizioni di contorno;
- **LP1: protezione parziale con teli provvisori.** Può essere attuata **installando teli di cantiere** ad esempio in corrispondenza dei venti dominanti o in copertura al fine di garantire una protezione degli elementi posti in opera e per mantenere un'**umidità** degli stessi **inferiore al 18%**. Saltuariamente e per brevi periodi possono essere previste condizione di umidità dei materiali superiori al 18%.

² La EN 14081-1 disciplina che qualora non espressamente dichiarato all'interno del contratto e quindi all'interno della documentazione accompagnatoria, il materiale deve intendersi "fresco", ossia con $U_{legno} \geq 20\%$.



Figura 6.7 - Protezione parziale con teli provvisori sulla parete esposta a venti dominanti e pioggia di stravento

- **LP2: protezione totale con teli provvisori.** Allestimenti che consentono condizioni di lavoro per le squadre di carpenteria migliori di quanto previsto in LP1 e contestualmente **tassi di umidità inferiori al 18%** per **tutta la durata del processo di realizzazione** dell'opera.



Figura 6.8 - Protezione totale con teli provvisori

In via generale è possibile definire la seguente correlazione con la complessità ingegneristica dell'opera:

- **LP0 / LP1:** edifici a **destinazione agricola** con **presenza saltuaria di persone**; edifici monopiano o strutture semplici e di modesta entità (luce massima ammessa pari a **6 m** o in alternativa per un quantitativo massimo ammesso (lotto di fornitura) uguale a **15 m³**, così come meglio definito nell'Appendice B della UNI TR 11499;
- **LP1: coperture**, edifici a carattere residenziale o terziario a **destinazione privata o pubblica** con:
 - o luce o altezza **non superiore a 15 m**;

- o edifici con un **numero di piani** fuori terra massimo **pari a 4**;
- **LP2: coperture**, edifici a carattere residenziale o terziario a **destinazione privata o pubblica** con caratteristiche di luce e altezza superiori a quelle previste per LP1.

6.4 PROTEZIONE CONTRO IL FUOCO: PANORAMICA SULLA REGOLAMENTAZIONE DI CANTIERE

L'utilizzo di un **materiale combustibile**, quale il legno, per definire l'ossatura di un'opera di ingegneria, ha portato la definizione in vari paesi Europei (e non solo) alla redazione di regolamenti edilizi restrittivi soprattutto nel caso di edifici "alti" o comunque per opere in legno complesse.

Questo ha spinto l'industria a definire **nuovi modelli per la progettazione** di un'opera nei confronti della **sicurezza in caso di fuoco**. A tal proposito è sicuramente da evidenziare che tali ricerche hanno infatti contribuito a definire strategie di mitigazione del rischio (attraverso **sistemi di protezioni attivi e passivi**) e ad oggi si ravvede a livello internazionale una maggior fiducia nelle costruzioni in legno e anche regolamentazioni stringenti sono oggetto di revisioni (seppur parziali) in favore di tecniche costruttive che possono rispondere prevedibilmente nei confronti del fuoco. Al contempo è necessario approfondire i temi di ricerca e la comprensione delle strutture in legno nei confronti del fuoco. Le esperienze nazionali e internazionali, così come i modelli recentemente sviluppati sono per lo più limitati all'esposizione a **curve di incendio standardizzate**, che spesso sono sufficienti per verificare i requisiti di sicurezza antincendio per edifici fino a circa 8 piani.

Per edifici più alti rimane quindi indispensabile un approfondimento scientifico al fine di verificare il comportamento complessivo dell'opera soprattutto nei confronti di **curve di incendio naturali** che possono differire anche di molto rispetto a quanto osservato in prove di laboratorio (sia nei confronti della velocità di propagazione, virulenza dell'incendio stesso e opacità dei fumi sviluppati).

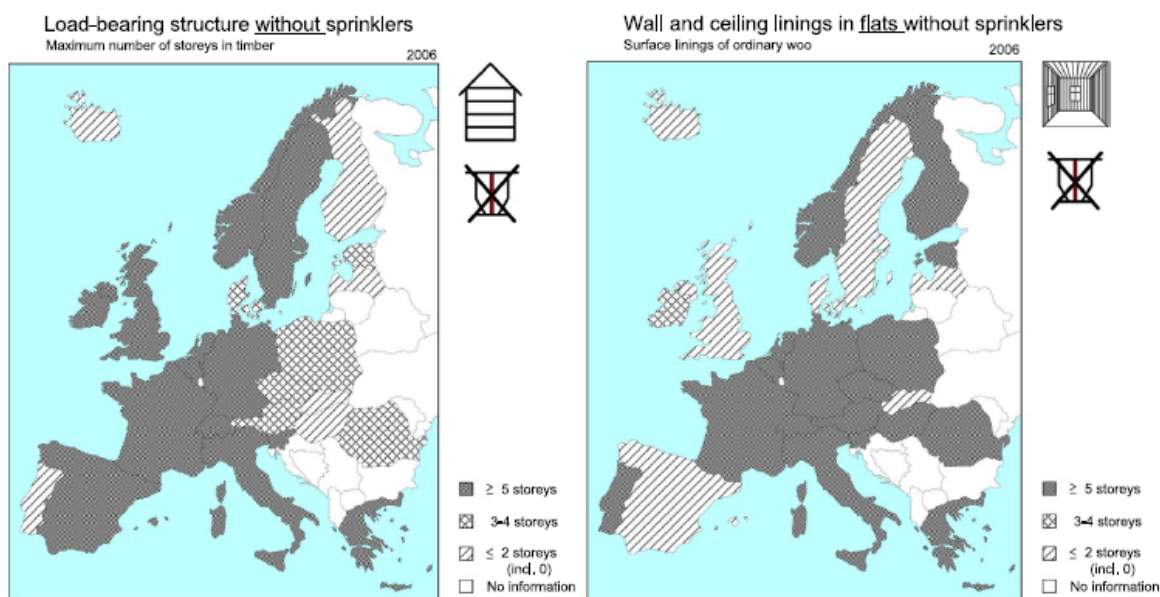


Figura 6.9 - Limitazioni legislative nell'uso di strutture portanti in legno (e legno a vista a destra) in accordo a regolamentazione nazionali. I colori scuri indicano che sono ammesse realizzazioni con un numero di piani ≥ 5

6.4.1 STUDI DI RIFERIMENTO

1) Una linea guida Europea

La prima linea guida europea sulla sicurezza antincendio in legno gli edifici (**Fire Safety in Timber Buildings – Technical Guideline for Europe, SP Report, 19, 2010**) è stata prodotta da una squadra internazionale che ha coinvolto i maggiori laboratori ed enti di ricerca presenti sul territorio comunitario. Tale documento fornisce il **background** e i **metodi di progettazione** per la realizzazione di edifici a struttura di legno con prestazioni di sicurezza nei confronti del fuoco simili ad edifici realizzati con materiali tradizionali. Oltre alla struttura e al relativo dimensionamento, tale linea guida Europea contiene specifici paragrafi dedicati ai **rivestimenti**, quali pavimentazioni e facciate, elementi di **barriera al fuoco**, **impiantistica attiva antincendio**.

2) Documenti e linee guida del Nord America

La Fire Protection Research Foundation (**"Fire Safety Challenges of Tall Wood Buildings, Fire Protection Research Foundation Quincy, MA, USA, 2013"**) ha pubblicato un'ampia rassegna della letteratura e **casi studio** di edifici in legno realizzati in vari paesi del mondo. Tale documento include anche un'analisi circa le raccomandazioni per ricerche e test del prossimo futuro, di seguito riassunte:

- **prove** di resistenza al fuoco su **soluzioni ibride**;
- **prove** di resistenza al fuoco su **telai in legno di grandi dimensioni**;

- implementare l'**analisi economica** per quantificare costruzione, funzionamento e costi di soluzioni abitative complesse realizzate con tecnologie costruttive in legno;
- definire un'ampia **campagna di comunicazione e educazione** per tecnici e committenti.

Inoltre una seconda fase della ricerca secondo la Fire Protection Research Foundation dovrebbe coinvolgere e approfondire le **caratteristiche dei pannelli CLT** nel determinare le performance di tali elementi nel ruolo di **compartmentazione**.

3) Linee guida Canadesi

FPIInnovations ha pubblicato una guida tecnica per la progettazione di **costruzioni alte in legno** (FPIInnovations, **Technical Guide for the Design and Construction of Tall Wood Buildings in Canada**, FPIInnovations, Vancouver, Canada, 2013). Il capitolo dedicato a definire i criteri di sicurezza in caso di incendio è fortemente correlato ai contenuti del National Building Code of Canada (NBCC), che mira a fornire un metodo di **progettazione alternativa** e che fornisca gli strumenti per arrivare a definire una soluzione prestazionale accettabile secondo il metodo prescrittivo presente all'interno del NBCC (appendice B).

4) NIST "White paper"

Il Paper (A.H. Buchanan, B. Östman, A. Frangi, Fire Resistance of Timber Structures, NIST White Paper, Washington DC, USA, 2014) definisce un **modello prestazionale** per la progettazione nei confronti della sicurezza in caso di incendio per **edifici aventi da 3 a 10 piani**, che allo stesso modo sono probabilmente i più diffusi e fattibili oggi da un punto di vista tecnico ingegneristico.

Lo stesso documento si concentra su edifici in "massicci", costruiti da **travi e pilastri in legno lamellare** e realizzati tramite l'impiego di **pannelli in legno di grandi dimensioni (CLT)**. Nel paper trova trattazione anche la diffusione del fuoco dall'esterno verso l'interno e pone in evidenza il ruolo dei rivestimenti di facciata come elementi di propagazione.

Secondo il White Paper deve essere fornita in sede progettuale un adeguato modello in cui si ha una **combinazione attiva e passiva delle strategie di compartmentazione** al fine di garantire la sicurezza dei soggetti che occupano la costruzione.

6.4.2 SICUREZZA AL FUOCO E COMPLESSITA' DELL'OPERA

L'altezza dell'edificio è fondamentale nel considerare le strategie di sicurezza in caso di incendio. Per **edifici bassi** la sicurezza della vita degli occupanti può essere raggiunta garantendo il **tempo necessario ad evacuare la struttura**. Infatti una volta che tutti gli occupanti sono in sicurezza, può essere accettabile il collasso dell'opera.

Un'evacuazione completa comunque non può essere sempre possibile, soprattutto qualora molti soggetti vadano ad occupare piani superiori a quello dove si è sviluppato l'incendio. Per gli edifici fino a circa **8 piani** c'è una possibilità di **lotta antincendio** e **salvataggio tramite scale** (l'altezza massima raggiungibile normalmente con scale a pioli), ma le condizioni entro cui l'attività dei vigili del fuoco possono agire si fanno sempre maggiori in funzione della maggiore altezza della costruzione.

Nei casi in cui si abbia quindi un **edificio alto** (ossia con un numero di piani superiore ad 8 ed indipendentemente dal materiale con cui viene realizzato) le strategie di sicurezza al fuoco, proprio alla luce dei tempi di fuga degli occupanti, devono essere diverse. Si parla in questo infatti di **incapsulamento**: ossia il **contenimento dell'incendio** entro un determinato **comparto** sino ad un suo **esaurimento** e la **successiva evacuazione** qualora questa si renda necessaria.

Complessità ingegneristica	Livello di performance	Possibile strategia per la progettazione
Edifici bassi	Fuga degli occupanti senza alcuna assistenza; nessuna protezione	Nessun incapsulamento
Edifici di media altezza	Fuga degli occupanti senza alcuna assistenza; definizione di alcune misure di protezione	Nessun incapsulamento
Edifici alti	Fuga degli occupanti con l'aiuto dei Vigili del Fuoco;	Limitate zone di incapsulamento
Edifici molto alti	Protezione degli occupanti sul posto;	Incapsulamento necessario

Figura 6.10 – sicurezza in caso di incendio e requisiti in relazione all'altezza dell'edificio



Quesiti – Situazioni transitorie ed eventi atmosferici in cantiere

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

1) Quali sono le precauzioni da applicare in caso di eventi atmosferici improvvisi?

2) Elenca e descrivi brevemente 2 possibili situazioni che possono comportare infiltrazioni d'acqua all'interno del fabbricato.

3) In cosa consiste il piano di controllo dell'umidità proposto da Assolegno? Indicarne i punti salienti.

4) Descrivere brevemente quanti e quali sono i livelli di protezione definiti nel piano di controllo dell'umidità.

Domande a risposta multipla

- 1) Deve essere sempre stabilizzato il lembo compresso delle membrature snelle:
- ☐ per evitare fenomeni di instabilità flessor-torsionale
 - ☐ per abbassare le tensioni all'interno degli elementi strutturali
- 2) Gli attacchi biologici da parte di funghi avvengono sicuramente se:
- ☐ elemento ligneo viene bagnato anche solo una volta
 - ☐ umidità del legno è maggiore del 20%
 - ☐ umidità del legno è minore del 20%
- 3) L'umidità del legno lamellare appena uscito dallo stabilimento è pari a:
- ☐ $U_{legno} \leq 10\%$
 - ☐ $U_{legno} \geq 20\%$
 - ☐ $9\% \leq U_{legno} \leq 15\%$

6.5 CANTIERE E FUOCO

La **fase cantieristica**, per le strutture in legno risulta essere anche quella maggiormente soggetta a **rischi di innesco**. Infatti durante il processo di realizzazione dell'edificio, gli elementi in legno possono essere direttamente esposti all'azione di fiamma, anche per lunghi periodi, in quanto **è assente una protezione incombustibile** (ad es. cartongesso) che può rallentare la propagazione dell'incendio medesimo.

Tale situazione di rischio non viene molte volte considerata all'interno degli elaborati progettuali; al contrario devono **essere individuate dal Direttore Lavori e attuate dal costruttore** una serie di **misure e prescrizioni** affinché venga reso minimo il rischio collegato al verificarsi di un incendio.

6.5.1 AZIONI PASSIVE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI INCENDIO

Al fine di **contenere lo sviluppo di un incendio** all'interno di un'opera in legno è opportuno:

- privilegiare sistemi di prefabbricazione che consentono l'**applicazione dei rivestimenti in stabilimento** in modo da portare pacchetti già provvisti di strati incombustibili in cantiere;
- prevedere l'installazione il prima possibile (anche in considerazione del cronoprogramma dei lavori) di **porte e finestre** al fine di creare **compartimentazioni** (seppur parziali) all'interno del cantiere;

- è necessario individuare da parte della Direzione Lavori delle **distanze minime** da tenere tra struttura lignea posta in opera e **possibili sorgenti di innesco**, cercando di diminuire il carico di incendio in prossimità dell'opera stessa. Deve essere quindi scelta e delimitata l'area di stoccaggio del materiale a terra. Per quanto possibile posizionare l'**area di stoccaggio** del materiale ad almeno **2 m** dall'area di edificazione dell'opera;
- per quanto possibile è necessario prevedere distanze di **almeno 2 m** tra **materiale combustibile a terra e lavorazioni a fiamma libera**;
- lavorazioni con **strumenti che generano scintille**, quali ad es. smerigliatrice angolare, devono essere eseguite in una **zona delimitata** dalla Direzione Lavori sufficientemente lontana da materiali infiammabili, eventualmente compartimentata da teli ignifughi;
- a termine dei lavori che prevedono l'**utilizzo di fiamma** (ad es. posa e sigillatura di guaine bituminose) si deve procedere ad un **controllo delle superfici delle strutture in legno** entro i 2 m attigui alla lavorazione eseguita. Particolare attenzione deve essere posta dai carpentieri a quelle situazioni che possono sviluppare una combustione senza fiamma. Nel caso di minimo dubbio provvedere a contattare la Direzione Lavori, pianificando ulteriori azioni di mitigazione del rischio. Il proseguo dei lavori potrà avvenire solo a seguito di una valutazione della Direzione Lavori di un rischio di incendio trascurabile;
- nelle **zone di unione** che utilizzano elementi metallici di collegamento, la D.L. deve controllare la **corretta posa** in opera di eventuali **protezioni** previste in sede progettuale, quali tappi, placcaggi o listelli a protezione delle piastre;
- devono essere controllate attentamente le **nastrature di tenuta all'aria** in quanto una sigillatura eseguita non correttamente, può portare ad alimentare attivamente lo sviluppo dell'incendio all'interno dell'opera;
- deve essere controllata la posa dell'**isolante all'interno degli elementi a telaio** in quanto gli stessi possono (qualora vengano usati elementi a base di materiali incombustibili) contribuire ad **isolare i montanti e correnti dal fuoco**, rallentando lo sviluppo dell'incendio stesso. Si consiglia quindi di:
 - prevedere il taglio dei pannelli isolanti 5-10 mm più grandi della cavità entro la quale devono essere posti;
 - fissare il materiale isolante (ad es. con graffe) ai montanti;
- deve essere rispettato il **divieto di fumare** all'interno del cantiere.

6.5.2 AZIONI ATTIVE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO

La direzione lavori dovrebbe prevedere un piano per la distribuzione all'interno del cantiere dei **dispositivi antincendio**.

In particolare gli **estintori** devono essere posizionati:

- **entro i 5 m da eventuali postazioni dedicate alle lavorazioni “a caldo”;**
- **ad una distanza massima di 12 m da qualsiasi punto del cantiere.**

6.5.2.1 Realizzazione dei cavedi e passaggi impiantistici

Il rischio di propagazione dell'incendio mediante **trasmissione di fiamma nei cavedi** può essere considerato una delle maggiori cause nel controllo della compartimentazione dei locali.

Devono essere quindi controllate e successivamente documentate dalla Direzione Lavori la **tipologia delle barriere al fuoco poste all'interno dei medesimi cavedi** e passaggi impiantistici, nonché deve essere appurata la corretta installazione delle stesse.



Figura 6.11 – Cavedio correttamente concepito per la sicurezza in caso di incendio (materiale incombustibile a protezione del passaggio impiantistico)

Nel caso si utilizzino materiali fibrosi incombustibili (quale ad es. lana di roccia o lana di vetro), la direzione lavori deve verificare che lo stesso materiale sia opportunamente sagomato dai carpentieri e il perimetro dello stesso aderisca alla forma del cavedio oggetto di attenzione.



Figura 6.12 – Immagine termografica – sviluppo e propagazione dell’incendio attraverso i cavedi tra moduli prefabbricati



Quesiti – Cantiere e fuoco

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

1) Come avviene la protezione all’incendio in edifici bassi, di media altezza e alti?

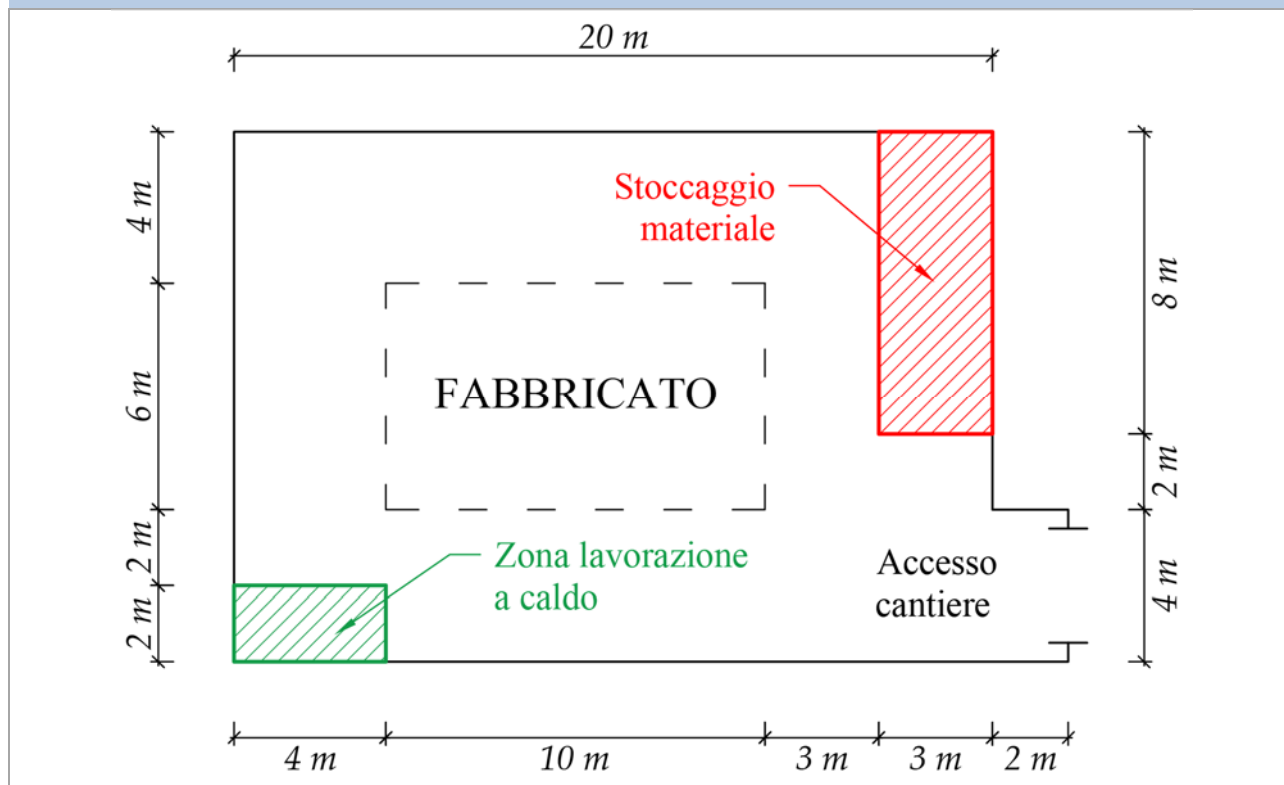
2) Qual è l’elemento funzionale che provoca il maggior rischio di propagazione di incendio? Come è possibile operare?

