

promo legno

Costruzione di edifici di legno

Gerhard Schickhofer, Andrea Bernasconi, Gianluigi Traetta



Costruzione di edifici di legno

1 Pareti e solai

1.1 Considerazioni generali

Nella letteratura tecnica si incontrano diversi modi di suddividere i vari tipi di costruzioni di legno. Una categorizzazione di base può essere fatta tra costruzioni di tipo leggero e costruzioni di tipo massiccio. Bisogna tenere presente che la denominazione di un tipo di costruzione di legno è sostanzialmente correlata alla struttura portante delle pareti.

Come risulta dalla seguente figura, la differenza fondamentale tra questi due sistemi costruttivi risiede nel fatto che, nella realizzazione di tipo massiccio, lo strato isolante è separato dalla struttura portante mentre, nelle costruzioni di legno di tipo leggero, isolamento e struttura portante si trovano nello stesso piano.

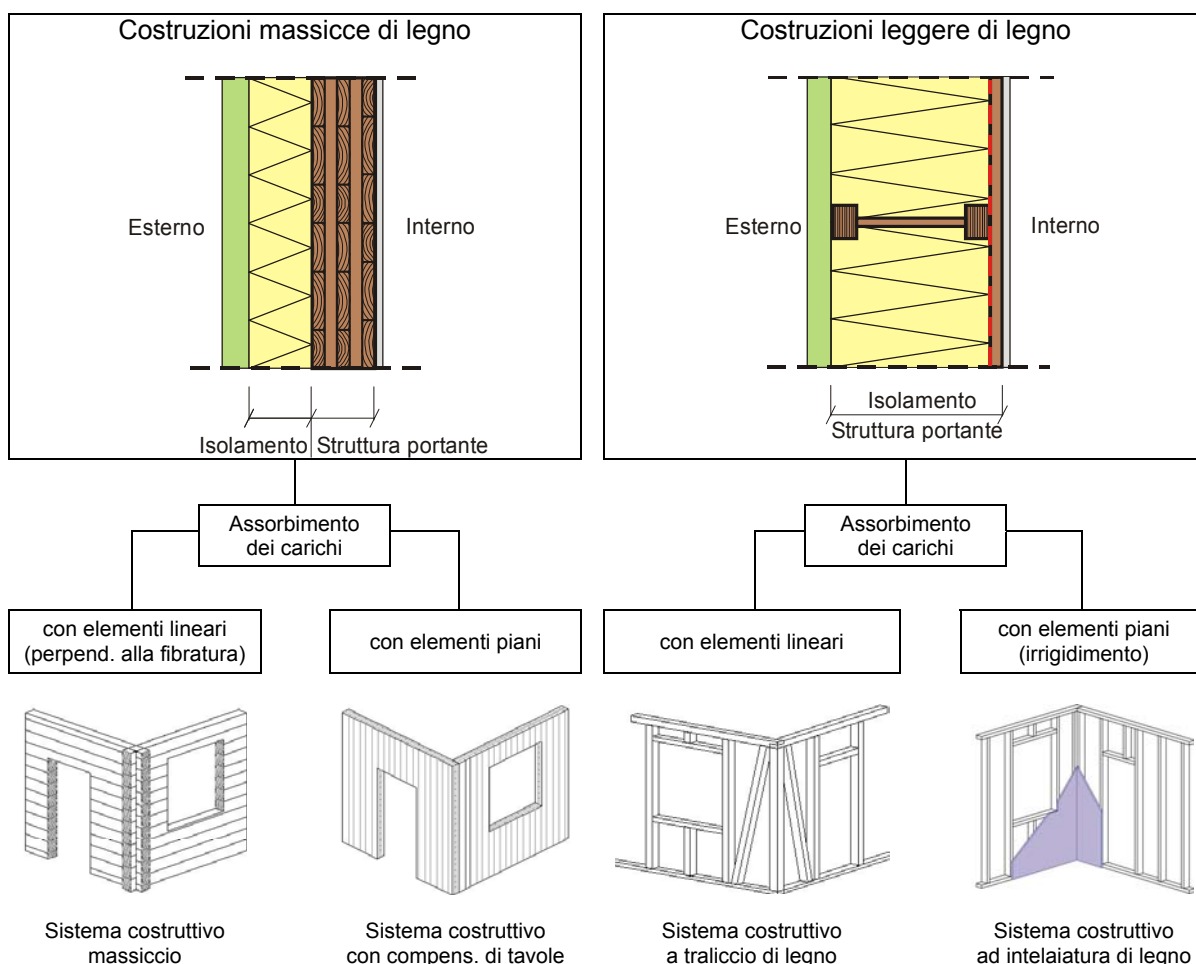


Figura 1: Suddivisione di base dei sistemi costruttivi di legno (sezione orizzontale ed assonometria)

Per la realizzazione della struttura portante vengono utilizzati nei due casi prodotti completamente diversi. Contrariamente alle costruzioni di tipo leggero, nelle quali gli elementi portanti sono i prodotti di tipo lineare provvisti di una pannellatura sottile, per quelle di tipo massiccio, come ad esempio nelle strutture a base di compensato di tavole, vengono impiegati elementi di tipo piano di grandi dimensioni. Inoltre, le costruzioni di legno di tipo massiccio, di regola, non necessitano di

alcuna barriera al vapore e possiedono una massa più elevata e quindi anche un'alta capacità di immagazzinamento di energia. In entrambi i sistemi costruttivi è possibile concepire liberamente le facciate ed il rivestimento interno.

1.2 Sistema costruttivo massiccio (Blockbau)

Le costruzioni massicce sono costituite da elementi massicci (quasi esclusivamente di legno di Conifere) disposti orizzontalmente che, assemblati per comporre una parete massiccia, assolvono sia funzione portante che di irrigidimento. Il collegamento degli elementi massicci allo spigolo dell'edificio viene realizzato mediante intagli o connessioni di carpenteria classica.

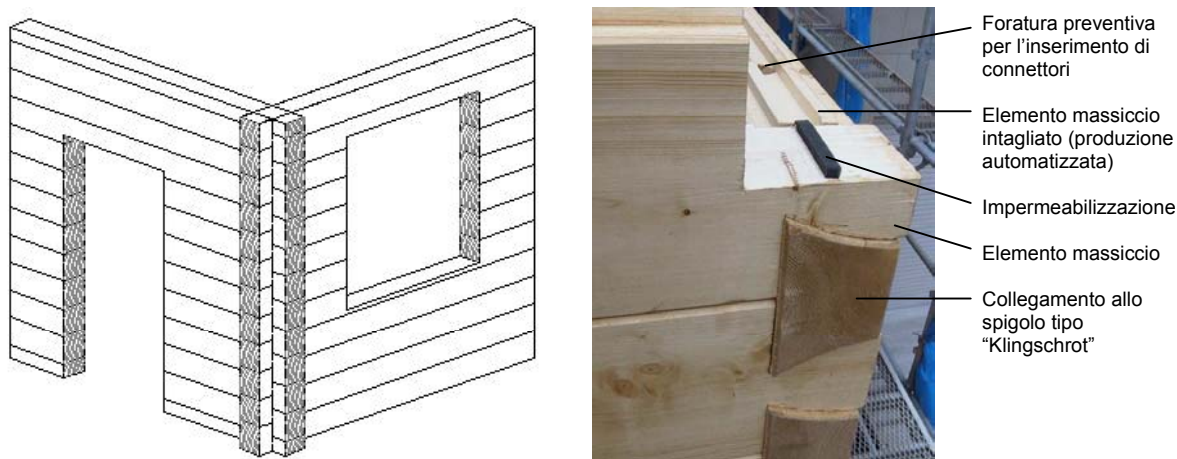


Figura 2: Sistema costruttivo massiccio



Figura 3: Altri tipi di collegamenti allo spigolo per il sistema costruttivo massiccio

In tutti e tre gli esempi di collegamento allo spigolo delle Figure 2 e 3 di una parete massiccia, gli elementi massicci sono connessi per lo più con spinotti di legno. Questa tecnica, unita alla sagomatura degli elementi massicci, permette di allineare gli elementi e garantisce l'irrigidimento delle pareti. Perciò, soprattutto ai lati delle aperture per le finestre, vengono battuti spinotti a sezione quadrata in fori circolari.

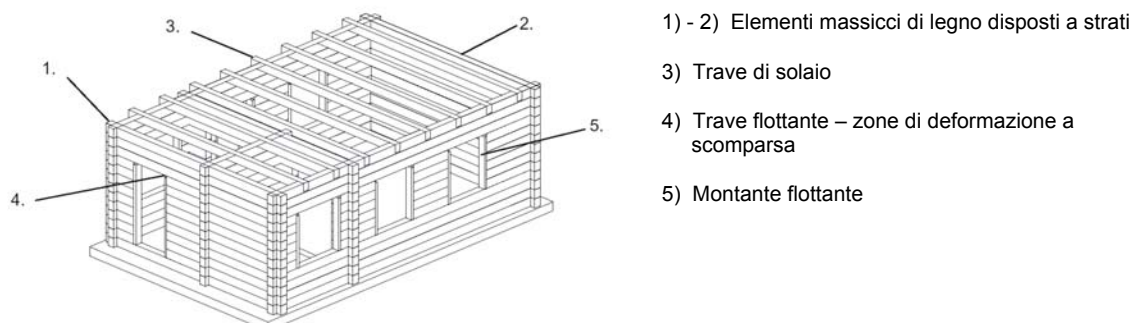


Figura 4: Terminologia adoperata per il sistema costruttivo massiccio

Specialmente nella progettazione di costruzioni massicce, si deve tener conto, in modo adeguato, delle caratteristiche particolari del materiale. Nella trasmissione dei carichi verticali, gli elementi massicci vengono sollecitati a compressione perpendicolare alla fibratura. Poiché il valore del modulo E perpendicolare alla fibratura è molto ridotto, si instaurano assestamenti importanti causati dalle deformazioni perpendicolari alla fibratura. I problemi connessi agli assestamenti possono, tuttavia, essere ridotti o eliminati completamente mediante accorgimenti costruttivi, come per esempio:

- prevedere zone “cuscinetto” o meglio zone di deformazione a scomparsa (collocando una “trave flottante”) oppure una cavità d’aria di alcuni cm in prossimità di architravi ed elementi simili, che non possono adattarsi all’assestamento;
- realizzare il giunto con una struttura muraria (p. es. una canna fumaria) o con controventi a struttura reticolare relativamente rigidi in modo che la parete massiccia possa assestarsi liberamente;
- evitare colonne portanti collegate direttamente e rigidamente con le pareti;
- considerare l’assestamento della parete massiccia nella progettazione e nella posa in opera di impianti (condotte elettriche, tubazioni per il riscaldamento e per l’acqua);
- realizzare i piastrellamenti su rivestimenti liberi e non vincolati alla parete.

1.3 Sistema costruttivo a pacchetti di tavole parallele (Brettstapekbauweise)

A partire dai pacchetti di tavole si realizzano elementi costruttivi di tipo piano massicci, costituiti da tavole o lamelle disposte di costa (“in piedi”) l’una affianco all’altra. Lo spessore di questi elementi, coincidente con la larghezza delle tavole, è compreso di regola tra 8 cm e 12 cm per le pareti, e tra 12 cm e 20 cm per i solai a seconda delle luci e dei carichi.

Gli elementi di pacchetti di tavole sono costituiti primariamente da tavole ricavate dalla porzione esterna del tronco di spessore compreso tra 24 mm e 30 mm. Le tavole vengono prima essiccate ($15 \pm 3 \%$) e piallate, successivamente collegate di costa l’una con l’altra mediante una chiodatura continua (o con spinotti di legno duro). I chiodi servono per la trasmissione degli sforzi di taglio tra le tavole. In questo modo si ottiene un elemento di legno di larghezza a piacimento in grado di ripartire parzialmente i carichi trasversalmente. L’accoppiamento delle tavole una di fianco all’altra permette, a certe condizioni, anche giunti di testa delle tavole nel mezzo dell’elemento.

Gli elementi di pacchetti di tavole possono anche essere impiegati, in caso di luci maggiori di 6 m, in strutture miste legno-calcestruzzo. Per motivi di natura statica e/o di fisica tecnica, nelle strutture miste legno-calcestruzzo viene gettata una soletta in calcestruzzo al di sopra dell’elemento di pacchetti di tavole. La connessione deformabile tra il legno ed il calcestruzzo può essere realizzata mediante mezzi di collegamento meccanici (bulloni, connettori a piolo, piastre dentate, ecc.). Il modulo di scorrimento ed il coefficiente di scorrimento necessari sono fissati, di regola, solo nelle omologazioni o devono essere determinati sperimentalmente. Con strutture miste legno-calcestruzzo si possono coprire luci fino a 10 m circa.

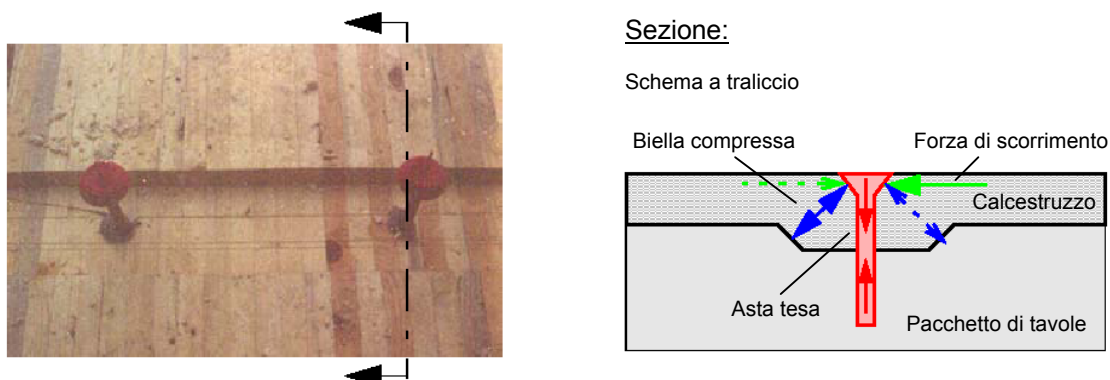


Figura 5: Connessione tra gli elementi di pacchetti di tavole ed il calcestruzzo

1.4 Sistema costruttivo con legno compensato di tavole (Brettsperrholzbauweise)

1.4.1 Considerazioni generali e possibilità d'impiego

Le costruzioni di tipo massiccio con legno compensato di tavole sono caratterizzate dall'impiego di elementi massicci piani multistrato con funzione portante, nei quali le dimensioni lungo entrambi gli assi principali sono di gran lunga maggiori dello spessore.