Domande a risposta multipla

- 1) Progettazione antincendio è maggiormente trattata tramite: ☐ prove di laboratorio in scala reale ☐ curve di incendio standardizzate
- 2) Per contenere lo sviluppo di un incendio in cantiere è preferibile l'applicazione dei rivestimenti: ☐ in situ ☐ in stabilimento
- 3) La distanza fra l'area di stoccaggio del materiale e l'area edificata deve essere almeno pari a: ☐ 1m ☐ 2m ☐ 3m
- 4) La distanza fra lavorazioni con macchine smerigliatrici e materiali combustibili deve essere almeno pari a: ☐ 1m ☐ 2m ☐ 3m

**Disegno - Cantiere e fuoco**

È rappresentata in figura una pianta semplificata di un cantiere. Tenendo conto delle distanze minime per attuare la protezione attiva antincendio, si rappresentino i punti in cui deve essere presente un estintore.



6.6 LAVORAZIONI IN CANTIERE E PERDITA DELLA CONFORMITÀ DEI PRODOTTI

Sembra opportuno che riportare un accenno al **paragrafo 11.7.10.2 “Controlli di Accettazione in Cantiere”**. A tal proposito le **NTC 2018** individuano i casi entro cui è necessario approfondire le caratteristiche dichiarate dalla documentazione accompagnatoria attraverso prove di carattere distruttivo e non distruttivo. In particolare, il testo riporta la seguente dicitura.



Citazione (Circolare Esplicativa - C11.7.10.2)

“Nei casi in cui non siano soddisfatti i controlli di accettazione, oppure sorgano dubbi sulla qualità e rispondenza dei materiali o dei prodotti a quanto dichiarato, oppure qualora si tratti di elementi lavorati in situ, oppure non si abbiano a disposizione le prove condotte in stabilimento relative al singolo lotto di produzione, si deve procedere ad una valutazione delle caratteristiche prestazionali degli elementi attraverso una serie di prove distruttive e non distruttive (...)”

Quindi alla luce di quanto indicato all'interno del testo le **prove “complementari”** all'accettazione del materiale in cantiere, sono da verificarsi **solo in particolari casi**, ossia schematizzando:

- nel caso di **dubbi circa la veridicità della documentazione accompagnatoria**;
- qualora il materiale venga **lavorato in cantiere**. Per quanto riguarda questo aspetto si rimanda a quanto in essere all'interno dell'**Appendice E (“Lavorazioni in cantiere”)** della **UNI TR 11499**.

Tale Appendice infatti, prescindendo dalle lavorazioni incluse all'interno del progetto, individua due casistiche (la prima per il legno massiccio e una seconda dedicata agli elementi giuntati) che possono portare alla perdita della conformità dei prodotti forniti.

Di seguito si riporta, per completezza, quanto indicato dallo stesso rapporto tecnico sopra richiamato.

- **Caso A) Legno massiccio:** La **classificazione** (eseguita in stabilimento) risulta **cambiata**³ qualora:
 - o la riduzione delle dimensioni della sezione dovuta alla lavorazione sia maggiore di 5 mm, per dimensioni minori o uguali a 100 mm.

³ La UNI TR 11499/2013 riprende quanto indicato all'interno della Norma Armonizzata UNI EN 14081-1 al par. 5.1 “Classificazione – generalità”

- o la riduzione delle dimensioni della sezione dovuta alla lavorazione sia maggiore di 10 mm, per dimensioni maggiori a 100 mm

Lavorazioni di questo tipo comportano sempre una **perdita di conformità dell'elemento**; è inoltre da precisare, sia per il massiccio ma anche per elementi in legno lamellare o Xlam, che sezionature dell'elemento in senso trasversale sono sempre consentite.

- **Caso B)** Legno lamellare e altri assortimenti giuntati:
 - o **sezionature longitudinali** (parallele alla fibratura) lungo la base o l'altezza della sezione portano ad una **perdita della conformità dell'elemento**.

Inoltre e in senso generale, la UNI TR 11499/2013 circa la richiesta di eseguire prove complementari atte a comprovare la veridicità della documentazione accompagnatoria precisa che deve essere cura della **Direzione Lavori predisporre una relazione** in cui si evinca almeno:

- la **descrizione dei metodi di indagine** con cui si è proceduto a riscontrare la mancata conformità degli elementi;
- il **tipo di difetto** causa della mancata conformità;
- i **riferimenti normativi**.

6.7 TOLLERANZE DEI PRODOTTI A BASE LEGNO

Per completezza e praticità si riportano le **tolleranze dimensionali** dei principali prodotti a base di legno (che naturalmente differiscono dalle tolleranze riportate nel par. 0 del presente capitolo) rispetto alla sezione nominale.

Per il **legno massiccio**, la norma di riferimento è la **UNI EN 336: 2013 ("Legno strutturale - Dimensioni, scostamenti ammissibili")**. In merito all'argomento si riportano le tolleranze dimensionali (vedi successive Classi di tolleranza 1 e 2), relative alle sezioni indicate nel progetto, che lo stesso produttore è tenuto ad indicare nel contratto e a rispettare nella fornitura.

- **Classe di tolleranza 1**

Per spessori e larghezze ≤ 100 mm	(-1; +3) mm
Per spessori e larghezze > 100 mm e ≤ 300 mm	(-2; +4) mm
Per spessori e larghezze > 300 mm	(-3; +5) mm

Tabella 6.1 – Legno massiccio, tolleranze in sezione - Classe di tolleranza 1 – EN 336.

- **Classe di tolleranza 2**

Per spessori e larghezze ≤ 100 mm	(-1; +1) mm
Per spessori e larghezze > 100 mm e ≤ 300 mm	(-1,5; +1,5) mm
Per spessori e larghezze > 300 mm	(-2,0; +2,0) mm

Tabella 6.2 - Legno massiccio, tolleranze in sezione – Classe di tolleranza 2 – EN 336.

Per quanto riguarda le **tolleranze nel senso della lunghezza**, la **UNI EN 336** si limita a specificare che **non sono ammessi scostamenti in negativo** rispetto a quanto definito in sede di progetto.

Inoltre la norma indica che, in assenza di ulteriori sperimentazioni, debbano applicarsi le seguenti correzioni alle tolleranze dimensionali in funzione dell'umidità iniziale del materiale fornito.

- **Per le Conifere e Pioppo:**

Si assume che lo **spessore** e la **larghezza** di un elemento ligneo **umentino dello 0.25% per ogni variazione dell'1% di umidità maggiore del 20%** fino ad arrivare al 30% e diminuiscano dello 0.25% per ogni variazione dell'1% di umidità minore del 20% ($k=0,0025$).

- **Per le Latifoglie:**

Si assume che lo **spessore** e la **larghezza** di un elemento ligneo **umentino dello 0.35% per ogni variazione dell'1% di umidità maggiore del 20%** fino ad arrivare al 30% e diminuiscano dello 0.35% per ogni variazione dell'1% di umidità minore del 20% ($k=0,0035$).

Detta l_x la generica **dimensione della sezione trasversale** misurata alla **umidità del legno** dello $x\%$, la misura corretta l_{20} all'umidità del 20% sulla quale condurre il controllo dimensionale è:

se $x\%$ è maggiore del 30%: $l_{20} = \frac{l_x}{1-k \cdot (30-20)}$

se $x\%$ è minore del 30%: $l_{20} = \frac{l_x}{1-k \cdot (x-20)}$

Per quanto invece riguarda il **legno lamellare** la norma fa riferimento a quanto specificato all'interno della **UNI EN 14080:2013**, che riporta le **seguenti tolleranze**:

- **larghezza della sezione trasversale: (+2; -2) mm** per tutte le larghezze;
- **altezza della sezione trasversale:**

Per $h \leq 400$ mm (+4; -2) mm

Per $h > 400$ mm (+1; -0,5) %

- **lunghezza di un elemento rettilineo:**

Per $l \leq 2,0$ m (+2; -2) mm

Per $2 < l < 20$ m (+0,1; -0,1) %

Per $l \geq 20$ m (+20; -20) mm

Gli **angoli della sezione trasversale** non dovrebbero differire da un **angolo retto** per una misura maggiore di **1:50**.

L'**umidità di riferimento** è del **12%**; qualora l'umidità dell'elemento in legno lamellare differisca da tale valore, la dimensione effettiva deve essere calcolata come segue:

$$l_{corr} = l_a [1 + k(\omega_{ref} - \omega_a)]$$

dove:

- l_{corr} è la dimensione corretta in mm;
- l_a è la dimensione effettiva in mm;
- ω_a è l'umidità effettiva in percentuale;
- ω_{ref} è l'umidità di riferimento in percentuale;
- k è il coefficiente di ritiro.

Il **coefficiente di ritiro** k è dato come segue:

Direzione	k
Perpendicolare alla fibratura	0.0025
Parallelo alla fibratura	0.0001

Nota: i valori sono validi per legno di conifera e di pioppo e per umidità comprese tra il 6% ed il 25%. Il coefficiente di ritiro perpendicolare alla fibratura è la media dei ritiri tangenziali e radiali.

Tabella 6.3 - coefficiente di ritiro k per legno lamellare.

Infine, in merito agli elementi innovativi e alle relative tolleranze, la UNI TR 11499 rimanda alle rispettive Valutazioni Tecniche Europee (ETA).



Calcolo – Tolleranze dei prodotti a base legno

Facendo riferimento alla formula per ricavare l_{corr} , si calcoli la variazione dimensionale longitudinale e trasversale di un elemento strutturale in legno lamellare avente le seguenti caratteristiche:

- umidità = 23%
- luce = 20 m

6.8 TOLLERANZE DI MONTAGGIO DI ELEMENTI IN LEGNO

Attualmente a livello nazionale e comunitario **non è presente una specifica tecnica dedicata a definire le tolleranze di montaggio per le strutture in legno**. Quelle che seguono sono riprese da testi e pubblicazioni di riferimento e possono essere considerate quali elementi al fine di definire una “**best practice**” entro il settore delle costruzioni in legno.

Il direttore lavori, costruttore e carpentiere, ciascuno secondo i rispettivi profili di responsabilità, rimangono responsabili circa la corretta applicazione delle tolleranze indicate di seguito.

I **valori e i rispettivi scostamenti** si applicano in considerazione delle dimensioni indicate nel progetto (**valori nominali**). Nel caso dei processi di assemblaggio delle strutture in cantiere (ad es. più elementi prefabbricati sovrapposti) non è consentito procedere a sommare gli scostamenti previsti nella Tabella 6.4.

Dimensioni e posizione degli elementi

Classi di toll. e scostamenti ammissibili

	Classe di tolleranza 3	Classe di tolleranza 2	Classe di tolleranza 1
Elementi a parete¹			
Posizione ancoraggio della parete sul cordolo di base	± 3 mm	± 5 mm	± 10 mm
Interasse chiodatura tra pareti ⁵⁾	± 3 mm	± 5 mm	
Larghezza intaglio per piastra interna	+ 3 mm	+ 5 mm	
Posizione intaglio per piastra interna	± 3 mm	± 5 mm	
Distanza tra due pannelli parete consecutivi	± 3 mm	± 5 mm	
Planarità delle pareti a telaio in legno GLT ³	L/500		
Planarità delle pareti a telaio in legno massiccio o altri elementi affini (ad es KVH, GST) o CLT	L/300		
Deviazione dalla perpendicolare:	± 1,5 ‰	± 2 ‰	
Elementi a solaio¹			
Interasse delle connessioni ⁵⁾	± 3 mm	± 5 mm	± 10 mm
Apertura vani scale	± 10 mm		
Posizione dei vani scale	± 10 mm		
Planarità dei solai	+ 2,0 ‰		
Elementi a tetto¹			
Interasse delle connessioni ⁵⁾	± 3 mm	± 5 mm	± 10 mm
Planarità dei solai ³	+ 2,0 ‰		
Elementi lineari²			
Posizione in pianta	± 3 mm	± 5 mm	± 10 mm
Interasse tra elementi lineari	± 3 mm	± 5 mm	± 10 mm
Linearità ³	+ 2,0 ‰		
Deviazione dalla perpendicolare:	+1,5 ‰	+ 2 ‰	

Note:

- 1) Per elementi di parete, solaio e tetti si intendono elementi planari prefabbricati (o meno) in stabilimento con struttura portante in CLT, telaio, blockhouse o pannelli chiodati;
- 2) Per elementi lineari si intendono travi e pilastri in legno lamellare, Ivl o realizzati tramite l'impiego di altro materiale.
- 3) Riferita ad una lunghezza (L) di 2 m; tolleranze da tenere in considerazione per tutte le membrature per le quali sia significativo il problema della instabilità.
- 4) L'applicazione della presente tolleranza non deve diminuire il numero complessivo dei mezzi di unione sull'allineamento

Tabella 6.4 - Tolleranze di montaggio – Elementi in legno

6.9 TOLLERANZE PER LE CONNESSIONI

Nel prospetto seguente si riportano specifiche **tolleranze dedicate alle connessioni**. Tolleranze più lasche di quanto indicato nella Tabella 6.5 dovranno essere giustificate e approvate dal progettista.

Tipo di connessione	Prescrizioni da adottare ⁽¹⁾
Chiodatura	- Devono essere infissi ortogonalmente rispetto alla fibratura e fino a una profondità tale che le superfici delle teste risultino a filo della superficie del legno. - Il diametro delle preforature non deve essere maggiore di $0,8d^{(2)}$
Bulloni	- i fori nel legno devono avere un diametro che non sia più grande di 1 mm rispetto a $d^{(2)}$ - i fori per i bulloni devono avere un diametro che non sia più grande di $\max [2 \text{ mm}; 0,1 d^{(2)}]$; - Al di sotto della testa del bullone e del dado devono essere utilizzate rondelle aventi lunghezza del lato o diametro pari ad almeno $3d^{(2)}$ e spessore pari ad almeno $0,3d^{(2)}$ e che le rondelle appoggino per intero sul legno. - bulloni e tirafondi devono essere serrati in modo tale che gli elementi siano accostati. ⁽³⁾
Spinotti	il foro deve avere un diametro che non sia più grande di $+0,1 \text{ mm}$ rispetto a $d^{(4)}$
Viteria (preforature)	- Per legno di conifera, con diametro del gambo liscio $d \leq 6 \text{ mm}$ non è richiesta preforatura - Per legno di latifoglie e per viti infisse su legno di conifera aventi un diametro $d > 6 \text{ mm}$ è richiesta una preforatura ⁽⁵⁾
Interassi e distanze dai bordi ⁽⁶⁾	Può essere prevista una tolleranza sulle distanze indicate in sede di progetto al massimo pari al $5\%^{(6)}$

Note:

- 1) In accordo a quanto previsto dal par. 10.4 del UNI EN 1995-1-1 e qualora non diversamente specificato in sede di progetto;
 - 2) “d” è il diametro nominale del chiodo, bullone, spinotti;
 - 3) Qualora il legno raggiunga l'umidità di equilibrio in fase di costruzione, si deve procedere ad un ulteriore controllo del serraggio al fine di assicurare il mantenimento della capacità portante e della rigidità della struttura;
 - 4) Per le unioni con spinotti si raccomanda un diametro dello spinotto non minore di 6 mm;
 - 5) In relazione alla preforatura è necessario rispettare le seguenti prescrizioni:
 - Il foro-guida per il gambo abbia diametro uguale a quello del gambo stesso e profondità uguale alla lunghezza del gambo;
 - il foro-guida per la porzione filettata abbia un diametro pari approssimativamente al 70% del diametro del gambo.
 - Nel caso di viti autoperforanti, il diametro del foro guida non deve essere più grande del diametro del nucleo della filettatura.
 - 6) Le prescrizioni indicate sono complementari a quanto indicato all'interno del par. 8.3.1.2. della UNI EN 1995-1-1. Inoltre, nel caso di tolleranze dal bordo, queste devono essere sempre intese come rivolte verso il lato interno dell'elemento; non sono ammesse tolleranze rivolte verso il bordo dell'elemento medesimo.
-

Tabella 6.5 - Tolleranze di montaggio – Elementi di carpenteria

7

**Nodi costruttivi:
concezione e
realizzazioni**

7.1 PREMESSA

All'interno del presente capitolo e in riferimento a ricerche di carattere internazionale, si riportano casistiche esemplificative dedicate ad una corretta concezione dei seguenti nodi e particolari costruttivi:

- **attacco a terra;**
- **nodo serramento;**
- **attacco del balcone.**

Tali aspetti e la conoscenza dei principi per una corretta **concezione dei nodi costruttivi** devono essere bagaglio culturale, oltreché del progettista, anche del carpentiere specializzato come da UNI 11742.

7.2 ATTACCO A TERRA

Entro tale paragrafo si farà riferimento in particolar modo ai dettami indicati all'interno della DIN alla **DIN 688000-2** *“Protezione del legno – Parte 2: Misure costruttive per la prevenzione dei danni agli edifici”* e la serie **ÖNORM B 3802** dedicata alle misure protettive per gli elementi in legno utilizzati all'interno di edifici.

L'attacco a terra rappresenta un **particolare critico** soprattutto nei confronti di **rischi connessi all'umidità di risalita**. Per tale motivo è necessario prendere tutti gli accorgimenti necessari al fine di garantire una corretta concezione del nodo: in primis è consigliato (secondo le norme DIN sopra menzionate) uno **cordolo a base cementizia alto almeno 30 cm**. Elementi in larice o comunque di specie considerate secondo la UNI EN 350 più durabili rispetto all'Abete (normalmente specie utilizzata come ossatura portante dell'opera) non sempre forniscono l'adeguata efficienza strutturale e tecnologica e – specialmente su strutture ingegneristicamente complesse (sopra i 3 piani fuoriterra) sono da sconsigliare. Entro tale ambito sono da preferire cordoli realizzati in calcestruzzo.

L'altezza suggerita può essere comunque ridotta, ma necessita di particolari attenzione in riferimento principalmente a nozioni di tecnologia del legno. Uno di questi provvedimenti, può essere costituito dalla realizzazione di **particolari drenaggi** come altresì eventuali **impermeabilizzazioni**, nonché lavori di dettaglio atti a creare **pendenze** che possano assicurare l'**allontanamento delle acque meteoriche** (e non solo); in ogni caso si consiglia di rispettare, la distanza minima di **10 cm tra la soglia**

di calpestio e il terreno e di 5 cm tra la soglia di calpestio e relativo strato drenante (superficie di scolo).

È altrettanto palese che – tranne casi di carattere eccezionale – la **superficie di appoggio** per la realizzazione delle strutture in elevazione in legno non può essere **mai al di sotto del piano di campagna**.

In riferimento alle misure progettuali al fine di garantire una corretta concezione dell'opera, il primo strumento per garantire una razionale manutenzione del fabbricato è la “protezione” attraverso **adeguate sporgenze del tetto o pensiline/aggetti** in genere. Qualora non sia possibile prevedere le adeguate sporgenze ed elementi a protezione della facciata della struttura è sempre buona regola prevedere **grigliati con larghezza ≥ 12 cm**.

È consigliato che **negli esecutivi di riferimento** siano presenti le **altezze** per i relativi **risvolti delle membrane in facciata** e che si lasci in ogni caso al materiale “legno” la **possibilità di cedere umidità** con l'ambiente circostante in modo da evitare qualsiasi possibilità di “trappole di umidità”. Allo stesso modo è altrettanto importante che vi siano date le opportune **pendenze al terreno** nell'interno dell'abitato per facilitare il deflusso delle acque meteoriche.



Figura 7.1 – Posa del grigliato in corrispondenza dell'attacco a terra

Dato che la realizzazione della cordolatura di posa delle pareti dell'edificio rappresenta una tematica decisamente importante si deve fare attenzione prima di tutto in sede di progettazione e ottimizzazione delle operazioni di taglio degli elementi oggetto di prefabbricazione. È importante inoltre che vi sia un lavoro sinergico con l'azienda che realizza il piano di fondazione e la ditta esecutrice delle opere in elevazione incaricata dal committente. Entro tale frangente è altrettanto

importante che la Direzione Lavori garantisca una presenza costante in cantiere perché vengano prese tutti gli accorgimenti identificati all'interno del progetto.

Infatti lo stesso **cordolo** deve soddisfare per la durata di vita presunta della costruzione, la **funzione di protezione della struttura lignea in elevazione**: non è corretto demandare alla sola guaina la funzione di protezione e di prevenzione verso i possibili attacchi biotici da parte di funghi, ma deve essere garantita una **ridondanza di protezioni** entro tale nodo costruttivo affinché si abbia una manutenzione del fabbricato compatibile con l'utilizzo previsto dell'edificio. Non rispettare tale condizione comporta nel **breve medio periodo problemi di durabilità** dell'edificio e conseguenti **costi di ripristino** da parte del committente.

7.2.1 ESECUZIONE DELL'ATTACCO A TERRA

All'interno del presente paragrafo si prendono in considerazione le misure di mitigazione del rischio contro:

- **l'umidità di risalita dal terreno;**
- **protezione contro le acque meteoriche e di rimbalzo.**

Secondo la norma ÖNORM B 2320 le **impermeabilizzazioni o barriere contro l'umidità di risalita** dalla struttura sottostante (platea di fondazione) devono essere realizzate con **materiali idonei** come ad es. **membrane bituminose** e simili; la sola applicazione a mano del materiale impermeabilizzante nella zona dello zoccolo esterno non è da ritenersi sufficiente e si consiglia di **estendere l'impermeabilizzazione a tutta la platea di fondazione**.

Nel caso di strutture prefabbricate si consiglia l'utilizzo di un **nastro adesivo esterno** (prima della posa della zoccolatura del cappotto) proprio al fine di rendere minimo il rischio di eventuali **infiltrazioni provenienti da pioggia da rimbalzo** (si veda Figura 7.2).



Figura 7.2 – Sigillatura del giunto parete esterna / cordolo di attacco a terra tramite nastratura (prima del montaggio della coibentazione dello zoccolo quale elemento ad innesto)

Nel caso in cui si provveda ad una esecuzione in loco o ad una prefabbricazione parziale, dal solo **lato della costruzione rivolto verso l'interno** si deve provvedere a tendere opportuna **guina impermeabilizzante** (a tal proposito si veda a titolo di esempio la Figura 7.3).



Figura 7.3 – Sigillatura del giunto parete esterna / cordolo di attacco a terra tramite guina liquida. Si veda nel presente caso la disposizione degli hold-down (posizione corretta in quanto soggetti a "lavorare a trazione" e non a compressione)

Il **cordolo**, realizzato in c.a., può in alternativa alla Figura 7.5 avere una **larghezza utile** sufficiente per consentire la corretta **disposizione dell'armatura** e garantirne la tenuta dopo il getto. Ultimamente il mercato ha proposto delle nuove soluzioni per questo nodo facendo uso di **manufatti metallici**, in alluminio e acciaio, che hanno lo

scopo di alzare la quota di posa della parete e permettere un minimo di aerazione alla base della parete stessa.



Definizione

Risalità di umidità per capillarità = fenomeno per cui l'acqua presente nel terreno tende a risalire contro gravità all'interno della platea sfruttando la porosità del calcestruzzo per effetto capillare.

In questo caso il **cemento armato** funziona da pompa osmotica prelevando l'**acqua dal terreno** e portandola **verso l'alto**. Se appoggiassimo direttamente la parete sul cemento, a lungo andare l'**umidità** presente nel cemento **migrerebbe alla base della parete in legno** che inizierebbe a presentare **fenomeni di marcescenza**. La soluzione migliore è interporre una **barriera alla risalita di umidità** tra fondazione e legno attraverso la posa di una **guaina bituminosa tra cemento e legno**. Vanno tuttavia evitate le guaine a cuffia incollate al legno che non permettono al legno di traspirare correttamente, come pure le guaine adesive di collegamento tra legno e cemento.



Figura 7.4 – Attacco a terra non corretto; la parete in CLT è stata posata direttamente sulla platea senza una guaina di separazione.



Figura 7.5 – Attacco a terra eseguito correttamente, la guaina bituminosa protegge il CLT dalla risalita dell'umidità per capillarità.

Il **vapore dell'aria interna** che **traspira verso l'esterno**, lo fa anche nel nodo dell'**attacco a terra**, e dal momento che molto spesso si tratta del **punto più freddo** della casa, spesso si forma **condensa**. L'unico modo è isolare correttamente il nodo ed eseguire un'**analisi termica** agli elementi finiti per verificarne la correttezza; è quindi fondamentale **eliminare il ponte termico tra legno e cemento**.

7.2.2 CONSIDERAZIONI PER LA MANUTENZIONE DELLA PARTE BASALE DELL'EDIFICIO

Di seguito si riportano ulteriori considerazioni in relazione all'attacco a terra, cercando contestualmente di fornire al lettore una panoramica delle soluzioni presenti sul mercato e allo stesso modo di renderlo consapevole circa gli **aspetti di manutenzione** del fabbricato (a tal proposito si rimanda al rispettivo allegato dedicato agli aspetti di uso e manutenzione del fabbricato).

Innanzitutto si considera il **terreno nell'intorno dell'edificio**: è necessario assicurare che vi siano date le corrette pendenze al fine di consentire l'**allontanamento delle acque meteoriche**: si consiglia una **pendenza minima del 2%**.

Eventualmente la realizzazione di una **zoccolatura arretrata** può favorire una **protezione dalla pioggia di rimbalzo** e dagli agenti meteorici, quali ad esempio pioggia di stravento.



Figura 7.6 – Zoccolatura ben arretrata; si noti lo strato di ghiaia intorno all'edificio per assicurare una ridondanza delle misure di protezione alla struttura che assicura un drenaggio delle acque meteoriche.

Anche nel caso di **facciate ventilate in legno** è necessario prendere gli adeguati accorgimenti costruttivi al fine di definire una corretta manutenzione dell'edificio. In questo caso – nel caso si utilizzi **elementi di rivestimento in legno** – è consigliabile una **disposizione degli stessi in senso orizzontale** in modo da permettere l'eventuale sostituzione con maggior facilità. Inoltre è necessario predisporre gli adeguati elementi a protezione della struttura in modo da preservarne aspetto (per quanto possibile) e funzionalità del rivestimento stesso.



Figura 7.7 – Esecuzione di una facciata in legno con listelli (rivestimento) disposti in senso verticale con protezione contro la pioggia di rimbalzo adeguata (≥ 30 cm altezza dello zoccolo esterno e letto di ghiaia per consentire il drenaggio della stessa).

Infine in relazione agli aspetti di manutenzione è necessario che tale porzione dell'edificio sia soggetta a **pulizia, cura e manutenzione programmata** da parte del utente o del addetto alla manutenzione. Ad intervalli regolari devono essere fatti come minimo dei controlli a vista. Nel caso di anomalie deve essere contattata una ditta specializzata.

Si fa notare in maniera decisa che tutti i **sistemi di drenaggio** come p.e. i tubi di drenaggio, i letti di ghiaia, i sistemi di filtraggio, le canalette di scolo, i grigliati, ecc. devono essere **controllati regolarmente** ed in caso devono essere **puliti** o fatti i lavori di manutenzione o deve essere incaricata una ditta specializzata. Questi lavori comprendono anche la **rimozione della neve e del fogliame** eventualmente accumulato.

Omettere o trascurare i lavori di pulizia e di manutenzione comporta alla **perdita del funzionamento dei sistemi di drenaggio** e di conseguenza porta a danni alla struttura dell'edificio. Inoltre si consiglia di sottoporre a **controlli visivi** regolari tutte le **sigillature dei giunti**, le **membrane impermeabilizzanti** a vista, la facciata stessa e i raccordi delle finestre, porte e altre aperture nella facciata – in breve l'involucro della casa – e verificare che non ci siano parti particolarmente sporche, crepe, macchie umide o altri danni. Gli intervalli di manutenzione dipendono da diversi fattori, come p.e. il tipo di edificio, la posizione geografica, il dintorno, le condizioni meteoriche, eventi eccezionali, il comportamento dell'utente ecc.

Per la pulizia e la manutenzione viene indicato un **intervallo minimo pari a 2 volte per anno** o dopo eventi eccezionali come forti temporali, burrasche, cadute di neve, ecc.



Figura 7.8 – Canaletta di scolo riempita con fogliame e sporcizia. Questa deve essere pulita e sottoposta a lavori di manutenzione regolarmente per garantire un funzionamento continuo

A tal proposito il committente deve essere opportunamente informato dal costruttore attraverso una **manuale di uso e manutenzione** (riportato nel seguito del presente volume) al fine di conoscere **periodicità e azioni da svolgere nel corso della vita nominale dell'opera**.



Quesiti – Attacco a terra

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

1) Come è possibile evitare infiltrazioni di pioggia da rimbalzo?

2) Descrivi brevemente come avviene la risalita di umidità per capillarità nell'attacco cordolo-sovrastuttura ed elenca i problemi ad esso legati.

3) Quali sono le misure di impermeabilizzazione corrette per proteggere dalle acque il nodo alla base? Come si pratica l'allontanamento delle acque meteoriche?

4) Descrivere brevemente le procedure di manutenzione ai sistemi di drenaggio. Con quale frequenza si devono eseguire? In quale documentazione tecnica è possibile trovarne indicazione?

Domande a risposta multipla

- 1) L'altezza consigliata per il cordolo di calcestruzzo alla base è di: ☐ 10 cm
☐ 30 cm
☐ 50 cm
- 2) In casi normali, la superficie di appoggio è posizionata: ☐ al di sopra del piano di campagna
☐ al di sotto del piano di campagna

**Disegno – Attacco a terra**

Con riferimento alle indicazioni presentate in precedenza, disegna un attacco alla base (sezione ed eventuali viste) con indicazioni di materiali e quote di posa.

7.3 ATTACCO SERRAMENTO

Il nodo di attacco del serramento e una sua corretta concezione è di fondamentale importanza nel definire una durata nel tempo delle prestazioni del fabbricato sia da un punto di vista energetico che strutturale. Oltre ad un posizionamento del serramento entro il foro architettonico è necessario procedere a definire una serie di accorgimenti dedicati.

In particolar modo il **bancale** deve rispondere ad esigenze di protezione della struttura e di **far allontanare le acque meteoriche**, controllandone il percorso. Tali considerazioni, che potrebbero sembrare banali, possono portare ad inefficienze da parte dell'involucro e creare numerosi problemi durante l'esercizio dell'opera stessa.

Lo scopo del presente paragrafo è quello di sensibilizzare le ditte specializzate a studiare in modo accurato, e in collaborazione reciproca, la problematica della messa in opera del serramento e di dare un supporto nel risolvere tale nodo di raccordo per progettisti, redattori di capitolati e ditte esecutrici. Le presenti indicazioni possono essere quindi viste come uno strumento di supporto, che non prescinde (anche in considerazione della variabilità dei serramenti in commercio) uno studio ad hoc del particolare costruttivo.

Di seguito si preferisce riportare casi esemplificativi al fine di dare una maggior comprensione al testo riportato di seguito.

7.3.1 PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DEL DAVANZALE

Il davanzale ha un ruolo principalmente funzionale: deve infatti **garantire il deflusso dell'acqua piovana oltre la parete** per evitare di bagnare e quindi danneggiare la facciata.

In Italia però i davanzali hanno anche una **funzione estetica** e quindi, nonostante le grandi innovazioni tecnologiche che hanno riguardato la finestra, i davanzali si richiamano al passato e sono ancora **quasi sempre in pietra**, con una larghezza leggermente maggiore rispetto al serramento in modo da **infilarsi lateralmente per qualche centimetro sotto il muro**. Data la **manca di alette laterali per il contenimento dell'acqua piovana**, i davanzali in pietra sono **poco efficaci** nel farla defluire oltre la facciata; infatti non è raro vedere sulle pareti dei “baffi” lateralmente al davanzale, nei punti in cui l'acqua, dopo aver raccolto la polvere del davanzale, scorre lungo la parete.

Altro difetto frequente nel nostro Paese è quello relativo alle **infiltrazioni di acqua verso l'interno**, dovute ad una **scarsa inclinazione del davanzale in pietra** (occorre una **pendenza minima del 2%**) o alla errata esecuzione del nodo di sigillatura della traversa inferiore.

Nel Nord Europa questi difetti sono parzialmente evitati grazie all'adozione di un **davanzale in lamiera**.

Questi davanzali in lamiera (alluminio verniciato o acciaio), presenti pressoché in tutte le case, sono costruiti come una piccola vasca con i **bordi rialzati su tre lati** (ripresi tra l'altro nei paragrafi precedenti): il **lato più lungo** del davanzale **posizionato verso la finestra** viene applicato direttamente alla traversa inferiore del telaio del serramento (in appoggio o in una fresata appositamente ricavata) in modo che l'**acqua piovana**,

scendendo dall'infisso, venga fatta **defluire completamente nel davanzale** senza alcuna perdita (si vedano il disegno e la foto sotto riportati).

Lungo i fianchi il davanzale in lamiera presenta **due bordi rialzati**, che rimangono posizionati a filo della parete e svolgono **3 funzioni**:

1. portano l'acqua della finestra oltre la facciata **impedendo che possa deviare lungo i lati e formare i "baffi"**;
2. **evitano infiltrazioni sotto l'intonaco**;
3. **raccogliono** completamente **l'acqua che scorre lungo le pareti laterali**.

Questo tipo di davanzale è dunque la soluzione migliore in assoluto dal punto di vista funzionale, ma nel nostro Paese ha trovato applicazione solo nelle zone prossime al confine con l'Austria, mentre nelle altre regioni si continua a scegliere il davanzale in pietra privilegiando il punto di vista estetico; tuttavia il davanzale in lamiera attualmente sta acquisendo un certo interesse proprio nel contesto di un ripensamento generale della posa in opera del serramento in quanto rappresenta anche la soluzione più semplice, in grado di compensare eventuali difetti di impermeabilizzazione della traversa inferiore del telaio e controtelaio e, cosa non irrilevante, è anche la soluzione più economica.

Inoltre, poiché **questo davanzale è molto leggero**, viene direttamente **incollato allo strato di isolamento inferiore** senza alcun problema.



Figura 7.9 – esempio di bancale in alluminio

Il davanzale in lamiera viene spesso adottato anche in fase di riqualificazione energetica delle vecchie case, quando si applica il cappotto termico. Dal momento che lo **strato isolante aumenta lo spessore della parete esterna**, i vecchi davanzali (che

spesso sono passanti ed andrebbero comunque eliminati) risultano essere troppo corti e quindi devono essere sostituiti.

Una soluzione pratica ed efficace è quella di rimuoverli completamente e mettere al loro posto uno **strato isolante di pari spessore (circa 3 cm)**, che arriva fin contro il telaio della finestra e garantisce la **continuità del cappotto**. Sopra questo isolante si mette il davanzale in lamiera che, avendo uno spessore molto contenuto, consente di **mantenere le quote originali** del piano del davanzale rispetto alla traversa del telaio; ovviamente deve essere di profondità adeguata in modo da portare l'acqua oltre la parete.

Questi elementi sono oggi facilmente reperibili con varie profondità in funzione dello spessore della parete e in vari colori per cui è facile trovare la soluzione adatta alle proprie necessità.

7.3.1.1 Fissaggio ed isolamento del davanzale in pietra

Dopo la posa del controtelaio si deve verificare che tra la quota del filo esterno del muro e la quota cui è stata posizionata la traversa inferiore della finestra o della portafinestra rimanga un **sufficiente dislivello** in modo che i marmi e/o le **soglie** abbiano la possibilità di essere posati con una **pendenza minima del 2%** in modo da favorire lo sgrondo dell'acqua.

Il **davanzale esterno**, quando è in pietra, viene posato a **ridosso della traversa inferiore del controtelaio** prima della posa del serramento.

Per fare in modo che il lavoro del marmista non riduca l'efficienza di tutto il sistema è opportuno che il responsabile del cantiere verifichi almeno **3 punti**:

- la **corretta pendenza**;
- che la **base inferiore del marmo sia incollata per tutta la superficie** ritire non a spot per **evitare infiltrazioni di aria** sotto il davanzale;
- che il **rivestimento termico** - nel caso di edifici con cappotto esterno – **continui con uno spessore minimo di 2,5 cm anche sotto il davanzale** ed arrivi fino alla traversa inferiore del controtelaio (parte in grigio scuro nel disegno).

In caso contrario si avranno delle dispersioni di calore sotto il controtelaio. Ovviamente poiché lo strato isolante sia in grado di sostenere il marmo si dovrà utilizzare un materiale idoneo come ad esempio un pannello di Stiferite. Per incollare il marmo sul rivestimento isolante si può usare un polimero dedicato.

7.3.2 STRATEGIA DI DIFESA PER L'ATTACCO SERRAMENTO

In relazione proprio al tema dell'impermeabilizzazione è possibile scindere due tipologie di azione deputate alla difesa della struttura:

- 1) **particolare con un'unica superficie drenante:** in questo caso il **davanzale** con i rispettivi raccordi rappresenta l'**unico strato drenante** che allo stesso tempo deve essere anche lo strato impermeabilizzante. L'infiltrazione dannosa nei pressi del davanzale e i rispettivi raccordi deve essere quindi impedita (in modo durativo nel tempo) da tale unico strato impermeabilizzante.
- 2) **particolare con due superfici drenanti:** in questo caso il **davanzale** rappresenta principalmente la **prima superficie drenante** mentre lo **strato sottostante** rappresenta la **seconda superficie drenante del "sottobancale"** (= strato impermeabilizzante), la quale impedisce l'infiltrazione di possibili acque piovane nella struttura sottostante. Questo secondo strato potrebbe essere una **guaina a forma di vasca**, uno strato realizzato con impermeabilizzanti liquidi o boiacca impermeabilizzante.

7.3.3 MESSA IN OPERA DEL DAVANZALE CON DUE SUPERFICI DRENANTI

Se in base alla situazione di posa oppure sulla base del davanzale scelto **non fosse possibile eseguire il bancale** (che rappresenta la prima superficie di scolo) resistente contro pioggia battente, allora è necessario **predisporre una seconda superficie drenante impermeabile del sottobancale**.

Questa deve accogliere l'acqua infiltrata e scolare l'acqua in maniera controllata verso l'esterno.

La seconda superficie drenante impermeabile può essere eseguita tramite:

- **parapetto finito sigillato;**
- **guaine a forma di vasca.**

Il **rialzo laterale dell'impermeabilizzazione** nei pressi delle **spallette** deve avere almeno **pari altezza del profilo di raccordo laterale**. Si raccomanda di eseguire un rialzo di almeno 6 cm, se tecnicamente realizzabile.



Figura 7.10 – seconda superficie impermeabile del parapetto trattato finito



Figura 7.11 – a sinistra: profilo per l'intonaco come preparazione per montaggio del davanzale con una seconda superficie drenate; a destra: successivamente con davanzale in pietra infilato e montato. Si noti inoltre la fresatura sul bancale in modo da favorire il deflusso delle acque verso l'esterno.



Figura 7.12 – seconda superficie drenante, a forma di vasca, fissata al telaio della finestra tramite guaina e nastro adesivo. Sussiste in questo caso la possibilità di rialzare lateralmente la membrana sulla spalletta

7.3.4 IL RACCORDO CON LA FINESTRA

I **davanzali** devono essere fissati e **collegati in maniera impermeabile al profilo di raccordo della finestra** per il davanzale. Devono essere usati **nastri impermeabili** precompressi o **profili impermeabilizzanti** idonei. Per il fissaggio possono essere usati solo **connettori idonei** e conformi al sistema di fissaggio scelto (p.e. viti in acciaio inossidabile).