Gli elementi piani portanti di compensato di tavole assumono, in base alle condizioni di carico, funzione portante di piastre e/o lastre. La struttura della sezione trasversale del compensato di tavole (pannelli monostrato disposti di solito alternativamente ad angolo retto l'uno rispetto all'altro) permette di ottenere con un unico pannello una capacità portante nelle due direzioni principali del loro piano. A seguito della capacità di ripartizione trasversale dei carichi, che dipende dalla struttura della sezione, è possibile in ogni punto l'assorbimento di carichi concentrati.

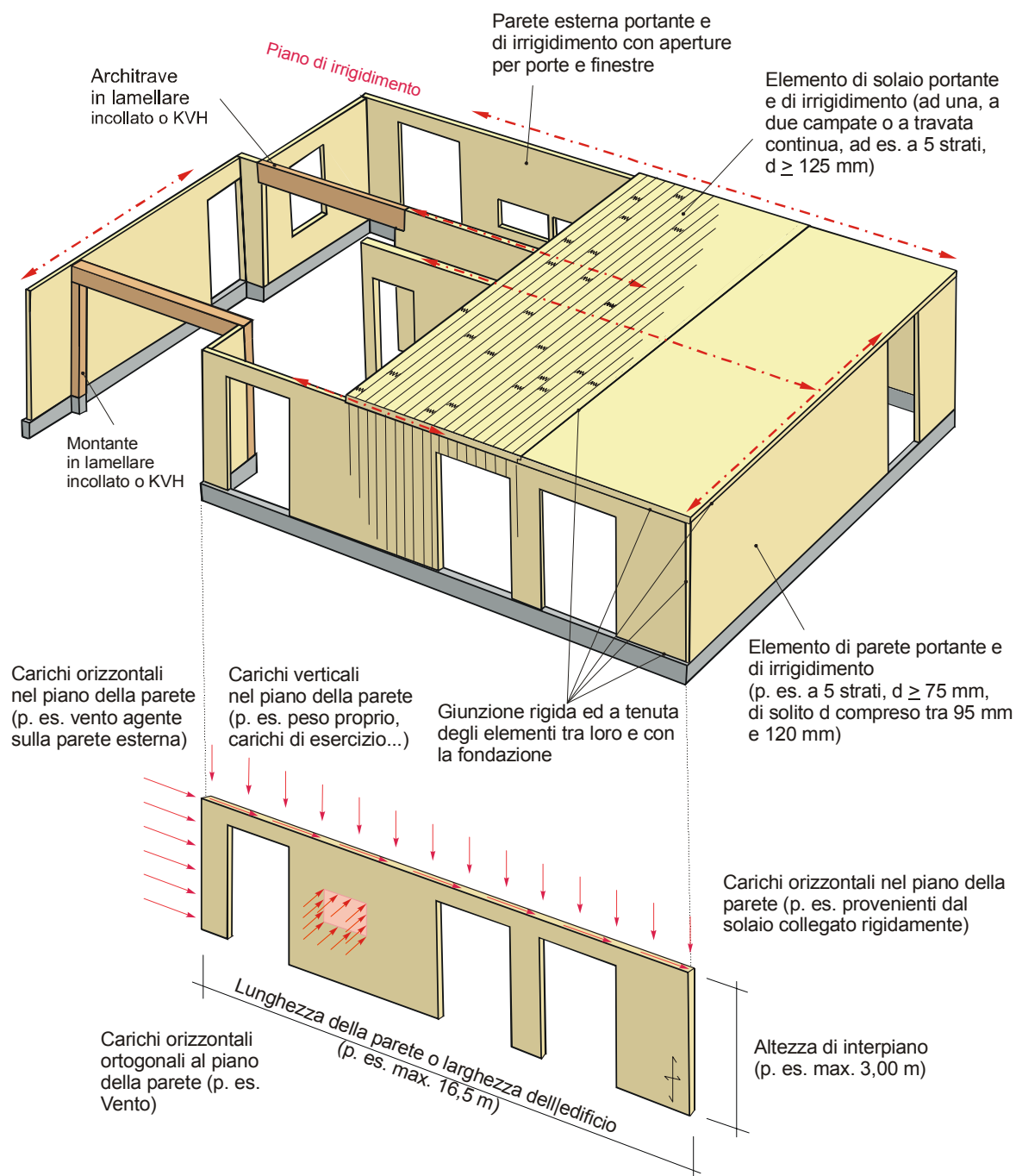


Figura 6: Impiego di elementi di legno compensato di tavole per solai e pareti in costruzioni di tipo massiccio

La Figura 6 mostra una delle molteplici possibilità di impiego del sistema costruttivo con legno compensato di tavole, che comprendono sia le case unifamiliari che le abitazioni multipiano, come pure gli edifici pubblici, gli uffici ed i capannoni.



Stabilimento della ditta KLH – Katsch a. d. Mur (A)



Uffici – Gleisdorf (A)



Edificio multipiano – Judenburg (A)



Edificio – Seetaler Alpen (A)



Abitazione unifamiliare – Wörschach (A)



Complesso residenziale – Merano

Figura 7: Edifici realizzati con il sistema costruttivo con compensato di tavole

Le possibilità di impiego del compensato di tavole in edilizia residenziale sono caratterizzate dalla varietà dei prodotti e degli elementi costruttivi. Infatti non solo possono essere realizzati solai, pareti interne ed esterne ed elementi di copertura di grandi dimensioni ma anche solette per scale e balconi, nonché elementi strutturali di tipo lineare come architravi e colonne.



Posa in opera delle pareti



Posa in opera dei solai



Interni



Soletta della scala



Soletta del balcone



Soletta del balcone a sbalzo



Apertura nel solaio per il passaggio della scala



Apertura nel solaio per il passaggio della canna fumaria



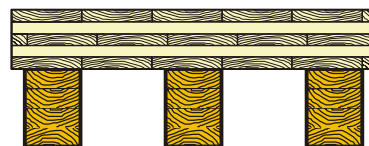
Apertura nel solaio per lucernari

Figura 8: Impiego di elementi di legno compensato di tavole in edilizia residenziale

Lo spessore di un elemento di compensato di tavole a 5 strati solitamente utilizzato per un edificio multipiano (max. 3 piani) è di circa 95 mm. Lo spessore minimo di elementi portanti massicci dipende inoltre dal tipo di prodotto e dalle relative grandezze caratteristiche, tuttavia generalmente non dovrebbe essere mai inferiore a 75 mm. Con pannelli di compensato di tavole a 5 strati di spessore compreso tra 125 mm e 160 mm, a seconda della struttura del pannello e del solaio nonché dell'entità delle sollecitazioni, si possono coprire luci di 4,0-5,0 m, in modo economico. Per luci maggiori ed elementi di parete di altezza maggiore privi di sostegni intermedi sono indicati pannelli nervati con travi incollate di lamellare o sezioni a cassone con montanti di lamellare.



Pannello nervato,
compensato di tavole a 5 strati +
lamellare incollato (da GL24 a GL36)



Sezione a cassone,
compensato di tavole a 3 strati +
lamellare incollato (da GL24 a GL36) +
compensato di tavole a 3 strati

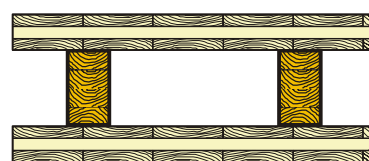


Figura 9: Pannello di compensato di tavole con nervature di lamellare incollato e variante a sezione a cassone

Gli elementi massicci di parete, solaio e copertura possono essere prodotti esattamente e singolarmente in base alle indicazioni di progetto e possono essere collegati con sistemi di connessioni semplici e standardizzati. Vengono a mancare, quindi, quelle lunghe e complicate operazioni di finitura e di montaggio in cantiere. Isolamento, rivestimenti ed elementi di facciata possono essere facilmente fissati agli elementi in compensato di tavole (montaggio rapido).

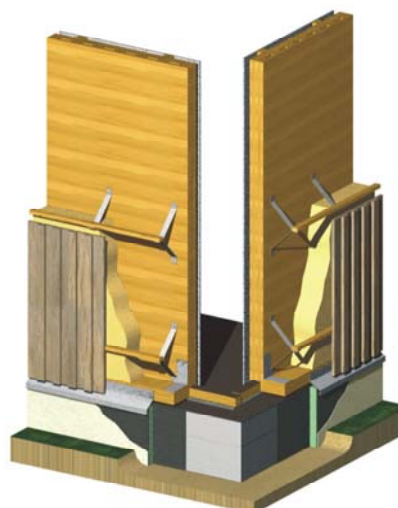


Figura 10: Montaggio di un elemento preassemblato (sin.) e fissaggio di elementi di isolamento e di facciata (des.)

È possibile anche la combinazione con altri sistemi costruttivi (ad esempio realizzazione del solaio di piano più alto come solaio a trave inflessa, con struttura di copertura disposta su di esso, o come elemento di pacchetti di tavole).

1.4.2 Realizzazione dell'irrigidimento

L'irrigidimento di edifici ad uso abitativo realizzato con elementi di compensato di tavole avviene utilizzando pareti irrigidenti, le quali, in combinazione con i solai, costituiscono una struttura rigida tridimensionale. In questo caso e grazie all'uso di elementi di compensato di tavole, i tipici

controventamenti non sono di regola necessari. L'irrigidimento orizzontale presuppone un sistema di connessione dei singoli elementi in grado di trasmettere gli sforzi.

Il numero e la posizione degli elementi di irrigidimento presenti in un edificio sono determinati dalla geometria del fabbricato, dal tipo di sezione nonché dalla geometria dei singoli elementi irrigidenti e dai carichi orizzontali (sisma, vento).

Per la trasmissione dei carichi orizzontali è fondamentale, insieme al tipo di connessione, soprattutto la lunghezza della parete non indebolita. Grandi aperture (finestre, porte), che interrompono i percorsi verticali e/o orizzontali dei carichi, ne disturbano il comportamento a lastra.

Poiché gli elementi di parete di tipo massiccio sono "più rigidi", per esempio, delle pareti impiegate per le costruzioni di tipo leggero (strutture intelaiate), il numero e la lunghezza di questi irrigidimenti possono essere ridotti. Un'adeguata verifica è tuttavia alla base di ogni elaborazione di tipo statico-costruttivo.

1.4.3 Sistemi di connessioni per elementi di compensato di tavole

Utilizzando elementi di compensato di tavole di grandi dimensioni per la realizzazione di un edificio sono necessarie poche giunzioni a contatto. Fondamentalmente si fa distinzione tra giunzioni a contatto parete-parete, parete-fondazione, parete-solaio-parete e solaio-solaio. Il collegamento necessario, in grado di trasmettere gli sforzi ed a tenuta, dei singoli elementi di grandi dimensioni in compensato di tavole avviene solitamente mediante connettori meccanici.

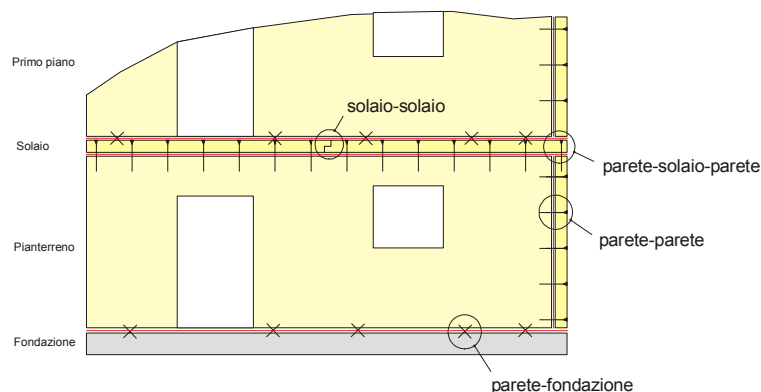


Figura 11: Posizione dei giunti degli elementi di parete di un edificio

Il collegamento degli elementi di compensato di tavole nelle citate giunzioni a contatto e la relativa trasmissione dei carichi avvengono di solito in maniera puntiforme tramite i consueti sistemi di connessione per le strutture di legno come, per esempio, bulloni per il legno, aste filettate incollate, chiodi, spinotti, viti calibrate, nonché altri mezzi di collegamento provvisti di omologazione.

Occorre tener presente che, nelle giunzioni a contatto parete-solaio-parete e parete-fondazione, insorgono per lo più sforzi di compressione a causa del peso proprio degli elementi massicci, portanti e irrigidenti, delle pareti e dei solai. Solo in condizioni di carico particolari (condizioni di carico dovute al montaggio) e/o in presenza di una geometria particolare del fabbricato (edifici multipiano con pareti irrigidenti dalla larghezza ridotta) possono presentarsi sforzi di trazione nelle giunzioni a contatto. Queste forze di trazione, per limitare l'aprirsi dei giunti, devono essere portate in fondazione mediante un adeguato ancoraggio.

1.4.4 Dettagli costruttivi tipo

I particolari costruttivi di seguito riportati vogliono mostrare alcune possibilità per le più importanti giunzioni degli elementi di compensato di tavole impiegati in edilizia residenziale (utilizzo di elementi di parete di altezza pari ad un interpiano). Nella maggior parte dei dettagli costruttivi, si presuppone che le singole lamelle degli elementi di compensato di tavole siano incollate lateralmente. Se ciò non accade, la tenuta del giunto nei confronti del vento deve essere garantita in altro modo (chiusura della superficie laterale del compensato di tavole con lamelle o disponendo

fogli di plastica). I singoli connettori devono essere disposti in base alle esigenze di natura statico-costruttiva.

Giunzioni a contatto solaio-solaio (giunto trasversale)

Per motivi legati alla produzione ed al trasporto, le larghezze degli elementi di compensato di tavole sono limitate (a seconda del prodotto larghezza massima di 3,0 m fino a 4,8 m). Si rende quindi necessaria la giunzione dei singoli elementi per ottenere solai di maggiori dimensioni. Una possibilità è rappresentata dal giunto a intaglio bullonato. Questo giunto viene applicato, di solito, nella direzione portante principale del solaio, dato che con esso può essere trasmesso solo il taglio e non la flessione (cerniera). Soprattutto per sollecitazioni non uniformemente ripartite sul solaio, possono presentarsi, nella giunzione, trazione o compressione perpendicolare alla fibratura e perciò sussiste il pericolo di fessurazione trasversale.

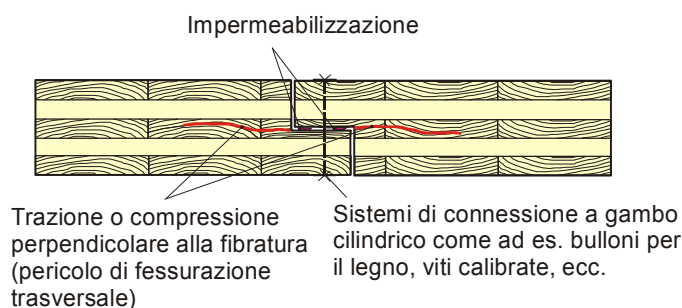


Figura 12: Giunto longitudinale a cerniere tra due elementi di solaio

Disponendo coprigiunti (ad esempio di legno compensato, pannelli a tre strati, Kerto), incassati nelle parti superiore ed inferiore degli elementi di legno compensato di tavole, può essere realizzata una connessione rigida a flessione. È possibile, inoltre, incollare questi elementi (la pressione necessaria è ottenuta con bulloni o chiodi); questa operazione di incollaggio è tuttavia da evitare in cantiere.

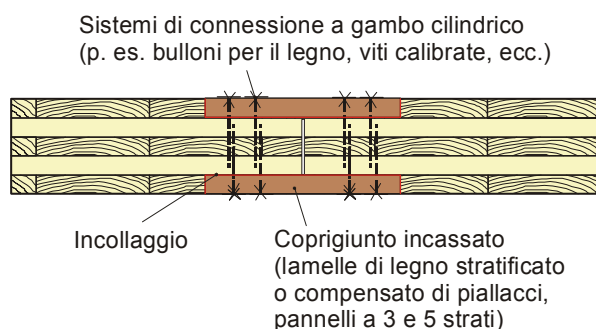


Figura 13: Giunto longitudinale rigido tra due elementi di solaio

Giunzioni a contatto parete-solaio-parete

Le giunzioni fra gli elementi di solaio e gli elementi di parete sottostanti possono essere eseguite tramite l'introduzione di viti avvitate nella superficie di testa dell'elemento piano, tramite aste filettate incollate o con l'aggiunta di angolari d'acciaio. Con questi sistemi di connessione, possono essere trasmessi ai solai sia i carichi orizzontali (p. es. il vento sugli elementi di parete) che gli sforzi di trazione.

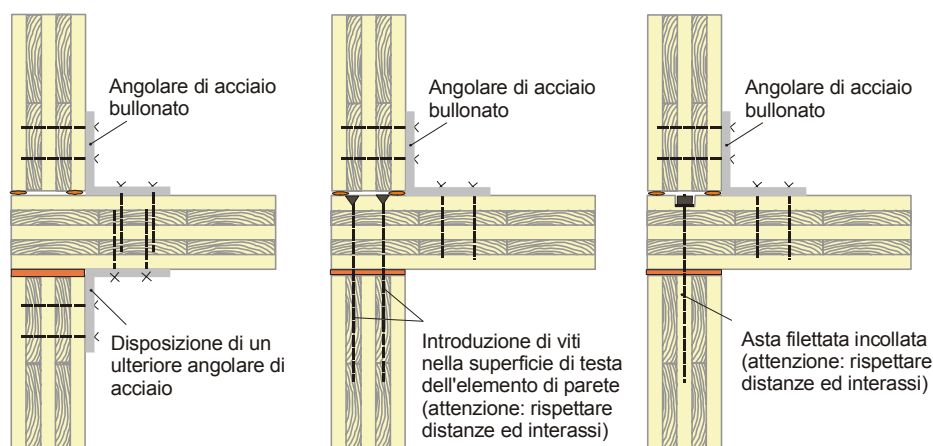


Figura 14: Giunzione parete-solaio-parete, esempi rappresentativi della realizzazione della connessione

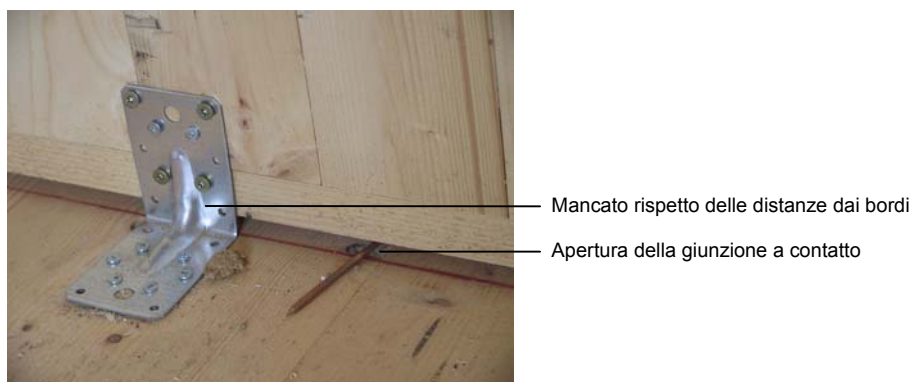


Figura 15: Giunzione parete-solaio-parete non realizzata a regola d'arte

Il collegamento parete-solaio-parete può essere anche realizzato con l'aiuto di profili di legno applicati in stabilimento all'elemento di solaio. Come materiale per questi correnti orizzontali speciali si prestano bene gli stratificati e i compensati di piallacci, i profili di legno di quercia o di robinia oppure di altre Latifoglie. Appositi spazi vuoti ricavati nell'elemento di compensato di tavole permettono avvitare aste filettate incollate montate in sede di preassemblaggio degli elementi.

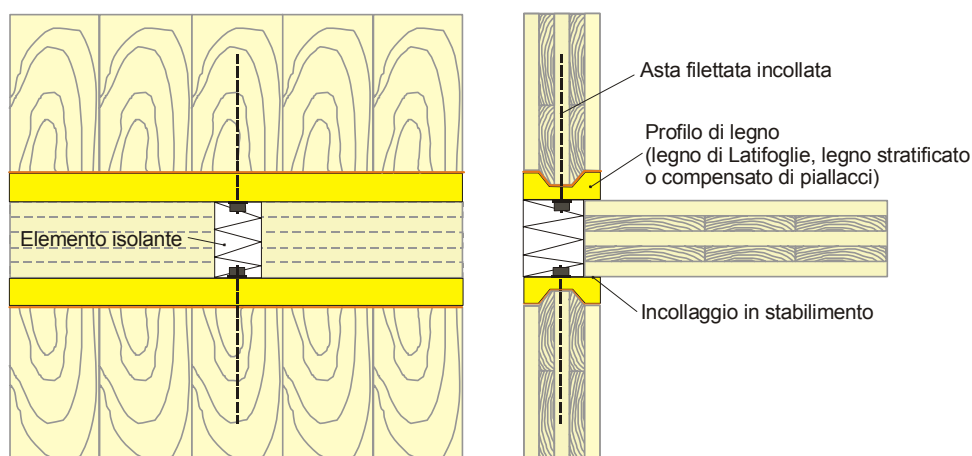


Figura 16: Giunzione parete-solaio-parete con profili di legno

La bullonatura diretta (con bulloni per il legno) dell'elemento di solaio con il sottostante elemento di parete deve essere evitata, poiché sussiste il pericolo di bullonare il legno di testa. Inoltre, per connessioni strutturali con bulloni per il legno di diametro nominale inferiore a 10 mm, devono essere realizzate almeno quattro sezioni resistenti.

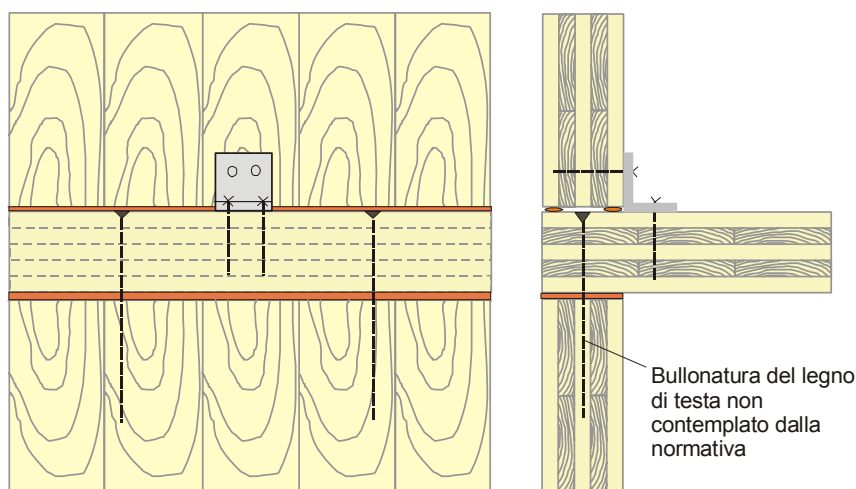


Figura 17: Giunzione parete-solaio-parete, bullonatura del legno di testa da evitare

Giunzioni a contatto parete-parete (giunto d'angolo)

Il collegamento d'angolo parete-parete può essere risolto con diversi tipi di connessioni bullonate (vedi Figura 18).

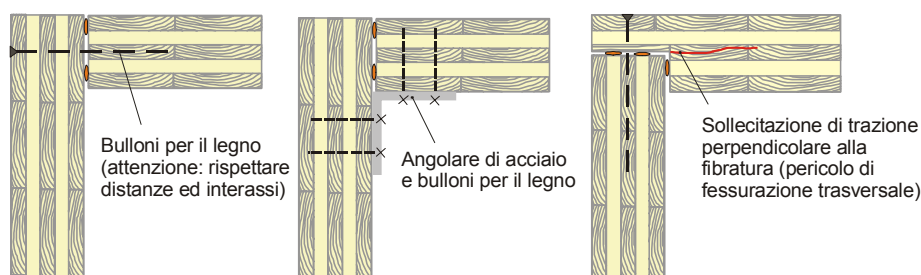


Figura 18: Giunzione parete-parete, possibilità di realizzazione del collegamento d'angolo mediante bullonatura

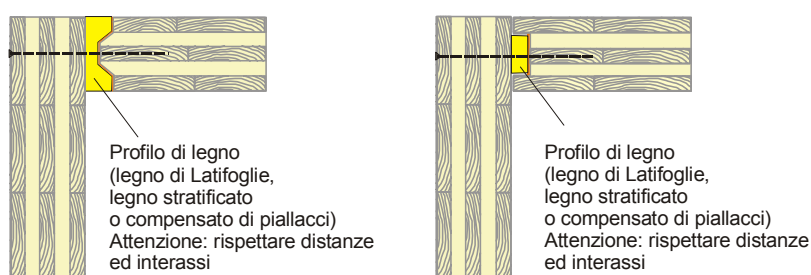


Figura 19: Giunzione parete-parete, possibilità di realizzazione del collegamento d'angolo mediante bullonatura e profili di legno

Un altro possibile tipo di collegamento parete-parete è dato da elementi di connessione a forma di gancio o a coda di rondine. Questi sistemi di connessione, se adeguatamente preparati, permettono il montaggio (autocentrante) degli elementi di compensato di tavole senza ulteriori accorgimenti.

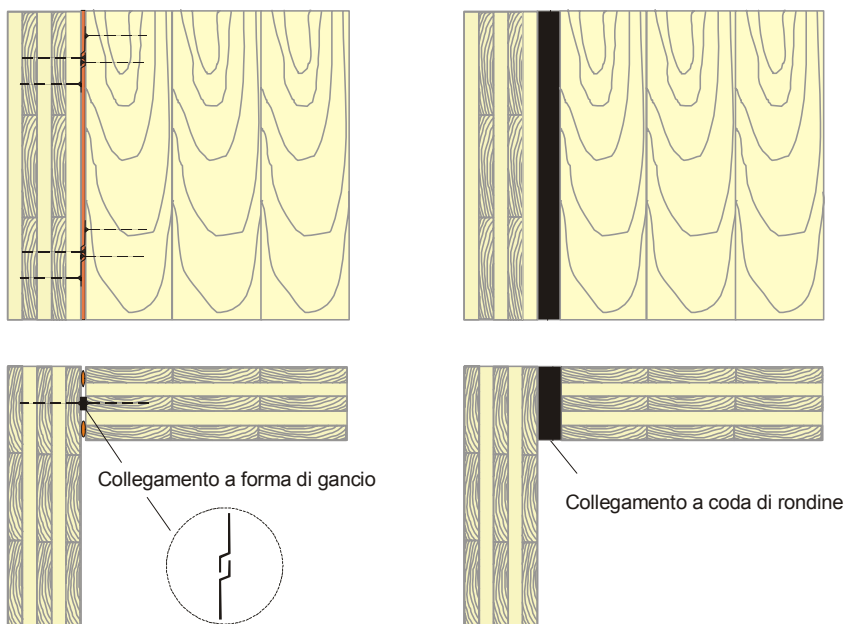


Figura 20: Giunzione parete-parete, possibilità di realizzazione del collegamento d'angolo mediante bullonatura e profili di legno

Giunzioni a contatto parete-fondazione

Per assicurare gli elementi di parete allo zoccolo o al solaio di calcestruzzo sono disponibili una serie di sistemi di connessioni.