Il **raccordo del davanzale alla finestra** deve avvenire in maniera tale che il rialzo posteriore del davanzale si congiunge tramite **aggraffatura dietro la superficie drenante** al telaio della finestra. Il raccordo è quindi protetto da intemperie dirette e aumenta la sicurezza contro l'infiltrazione d'acqua. Specialmente per finestre con rivestimento in alluminio questo congiungimento/arretramento dell'involucro è necessario. I rivestimenti in alluminio incluse le giunzioni di raccordo **devono scolare sulla superficie drenante**. Un **montaggio senza innesto** al telaio della finestra **non è consigliabile**, perché questo aumenta nella zona di raccordo la presenza di acqua e aumenta il **rischio di infiltrazioni d'acqua**. Se per la geometria della finestra non è possibile eseguire un raccordo diverso, devono essere presi dei provvedimenti come p.e. il fissaggio di un ulteriore protezione contro gli agenti atmosferici.

7.3.5 IL RACCORDO DEI PROFILI GUIDA PER TAPPARELLE E FRANGISOLE

Il **raccordo dei profili guida per tapparelle/frangisole** deve essere predisposto in modo tale che lo **scolo controllato dell'acqua** avvenga proprio **sul davanzale**. Per questo motivo i profili guida si devono trovare in **posizione arretrata** rispetto al rialzo laterale oppure rispetto ai raccordi di chiusura laterale del davanzale.

Deve essere **evitato un appoggio diretto dei profili sul davanzale**; si consiglia una **distanza di almeno 5mm** tra il bordo inferiore del profilo e il davanzale. La distanza può variare in funzione al tipo di finestra oppure sistema di tapparelle / frangisole scelto.

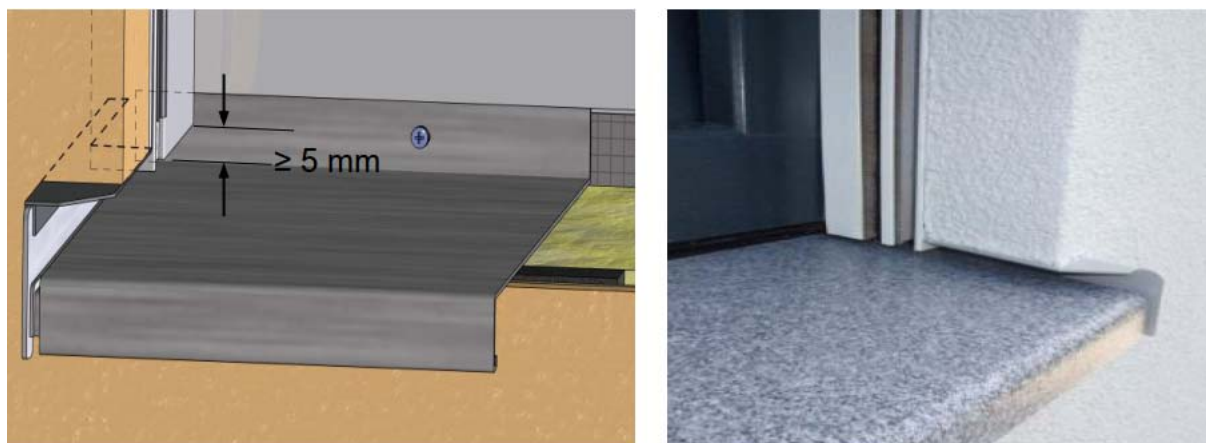


Figura 7.13 – profilo guida per frangisole intonacato con raccordo laterale del davanzale ad intaglio retto. Tra il raccordo laterale del davanzale e il profilo guida del frangisole è necessaria una impermeabilizzazione tramite nastro sigillante butilico.

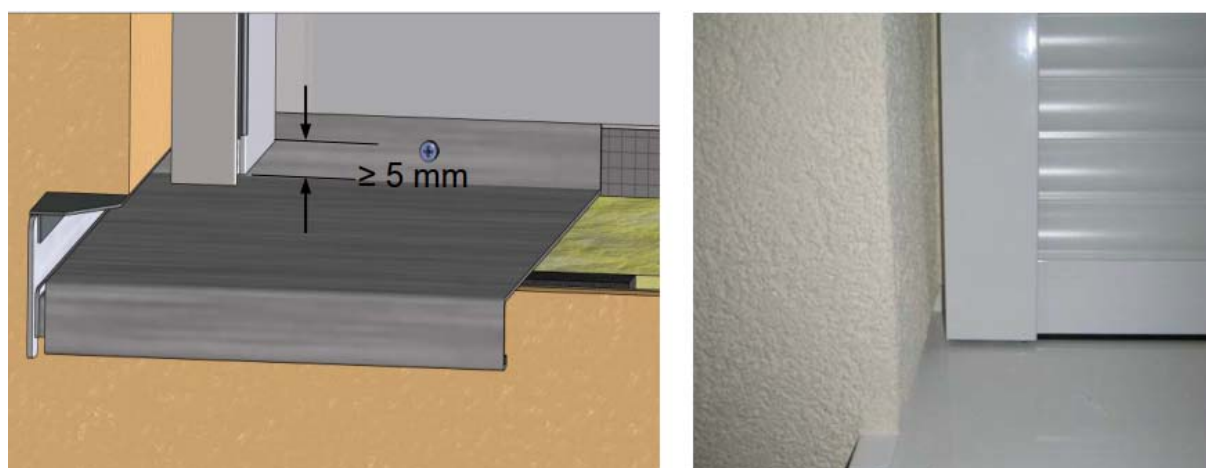


Figura 7.14 – montaggio successivo / anteposto del profilo guida per tapparelle / frangisole.

7.3.6 CURA E MANUTENZIONE

La ditta esecutrice del raccordo al davanzale deve informare il committente sulle disposizioni riguardanti la cura e manutenzione, necessari per garantire la funzionalità nel tempo. Per una funzione durativa nel tempo del sistema di facciata, inclusi tutti gli elementi costruttivi inglobati ed applicati, così come i davanzali, devono essere sottoposti ad una **pulizia, cura e manutenzione programmata** da parte dell'utente o dell'impresa incaricata.

Ad intervalli regolari devono essere fatti come minimo dei **controlli a vista**. Si consiglia di **pulire le superfici almeno una o due volte l'anno** con sostanze liquide neutre.

Durante i lavori di pulizia devono essere **controllati i raccordi** in merito alla formazione di fessure o eventuali distacchi. In caso di presenza di fessure o distacchi deve essere presi dei provvedimenti di risanamento oppure deve essere contattata

una ditta specializzata. Ulteriori indicazioni sono riportate all'interno dell'allegato dedicato all'Uso e Manutenzione del fabbricato.



Quesiti – Attacco serramento

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

1) Qual è il ruolo funzionale del davanzale?

2) Riporta vantaggi e peculiarità del davanzale in lamiera. Perché sono maggiormente efficaci rispetto a quelli in pietra?

3) Elenca le 3 funzioni principali dei bordi laterali rialzati dei davanzali in lamiera:

- ---
- ---
- ---

4) Quali sono i principali accorgimenti per il raccordo con i profili guida per tapparelle e frangisole?

Domande a risposta multipla

- 1) La pendenza minima del davanzale verso l'esterno deve essere: ☐ 0.5%
☐ 2%
☐ 5%
- 2) Il raccordo fra davanzale e finestra è eseguito tramite: ☐ semplice accostamento del telaio del serramento
☐ aggraffatura dietro la superficie drenante della finestra
☐ uso di sole nastrature bituminose
- 3) Per la manutenzione degli attacchi attinenti il serramento occorre: ☐ smontaggio ed eventuale sostituzione programmata di componenti drenanti
☐ pulizia periodica programmata e controllo a vista

**Disegno – Attacco serramento**

Con riferimento alle indicazioni presentate in precedenza, disegna un attacco finestra-davanzale-frangisole (sezione ed eventuali viste) con indicazioni di materiali e quote di posa.

7.4 ATTACCO BALCONE – PRINCIPI DI ESECUZIONE

Il nodo di attacco del balcone è senza dubbio un elemento su cui prestare attenzione già durante la progettazione dell'opera e poi nel corso della realizzazione stessa.

Fenomeni quali le **infiltrazioni di acqua meteorica** possono recare danni, spesso “occulti”, agli elementi strutturali in legno, principalmente per effetto di migrazione prolungata di umidità verso gli strati interni del pacchetto costruttivo. In tali circostanze è frequente **rilevare il problema quando ormai il fenomeno di degrado da parte di funghi è molto avanzato** rendendo oneroso e complesso ripristinare la struttura oggetto di marcescenza. Al contrario il **rilevamento precoce** dell'infiltrazione avrebbe permesso un **intervento relativamente semplice** di nuova impermeabilizzazione in grado di ripristinare le condizioni iniziali di esercizio **senza interventi sulle parti strutturali**.

A prescindere dalla tecnologia costruttiva utilizzata, la durabilità di un edificio in legno può essere molto variabile: vi sono opere di ingegneria che rimangono in esercizio per tutta la vita nominale ed altre che invece presentano prematuramente situazioni critiche. Tra le due situazioni ci sono sottili ma importantissime differenze che di seguito cercheremo di analizzare in dettaglio.

In particolare, il nodo di attacco dei balconi è caratterizzato da molteplici dettagli costruttivi che hanno un impatto rilevante sul buon funzionamento in esercizio dell'opera stessa. A titolo esemplificativo si ricorda come i **rivestimenti delle estremità delle solette**, le **colonne passanti**, le **soglie delle porte** ed i **collegamenti dei parapetti** possano essere **punti vulnerabili**, soprattutto in presenza di accumulo di acqua piovana.



Figura 7.15 – la corretta concezione e costruzione di un nodo “balcone” inizia con il creare un dislivello tra la sua soletta ed il solaio interno e nel realizzare una pendenza della soletta verso l'esterno del fabbricato.

7.4.1 LA CORRETTA CONCEZIONE DELLA STRUTTURA

Ad oggi, sul mercato, ci sono solo **poche tipologie di membrane impermeabilizzanti** che garantiscono la **perfetta tenuta** nel caso di **prolungata permanenza di acqua** su una superficie piana; al contrario vi sono numerose tipologie di membrane che funzionano molto bene in condizioni drenate cioè quando applicate su superfici in pendenza con conseguente allontanamento dell'acqua.

La **presenza di acqua stagnante sulla membrana** può comportare nel tempo un'**infiltrazione diffusa** all'interno del pacchetto costruttivo anche solo per un minimo foro (impercettibile ad occhio nudo, causato a volte involontariamente dalle maestranze di cantiere). La foratura della membrana di protezione della struttura lignea può essere sufficiente ad inficiare durabilità dell'opera stessa.

Il primo strumento per proteggere la struttura del balcone è quindi garantire una **pendenza sufficiente agli elementi orizzontali** di piano, non demandando il compito ad altri componenti edilizi di protezione. Le normative tecniche nordamericane prescrivono in genere, per una corretta concezione del balcone, di adottare una **pendenza minima del 2%**. Normalmente si suggerisce che la **struttura del balcone** debba essere posizionata (come quota) in modo da garantire un **piccolo salto di quota**, così che il punto più alto del pavimento esterno si trovi ad essere più in basso rispetto al pavimento interno. Tale piccolo accorgimento aiuta a prevenire le infiltrazioni d'acqua in corrispondenza delle soglie delle porte.

Qualora il progetto architettonico lo consenta, si raccomanda sempre ai costruttori di **proteggere gli elementi a sbalzo con coperture** e/o elementi di sacrificio in modo che sia presente una prima linea di difesa dall'acqua piovana e che viene così allontanata dalle superfici di interesse. Trattamenti preservanti dell'ossatura portante in legno possono altresì contribuire a garantire maggior durabilità agli stessi tuttavia, è bene sottolineare, tali trattamenti non si sostituiscono ad una buona progettazione, sono efficaci nel breve periodo e non garantiscono nel medio-lungo periodo (in funzione del tipo di agenti preservanti) l'efficacia nei confronti degli agenti fungini. La miglior strategia deve rimanere quella di **allontanare l'acqua dagli elementi in legno evitando i fenomeni di ristagno**: il legno può bagnarsi ma deve potersi asciugare in fretta così da mantenere le proprie prestazioni meccaniche nel corso del tempo.

7.4.2 PROTEZIONE DELLA STRUTTURA IN CORRISPONDENZA DEI FORI

Dopo la posa della struttura di legno, deve essere opportunamente considerata la **tenuta all'acqua in corrispondenza dei fori architettonici**. Tale protezione si esplicita attraverso la posa di membrane a protezione della struttura (Figura 7.16).

I **fori architettonici**, cioè le aperture nelle pareti in corrispondenza di portefinestre che si affacciano sul balcone, sono uno dei **punti più frequenti dove si verificano fenomeni di marcescenza**. È quindi sempre buona prassi **raccordare le scossaline metalliche** del nodo “porta-finestra” **oltre lo stipite** al fine di poter essere in continuità con la membrana (ad es. bituminosa) a protezione della struttura.



Figura 7.16 – La scossalina della porta è in continuità con il sistema impermeabilizzante della parete

I **difetti** osservati in fase di diagnosi di costruzioni esistenti che hanno **provocato infiltrazioni** in corrispondenza delle porte sono stati principalmente i seguenti:

- **soglie non sigillate correttamente;**
- **mancata continuità dell'impermeabilizzazione e/o sormonto delle guaine non corretto;**
- **mancata continuità con tra le scossaline delle soglie e le scossaline delle pareti (p.e. risvolti e vuoti).**

In relazione alle scossaline, in fase di montaggio, sono da evitare gli eventuali danneggiamenti dovuti al passaggio di carpentieri o altri operatori durante le fasi di cantiere (vedi esempio riportato in Figura 7.17).



Figura 7.17 – Scossalina già danneggiata

7.4.3 PROTEGGERE IL PERIMETRO

Il passaggio successivo risiede nell'**installare delle scossaline**, preferibilmente metalliche per le parti esposte, **sul perimetro del balcone**. Occorre naturalmente effettuare la stessa operazione, di solito con scossaline bituminose, per qualsiasi montante che si innesti sul medesimo balcone. È importante che le **giunzioni tra le membrane impermeabilizzanti** siano ben **sormontate** e opportunamente **sigillate**, verificando che il sigillante fuoriesca dalle relative “cuciture” del manto a protezione della struttura. Al contempo le scossaline metalliche dovrebbero essere “rivestite” da guaine di tipo autoadesivo o da guaine di tipo liquido.

Naturalmente le **guaine o le lattonerie perimetrali** devono essere **installate prima della barriera impermeabilizzante posta sulle pareti**, in modo che la stessa barriera **sormonti le guarnizioni**. Per quanto riguarda poi le stesse membrane è sempre buona norma installarle nelle dimensioni più grandi possibili così da minimizzare le sovrapposizioni, le cuciture ed i relativi punti di debolezza.

Tra i difetti più comunemente incontrati si sono rilevate sovrapposizioni delle guaine non adeguatamente sigillate o non sormontate correttamente in relazione alla direzione del flusso dell'acqua. Si sono favorite così le infiltrazioni d'acqua tra gli strati impermeabilizzanti. In linea di principio i teli (e/o le **guaine**) devono essere **installati dal basso verso l'alto**, effettuando sempre le sovrapposizioni in modo da favorire il deflusso dell'acqua evitando rischi di infiltrazione tra gli elementi posati.



Figura 7.18 – Zone di marcescenza del legno possono essere localizzate in prossimità dei gocciolatoi; nella figura sopra riportata infatti non è visibile l'estremità del gocciolatoio stesso. Questo favorisce l'ingresso di acqua dietro l'intonaco

In tali ambiti – considerando la delicatezza del presente nodo costruttivo - il progettista dovrebbe definire **particolari molto dettagliati** indentificando con cura i vari elementi che compongono il pacchetto costruttivo. Per una maggiore intuibilità dei disegni in cantiere sono molto utili viste assonometriche del pacchetto costruttivo. È fondamentale far sì che l'assemblaggio del balcone avvenga sulla base di apposite istruzioni operative. Limitare alla dicitura “i sistemi isolanti devono essere installati secondo le specifiche dei fornitori” solitamente non è sufficiente specie se le squadre di montaggio sono di tipo generico e non hanno subito una formazione di tipo “verticale” sul sistema di posa in oggetto.

Rimane altresì indispensabile che vi sia uno stretto **controllo dell'esecuzione in cantiere da parte della DL e/o del Costruttore**: disegni eccellenti possono anche non essere garanti di una posa ad opera corretta dei vari elementi che costituiscono il pacchetto costruttivo. È necessario che le **squadre di montaggio siano costantemente aggiornate sulle modalità di posa delle impermeabilizzazioni** dei balconi e che siano durante le applicazioni siano controllate da personale supervisore altamente qualificato.

7.4.4 POSA DEGLI ANCORAGGI AL PARAPETTO E GETTO DELLA SOLETTA

I **montanti del parapetto** possono risultare un punto di debolezza e contestualmente essere origine di **fenomeni di marcescenza**. Un primo accorgimento è sicuramente quello di **fissare i montanti evitando di forare la guaina**. È importante poi, anche attraverso l'utilizzo di “rompigoccia”, che l'**acqua piovana possa defluire verso**

l'esterno senza che sia consentito l'ingresso di acqua in corrispondenza delle testate degli elementi lignei.

In relazione poi al getto di calcestruzzo, è sicuramente buona norma effettuare un'**ispezione accurata della guaina** prima di procedere con il getto stesso del massetto, **sigillando eventualmente ogni presunto foro** presente in superficie. Allo stesso modo, in questa fase, può essere senz'altro utile effettuare un test di "allagamento" (Figura 7.19).

La **soletta in calcestruzzo** non deve essere **mai considerata come parte del "sistema di impermeabilizzazione"** del balcone. Può invece svolgere un importante ruolo ausiliario nell'**allontanare l'acqua dalla superficie del balcone medesimo proteggendo al contempo la guaina e le guarnizioni** (naturalmente a patto che possieda la pendenza necessaria). L'impresa che esegue il getto deve curare la finitura del calcestruzzo così da garantire un **deflusso delle acque piovane senza punti di ristagno** (Figura 7.20).

Il controllo di qualità sul calcestruzzo dovrebbe anche essere inteso a **minimizzare la fessurazione** dello stesso così da impedire il più possibile che l'acqua possa raggiungere lo strato impermeabile sottostante. A tal proposito si consiglia l'utilizzo di **giunti di dilatazione che limitino le fessurazioni del calcestruzzo** (a vantaggio della durabilità e dell'estetica del manufatto).

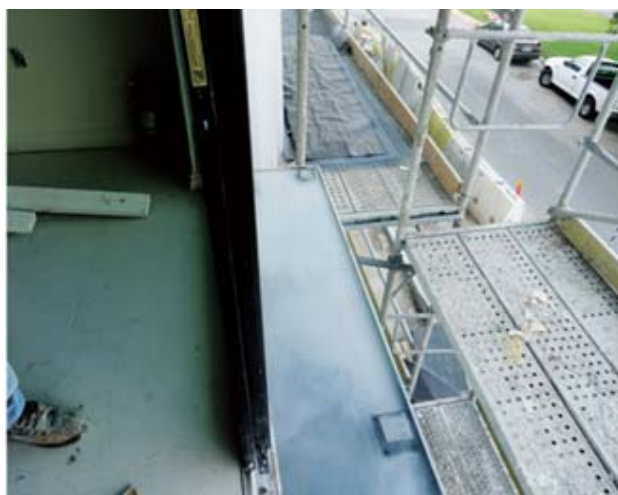


Figura 7.19 – Il balcone è predisposto per la prova di allagamento



Figura 7.20 – Il getto di calcestruzzo è realizzato con attenzione alla rasatura per assicurare una corretta pendenza. Possono essere posti nel calcestruzzo fresco giunti di dilatazione per limitare le fessure da ritiro nella soletta



Quesiti – Attacco balcone

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

1) Quali sono gli accorgimenti principali per proteggere la struttura di un balcone?

2) Come si devono raccordare le misure di protezione in corrispondenza dei fori architettonici?