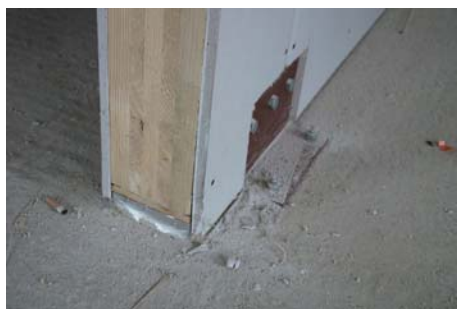
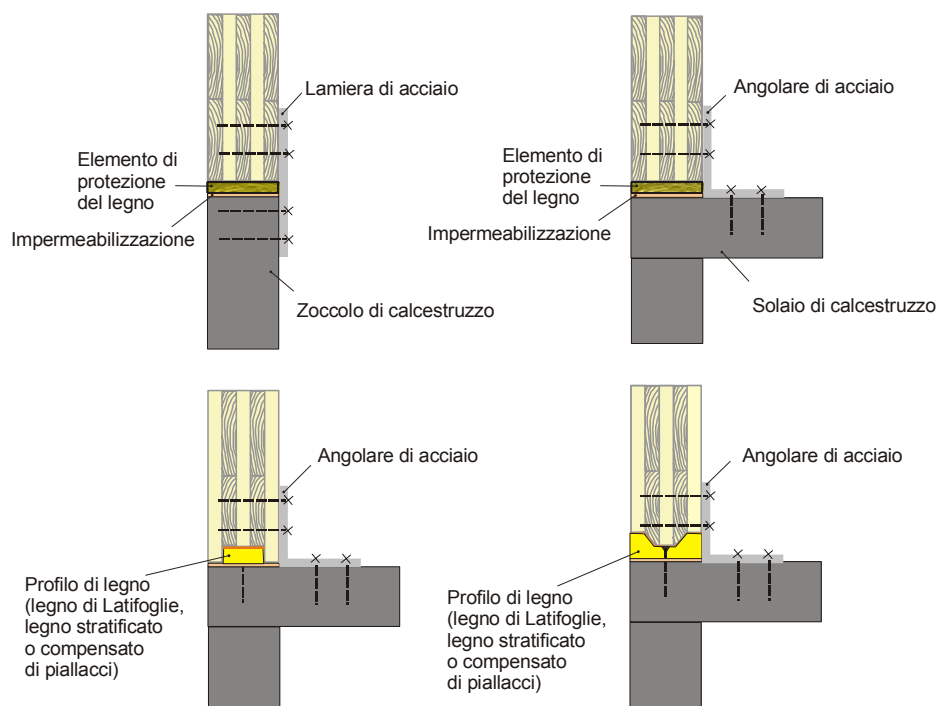


Figura 21: Giunzione parete-fondazione, disposizione di lamiere ed angolari d'acciaio come rinforzo ed ancoraggio per gli sforzi di trazione

1.4.5 Strutture tipiche di solai e pareti

Per rispondere alle esigenze di isolamento acustico soprattutto in abitazioni multipiano, è indispensabile prevedere un pavimento flottante nonché una controsoffittatura. Il riempimento viene realizzato soprattutto per livellare differenze di altezza e per ricoprire eventuali condutture elettriche.

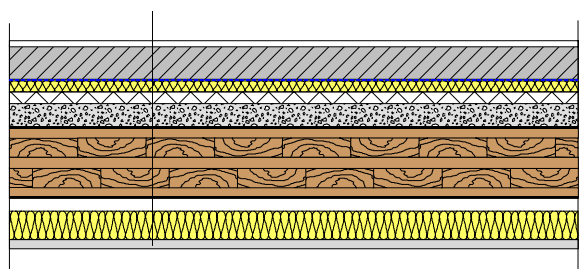
	Rivestimento del pavimento	10 mm
	Pavimento	60 mm
	Guaina di polietilene	
	Isolante acustico	20 mm
	Polistirolo espanso	20 mm
	Riempimento	40 mm
	Legno compensato di tavole	125 mm
	Interapedine d'aria	25 mm
	Isolante acustico	50 mm
	Cartongesso	<u>15 mm</u>
		365 mm

Figura 22: Solaio con particolare capacità di isolamento acustico

Di seguito si considera una struttura tipica di una parete esterna, di un solaio di piano, di una parete interna portante e di una parete divisoria, nonché i loro possibili nodi strutturali. Per una parete esterna realizzata come di seguito, il rivestimento di legno all'esterno può essere a piacimento. Tuttavia, per soddisfare le esigenze minime legate all'isolamento acustico, le giunzioni devono essere ermetiche. Le caratteristiche di isolamento acustico dei due strati isolanti devono essere accordate l'una all'altra.

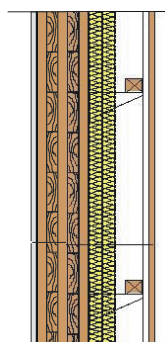
	Cartongesso	15 mm
	Legno compensato di tavole	125 mm
	Isolante termico	40 mm
	Isolante termico	40 mm
	Impermeabilizzazione	
	Interapedine d'aria	30 mm
	Listellatura	50 mm
	Rivestimento	20 mm
	Facciata di legno	<u>20 mm</u>
		340 mm

Figura 23: Parete esterna con particolare capacità di isolamento termo-acustico

	Cartongesso	15 mm
	Legno compensato di tavole	95 mm
	Pannello divisorio	30 mm
	Impermeabilizzazione	
	Legno compensato di tavole	95 mm
	Rivestimento	<u>70 mm</u>
		305 mm
	Cartongesso	15 mm
	Legno compensato di tavole	95 mm
	Cartongesso	<u>15 mm</u>
		125 mm

Figura 24: Parete divisoria (sin., particolare capacità di isolamento acustico) e parete interna portante (des., particolare capacità portante)

Per una parete divisoria di un'abitazione (Figura 24), due pannelli di legno compensato di tavole rivestiti con cartongesso non garantiscono il rispetto delle esigenze di isolamento acustico (~ 49 dB). È necessario disporre almeno da un lato un ulteriore elemento di rivestimento indipendente.

Una parete interna portante (Figura 24) viene di regola maggiormente sollecitata e perciò presenta uno spessore maggiore. Se non devono essere soddisfatte particolari esigenze riguardo al comportamento al fuoco, è sufficiente un rivestimento semplice con cartongesso.

Se si realizza un nodo tra la parete esterna ed il solaio di un piano, dal punto di vista dell'isolamento acustico si deve considerare che solaio e parete devono essere adeguatamente separati in modo da interrompere la propagazione del suono attraverso la parete esterna.

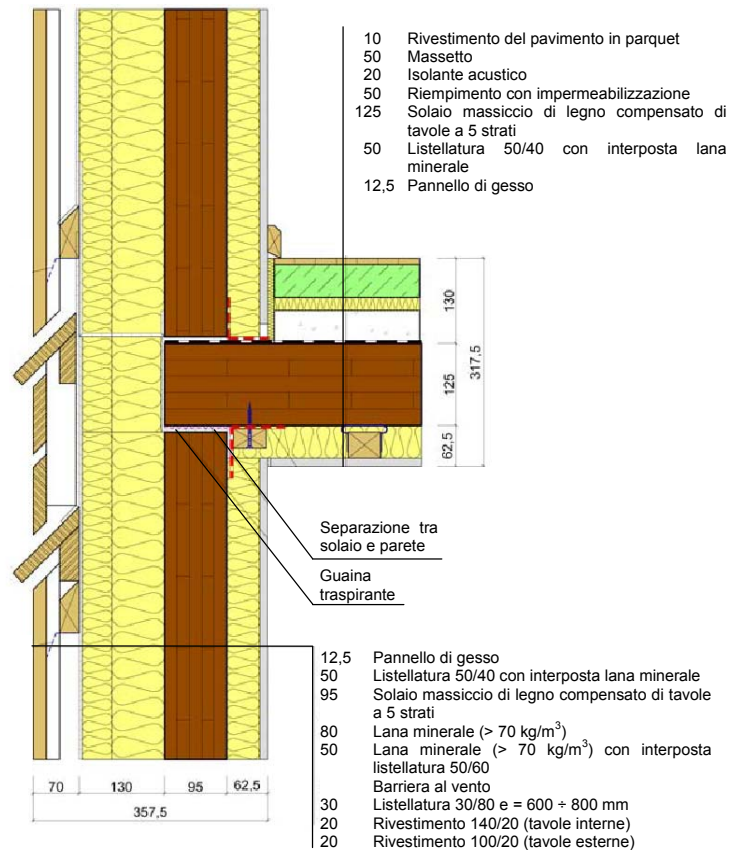


Figura 25: Solaio e parete esterna adeguatamente separati per interrompere la propagazione del suono

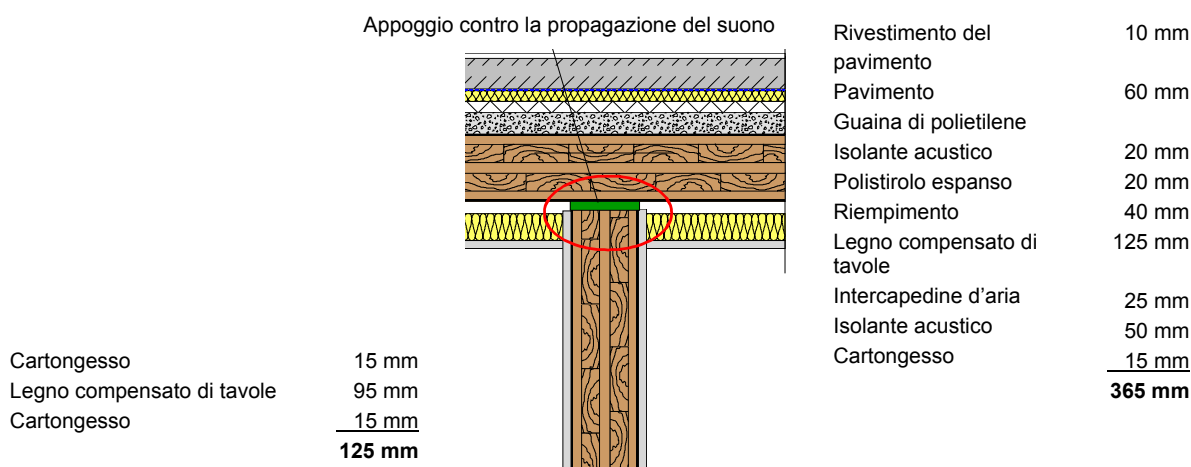


Figura 26: Giunzione a contatto tra parete interna portante e solaio per interrompere la propagazione del suono



Figura 27: Tipo di appoggio ottimale dal punto di vista dell'isolamento acustico per elementi di solaio di legno compensato di tavole

1.5 Sistema costruttivo ad ossatura portante di legno (Holzskelettbauweise)

Questo tipo di costruzione si è sviluppato sin dai tempi del primo neolitico.

Oltre al metodo di disporre tronchi d'albero orizzontalmente l'uno sull'altro (costruzione massiccia), uno dei primi modi di costruire edifici consisteva nell'interrare pali verticalmente e collegarli l'uno con l'altro mediante traversi (costruzione di palafitte). Le pareti tra questi pali venivano completate con intrecci ed argilla.

Le moderne costruzioni ad ossatura portante sono state realizzate sin dalla fine degli anni '60 per lo più in Europa, ed in Giappone dall'inizio degli anni '80. Dimensioni del reticolo in pianta grandi a piacimento, rese possibili dallo sviluppo del legno lamellare incollato, aprivano, grazie all'aumento

dei possibili interassi di travi e colonne, ampi spazi per la concezione dello spazio interno ed il suo utilizzo.

Colonne e travi sono disposte a grande interasse per poter inserire facciate e pareti divisorie realizzate a piacimento. Sopra o in mezzo alla struttura portante principale sono inseriti gli elementi portanti secondari. Essi possono essere travi e puntoni (per luci ridotte anche tavoloni) o elementi di tipo piano di legno compensato di tavole (per luci ridotte anche pannelli a base legno).

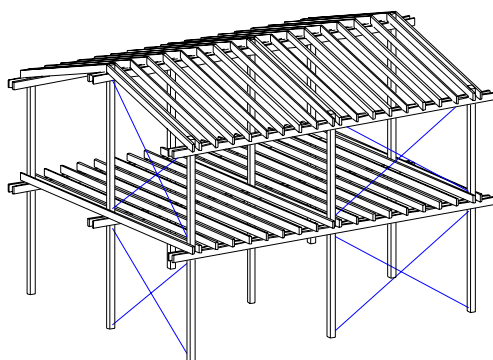


Figura 28: Costruzioni ad ossatura portante di legno in edilizia residenziale

Facciate e pareti divisorie non assorbono di regola alcuna forza verticale nelle costruzioni ad ossatura portante di legno ma possono essere utilizzate come irrigidimento. I tamponamenti possono essere realizzati con sistemi costruttivi a piacimento come elementi intelaiati, elementi di legno compensato di tavole, costruzioni con vetro ma anche murature. Per il fatto che il sistema costruttivo ad ossatura portante permette grande flessibilità nella scelta degli elementi di tamponamento (eventualmente senza alcuna funzione portante), esso può essere definito piuttosto come tipo di struttura portante, che come tipo di costruzione.

Le caratteristiche del sistema costruttivo ad ossatura portante di legno sono:

- distribuzione in pianta delle pareti intercambiabile e pareti facilmente spostabili;
- libertà di organizzazione sulla base di reticoli e moduli variabili;
- ossatura portante e pareti non portanti indipendenti da essa;
- struttura portante per lo più immediatamente riconoscibile;
- elementi costruttivi portanti per lo più di legno lamellare incollato;
- impiego di mezzi di collegamento d'acciaio;
- elevato grado di prefabbricazione;
- possibilità di "fai da te" per gli elementi costruttivi non portanti;
- irrigidimento per lo più mediante solai con comportamento a lastra, diagonali di acciaio o di legno oppure lastre di parete.

Riguardo alla distinzione tra costruzioni ad ossatura portante di legno e costruzioni intelaiate di legno si può notare che, nelle costruzioni intelaiate, vengono realizzate lastre per le quali non c'è alcuna separazione tra elementi portanti e di tamponamento. Nelle costruzioni ad ossatura portante, i carichi vengono assorbiti da elementi strutturali di tipo lineare, che possono rimanere a vista indipendentemente dagli elementi di tamponamento.

La maggior parte degli edifici ad ossatura portante sono costruiti secondo un reticolo orizzontale e spesso anche secondo uno verticale. Per le costruzioni ad ossatura portante, il reticolo utilizzato (come aiuto per il progetto e la realizzazione del fabbricato) stabilisce la disposizione degli elementi e la distribuzione degli spazi, definisce la posizione delle colonne portanti e la lunghezza delle travi, e quindi le luci libere nella direzione portante principale ed in quella secondaria.

In fase progettuale si sceglie un modulo di base e quindi il reticolo ottenuto come multiplo di questo modulo. Tale reticolo viene fissato soprattutto in base all'utilizzazione degli spazi, alle dimensioni dell'edificio e dei locali, all'organizzazione architettonica e ai desideri del committente. Le dimensioni del modulo di base possono essere definite ex novo in base alle esigenze più varie legate al singolo fabbricato secondo le priorità che ci si è posti.

Le dimensioni consuete del reticolo nelle costruzioni ad ossatura portante sono:

- 120/120 cm,
- 120/360 cm,
- 125/125 cm,
- 360/360 cm,
- 480/480 cm.

Le luci libere nelle direzioni portanti principale e secondaria sono quindi un multiplo delle dimensioni del reticolo, che possono essere regolari o anche irregolari.

A seconda del tipo di costruzione, le luci delle travi principali sono comprese tra 3,0 m e 8,0 m. Luci comprese tra 3,5 m e 4,5 m (5,0 m) si sono rivelate economicamente convenienti in relazione ai carichi che normalmente agiscono su solai di edifici adibiti a civile abitazione o ufficio.

Generalmente viene indicato come nodo il “punto” in cui convergono (almeno) due aste. Esso ha il compito di collegare le aste l'una con l'altra permettendo la trasmissione delle forze tra di esse. Nel metodo costruttivo ad ossatura portante si distinguono diverse tipologie di costruzioni, che si differenziano tra loro in base alla struttura delle colonne, delle travi e degli elementi di connessione. La scelta del sistema costruttivo dipende da una parte dagli aspetti architettonici e del reticolo in pianta, dall'altra parte dai carichi: perciò si sceglie prima il reticolo in pianta e si predimensiona la struttura portante principale, per poi scegliere il tipo di costruzione ad ossatura portante opportuno. Di seguito sono rappresentati alcuni nodi e i tipi di costruzione ad ossatura portante:

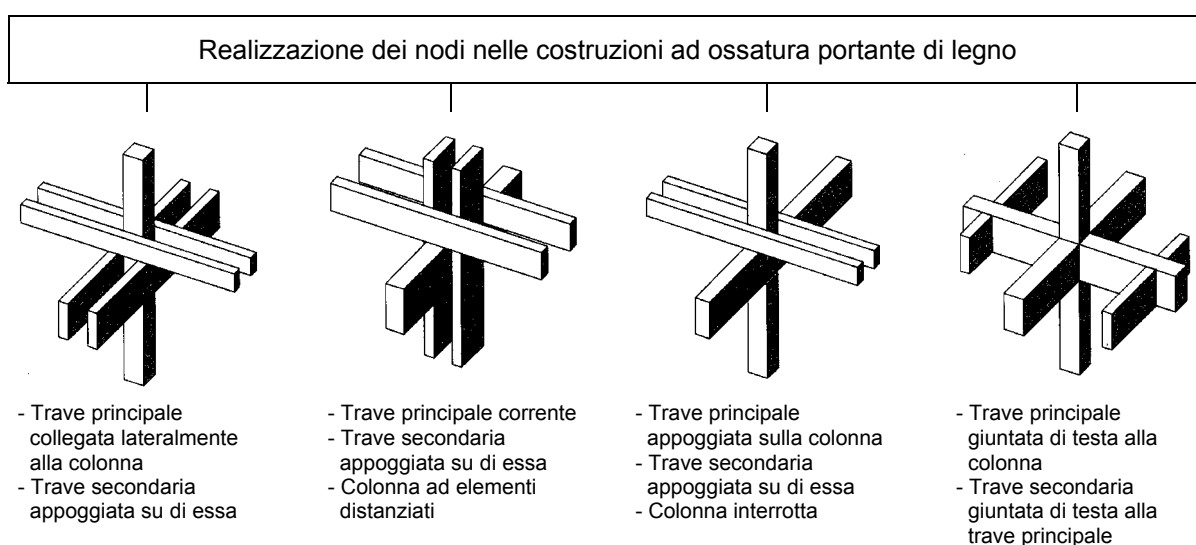


Figura 29: Realizzazione dei nodi nelle costruzioni ad ossatura portante di legno

1.6 Sistema costruttivo a traliccio di legno (Fachwerkbau)

Le costruzioni a traliccio si sono sviluppate in quelle Regioni dove il legno non era disponibile nella quantità necessaria, ad esempio, per le costruzioni massicce. Senza le attuali capacità di trasporto l'impiego dei materiali da costruzione si orientava generalmente secondo la loro provenienza geografica. Perciò esistono molte costruzioni a traliccio in Europa dell'est e centrale, ma anche in Inghilterra, Germania settentrionale, Danimarca e Olanda.

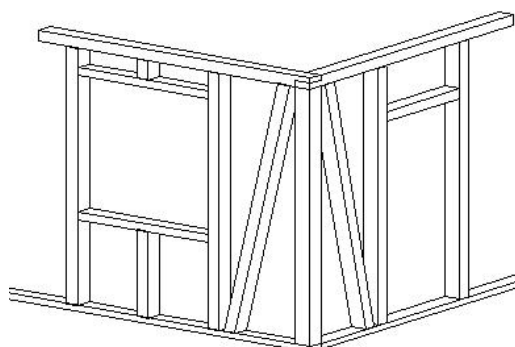


Figura 30: Costruzioni a traliccio di legno in edilizia residenziale

Le peculiarità delle costruzioni a traliccio sono:

- libertà nell'organizzazione (architettonica): l'ossatura portante viene rivestita da entrambi i lati o rimane a vista da un lato solo;
- sono possibili edifici ad un piano o multipiano;
- disposizione fissa per tutti i piani in pianta;
- avanzamento della costruzione piano per piano;
- impiego prevalente di connessioni senza elementi meccanici di collegamento (connessioni di carpenteria) con incastri e sovrapposizioni;
- gli elementi portanti hanno sezioni di grande dimensione e di forma quadratica;
- tempi di realizzazione relativamente brevi;
- strutture relativamente facili da erigere.

Moderne e precise macchine a controllo numerico, insieme alle nuove conoscenze e metodologie riguardo l'essiccazione del legno, rendono le costruzioni a traliccio economicamente competitive. Gli incastri, in questo tipo di costruzione, sono collegamenti economicamente più vantaggiosi rispetto a lamiere o elementi di forma particolare in acciaio. Questo a causa del fatto che i collegamenti vengono sollecitati poco, in quanto gli elementi di legno sono ad interasse piccolo gli uni dagli altri. Inoltre nelle costruzioni a traliccio la trasmissione dei carichi verticali avviene direttamente mediante giunti a contatto.

1.7 Sistema costruttivo ad intelaiatura di legno (Holzrahmenbau)

Mentre nelle costruzioni a traliccio e ad ossatura portante i carichi vengono assorbiti da elementi di tipo lineare, nelle costruzioni intelaiate ci si trova di fronte ad un sistema costruttivo a lastre, per il quale gli elementi portanti non sono separati da quelli di irrigidimento e tamponamento. La definizione di "costruzione intelaiata di legno" deriva dall'inglese "timber frame", ossia telaio di legno. L'ossatura portante, con montanti disposti a distanza piuttosto ravvicinata, il telaio di legno appunto, viene rivestito con pannelli per costituire così una lastra. Vengono impiegate sezioni e materiali di rivestimento standard, connessi mediante semplici mezzi di collegamento come chiodi, cambrette e bulloni. Presupposto di base per tutte queste costruzioni è che il legno utilizzato sia stato essiccato artificialmente.

Gli elementi di parete, solaio e copertura realizzati in questa maniera possono essere prodotti in stabilimento a differenti livelli di prefabbricazione e montati in cantiere. Questo permette la rapida chiusura della costruzione (montaggio rapido), a patto però che i piani esecutivi siano completamente pronti prima dell'inizio dei lavori.

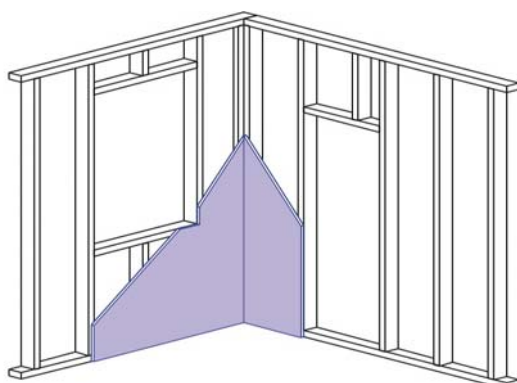


Figura 31: Costruzioni intelaiate in edilizia residenziale

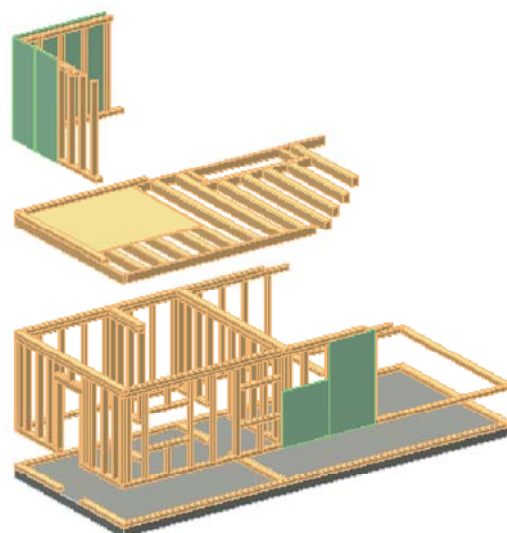
Le peculiarità delle costruzioni intelaiate di legno sono:

- “dispendio” tecnico limitato a causa dell'utilizzo sistematico di sezioni di legno standard;
- il reticolo con la disposizione delle colonne è determinato dalle dimensioni dei pannelli a base legno (o gesso), (maglia di base di regola = 62,5 cm), il che evita lo spreco di resti di materiale
- nessuna connessione di carpenteria;
- in cantiere vengono messe in opera gli elementi di parete assemblate in stabilimento;
- la tenuta all'aria è garantita senza complicate soluzioni tecniche;
- gli elementi irrigidienti l'edificio sono le pareti stesse (tre pareti, i cui assi geometrici in pianta non convergono in un punto solo, costituiscono un sistema rigido);

Gli edifici a struttura intelaiata di legno vengono di regola costruiti piano per piano ("platform frame"). Occasionalmente (soprattutto in America) vengono impiegati anche elementi di altezza pari a più piani ("balloon frame").



„balloon frame“



„platform frame“

Figura 32: Sistemi costruttivi per strutture ad intelaiatura di legno

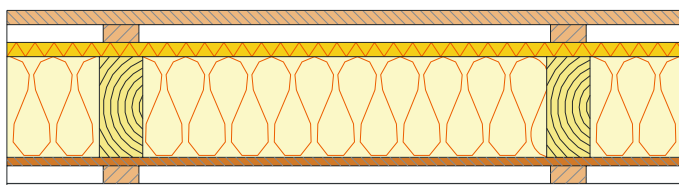
Le pareti vengono realizzate come elementi composti, costituiti da un'ossatura portante con montanti verticali e telai, rivestiti da uno o da ambo i lati con materiali a base legno o gesso, che collegano montanti ai telai. I montanti assorbono generalmente i carichi verticali provenienti dalla copertura e dai solai di piano. Inoltre, quelli disposti lungo le pareti esterne assorbono anche i carichi orizzontali dovuti al vento agenti sulle pareti stesse. Essi possono essere dimensionati molto snelli, dato che il rivestimento ha anche funzione stabilizzante per loro. Il rivestimento assorbe

essenzialmente i carichi agenti nel piano della lastra (carichi dovuti alla funzione di irrigidimento) e viene a sua volta stabilizzato all'imbozzamento dai montanti stessi.

Poiché le giunzioni dei pannelli devono essere realizzate sempre sui montanti, essi sono disposti ad interasse ridotto, di regola di 62,5 cm. Questa misura dipende dalle dimensioni dei materiali di rivestimento comuni sul mercato (larghezza pari a 125 cm), per minimizzare il lo scarto. Anche un gran numero di fabbricanti di materiali isolanti si sono adattati a questa misura nelle dimensioni dei loro prodotti. In caso di pannelli di altre dimensioni, il reticolo può essere variato. Le aperture possono essere previste, in linea di principio, ovunque sull'elemento di parete. Un'apertura non allineata con il reticolo viene delimitata da ulteriori montanti e da un architrave disposto su di essi. Adattando la progettazione a questo reticolo è possibile collocare le aperture in modo tale da non necessitare l'impiego di montanti non strettamente necessari.

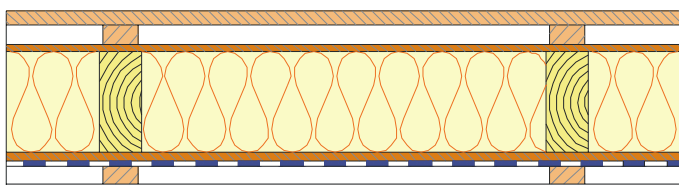
La Figura 33 mostra le tipiche strutture di una parete nelle costruzioni intelaiate, prevalentemente utilizzate nell'area di lingua tedesca.