Domande a risposta multipla

- 1) Membrane impermeabilizzanti garantiscono perfetta tenuta: ☐ solo in condizioni drenate ☐ sia in condizioni drenate che stagnanti
- 2) Le guaine impermeabilizzanti devono essere installate: ☐ dal basso verso l'alto ☐ dall'alto verso il basso
- 3) Per minimizzare la fessurazione della soletta di calcestruzzo: ☐ si utilizza CLS con additivi ☐ si utilizza CLS con inerti più grandi ☐ si creano dei giunti di dilatazione

7.5 COPERTURE PIANE

La progettazione di un qualsiasi pacchetto costruttivo riguarda l'**analisi dei flussi termici e di vapore in entrambe le direzioni** (sia verso l'interno del fabbricato che verso l'esterno dello stesso).

In termini altrettanto generale possiamo scindere tre tipologie di coperture:

- **copertura “calda”;**
- **copertura “fredda”;**
- **copertura “invertita”.**

7.5.1 TETTO PIANO “CALDO”

All'interno di un tetto piano “caldo” lo **strato isolante si trova al sopra della struttura**; entro tale tipologia la membrana che funge da **impermeabilizzante** si trova normalmente (in ragione di eventuali condense interstiziali) **al di sopra dello strato isolante**; la membrana di **freno al vapore** al contrario si trova **interposta tra struttura portante e isolante**. Tale soluzione risulta ad oggi quella maggiormente utilizzata nella realizzazione di coperture piane.

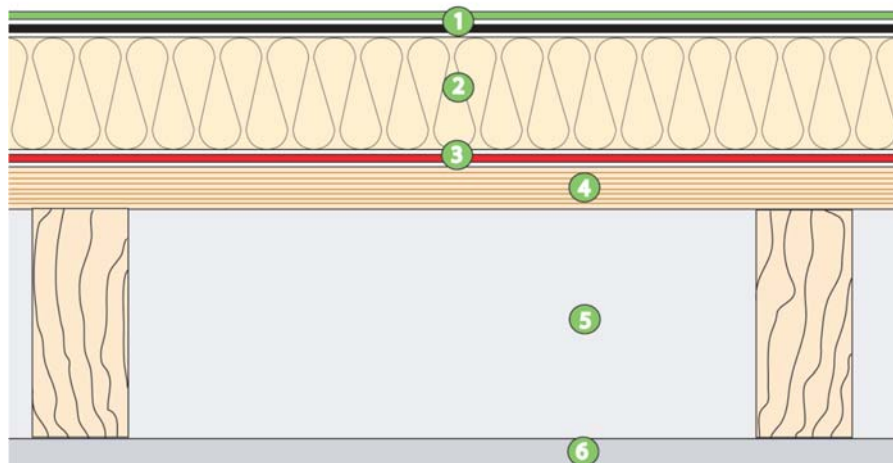


Figura 7.21 – Copertura piana “calda”

Legenda

1. Membrana impermeabilizzante
2. Isolante
3. Membrana di controllo al vapore
4. Elemento strutturale (ad es. pannello in compensato)
5. Controsoffitto
6. Cartongesso (ad es)
7. Orditura strutturale

7.5.2 TETTO FREDDO

Tale tipologia di copertura è impiegata normalmente per **piccole coperture**; generalmente tale tipologia di pacchetto non viene considerata nei processi di realizzazione di coperture piane in quanto il **rischio di condensa interstiziale** deve essere accuratamente valutato dal termotecnico incaricato. Una stratigrafia “tipo” di copertura fredda è riportata in Figura 7.22.

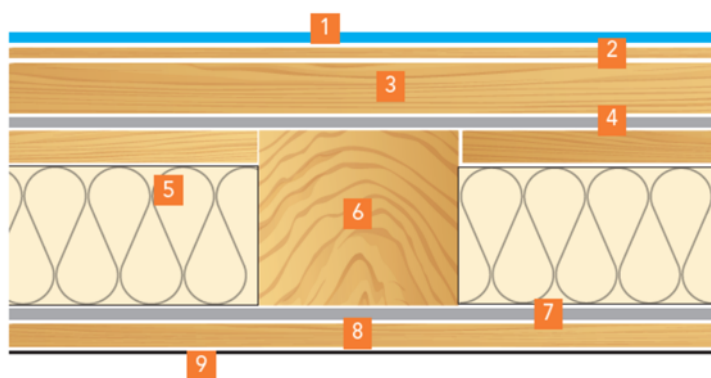


Figura 7.22 – Copertura piana “fredda”

Legenda

1. Membrana impermeabilizzante
2. Elemento strutturale (ad es. pannello in compensato)
3. Ventilazione (minimo 50 mm)
4. Membrana traspirante
5. Isolante
6. Orditura strutturale
7. Membrana freno vapore
8. Ventilazione 25 mm
9. Rivestimento (ad es. cartongesso)

7.5.3 TETTO “INVERTITO”

All'interno di un tetto “invertito” lo **strato isolante** non solo si trova **sopra la parte strutturale**, ma anche a quella deputata all'**impermeabilizzazione**. Entro il presente caso non risulta essere cogente l'adozione di una membrana freno vapore e la presente soluzione ingegneristica è ampiamente utilizzata nella **realizzazione di ospedali, condomini e alberghi**. Vista la particolare conformazione del pacchetto risulta essere particolarmente **adatto per tutte quegli spazi che risultano fruibili e calpestabili**. A tal proposito si precisa come l'**isolante** debba essere caratterizzato da una **densità sufficientemente elevata** a sostenere il passaggio dei camminamenti. Una stratigrafia tipo di struttura rovescia o invertita è riportata all'interno della fig. 5.36.

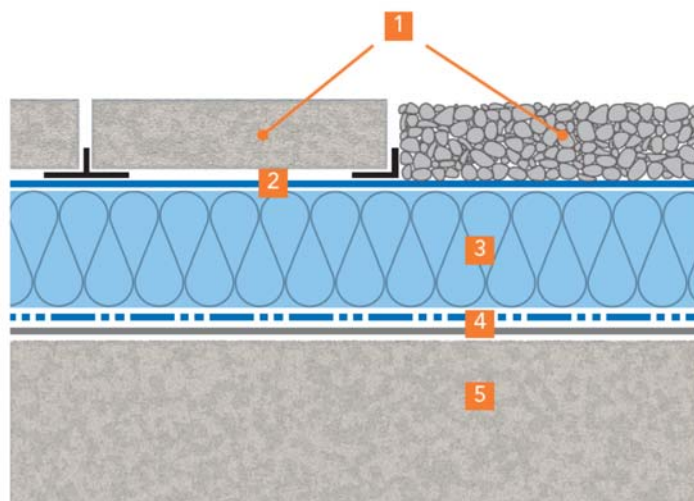


Figura 7.23 – Copertura invertita

Legenda

1. Elemento "a calpestio"
2. Membrana impermeabile
3. Isolante (ad es. poliuretano estruso)
4. Sistema impermeabilizzante
5. Elementi strutturali (ad es. calcestruzzo)

7.5.4 LE REGOLE PER UNA CORRETTA REALIZZAZIONE DI UNA COPERTURA PIANA

Bisogna sottolineare subito che l'impermeabilizzazione (o tenuta all'acqua) è l'aspetto più importante in assoluto per una copertura piana e va garantita sempre e comunque. Il posatore e la direzione lavori hanno pertanto una responsabilità molto grande sul corretto funzionamento e sulla durata nel tempo.

Premesso ciò è necessario chiarire che l'**analisi di una stratigrafia** per un tetto piano è tutt'altro che semplice e richiede **conoscenze approfondite di fisica tecnica** nonché la capacità di padroneggiare software specifici.

Il problema risiede nella errata **gestione del vapore interno** all'abitazione che durante la stagione invernale migra verso l'esterno dove la pressione parziale è minore. La **verifica di Glaser** richiede, tra le altre cose, che il movimento del vapore avvenga solo ed unicamente per diffusione ovvero "poco vapore in molto tempo". Affinché ciò avvenga è naturalmente necessario che la tenuta all'aria sia perfetta ovvero che le membrane verso il lato caldo siano nastrate correttamente.

Cosa succede nei **punti di discontinuità**? Il **vapore si sposta per convezione** ovvero "molto vapore in poco tempo" e questa extra-quantità una volta **arrivata negli strati esterni più freddi condensa**, trasformandosi in acqua. In questa nuova forma non è

più in grado di tornare indietro e passare la membrana di tenuta e si accumula andando ad **aumentare l'umidità nell'isolante** e nel legno eventualmente presente nel pacchetto (travi strutturali, morali di contenimento, etc...).

Durante l'estate cosa succede?

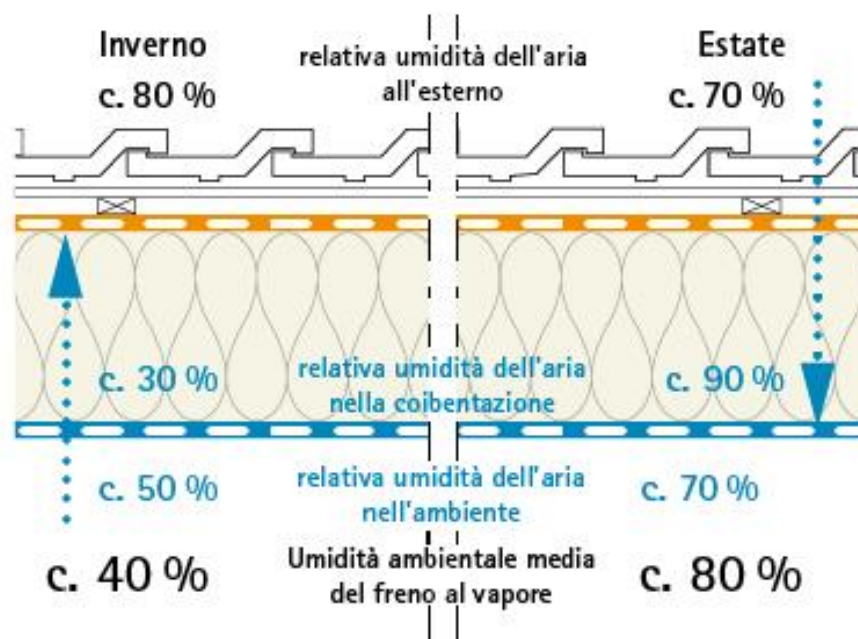


Figura 7.24 – Schema della diffusione del vapore inverno/estate

Durante l'estate il **calore esterno** favorisce il cosiddetto **meccanismo di diffusione inversa** ovvero **spinge il vapore dall'esterno verso l'interno** permettendo così il riassorbimento (Figura 7.24). Tutto ciò **non è però possibile se la tenuta all'aria è realizzata per mezzo di una barriera vapore** ($S_d \geq 100$ m).

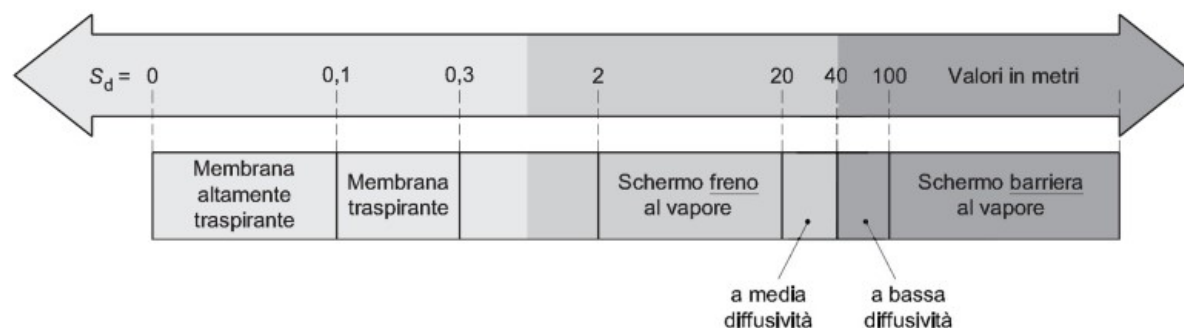


Figura 7.25 – Caratteristica della membrana in funzione del valore di S_d (Fonte: UNI 11470:2015)

Diventa importante quindi la **scelta opportuna delle membrane** che devono avere la capacità di **frenare il vapore durante la stagione invernale** per poi **lasciarlo passare**

quando le temperature esterne aumentano. Fortunatamente il mercato offre da qualche anno teli con queste caratteristiche ovvero dotati di valore Sd variabile.

Il loro dimensionamento e l'analisi di una stratigrafia che le prevede non è semplice e richiede l'utilizzo di software in grado di operare in regime dinamico e non stazionario. In questi casi è molto importante definire correttamente le condizioni al contorno ed i criteri da utilizzare per dichiarare la corretta funzionalità nel tempo del pacchetto.

Il dimensionamento della membrana è solo il primo passo però: la corretta messa in opera affinché la tenuta all'aria sia perfetta è importante almeno quanto il calcolo e forse ancora di più. Si consiglia pertanto vivamente di fare un **Blower Door Test** di tenuta all'aria **prima della posa dello strato isolante** e di accertare l'assenza di perdite per mezzo del generatore di fumo.

A tal proposito si riporta come a seguito di un summit internazionale "Conservazione del legno e fisica tecnica" tenutosi a Lipsia il 10/11 febbraio 2011 sul tema: "Tetti piani non ventilati in legno" sono state identificati i principi base al fine di garantire una corretta realizzazione dell'opera. Di seguito vengono riportate al fine di una loro condivisione presso gli operatori di settore:

- 1) L'installazione di **barriere vapore** ($S_d \geq 100 \text{ m}$) **su strutture impermeabili** che danno verso l'esterno **non è più conforme** alle regole del buon costruire. Queste membrane impediscono che durante l'estate si attivi il meccanismo della "diffusione inversa", necessaria per asciugare l'umidità invernale creata dal trasporto di vapore per convezione causato da seppure debolissime ma inevitabili perdite d'aria.
- 2) Ha una **pendenza** $\geq 3\%$ in configurazione "indeformata" o $\geq 2\%$ in configurazione "deformata" sotto carico; è di **colore scuro** (assorbimento di radiazioni $\geq 80\%$) senza ombreggiamenti; non ha nessuno strato di copertura (ghiaia, tetto verde, rivestimento terrazzato) ma una barriera vapore variabile all'umidità (lato interno); nessuna cavità incontrollabile sul lato freddo dello strato isolante e una perfetta tenuta d'aria testata; una umidità degli elementi portanti incluso il tavolato rilevata prima della chiusura ($u \leq 15\% \pm 3\%$) o rivestimenti in legno ($u \leq 12\% \pm 3 \text{ M-\%}$). Questi valori vanno rilevati con cura ed opportunamente documentati;
- 3) Calcolo secondo Glaser: la verifica secondo il metodo Glaser sulla base delle ipotesi di sola diffusione è valida solo per materiali non riflettenti, tetti piani privi di ombreggiamenti e senza strati di rivestimento. In questi casi deve essere tenuto un margine sulla quantità di essiccazione di almeno 250 g/m^2 .

- 4) Simulazioni termoigrometriche: Simulazioni specifiche secondo EN 15026 sono richieste se anche una sola delle condizioni riportata al p.to 2 non è rispettata e quindi la verifica secondo Glaser non è ammessa.
- 5) In tale contesto si deve tener conto in particolare di quanto segue:
- o Ombreggiamento delle aree del tetto causato dalla morfologia del terreno, edifici, sovrastrutture (Collettori solari, vani ascensore o simili)
 - o Strati superiori all'impermeabilizzazione con o senza isolamento aggiuntivo
 - o Ingresso vapore per convezione a causa della non perfetta tenuta all'aria dell'involucro
- 6) L'influenza di rivestimenti in ghiaia e sottofondi verdi su tetti piani non ventilati con coibentazione tra i travetti è ancora oggetto di ricerca. Attualmente, i tetti piani con strati di copertura sono verificabili a favore di sicurezza solo se sulla parte superiore del rivestimento è previsto un isolamento aggiuntivo (ad es. isolante in pendenza). Gli spessori di isolamento necessari possono essere dimensionati solo mediante simulazione termoigrometrica. Le coperture con sistemi di costruzione a strati non richiedono verifiche specifiche solo se almeno l'80% dello spessore dell'isolamento è disposto sopra la struttura in legno.



Disegno – Coperture piane

Con riferimento alle indicazioni presentate in precedenza, disegna la stratigrafia tipica di un tetto caldo, indicandone i materiali.



Quesiti – Coperture piane

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

- 1) Cosa si intende per tetto “invertito”? Come è composta la sua stratigrafia e dove viene adottato principalmente?

- 2) Qual è la metodologia più famosa per la verifica di una stratigrafia? In cosa consiste?

- 3) Perché è importante la scelta e il posizionamento degli schermi al vapore in una stratigrafia?



Disegno – Coperture piane

Con riferimento alle indicazioni presentate in precedenza, disegna la stratigrafia tipica di un tetto caldo, indicandone i materiali.

7.6 SIGILLATURA DEI SANITARI

Le zone dell'edificio considerate “umide” hanno bisogno di una scrupolosa attenzione affinché non accadano sgradevoli inconvenienti dovute ad **infiltrazioni di acqua** all'interno del pacchetto costruttivo.

È quindi necessario definire un sistema efficace di **impermeabilizzazione** che possa tenere conto di periodici (ma anche frequenti) **aumenti di umidità relativa dell'aria**. Il primo strumento di difesa della struttura (sia questa realizzata in laterizio, legno o qualsiasi altro materiale) è avere una **adeguata ventilazione** dello stesso locale a seguito di un suo utilizzo (come ad es. aprire le finestre a seguito della doccia).

Una volta posizionato il piatto doccia e la posa dei sanitari dovrà quindi seguire la fase di **sigillatura/impermeabilizzazione** sia del pavimento che di tutte le zone di possibile infiltrazione d'acqua.

In particolare:

- la **doccia** dovrà (ad esempio) essere impermeabilizzata con **guaina liquida** in più mani;
- tutti i **gruppi miscelatori a parete** dovranno essere **sigillati con collari di supporto impermeabilizzanti** o tramite **silicone**, evitando così possibili infiltrazioni in prossimità degli stessi;

- l'utilizzo di **profili** che evitano infiltrazioni di acqua tra il muro e il piatto della doccia o la vasca;
- segue la fase di **chiusura con rivestimento di tipo ceramico**; in prossimità dei miscelatori è bene prevedere il taglio più largo della piastrella in modo da poter posare la rosetta e il silicone stesso.

Infine sempre in relazione all'argomento si ritiene utile riportare ulteriori note:

- qualora si utilizzino più elementi che possono costituire un "sistema di impermeabilizzazione", è necessario che gli stessi elementi vengano forniti dal solo soggetto.;
- lasciare le squadre di montaggio con le **sole istruzioni di posa del fornitore** degli elementi di impermeabilizzazione, si è verificato **non essere sufficiente** per la tenuta della struttura. Diviene quindi necessario provvedere ad una **formazione mirata del personale**; congiuntamente la Direzione Lavori – entro il presente 'particolare costruttivo – dovrà svolgere un'attenta sorveglianza sull'operato delle squadre di montaggio; tale azione è ancor più importante qualora intervengano in cantiere soggetti diversi che operano in assenza di un coordinamento (ad es. la prima impresa posa la struttura portante in legno dell'opera, mentre la seconda è deputata alla posa della parte impiantistica, di impermeabilizzazione e di finiture in genere);
- ogni **membrana** (il presente caso è naturalmente estendibile a qualsiasi altro particolare considerato) deve essere **indipendente nei processi di deflusso delle acque**;
- attenzione a creare "**trappole di umidità**" che possono portare all'interno del pacchetto di situazioni anomale con conseguente **formazione di condensa**; indispensabile garantire una ventilazione dei locali, identificando chiaramente tale aspetto all'interno del manuale di uso e manutenzione rilasciato alla committenza.

7.7 CAMINI E CANNE FUMARIE

Sebbene vi sia una grossa esperienza in relazione alla corretta **posa del camino** e relativa canna fumaria, è possibile ancora oggi osservare realizzazioni non conformi, complice anche una moltitudine di norme tecniche, leggi e decreti che disciplinano il settore. Il presente manuale è pensato per facilitare le procedure di installazione,

posa, manutenzione e controllo delle canne fumarie, rimandando ad altri testi di approfondimento ulteriori nozioni dedicate al tema.

Una **cattiva installazione** della canna fumaria è infatti la **prima causa di innesco di incendio** all'interno di una copertura realizzata con elementi portanti in legno.

La corretta esecuzione del camino è quindi fondamentale per costruire una casa sicura; piccoli accorgimenti possono fare la differenza, in particolar modo nelle costruzioni in legno. Nel caso in cui il camino sia passante attraverso i solai in legno e/o la copertura, al fine di salvaguardare la sicurezza da rischi o pericoli di incendio delle strutture lignee, è necessario scegliere soluzioni tecnologiche adeguate nonché l'impiego esclusivo di materiali con **marcatura CE**.

7.7.1 DISTANZA DAI MATERIALI COMBUSTIBILI

Il **camino** deve rispettare una determinata **distanza dai materiali combustibili** (mobili, pavimenti in legno, passaggio tetto, ecc): essa può variare **da zero a diversi centimetri** (indicata da una **lettera G** – quale **resistenza alla fuliggine** – e seguita da **due numeri** che indicano la **distanza in mm** da rispettare in presenza di materiali combustibili). Nel caso di un Sistema Camino la distanza tra camino e materiale combustibile è **indicata sul certificato** dato dal produttore del camino stesso (si veda la “designazione” trattata di seguito). Nell'eventualità si installasse un Camino Composito (è il caso di **materiale non certificato** a Sistema o intubamento di una canna esistente) la distanza dal materiale combustibile deve essere **calcolata secondo le UNI EN 15287-1/2**.

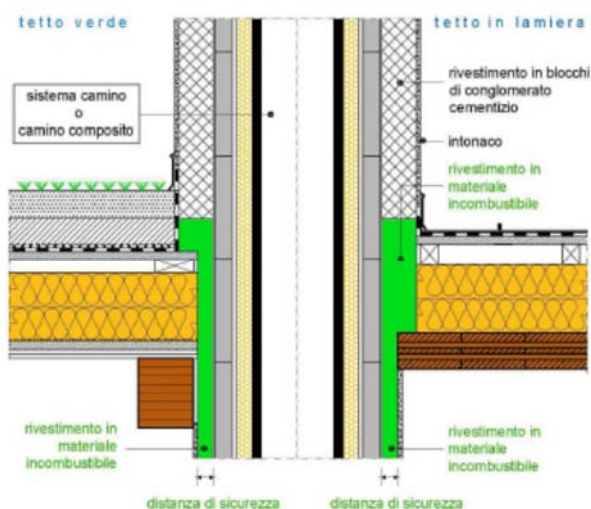
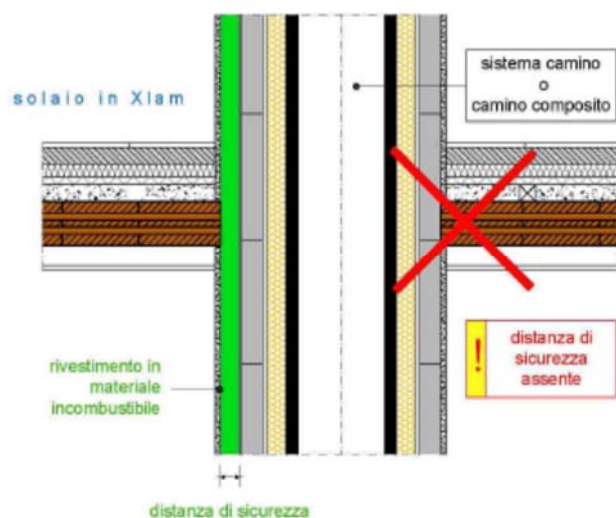


Figura 7.26 – Esempio non corretto di attraversamento copertura Figura 7.27 – Esempio corretto di attraversamento copertura

Il camino deve essere posto in modo **centrato all'interno della camicia**; non è ammissibile che il tubo sia spostato su un lato. Tale prescrizione vale anche per gli impianti a combustibile gassoso e liquido (come da Figura 7.28).



Figura 7.28 – Passaggio camino in struttura a pannelli portanti

Nella figura si noti come la **protezione del legno** avvenga attraverso il **posizionamento di due lastre in fibrogesso** (Euroclasse di resistenza al fuoco **A1**): nella presente casistica inoltre il tubo viene fissato con **appositi agganci** per poter mantenere la **posizione centrale** rispetto al foro e quindi anche le opportune distanze dai materiali combustibili che lo circondano.

Inoltre spesso il condotto del camino può essere sfruttato per portare in copertura **altri tipi di tubazioni** come per esempio gli **sfiati di cucine o bagni**. In tal caso si preveda **vano dedicato e separato** dal condotto del camino. Tale prescrizione vale anche per gli impianti a combustibile gassoso e liquido.

7.7.2 TENUTA ALL'ARIA E IMPERMEABILIZZAZIONI

Per gli edifici a **basso consumo energetico**, è fondamentale un involucro termico continuo con **perfetta tenuta all'aria**.

Ciò è possibile utilizzando **camini con l'isolamento integrato**, con l'ausilio di speciali elementi per il **taglio termico** da collocare **in corrispondenza degli attraversamenti tetto o soletta**, garantendo al contempo la tenuta all'aria desiderata e in ultimo facendo uso di sistemi di adduzione dell'aria comburente dall'esterno, senza dover effettuare fori nell'involucro isolante. Il **comignolo** dovrà essere ugualmente isolato in modo da garantire la continuità dello strato coibente dell'involucro.

La tenuta all'aria deve essere garantita **lungo gli angoli del cartongesso** ma anche e soprattutto nel passaggio attraverso il tetto.

Allo stesso modo è importante sigillare a regola d'arte le guaine e la lamiera sottotetto.



Figura 7.29 – Posa della guaina impermeabile (esempio)

Inoltre in senso generale è bene precisare che negli edifici ad alte prestazioni energetiche, la tenuta all'aria dell'involucro (assenza di fughe e spifferi), è importante tanto quanto l'isolamento termico. Permette di **abbassare notevolmente i consumi** estivi ed invernali, **aumenta le prestazioni e i rendimenti degli impianti**, migliora sensibilmente sia l'acustica sia il comfort di chi abita e vive l'edificio (nonché è garante delle prestazioni della stratigrafia in relazione alla condensa interstiziale). Inoltre, la tenuta all'aria dell'edificio è verificata e misurata in opera dai principali enti di **certificazione** italiani, tramite il **test di tenuta a pressione** (comunemente chiamato **“Blower Door test”**).

Il risultato del test dipende dalla qualità della messa in opera di tutti gli elementi costruttivi, misurati contemporaneamente e simultaneamente. Durante la prova, salvo casi in cui dei difetti emergono in maniera evidente, **non è possibile stabilire un'unica causa**, o un'unica origine delle **fughe d'aria**. È quindi indispensabile che:

- tutte le **maestranze** coinvolte nei lavori siano specializzate ed **intervengano ognuna autonomamente e spontaneamente** nel mantenere e nel ripristinare la tenuta all'aria dell'involucro edilizio;
- chi esegue la struttura deve **sigillare e nastrare tutte le giunzioni delle pareti opache**;
- i serramentisti devono **installare gli infissi in maniera corretta** e con le idonee guarnizioni, sigillature o nastrature previste dal produttore, anche tra telaio e controtelaio;

- tutti gli **impiantisti** (elettrico, idraulico, aeraulico), antennisti, fumisti, e tutti quelli che devono passare, attraversare, modificare l'involucro a tenuta dell'edificio sono tenuti a **ripristinare perfettamente la tenuta all'aria** che è stata interrotta da queste lavorazioni.



Quesiti – Camini e canne fumarie

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

- 1) Dove si trovano indicate le distanze dei camini da materiali combustibili? Con quale dicitura?

- 2) Quali sono i principali accorgimenti per la posa e l'attraversamento di solai e coperture da parte di un camino?

- 3) Come è garantita la tenuta all'aria dei camini? Con quale test può venire misurata?

Domande a risposta multipla

- 1) Con l'utilizzo di materiali non certificati, la distanza da materiali combustibili è:
- ☐ non calcolabile, poiché non è possibile usare materiali senza marcatura CE
☐ calcolabile, con norma UNI



Disegno – Coperture piane

Con riferimento alle indicazioni presentate in precedenza, disegna un esempio di corretto attraversamento di una copertura isolata (tetto caldo) da parte di un camino.

7.8 L'INVOLUCRO TERMICO

Dal punto di vista della fisica tecnica, cioè dei fenomeni di passaggio dei flussi di calore e vapore sia in Estate che in Inverno, non cambia nulla. Quello che cambia sono le **migliori prestazioni termo-isolanti dei componenti opachi** (pareti e copertura soprattutto) e le conseguenze (pericolose) di eventuali errori di progettazione/esecuzione sul **rischio di condense** o eventuali **ristagni di acqua occulti**. Se il legno è utilizzato come rivestimento interno, non è da sottovalutare la sua capacità di volano igrometrico che aiuta a stabilizzare i valori di U.R dell'aria interna.

7.8.1 LA REGOLA DELLA CONTINUITÀ

Non vuole essere questo paragrafo un trattato né di composizione architettonica, ma piuttosto una raccolta di **semplici consigli** e regole per pensare e realizzare degli ottimi involucri termici di edifici in legno.

Le regole per progettare e realizzare un ottimo “involucro termico” possono essere:

- conoscere **potenzialità e limiti dei materiali** con cui sono realizzati i diversi componenti;

- progettare le giuste prestazioni dei componenti (viste al paragrafo precedente) in relazione al **contesto climatico** in cui saranno inserite, verificando il rischio di **condense** eventuali;
- individuare la strategia migliore (invernale o estiva) per comporre i componenti nel modo più razionale possibile ottenendo al contempo un magnifico design. Un esempio di questa strategia potrebbe essere l'ottenimento di un rapporto S/V (superficie dell'involucro / volume dell'edificio) il più basso possibile (ovvero **edificio compatto**) oppure la **massimizzazione dei guadagni solari** (se il clima lo permette).

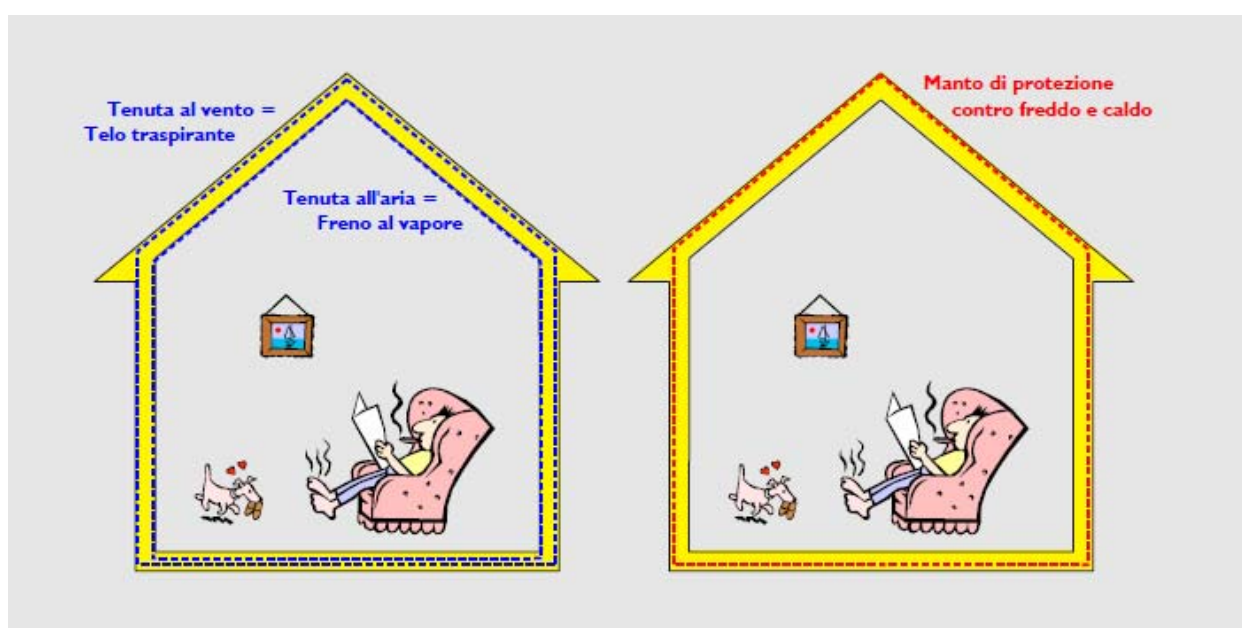


Figura 7.30 – La regola della continuità dell'isolamento, della tenuta all'aria e della tenuta al vento (courtesy of Günther Gantioler).

Una delle regole più intuitive e funzionali è quella della “**continuità**” che si declina nelle seguenti:

1. continuità dell'**isolamento termico**;
2. continuità dello **strato di tenuta all'aria**;
3. continuità dello **strato di tenuta al vento** (quando non coincide con la tenuta all'aria).

Si sottolinea che sono requisiti **non soddisfabili “singolarmente”**, ma che per ottenere gli effetti di uno, è necessario soddisfare anche gli altri, in una logica di **complementarità**.

La **continuità dell'isolamento termico** ha come scopo principale l'uniformità e la **stabilità della temperatura interna** e la sua maggiore vicinanza possibile alla

temperatura di comfort dell'aria (solitamente in un range compreso in circa 4°K). Questo ha diversi “**effetti collaterali**” **positivi** quali:

- un **basso fabbisogno di calore nella stagione invernale** perché limita i flussi di calore per conduzione verso l'esterno;
- in concomitanza con buoni valori di trasmittanza dinamica e capacità areica interna, un **basso fabbisogno di energia frigorifera sensibile nella stagione estiva**;
- un **alto valore del fattore superficiale di temperatura** (lontananza dal punto di rugiada!).

La **continuità dello strato di tenuta all'aria** ha come scopo principale quello di **mantenere in “salute” i materiali coibenti** e, soprattutto in edifici in legno, anche le strutture perché evita che, sia per diffusione che per convezione, aria umida possa arrivare a contatto con punti freddi all'interno del nostro pacchetto coibente, innescando fenomeni di **condensa interstiziale**.

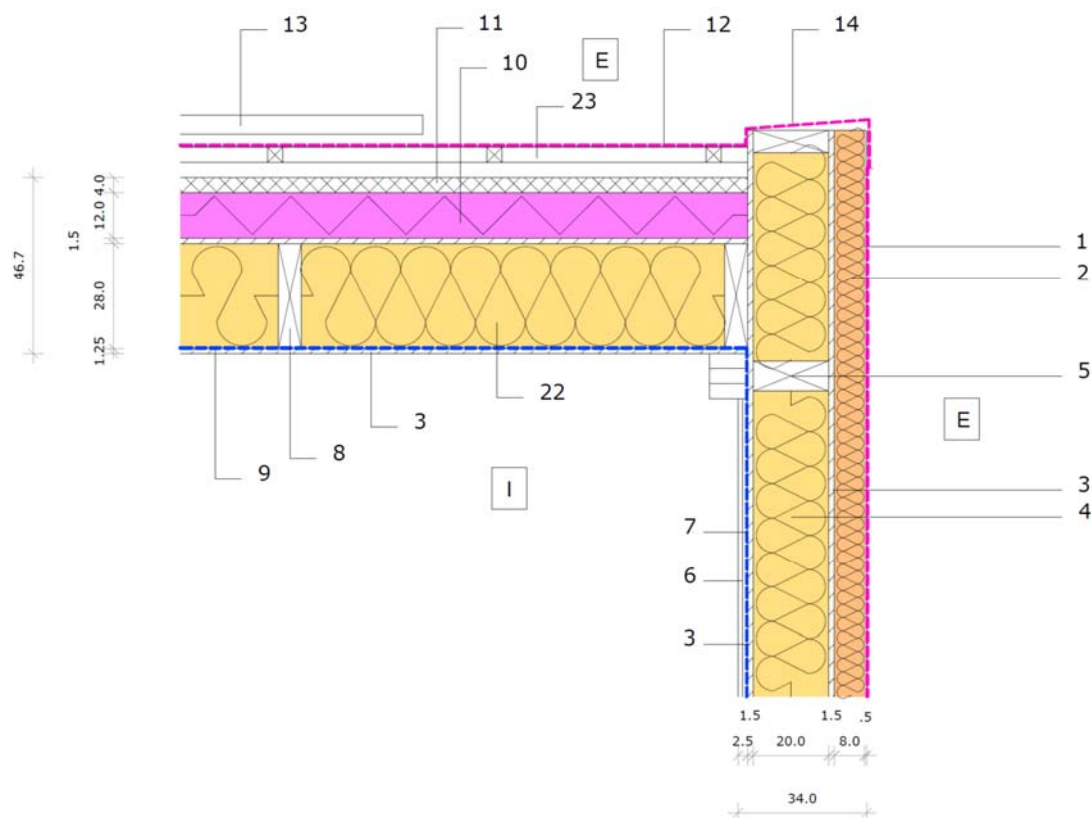


Figura 7.31 – Dettaglio di edificio in legno: sono visibili la continuità dell'isolamento, quella della linea di tenuta all'aria (linea Blu) e quella di tenuta al vento/acqua (magenta).



Figura 7.32 – Teli freno vapore sul lato interno di un edificio in legno a telaio.

Anche la **continuità dello strato di tenuta all'aria** ha diversi “effetti collaterali” positivi quali:

- un **basso fabbisogno di calore** nella stagione invernale, perché limita gli ingressi incontrollati di aria esterna più fredda;
- un **basso fabbisogno di energia frigorifera** sensibile e latente nella stagione estiva perché limita gli ingressi incontrollati di aria esterna più calda e talvolta più umida;
- un miglioramento delle **prestazioni di fonoisolamento** passivo delle strutture opache;
- la possibilità di utilizzare un **impianto di ventilazione** meccanica con la massima efficacia sia in filtraggio che nel recupero di calore.

La continuità dello strato di tenuta al vento ha lo scopo di evitare che, per differenza di pressione, aria fredda (o calda e umida) venga **spinta dall'esterno verso l'interno** del componente in zone ove la temperatura sia prossima a quella di rugiada e che, l'eventuale **condensa**, non possa **rievaporare in tempi rapidi**.

Naturalmente esiste una “quarta” linea che è quella della protezione dall'acqua meteorologia o per infiltrazione dal terreno. Anche per questa vale la regola della continuità e della risoluzione dei punti di giunzione spesso causa della maggior parte delle infiltrazioni.

A volte si pensa che alcuni materiali possono “partecipare” a due o più di queste interfacce. È il caso ad esempio di una guaina impermeabilizzante che, essendo anche una barriera vapore, può fungere da linea di tenuta all'aria. Ma questo non è sempre vero e spesso si sentono in cantiere “leggende” come ad esempio il cappotto che funge anche da tenuta all'aria, quando al limite (se rasato) può fungere da linea di

tenuta al vento. Per capire l'eventuale sinergia di alcuni materiali vanno lette le specifiche schede tecniche e verificati gli usi per i quali sono stati prodotti.



Figura 7.33 – Telo traspirante con funzione di tenuta al vento e di protezione occasionale dalla pioggia (sinistra) e telo di protezione del solaio XLAM interpiano per l'umidità da getti di riempimento umidi (destra).

7.8.2 DAL COMPONENTE AL DETTAGLIO COSTRUTTIVO.

Il modo più semplice per capire se e dove è necessario **sviluppare un dettaglio** è quello di individuare i **punti di discontinuità** (per geometria o tipologia di materiale) delle linee precedentemente descritte.

In particolare :

- **ove l'isolamento cambia** (attacca tra parete e pavimento o tra parete e copertura);
- **ove cambia la linea di tenuta all'aria** (attacco tra parete e pavimento o tra parete e copertura);
- **ove cambia il materiale che è deputato alla tenuta all'aria** (il caso di una parete esterna a telaio in cui all'interno vi è un setto in cemento armato oppure dove sono inseriti gli infissi).

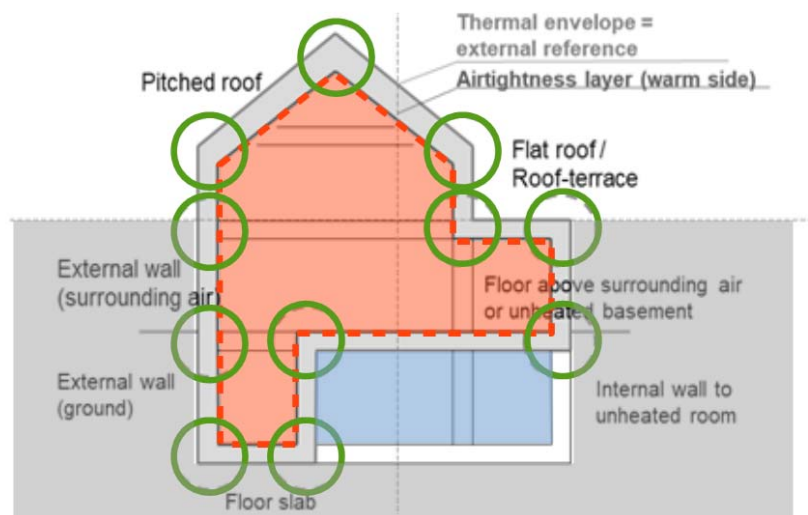


Figura 7.34 – Identificazione dei punti “tipici” dove ci sono punti di discontinuità dell’isolamento e della tenuta all’aria.