Parete tipo 1



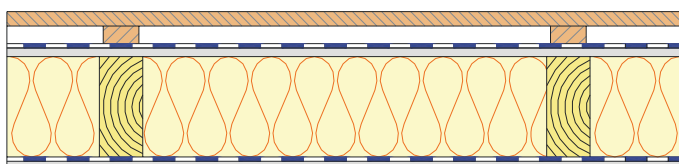
Elemento di facciata	20 mm
Listellatura	30 mm
Pannello di fibre di legno bituminoso	25 mm
Montanti	140 mm
Isolante	(140 mm)
OSB	15 mm
Listellatura (impianti)	30 mm
Pannello di cartongesso	15 mm
	275 mm

Parete tipo 2



Elemento di facciata	20 mm
Listellatura	30 mm
OSB	15 mm
Montanti	140 mm
Isolante di fibra minerale	
OSB, freno al vapore	15 mm
Listellatura (impianti)	30 mm
Pannello di cartongesso	15 mm
	265 mm

Parete tipo 3

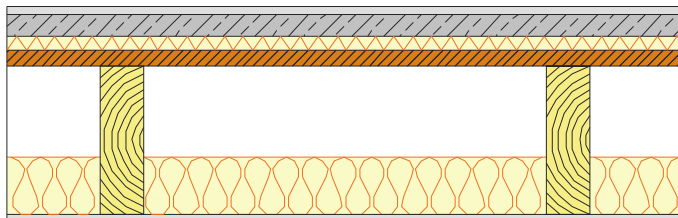


Elemento di facciata	20 mm
Listellatura	30 mm
Impermeabilizzazione	
Pannello di cartongesso	15 mm
Montanti	140 mm
Isolante di fibra minerale	
Barriera al vapore	
Pannello di cartongesso	15 mm
	220 mm

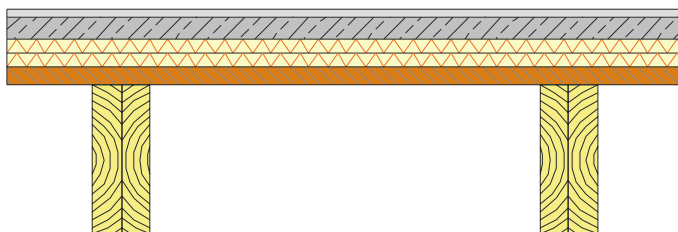
Figura 33: Struttura tipica di pareti di costruzioni leggere dell'area di lingua tedesca

La Figura 34 mostra le tipiche strutture di un solaio nelle costruzioni leggere, prevalentemente utilizzate nell'area di lingua tedesca. I solai 1 e 2 vengono generalmente impiegati per case

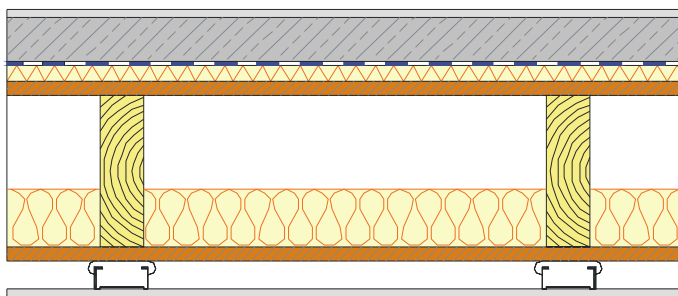
unifamiliari. Per abitazioni multipiano sono più adatti i solai 3 e 4 per il maggior isolamento acustico (realizzabile in primo luogo utilizzando strutture più pesanti).

Solaio tipo 1

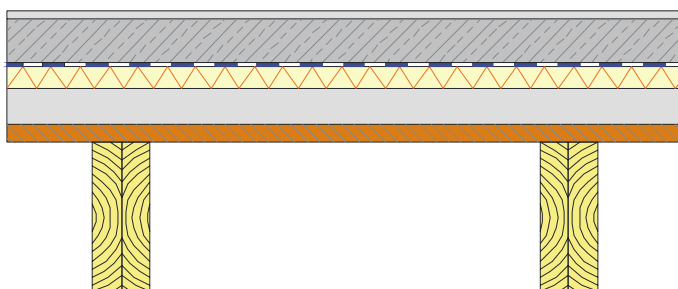
Rivestimento del pavimento	10 mm
Pavimento (a secco)	30 mm
Isolante acustico	25 mm
OSB	18 mm
Travetti	200 mm
Isolante	80 mm
Pannello di cartongesso	<u>15 mm</u>
	298 mm

Solaio tipo 2

Rivestimento del pavimento	10 mm
Pavimento (a secco)	30 mm
Isolante acustico	25 mm
Isolante	25 mm
Pannello a 3 strati a vista	28 mm
Travetti a vista	<u>200 mm</u>
	318 mm

Solaio tipo 3

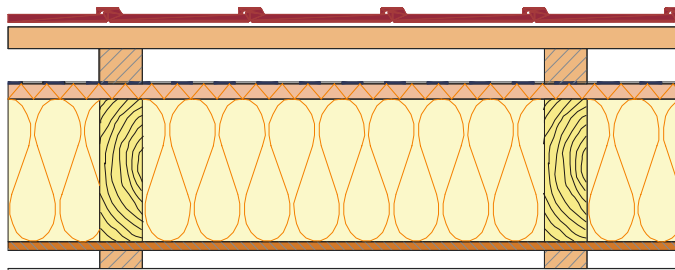
Rivestimento del pavimento	10 mm
Massetto	60 mm
Guaina	
Isolante acustico	25 mm
OSB	18 mm
Travetti	200 mm
Isolante	80 mm
Listellatura, su molle	60 mm
Pannello di cartongesso	<u>15 mm</u>
	406 mm

Solaio tipo 4

Rivestimento del pavimento	10 mm
Massetto	60 mm
Guaina	
Isolante acustico	25 mm
Riempimento (pietrisco, ecc.)	50 mm
Pannello a 3 strati a vista	28 mm
Travetti	<u>200 mm</u>
	373 mm

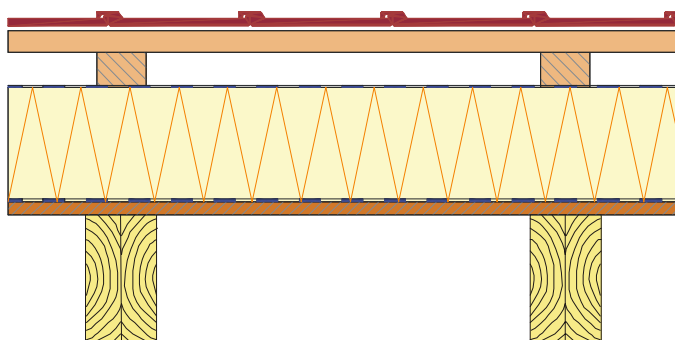
Figura 34: Struttura tipica di solai di costruzioni leggere dell'area di lingua tedesca

Tetto tipo 1



Pacchetto di copertura	
Listellatura	30 mm
Controllistellatura	50 mm
Guaina sottotegola	
traspirante	
Pannello di fibre bituminoso	25 mm
Puntoni	200 mm
Isolante	200 mm
OSB	15 mm
Listellatura	30 mm
Pannello di cartongesso	<u>15 mm</u>
	365 mm

Tetto tipo 2



Pacchetto di copertura	
Listellatura	30 mm
Controllistellatura	50 mm
Guaina sottotegola	
Pannello isolante di fibra minerale	160 mm
Barriera al vapore	
Pannello a tre strati	28 mm
Puntoni a vista	<u>200 mm</u>
	368 mm

Figura 35: Struttura tipica di tetti di costruzioni leggere dell'area di lingua tedesca

I seguenti dettagli costruttivi tipo non sostituiscono in alcun modo il lavoro del progettista. Essi servono solo ad aiutare la progettazione. I particolari costruttivi qui rappresentati valgono per abitazioni e costruzioni analoghe. I mezzi di collegamento raffigurati hanno solo carattere simbolico e non sostituiscono le necessarie verifiche statiche.

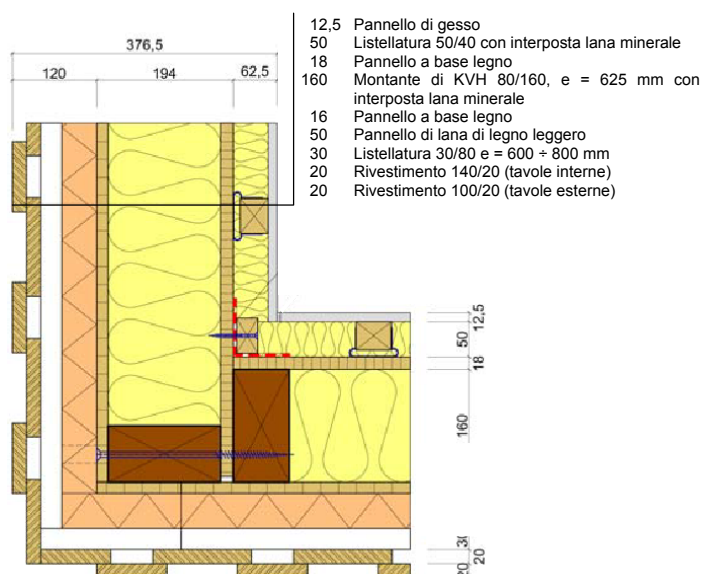


Figura 36: Giunzione parete-parete

1.8 Combinazioni di diversi sistemi costruttivi di legno

In edilizia, i sistemi costruttivi di legno precedentemente descritti possono essere anche combinati l'uno con l'altro. Una combinazione utilizzata molto frequentemente in abitazioni multipiano prevede per esempio la realizzazione delle pareti secondo il sistema costruttivo ad intelaiatura mentre i solai sono realizzati in modo massiccio per un più economico isolamento acustico.

2 Tetti e strutture di copertura

2.1 Considerazioni generali

Per tetto s'intende la parte di un edificio, che ha il compito di proteggerne l'interno dagli agenti atmosferici. Ogni tetto è costituito dalla propria struttura portante, di cui ci si occuperà in questo paragrafo, e dal pacchetto di copertura.

La forma del tetto deve essere adeguata allo scopo, alla posizione ed allo stile architettonico dell'edificio e deve adattarsi alle condizioni locali e paesaggistiche. La forma, o meglio, la pendenza del tetto stabiliscono quali materiali utilizzare per il pacchetto di copertura.

2.2 Suddivisione dei tetti in base al sistema statico

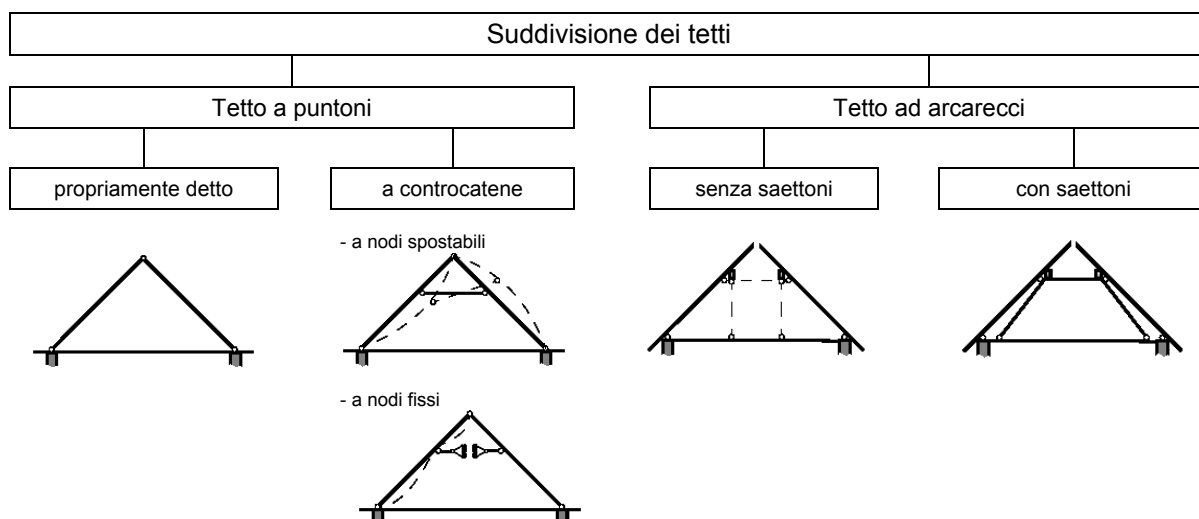


Figura 39: Suddivisione dei tetti in base al modello statico

2.3 Tetto a puntoni

I tetti a puntoni vengono utilizzati di regola per pendenze comprese tra 30° e 60°. Con riferimento alla struttura bisogna fare una distinzione tra “tetto a puntoni propriamente detto” e “tetto a controcatene”. I tetti a puntoni sono in grado di coprire un edificio senza bisogno di colonne intermedie. Da ciò emergono due vantaggi sostanziali:

- i carichi concentrati provenienti dai montanti non vengono trasmessi al solaio;
- la ristrutturazione del sottotetto non viene ostacolata da colonne e simili.

Devono però essere considerati anche i seguenti svantaggi:

- la spinta orizzontale derivante dai carichi verticali necessita connessioni impegnative nella realizzazione;
- la disposizione dei puntoni da entrambe le parti del colmo dipende l'una dall'altra (sostegno reciproco dei puntoni). A causa di ciò risulta complicata la realizzazione di strutture trasversali che ripartiscono il carico agente su un puntone interrotto per il passaggio di lucernari o abbaini e le aperture nel tetto dovute, ad esempio, alla presenza di canne fumarie.

- nella realizzazione di abbaini possono sorgere, a causa della deviazione dei carichi (dai puntoni interrotti agli elementi trasversali), elevate sollecitazioni locali nei puntoni di bordo e pertanto possono nascere problemi di natura statico-costruttiva.

Per trasmettere i carichi orizzontali (agenti in direzione perpendicolare) alla coppia di puntoni, si devono disporre degli elementi che assumano la funzione statica di lastre. Ciò è possibile per mezzo di controventi o tramite la pannellatura della superficie del tetto, che può fungere anche da elemento del rivestimento o del pacchetto di copertura del tetto (con tavole, pannelli a base legno), fissati ai puntoni con chiodi o cambrette.

2.5.1 Il tetto a puntoni propriamente detto

Esso è costituito da coppie di puntoni disposte una dietro l'altra ad un interasse e compreso, di regola, tra 0,7 m e 1,0 m. L'interasse delle coppie di puntoni deve essere scelto anche in base alle dimensioni standard del reticolo degli elementi costruttivi. Ogni singola coppia di puntoni costituisce una struttura portante autonoma a tre cerniere (simmetrica o asimmetrica), e pertanto isostatica. I puntoni stessi sono sollecitati a pressoflessione. La spinta orizzontale presente al piede dei puntoni deve essere assorbita e trasmessa agli elementi sottostanti mediante strutture idonee. A tale scopo possono lavorare come catena (elemento teso) le travi del solaio o il solaio stesso dotato di mensole, nei solai di tipo massiccio, di legno o di altri materiali.