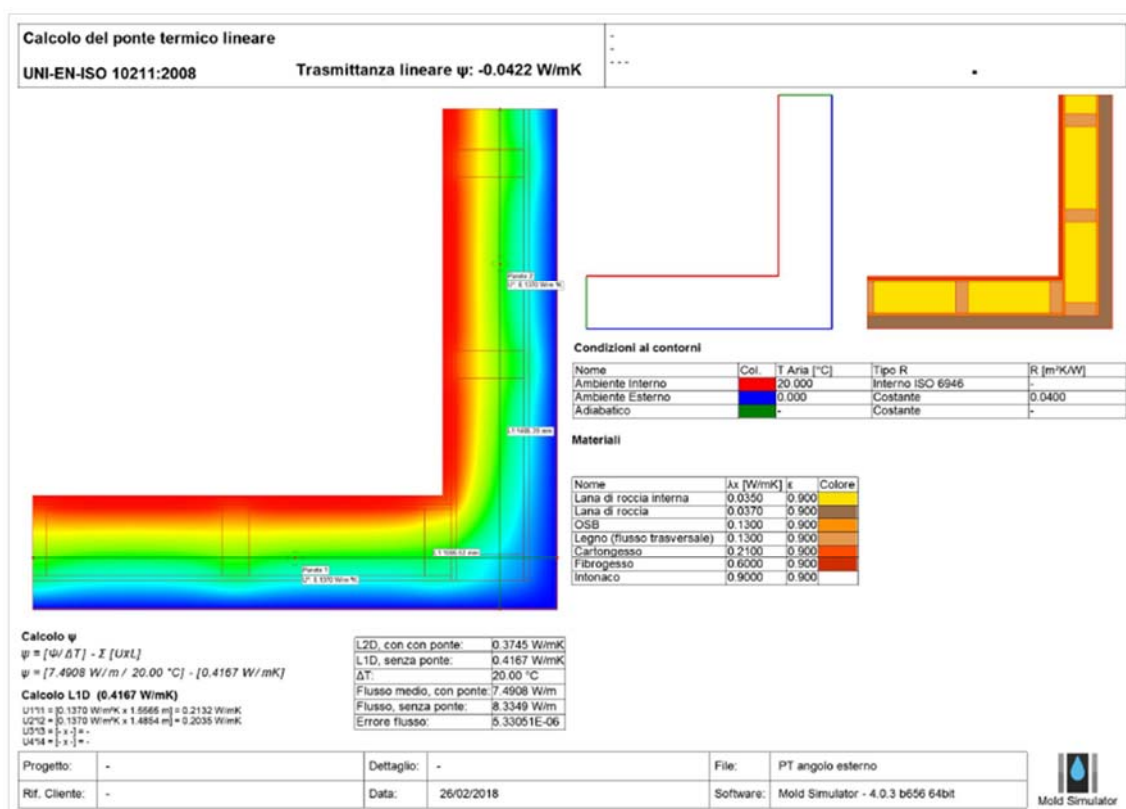


Figura 7.35 – Tavola di analisi del dettaglio d’angolo di un edificio a telaio e calcolo del valore PSI di ponte termico.

Altri punti in cui dovrebbero essere sviluppati i dettagli a livello esecutivo sono i seguenti:

- ove si hanno delle **singularità che interrompono la linea dell’isolamento** (vedi il caso dei supporto di una facciata ventilata che interrompe la continuità dell’isolante esterno);

- ove si hanno delle **singolarità che interrompono la linea della tenuta all'aria** (vedi il caso de i montanti di una controparete che bucano la linea di tenuta all'aria di un freno vapore in un edificio a struttura "a telaio");
- per lo stesso motivo, in tutti i punti in cui si ha un **elemento impiantistico** che attraversa un componente dell'involucro termico.

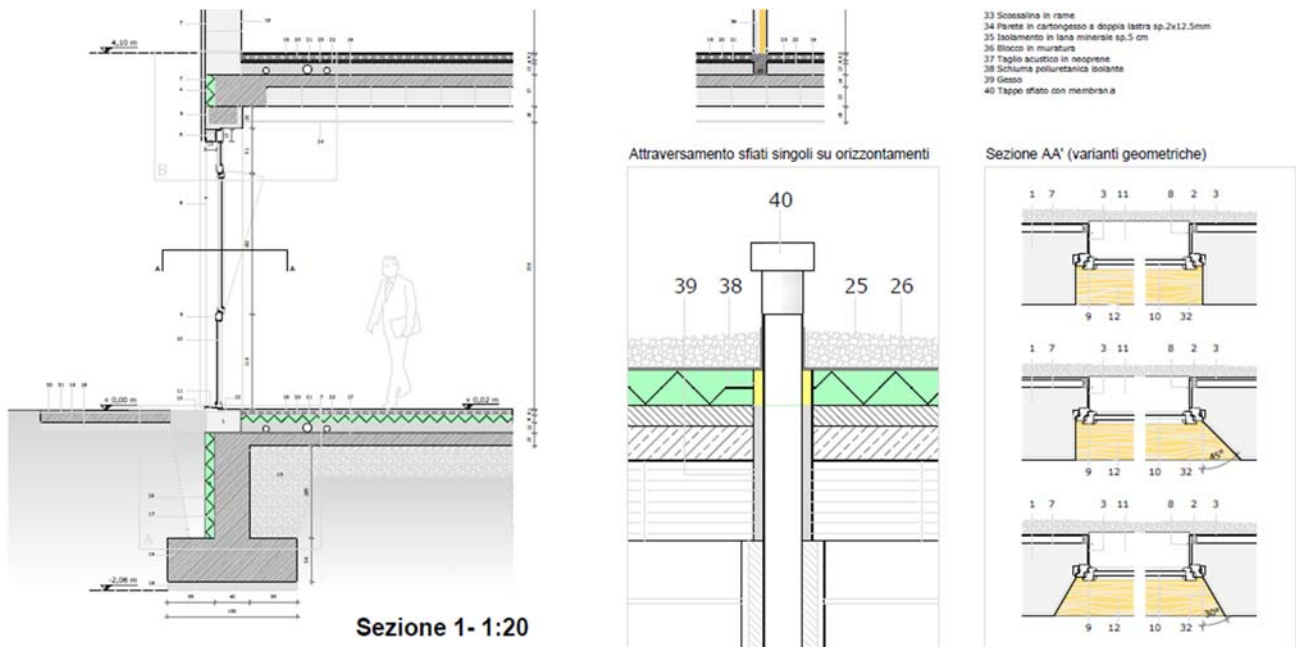


Figura 7.36 – Tavola di dettaglio di un edificio scolastico a struttura massiccia ; si noti l'analisi del dettaglio di intersezione dello sfatto di copertura).

Tra i tre punti sopra elencati, quello di cui progettisti e costruttori hanno minore coscienza è il **requisito della tenuta all'aria** che si reputa invece il prioritario in un edificio in legno. Si crede che il motivo risieda nel fatto che molti di noi sono cresciuti in edifici dove tale **funzione fosse svolta silenziosamente dall'intonaco interno** (a cui nessuno mai associa questa funzione ma solo quello di finitura) ed in cui gli spifferi, visti come salvatori della patria, assolvevano al compito delicato di miscelare l'aria interna umida con aria esterna secca, evitando molte volte la formazione di muffa (non sempre) e ripianando le perdite energetiche con un radiatore over-size. La lodevole comparsa di componenti opache iper-coibentanti ed infissi iper-sigillati **ha reso necessario innalzare il livello di tenuta all'aria** degli attuali edifici in legno perché molto più fredde le temperature interne dei componenti e molto più significativo e subdolo il ruolo dei ponti termici.

Oggi sul mercato esiste una moltitudine di prodotti con una moltitudine di prestazioni che, se ben progettati e ben posati, permettono di ottenere livelli di tenuta all'aria ottimali per le prestazioni dei moderni edifici NZEB (range tra 1,5 fino a 0,3 h⁻¹). So

elenca, senza voler essere esaustivi, una serie di **materiali** che possono essere **utilizzati come elementi di tenuta all'aria** per edifici in legno:

- **intonaco**: anche per edifici in legno l'intonaco può svolgere questa funzione, ma a patto che sia **realizzato sulla effettiva linea di tenuta all'aria** e non sulla controparete impiantistica interna. Attenzione soprattutto alla qualità dell'intonaco e le eventuali cavillature. Solitamente eventuali perdite sono dovute al possibile movimento della lastra di supporto;
- **pannelli OSB**: attenzione che non tutti i pannelli OSB sono validi come elementi di tenuta. La **permeabilità all'aria** è molto variabile da produttore a produttore ed è **influenzata dallo spessore** (da 16-18 o 22mm) e dal tipo (Tipo 3 e Tipo 4 sono migliori) secondo la classificazione UNI EN 300:2006. Valori tipici di permeabilità all'aria q_{50} sono compresi tra 0,07 e 0,34 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ ⁴;
- **pannelli XLAM**: esistono pannelli a 3 e 5 strati definiti "a tenuta all'aria" in base al tipo di incollaggio e molti sono certificati Classe 4 secondo la norma (per serramenti) **UNI EN 12207**. In generale bisogna fare molta attenzione ai nodi e ai punti disomogenei;
- **teli/Membrane**: questi teli, oltre che di "tenuta all'aria" possono essere anche **freni o barriere per il vapore**. Valori tipici di permeabilità all'aria sono di circa 0,01 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$;
- **calcestruzzo**: si intende calcestruzzo gettato (setti e platee cementizie) e **non massetti impastati con sabbia o altro inerte** (che non sono a tenuta).



Figura 7.37 – Pannelli OSB utilizzati come strato di tenuta all'aria (sinistra). Si notino le giunzioni nastrate. A destra invece un edificio con setti di cemento armato a cui è deputata la funzione di tenuta all'aria.

⁴ Passipedia "Airtightness of OSB boards"....

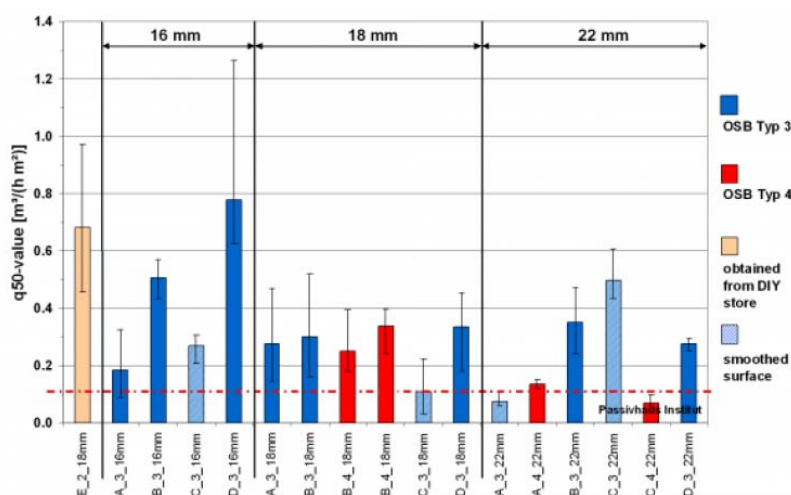


Figura 7.38 – Misura della permeabilità all’aria di una serie di pannelli OSB presenti sul mercato. Fonte PHI “Airtightness of OSB boards” – Passivedia.

Naturalmente la parte “difficile” sono i **punti di giunzione** i quali possono dar luogo a cospicui passaggi di vapore (e generare condensa). Esistono per ciascuno dei supporti sopra elencati specifici elementi di tenuta che si possono riassumere in queste tipologie:

- **nastri acrilici** (da interno, da esterno o per entrambi i lati) e **butilici** (nel caso si chiedi anche una tenuta all’acqua);
- **schiume “elastiche”** certificate anche a “tenuta all’aria”, utili soprattutto nella sigillatura dei serramenti o per l’incollaggio di teli su platea;
- **sigillanti silano-polimeri** a reazione neutra che polimerizzano con l’umidità.

Si faccia sempre attenzione al tipo di supporto per i quali sono indicati e le modalità di posa (attenzione soprattutto alla polvere). Una caratteristica comune a questi prodotti è l’**elasticità** che serve a **garantire l’assorbimento dei movimenti dei materiali nel tempo**, senza rompersi. Anche gli **attraversamenti impiantistici** (solo quelli sui componenti dell’involucro termico) devono essere opportunamente **sigillati** e, nel caso degli impianti elettrici, anche all’interno della guaina (meglio con dei tappi). Anche per questi elementi esistono sul mercato prodotti di sigillatura specifici molto più funzionali di discutibili soluzioni “improvvisate” che spesso si vedono in cantiere. Anche la **ferramenta** (tipo hold-down o piastre di altro tipo) sono spesso **ignorati** ma rappresentano numerosi (e di difficoltosa soluzione a volte) **punti di debolezza** dello strato di tenuta.



Figura 7.39 – (sinistra) La ferramenta, se non considerata, è un elemento serio di disturbo della continuità della tenuta all’aria, così come la struttura portante delle contro pareti (si notino i punti chiodo sul retro).

Di seguito un elenco dei **materiali** che **NON** sono adeguati per la tenuta all’aria:

- giunti in malta cementizia;
- pannelli in fibre di legno (soprattutto quelli più morbidi);
- membrane e teli perforati da eventuali graffette rimosse;
- pannelli EPS o XPS;
- rivestimento in legno tipo perline o con incastro “blockhaus”;
- nastro adesivo non certificato per l’utilizzo come nastro a tenuta (tipo nastro americano o carta gommata);
- calcestruzzo troppo asciutto o troppo umido;
- schiuma di poliuretano (PU) non elastica;
- giunzione con silicone acrilico rigido.



Figura 7.40 – Nastrature sui pannelli OSB e sull’attacco delle colonne perimetrali di un edificio in legno. Fonte COOP Estense – SMK Rovereto sul Secchia (MO).

La domanda giusta dovrebbe essere “quanto dura un edificio in legno senza tenuta all’aria?”

La tenuta all’aria deve essere un **requisito progettuale**, al pari di avere ambienti luminosi e spazi arredabili. Non si ottiene per “magia” né tantomeno “automaticamente” perché si sono scelti materiali validi per l’isolamento termico. Questo significa che sia a livello di elaborati grafici che di documentazione di cantiere, **deve esistere un “progetto” della tenuta all’aria**. Che devono essere richieste **precise condizioni di posa dei nastri**, dei teli e di qualità di tutti gli elementi coinvolti, proprio al fine di massimizzarne la resa e farla durare nel tempo. Gli stessi **test di tenuta** (che si vedranno successivamente) devono **essere programmati** ed eseguiti in momenti precisi al fine di verificare e poter migliorare la posa e la qualità degli elementi di tenuta. Fare un test solo al termine dei lavori, poco prima che gli inquilini entrino in casa, non può dare nessuna garanzia in tal senso.

Sono state fatte diverse misurazioni di edifici secondo lo standard Passivhaus che già dai primi anni ‘90 rispettavano i severi requisiti di tenuta all’aria richiesti dal protocollo. Quelli (meglio) eseguiti hanno confermato anche dopo 25 anni il medesimo valore del primo test e con tipologie di edificio sia con tecnologia costruttiva “massiccia” che in legno.

7.8.3 BLOWER DOOR TEST

Come già detto, i test in opera sono funzionali a verificare direttamente o indirettamente le prestazioni (termiche) dell’edificio realizzato. Nei due sottoparagrafi successivi si descriveranno sinteticamente due delle principali prove in opera richieste dai protocolli di certificazione più diffusi in ambito internazionale:

- il **test per la verifica della permeabilità all’aria** (detto comunemente “**Blower Door**”);
- le **indagini termografiche**.

Esistono prove in opera anche per altre finalità, come quelle acustiche e di salubrità, che non sono oggetto di questo paragrafo e che saranno oggetto di una successiva integrazione di questo manuale. Un’altra prova in opera delle prestazioni termiche di un componente edilizio (ma utilizzata soprattutto per edifici esistenti) è il **termo-flussimetro**, per la **misura della trasmittanza termica stazionaria** (valore U in W/m^2K). In ambito internazionale anche il **protocollo LEED**, in relazione alle attività di Commissioning dell’involucro (BECx), richiede test di verifica delle prestazioni.

Servono sia come strumenti di verifica finale ma sono anche molto utili come strumenti per **evidenziare delle debolezze dell'involucro durante la costruzione** (e poter intervenire) o come strumenti diagnostici (edifici con problematiche). Naturalmente oltre al test sono molto importanti le azioni “complementari” ad essi che possiamo riassumere nei seguenti punti:

- definizione del **tipo di test** e della metodologia di prova (ad esempio Blower Door test – Metodo A secondo UNI EN ISO 9972;
- definizione dei **valori da raggiungere** (ad esempio $n_{50} < 0,60 \text{ h}^{-1}$);
- **programmazione dei test** all'interno del **cronoprogramma** di costruzione o occupazione dell'edificio;

Il **Blower-Door-Test** permette di misurare l'**ermeticità** di un edificio dopo aver imposto una determinata **differenza di pressione tra interno ed esterno**. Il metodo permette di scoprire “le perdite d'aria” dell'involucro edilizio e di **valutare il flusso** (o il tasso) **di ricambio dell'aria**. Attraverso un apposito **ventilatore l'aria viene immessa o aspirata** dell'edificio oggetto del test. La forza del ventilatore viene regolata in modo che tra pressione interna e pressione esterna ci sia una prestabilita differenza di pressione (solitamente 50 Pa). La differenza di pressione tra due punti dell'atmosfera è la causa dei flussi d'aria. Al ventilatore sono collegati degli strumenti (Data-Logger) che misurano la differenza di pressione e l'intensità del flusso d'aria. La velocità di rotazione del ventilatore sarà regolata in modo tale da generare una ben determinata differenza di pressione tra l'interno e l'esterno (50 Pa). Di conseguenza si induce un flusso d'aria che compensa le “perdite” di differenza di pressione dovute alle infiltrazioni. Il valore del **flusso d'aria misurato** viene poi utilizzato per ricavare diversi indici a secondo della norma di riferimento. Per le due norme più utilizzate (UNI EN 13829 e UNI EN ISO 9972), tale valore viene **diviso rispettivamente per il volume netto e lordo dell'edificio**. Poiché a determinate infiltrazioni d'aria corrispondono carichi termici che l'impianto di riscaldamento/condizionamento deve compensare, il Blower Door test è fondamentale per valutare il comportamento termico-energetico degli edifici, specialmente se si vogliono raggiungere elevate prestazioni.

Tipici valori di n_{50}^5 (differenza di pressione 50 Pa) sono:

- casa passiva $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
- edificio a basso consumo energetico $n_{50} \leq 2,0 \text{ h}^{-1}$

⁵ Un valore di n_{50} di 1 sta a significare che con una differenza di pressione di 50 Pa il volume d'aria dell'edificio viene cambiato per 1 volte in un'ora.

- edificio con impianto di ventilazione forzata $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$
- edificio tradizionale $n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$

In genere, ai fini del comfort, sono segnalate le perdite (gli spifferi) ove la velocità dell'aria è $> 2,0 \text{ m/s}$, mentre se il valore n_{50} di target non è raggiunto, non è più solo significativa la velocità ma anche l'area di influenza della perdita.

Il test di tenuta all'aria segue attualmente la **normativa UNI EN ISO 9972** in vigore dal 2015, che supera la normativa precedente, la UNI EN 13829 in vigore dal 2001. Aspetto fondamentale di differenza tra la attuale normativa e la precedente è il **metodo di calcolo del volume interno V_{n50} [m³]**. La UNI EN ISO 9972 richiede che per il calcolo del volume interno siano utilizzate le dimensioni interne complessive, non dovendo quindi sottrarre il volume occupato dalle pareti interne e dai solai interpiano. La UNI EN 13829 non prende invece in considerazione pareti interne e solai, calcolando stanza per stanza il volume di aria netto. Ne consegue che il volume che si ottiene con la UNI EN ISO 9972 è maggiore rispetto a quello ottenuto rispetto alla UNI EN 13829 e quindi il valore n_{50} con la nuova normativa risulterà inferiore a quello calcolato con la precedente.