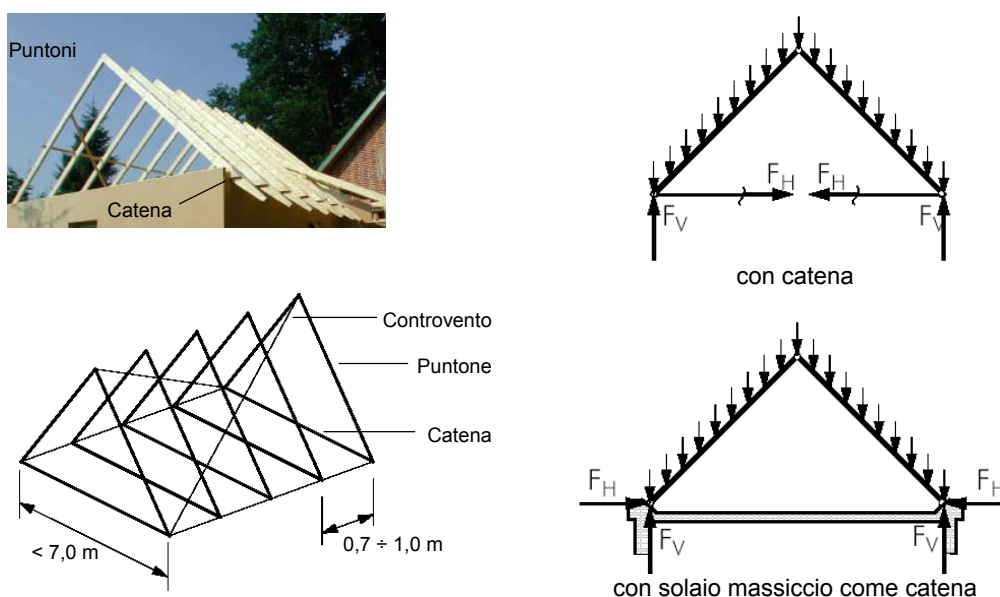
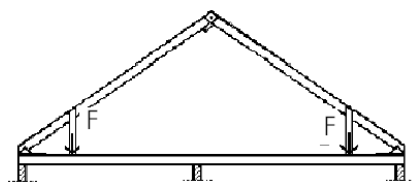


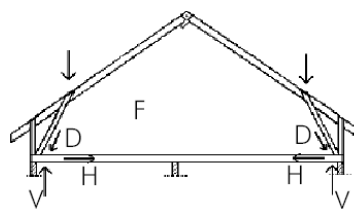
Figura 40: Tetto a puntoni propriamente detto, schema statico

Tra i tetti a puntoni propriamente detti vi sono due tipi di forme particolari:

- tetto a puntoni con elementi verticali di sostegno: questi elementi sono pareti disposte con regolarità aventi funzione portante e progettate di conseguenza, mediante le quali viene ridotta la luce libera dei puntoni. Uno svantaggio di questa costruzione è rappresentato dal fatto che i solai sottostanti sono sottoposti ad un carico di tipo puntiforme (lineare nella direzione ortogonale alla tessitura del solaio).
- tetto con saette d'angolo: nel caso in cui le pareti di sostegno siano realizzate in modo da non poter assorbire gli sforzi orizzontali, questi ultimi possono essere trasmessi ai solai (che lavorano ora come lastre) mediante saette d'angolo. Contemporaneamente si riduce la luce libera dei puntoni.



Tetto a puntoni con elementi verticali di sostegno



Tetto a puntoni con saette d'angolo

Figura 41: Tipi di forme particolari dei tetti a puntoni

2.5.2 Il tetto a controcatene

Per luci maggiori di 7,5 m o per puntoni di lunghezza maggiore di 6,0 m, il tetto a puntoni necessita di un irrigidimento orizzontale sotto forma di una trave detta controcatena. Essa lavora da una parte come elemento compresso, dall'altra come trave di solaio nel caso in cui venga utilizzato il sottotetto sovrastante. In quest'ultimo caso la controcatena è sollecitata a pressoflessione. Nel tetto a controcatene si fa distinzione tra tetto a nodi fissi e tetto a nodi spostabili.

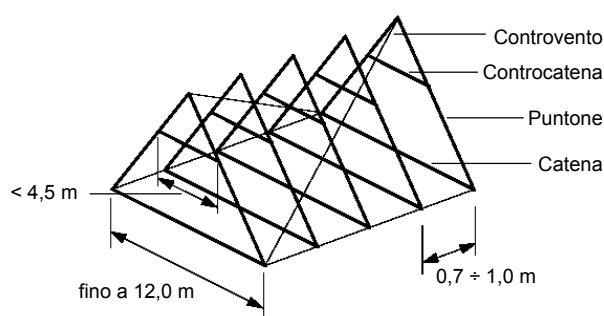
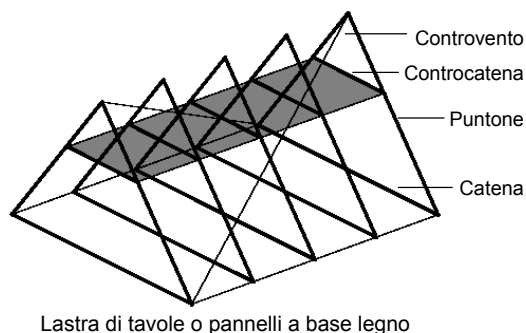


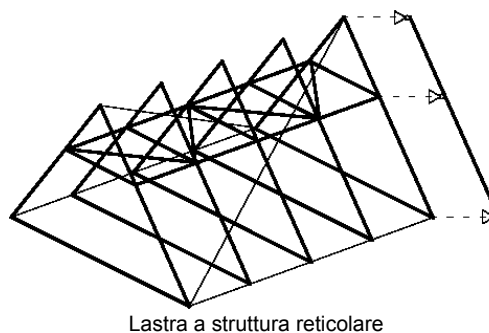
Figura 42: Tetto a controcatene a nodi spostabili

Tetto a controcatene a nodi fissi

Se il sottotetto deve essere ristrutturato, i tetti a controcatena a nodi fissi sono sempre da preferire a quelli a nodi spostabili. Nei primi, a differenza dei secondi, i punti di connessione della controcatena sono vincolati orizzontalmente dalla lastra o dal controventamento realizzati nel piano della controcatena stessa. Il sistema statico dei puntoni corrisponde in questo caso ad una trave continua su più appoggi. Le lastre possono essere costituite da pannelli a base legno oppure da tavole. In alternativa si può realizzare un controventamento orizzontale a struttura reticolare, i cui montanti sono le controcatene ed i diagonali sono costituiti da tavoloni resistenti a compressione. Queste lastre o controventamenti devono essere vincolati alla parete frontale e/o a pareti intermedie idonee a tal fine.



Lastra di tavole o pannelli a base legno



Lastra a struttura reticolare

Figura 43: Tetti a controcatene con lastre realizzate nel piano delle controcatene stesse

Forme particolari di tetti a controcatene

Nel caso in cui la lunghezza della controcatena superi i 4,5 m, al di sotto di essa, in mezzeria, può essere disposto un montante. Nel caso in cui il sottotetto debba essere ristrutturato, la presenza di questo montante è di disturbo ed al suo posto viene disposto, al colmo del tetto, un sistema di sospensione della controcatena con tavole inchiodate lateralmente.

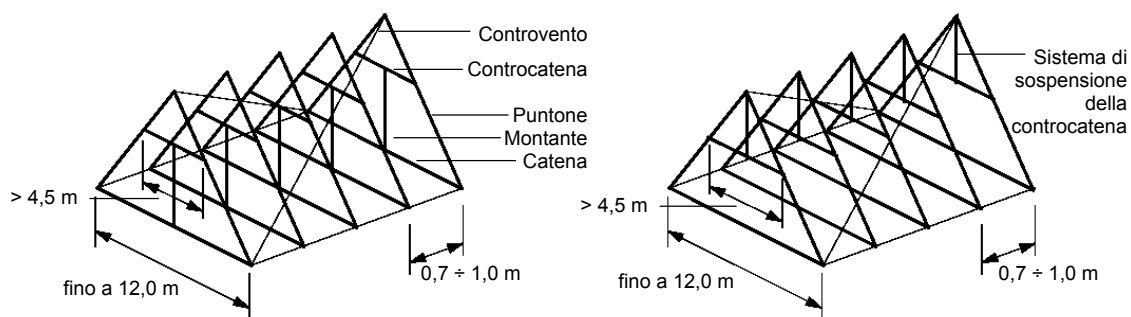


Figura 44: Tetto a controcatene, con un solo montante (sin.) e con sistema di sospensione della controcatena

La lunghezza della controcatena viene determinata dalla sua posizione, dalla larghezza dell'edificio e dalla pendenza del tetto. In base a questa lunghezza si trovano, in fabbricati più vecchi, sistemi costituiti da due a quattro montanti e dalla controcatena stessa. Anche in questo, come precedentemente visto per la soluzione ad un solo montante, gli elementi verticali non portano i carichi provenienti dalla copertura. Se questi sostegni intermedi recano disturbo all'utilizzazione del sottotetto, si realizza una struttura articolata. Per lunghezze dei puntoni che superano gli 8,0 m, viene disposta un'altra controcatena per stabilizzare ulteriormente la coppia di puntoni.

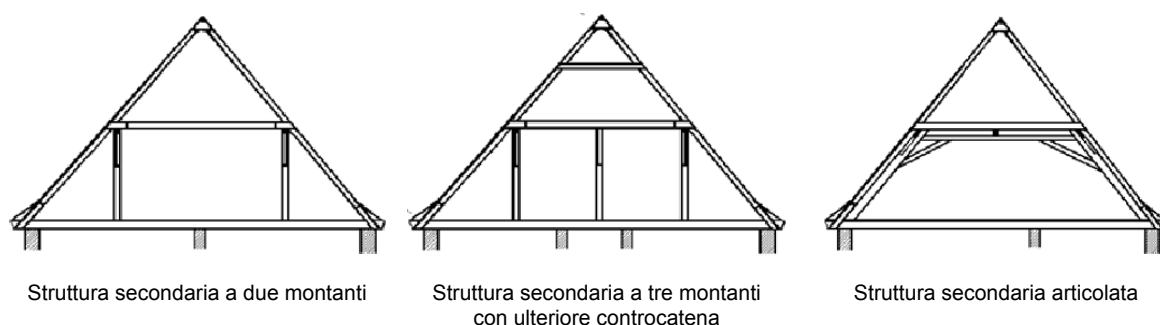


Figura 45: Tipi di forme particolari della struttura secondaria a controcatene

Di seguito sono raffigurati alcuni particolari costruttivi della struttura secondaria a controcatene. Di particolare interesse sono le soluzioni del nodo puntone-controcatena, il particolare della gronda e del colmo.

Connessione puntone-controcatena

Collegamenti come il giunto a coda di rondine riducono la sezione dei puntoni e oggi non vengono più realizzati. Talvolta vengono utilizzati ancora incastri (con denti di 2 cm circa), irrigiditi da tavole coprigiunto inchiodate lateralmente. L'altezza della sezione dei puntoni deve essere aumentata dell'altezza del dente. Fissaggi a gomito realizzati con tavole rappresentano la miglior soluzione sia per semplicità che per dispendio di materiale, in quanto la sezione del puntone non viene ridotta e può essere quindi completamente sfruttata.

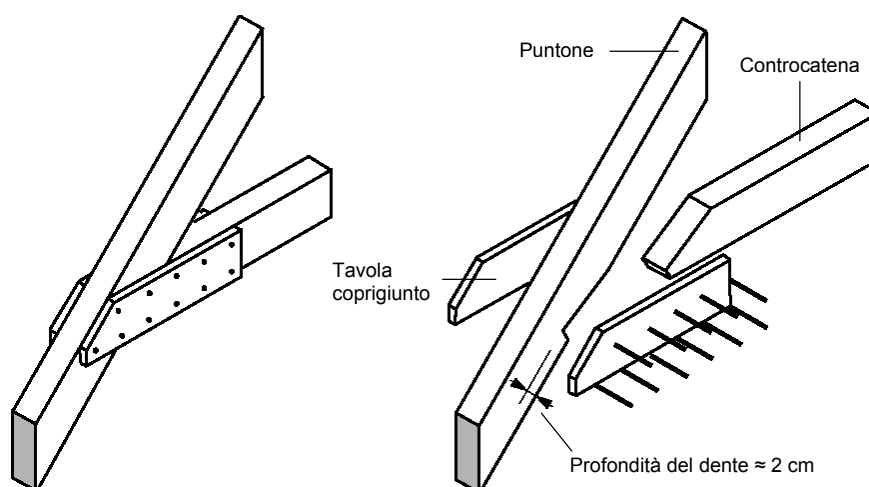


Figura 46: Connessione puntone-controcattena mediante incastro e tavola coprigiunto inchiodata

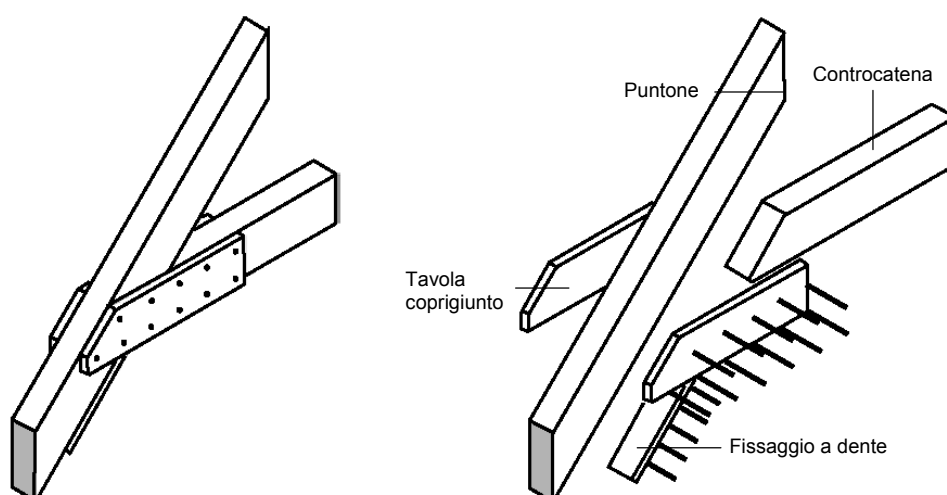


Figura 47: Connessione puntone-controcattena mediante fissaggio a dente

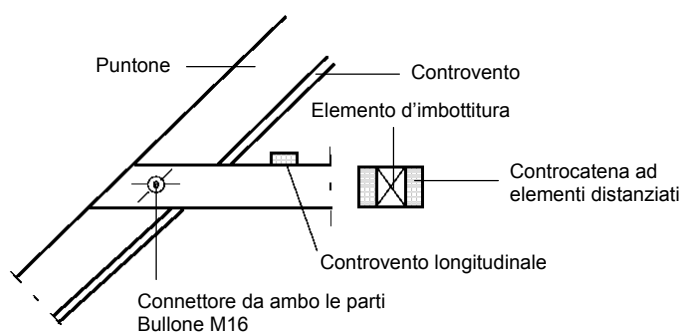


Figura 48: Connessione puntone-controcattena (ad elementi distanziati) mediante bullonatura

La soluzione costruttiva del nodo puntone-controcattena, rappresentato in Figura 48, è quella più frequentemente utilizzata grazie alla sua relativa semplicità di esecuzione. Per impedire lo

sbandamento laterale secondo l'asse debole della controcatena compressa, viene interposto un elemento di imbottitura (di legno squadrato) tra i due elementi che costituiscono la controcatena.