Figura 7.41 – Preparazione di un test Blower Door Metodo B per un edificio con struttura XLAM. Si possono notare i teli utilizzati per sigillare le aperture prima della posa degli infissi.

La formula per il calcolo del valore n_{50} istantaneo⁶ è la seguente :

$$n_{50} = V_{50} / V_n \quad [\text{h}^{-1}] \quad [7]$$

dove:

- V_{50} è la **portata in metri cubi per ora del ventilatore** per mantenere una **pressione costante** (positiva o negativa) di 50 Pascal rispetto alla differenza di pressione “naturale” dell’edificio (solitamente dell’ordine di 0,5 Pa, ma dipendente da temperatura, esposizione e vento);
- V_n è il valore del **volume netto di riferimento** che, a seconda del protocollo di certificazione scelto potrebbe essere misurato diversamente.

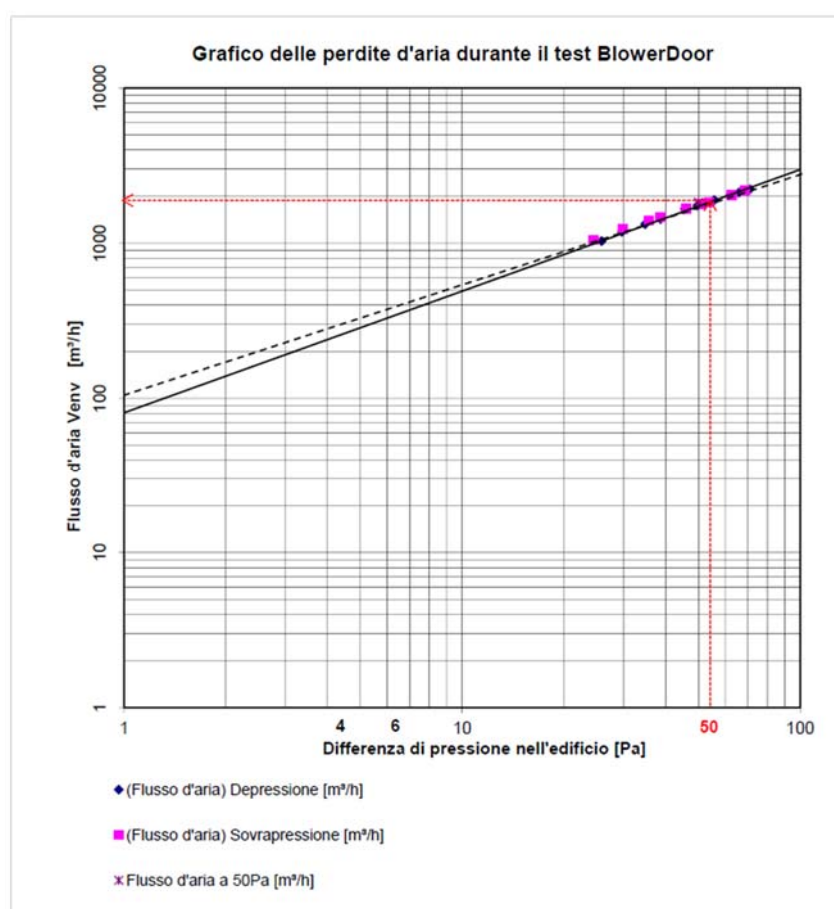


Figura 7.42 - Grafico delle perdite d'aria durante il test Blower Door

Il Blower Door Test descritto, nella UNI EN 13829:2002, prevede **due metodi di prova** distinti, mentre la norma 9972 ne prevede 3, sostanzialmente molto simili. Ai fini di questo manuale si descrivono quelli della prima:

⁶ Si preferisce definirlo “istantaneo” perché la misura del parametro n_{50} secondo la norma è in realtà un valore interpolato da misure a pressioni superiori ed inferiori al valore di 50 Pascal.

- **metodo A:** prova di un edificio in uso: questo test serve a verificare effettivamente le perdite parassite di un edificio normalmente in uso (ad esempio serramenti chiusi ma non sigillati);
- **metodo B:** prova dell'involucro edilizio: tutte le aperture devono essere chiuse e/o sigillate.

Il **metodo "A"** serve a valutare l'**effettivo tasso di ricambio di aria** dell'edificio (rapporto tra flusso di aria e volume interno ad una data pressione, normalmente 50 Pa) e fornire quindi un parametro di riferimento per un costruttore o una caratterizzazione qualitativa dell'edificio in uso. Il **metodo "B"** serve invece a **caratterizzare l'involucro edilizio** in quanto ogni apertura impiantistica (a discrezione di chi fa la misura) può venire sigillata e la sigillatura deve essere descritta nel report di misura stesso.

Entrambi i metodi sono utili ai fini di una caratterizzazione delle prestazioni dell'involucro, anche se ovviamente il metodo "A" è più immediato e facilmente realizzabile sebbene i risultati forniti solitamente non incontrano le esigenze di capitolato e i valori forniti dal metodo "A" sono maggiori rispetto al metodo "B".

La norma **UNI EN 13829:2002** fornisce ulteriori **dettagli sui metodi di prova** e sulla presentazione dei risultati, anche se questo tipo di test solitamente viene utilizzato per un'**analisi qualitativa** della realizzazione dell'edificio. Tale analisi qualitativa serve a rilevare ed intervenire su determinate infiltrazioni causate, ad esempio, da **errori di installazione di serramenti**, da grate da areazione forzata non installate correttamente oppure da negligenze in fase di realizzazione.

Gli **errori più comuni** sono:

- 1) il primo errore è **non programmare il test inserendolo nel flusso delle lavorazioni del cantiere**, bensì di vederselo solo come una verifica finale. In tal modo, con esito negativo, sarà quasi impossibile (e probabilmente molto costoso) intervenire. Quindi è necessario fare almeno 1 test con Metodo B ed inserirlo nel cronoprogramma e nei documenti contrattuali, indicando come i diversi interlocutori devono relazionarsi a vicenda affinché il test sia possibile (involucro chiuso) e con le sigillature temporanee eseguite;
- 2) dal punto di vista costruttivo, sono quasi sempre le **intersezioni tra impianti (soprattutto impianti elettrici) ed involucro** che creano le **maggiori perdite**: è necessario razionalizzare i passaggi ed indicare per ciascuno di essi la metodologia di sigillatura esterna (tra tubazione ed involucro) ed interna (tra

tubo e cavo). Per la seconda molto meglio l'utilizzo di tappi piuttosto che di siliconi;

- 3) **fare affidamento a massetti alleggeriti o caldane per la tenuta all'aria verso terra.** Questi due elementi hanno un **coefficiente di permeabilità all'aria troppo elevato**. Solo una platea di cemento gettata può essere utilizzata a tal scopo, ed i teli delle pareti, devono essere collegati e sigillati ad essa;
- 4) sottovalutare l'**influenza della ferramenta** e delle graffette sui teli delle pareti;
- 5) **fissare la struttura della controparete** alle pareti XLAM o agli OSB senza punto chiodo di sigillatura.



Quesiti – L'involucro termico

Rispondi alle seguenti domande.

Domande aperte

- 1) Che cosa si intende per “regola di continuità” dell'involucro termico? Quali scopi si pone?

- 2) Quali sono gli effetti positivi della continuità dello strato di tenuta all'aria?

- 3) Dove è necessario redigere dei dettagli costruttivi? Fornisci qualche esempio.

4) Quali sono le parti di una costruzione che possono fungere come elementi di tenuta all'aria in un edificio in legno?

5) Come si effettua un Blower Door Test? Qual è lo scopo principale della prova?

Domande a risposta multipla

- 1) Il Blower Door Test è preferibile eseguirlo: ☐ a lavori terminati, poco prima della consegna dell'opera
☐ in una fase intermedia dei lavori
- 2) La continuità dell'involucro termico deve essere: ☐ garantita singolarmente da ciascun componente
☐ garantita nell'insieme di componenti che costituiscono il pacchetto costruttivo.

7.9 ACUSTICA: CENNI

L'esperienza sulle prove su edifici in legno ha messo in luce una serie di aspetti finora poco conosciuti.

Nel dettaglio si possono fare le seguenti osservazioni:

- **R'w strutture verticali:** i risultati delle prove in opera mostrano una **netta superiorità rispetto alle strutture realizzate con tecnica tradizionale**, a partirà di spessori complessivi e con masse superficiali nettamente inferiori;
- **R'w strutture orizzontali:** le prestazioni complessive possono essere considerate **analoghe alle strutture tradizionali**. Mentre l'abbattimento alle frequenze medio alte risulta più che buono, alle basse frequenze le strutture leggere mostrano i loro limiti;

- **nw solai:** i risultati sono comparabili con il gruppo “esteso” di strutture tradizionali, mentre se si considerano le 10 migliori strutture, emerge come la **maggior massa e rigidità dei solai in laterocemento** sia in grado di **smorzare meglio le vibrazioni** in particolare alle basse frequenze. È stato osservato che i solai esaminati presentano le stesse criticità legate alla corretta posa in opera dello strato resiliente, del massetto e della pavimentazione rispetto ai solai tradizionali. In particolare è stato verificato che sulle strutture che non raggiungevano gli standard minimi, erano osservabili dei difetti di posa (collegamenti rigidi ai bordi) oppure vi erano dei dubbi sull’effettiva stratigrafia, dal momento che il massetto era stato realizzato da una squadra in subappalto;
- **D2m,nT,w facciate:** rappresenta un altro punto a favore della tipologia costruttiva in legno. Il valore medio, fra il resto penalizzato da un elemento caratterizzato da un grave errore di montaggio del serramento (mancanza della battuta inferiore), risulta comunque superiore al valore dei migliori 10 tradizionali. La tipologia delle vetrocamere e dei telai è del tutto analoga a quanto riscontrabile nell’edilizia tradizionale, ne consegue che la differenza va ricercata nel montaggio più accurato del serramento sulla struttura;
- **LASmax impianti:** Per quanto riguarda gli impianti, il ridotto numero di prove, dovuto al mancato allacciamento alla rete idrica di 3 dei cantieri visitati, non consente di fare alcuna valutazione. È tuttavia evidente che la disposizione razionale di impianti e accessori all’interno delle intercapedini, rappresenta una potenziale soluzione vincente risultando meno soggetta a tutte le variabili legate alla trasmissione di rumore e vibrazioni proprie degli impianti realizzati sottotraccia in strutture in laterizio;

Un punto di forza delle costruzioni in legno è certamente rappresentato dalla **precisione nell’accoppiamento dei vari elementi strutturali** che giungono in cantiere già preassemblati.

La realizzazione delle **contropareti** limita ulteriormente le trasmissioni laterali e permette l’installazione degli **impianti senza dover intaccare con tracce** o fori la struttura centrale che resta quindi perfettamente integra e continua.

Altro dettaglio importante riguarda l’inserimento dei serramenti nelle strutture perimetrali che avviene con tolleranze minime che, al contrario di quanto accade in un cantiere tradizionale, **non richiedono l’impiego di schiume autoespandenti** per tamponare le luci che rimangono fra il falso telaio e la struttura muraria.

Per contro si conferma che il punto critico è rappresentato dalla **struttura del solaio** che, nonostante offra prestazioni di isolamento aereo paragonabili alle strutture tradizionali, risente in maniera importante della corretta posa in opera dello strato resiliente, del massetto e della pavimentazione.

Dal punto di vista dei difetti evidenziati nella posa in opera, questi possono essere del tutto riconducibili a quanto riscontrabile in un cantiere tradizionale. **Scorretta posa dello strato anticalpestio, collegamenti rigidi fra massetto e pareti laterali, errata posa in opera e/o regolazione degli infissi.** L'impressione è comunque che le imprese che realizzano edifici in legno abbiano maggiore controllo su tutte le fasi di cantiere riuscendo a limitare l'impiego di maestranze in subappalto.

8

Riferimenti bibliografici

8.1 PUBBLICAZIONI

AAVV, 2018. La figura del Direttore Tecnico di Produzione

AAVV, 2014. Il legno massiccio: materiale per un'edilizia sostenibile.

AAVV, 2017. Appunti per le Costruzioni in legno.

AAVV, 2017. Durability of mass timber structures: a review of the biological risks.

AA.VV, 2017. Strutture resistenti al fuoco, EPC, Roma.

AAVV, 2018. La classificazione secondo la resistenza.

British Columbia, 2017. Innovation in hybrid mass-timber construction – Construction of a tall wood building brock commons tallwood house: construction overview.

Assolegno, 2013. Guida Pratica alla Durabilità e ai Trattamenti del legno.

Assolegno, 2018. FAQ –NTC 2018

Assolegno, 2019. La Figura del Direttore Tecnico di Produzione – NTC 2018.

Assolegno, 2019. FAQ – Circolare esplicativa NTC 2018.

Cristiano Loss, Marco Luchetti, Maurizio Piazza, Mauro Andreolli, 2013. Indicazioni per la progettazione e direzione lavori di edifici in legno in zona sismica

Eva Frühwald, S. Thelandersson, Lund University Ludovic Fülöp, Tomi Toratti, VTT, Robustness evaluation of failed timber structures 2008

Eva Frühwald, Erik Serrano, Tomi Toratti, Arne Emilsson, Sven Thelandersson (University of Lund), Design of safe timber structures – How can we learn from structural failures in concrete, steel and timber?, 2007

Forintek Canada Corp, Understanding Biodeterioration of Wood in Structures, P.I. Morris - Wood Preservation Scientist - Composites and Treated Wood Products, 2001

Franco Piva, Il libro del carpentiere (2° edizione), 2012

M. Bacher, Comparison of different machine strength grading principles, 2008

Marco Lauriola, Maurizio Follesa, Marco Luchetti, 2011. Edifici a struttura di legno, Progettazione e realizzazione.

Marco Lauriola, Mario Moschi, 2011. Durabilità e manutenzione delle strutture di legno.

Marco Luchetti, Thomas Schrentewein, 2011. Elementi strutturali in legno – Travi Uso Fiume e Uso Trieste: tradizione ed innovazione.

Raffaello Nardi Berti, 2006. La struttura anatomica del legno ed il riconoscimento dei legnami italiani di più corrente impiego Seconda edizione CNR IVALSÀ

Friz H. Schweingurber, 1990. Microscopic wood anatomy. Terza edizione, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research

P. Dietsch, A. Gamper, M. Merk, S. Winter, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion Technische Universität München, Germany, “Monitoring building climate and timber moisture gradient in large-span timber structures”, 2012

Philipp Dietsch Dr.-Ing., Research Associate Chair of Timber Structures and Building Construction Technische Universität München, Germany; Steffen Franke Prof. Dr.-Ing, Professor for Timber Constructions Bern University of Applied Sciences, Architecture, Wood and Civil Engineering CH-2504 Biel/Bienne, Switzerland; Bettina Franke Dr. Ing., Research Associate Bern University of Applied Sciences, Architecture, Wood and Civil Engineering CH-2504 Biel/Bienne, Switzerland; Andreas Gamper MSc, Research Assistant Chair of Timber Structures and Building Construction Technische Universität München, Germany; Stefan Winter Univ.-Prof. Dr.-Ing. Chair of Timber Structures and Building Construction Technische Universität München, Germany “Methods to determine wood moisture content and their applicability in monitoring concepts” 2012

Roberto Zanuttini, Gaetano Castro, Stefano Berti 1998. “Xiloglos. Glossario multilingue dei termini usati in tecnologia del legno” www.populus.it/xilo.php

Stefano Berti, Alan Crivellaro, Michela Nocetti, Leonardo Rescic, Lorena Sozzi, “Conoscere il legno”, CNR IVALSÀ Firenze Italia

Brunetti, Cerullo, Luchetti, Nocetti,, Togni, 2011, “Il legno strutturale italiano entra in Europa. Situazione tecnico-normativa per gli assortimenti a sezione rettangolare,” AL. AREALEGNO, Vol. 56, pp. 52-55

Brunetti, Luchetti, Nocetti, Togni 2011. “Impiego del legno in edilizia. Nuove regole e nuove opportunità,” SHERWOOD. FORESTE ED ALBERI OGGI, Vol. 175, No. 7, pp. 42-45.

Tiziano Sartori, Daniele Casagrande, Roberto Tomasi, Maurizio Piazza, “SHAKE TABLE TEST ON 3-STOREY LIGHT-FRAME TIMBER BUILDING”, 2012

www.cmhc.ca, CANADIAN WOOD-FRAME HOUSE CONSTRUCTION, 2010

8.2 NORME DI PRODOTTO

EAD 130005-00-0304	Solid wood slab element for use as structural element in buildings
EAD 130196-00-0304	Solid wood boards for flatwise structural use with overlapping edge profiles
EAD 130012-00-0304	Strength graded structural timber - square edged logs with wane - chestnut
EAD 130167-00-0304	Strength graded structural timber - square edged logs with wane - softwood
UNI EN 336	Structural timber. Sizes, permitted deviations
UNI EN 338	Structural timber. Strength classes
UNI EN 1912	Structural timber. Strength classes. Assignment of visual grades and species
UNI EN 13986	Wood-based panels for use in construction – Characteristics, evaluation of conformity and marking
UNI EN 14080	Timber structures – Glued laminated timber – Requirements
UNI EN 14081-1	Timber structures – Strength graded structural timber with rectangular cross section – Part 1: General requirements
UNI EN 14250	Timber structures. Product requirements for prefabricated structural members assembled with punched metal plate fasteners
UNI EN 14279	Laminated Veneer Lumber (LVL). Definitions, classification and specifications
UNI EN 14374	Timber structures – Structural laminated veneer lumber. Requirements
UNI EN 16351	Timber structures - Cross laminated timber – Requirements

8.3 ADESIVI

UNI EN 301	Adhesives, phenolic and aminoplastic for load-bearing timber structures. Classification and performance requirements
UNI EN 15425	Adhesives - One component polyurethane (PUR) for load-bearing timber structures - Classification and performance requirements

8.4 CONNETTORI METALLICI

UNI EN 14545	Timber structures – Connectors. Requirements
UNI EN 14592	Timber structures – Dowel-type fasteners. Requirements

8.5 DURABILITÀ

UNI EN 335	Durability of wood and wood-based products. Use classes: definitions, application to solid wood and wood-based products
UNI EN 350-2	Durability of wood and wood-based products – Natural durability of solid wood. Part 2: Guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe
UNI EN 351-1	Durability of wood and wood-based products. Preservative-treated solid wood. Part 1: Classification of preservative penetration and retention
UNI EN 460	Durability of wood and wood-based products – Natural durability of solid wood – Guide of the durability requirements for wood to be used in hazard classes
UNI EN 599-1	Durability of wood and wood-based products. Efficacy of preventive wood preservatives as determined by biological tests. Part 1: Specification according to use class
UNI EN 599-2	Durability of wood and wood-based products. Performance of preventive wood preservatives as determined by biological tests. Part 2: Classification and labelling

8.6 NORME DI CLASSIFICAZIONE SECONDO LA RESISTENZA

DIN 4074-1	Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit. Teil 1: Nadelschnittholz
DIN 4074-5	Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit - Teil 5: Laubschnittholz
NF B 52-001-1	Règles d'utilisation du bois dans la construction - Classement visuel pour l'emploi en structures des bois sciés français résineux et feuillus - Partie 1 : bois massif
NF B 52-001-2	Règles d'utilisation du bois dans la construction - Classement visuel pour l'emploi en structures des bois sciés résineux et feuillus - Partie 2 : méthode alternative pour le bois massif entrant dans la fabrication de bois

	lamellé collé BLC et bois massif reconstitué BMR - Règles d'utilisation du bois dans la construction - Classement visuel pour l'emploi en structures des bois sciés résineux et feuillus - Partie 2: Méthode alternative pour le bois massif entrant dans la fabrication de bois lamellé collé BLC et bois massif reconstitué BMR.
UNI EN 11035-1	Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 1: Terminologia e misurazione delle caratteristiche
UNI EN 11035-2	Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica. Parte 2: Regole per la classificazione a vista secondo la resistenza meccanica e valori caratteristici per tipi di legname strutturale
UNI EN 11035-3	Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica

8.7 PROGETTAZIONE

DM 17.01.18	Norme Tecniche per le Costruzioni
-------------	-----------------------------------

8.8 ALTRE

UNI 11742	Attività Professionali non regolamentate – Carpentiere di elementi e strutture di legno
-----------	---