I particolari costruttivi della gronda e del colmo di seguito rappresentati si riferiscono in generale ai tetti a puntoni (tetto a puntoni propriamente detto e tetto a controcatene).

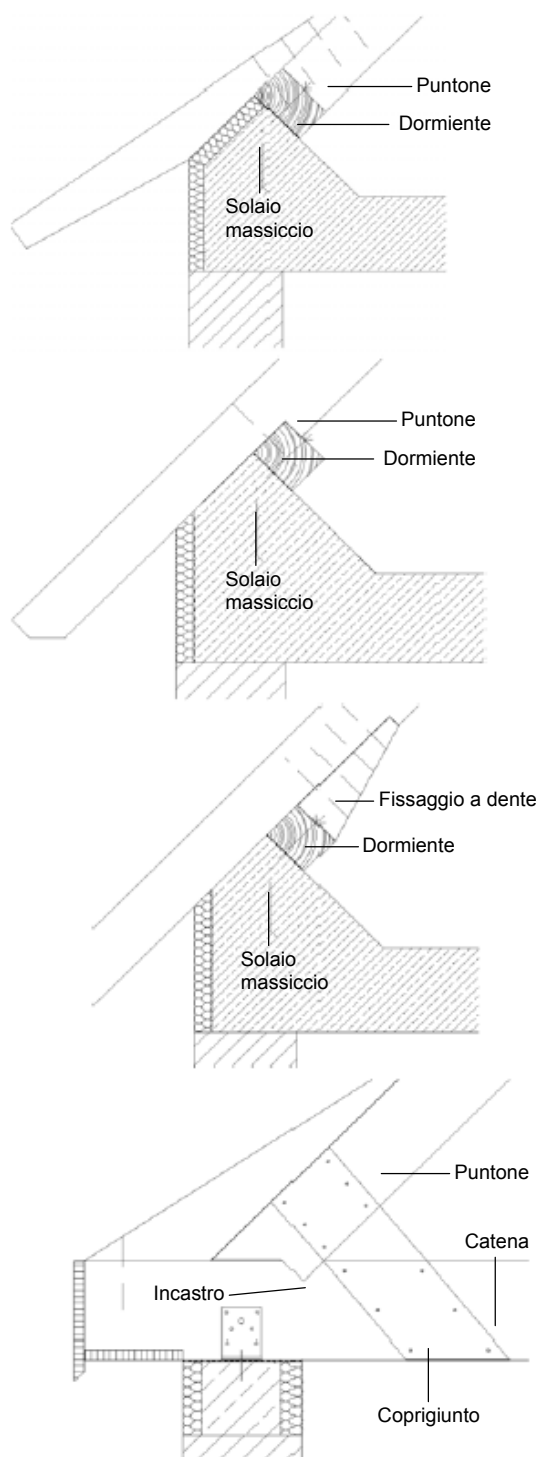


Figura 49: Particolari della gronda per i tetti a puntoni

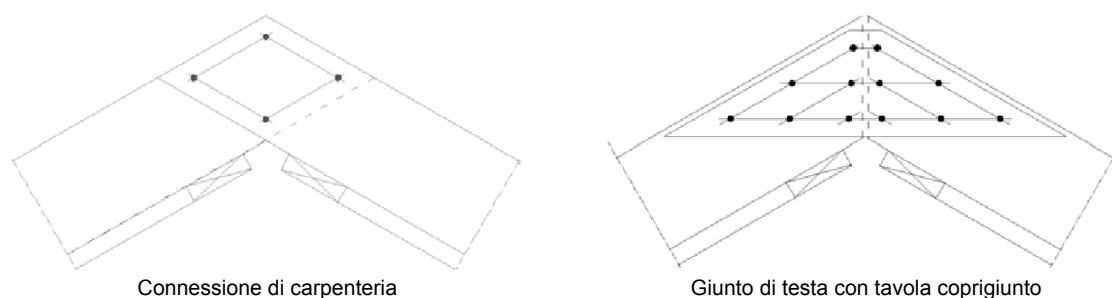


Figura 50: Particolari del colmo per i tetti a puntoni

2.4 Tetto ad arcarecci

Il tetto ad arcarecci viene utilizzato di regola per pendenze tra 10° e 45°. Esso rappresenta l'evoluzione del tetto ad uno spiovente o del tetto piano e si è sviluppato originariamente nell'area mediterranea.

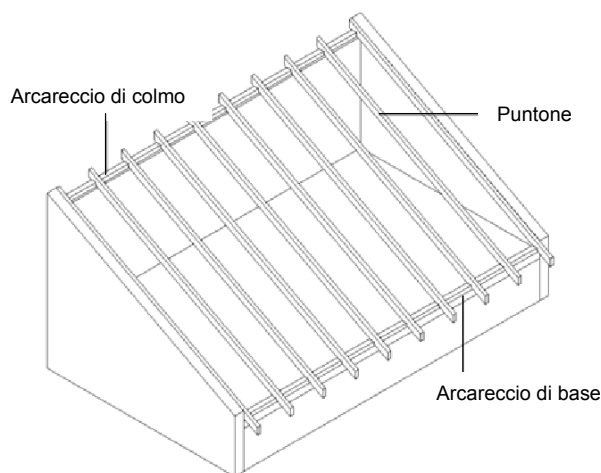


Figura 51: Tetto ad uno spiovente come punto di partenza del tetto ad arcarecci

Sin dal Medioevo, gli elementi di legno che corrono parallelamente al colmo vengono indicati col nome di arcarecci. In base alla loro posizione nell'orditura del tetto, essi si distinguono in arcarecci di colmo, intermedi e di base. Essi sono appoggiati su pareti portanti o su montanti. A seconda del numero di arcarecci e del tipo di appoggio vengono realizzate strutture secondarie costituite da uno fino a tre montanti, da elementi articolati, con o senza travetti diagonali. La luce libera degli arcarecci più conveniente è compresa tra 3,5 m e 4,5 m (da 4,0 m in poi di regola risultano determinanti, ai fini del calcolo, le verifiche agli stati limite di esercizio). I puntone risultano semplicemente appoggiati sugli arcarecci.

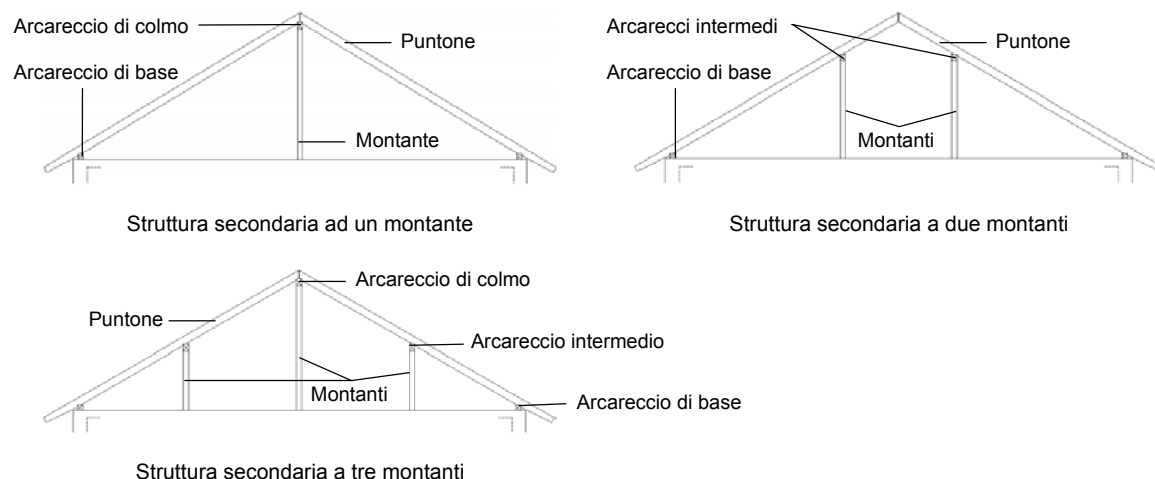


Figura 52: Strutture secondarie a montanti del tetto ad arcarecci prive di saettoni

Strutture secondarie del tetto ad arcarecci prive di saettoni vengono utilizzate per pendenze minori di 35° . I puntone sono semplicemente appoggiati sugli arcarecci di colmo, intermedio e di base. La cerniera fissa viene realizzata in corrispondenza dell'arcareccio di base, gli appoggi scorrevoli sui restanti arcarecci.

Per carichi orizzontali tanto elevati da non poter essere più assorbiti solamente dagli arcarecci di base, gli arcarecci intermedi vengono irrigiditi con saettoni a formare un vincolo rigido (alla traslazione orizzontale). Questo provvedimento si rende necessario per pendenze maggiori di 40° o, per esempio, per pareti verticali di sostegno in legno. La connessione dei puntone agli arcarecci di base è orizzontalmente spostabile. In pratica, di regola, il puntone viene intagliato e ancorato con chiodi o altri elementi di ancoraggio. Gli arcarecci intermedi sono sottoposti a flessione deviata e vanno verificati a questa sollecitazione.

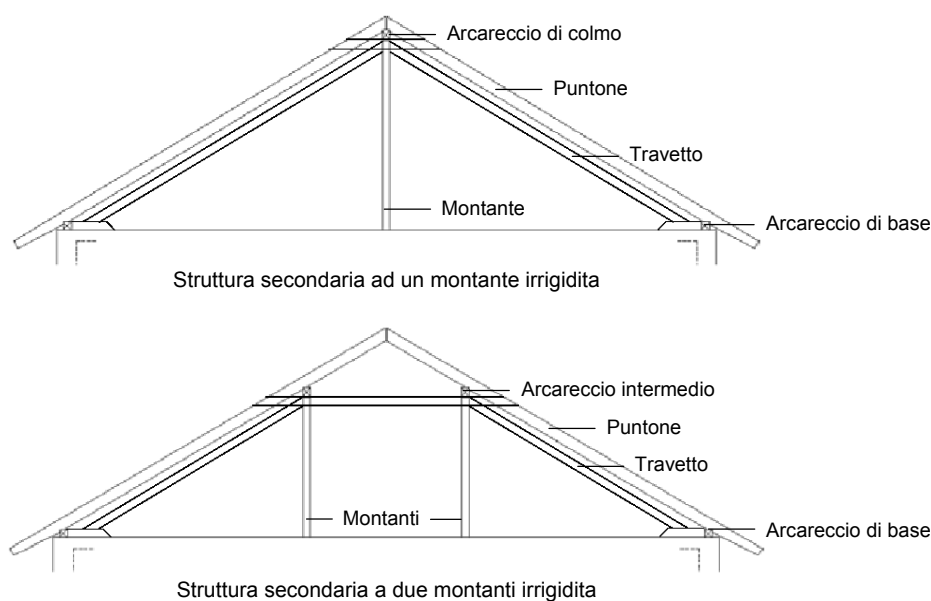


Figura 53: Strutture secondarie del tetto ad arcarecci ad uno e a due montanti con irrigidimento

L'irrigidimento trasversale del tetto può essere realizzato con due tipi di struttura a montanti e puntone diagonali (vedi Figura 54): nella prima i puntone sono alternativamente tesi e compressi,

circostanza di cui bisogna tener conto nella connessione di questi ultimi con i montanti; nella seconda i puntoni sono sempre compressi.

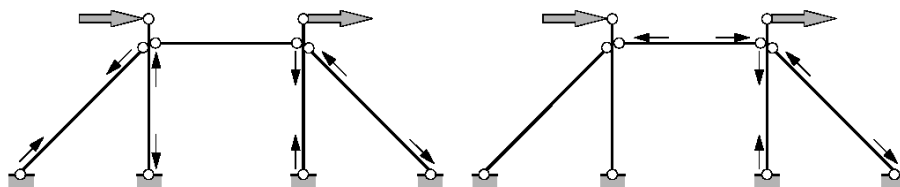


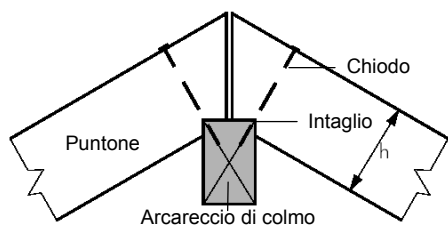
Figura 54: Irrigidimento trasversale del tetto ad arcarecci

I vantaggi del tetto ad arcarecci in confronto a quello a puntoni sono i seguenti:

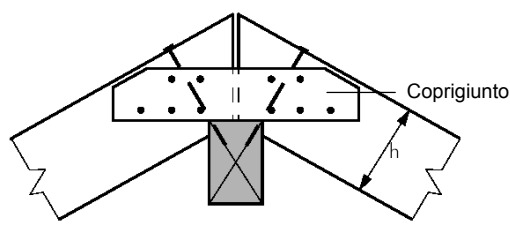
- non insorgono spinte orizzontali dovute ai carichi verticali. Vengono quindi a mancare connessioni complicate tra gli elementi del tetto e la sottostruttura.
- Mediante l'inserimento degli arcarecci di colmo e/o intermedi, i puntoni appoggiati dalle due parti del tetto sono tra loro indipendenti per quel che riguarda la posizione. Inserendo gli arcarecci di base tra i puntoni e la sottostruttura portante, gli appoggi sulla costruzione sottostante diventano indipendenti dalla disposizione della struttura del tetto. La realizzazione di strutture trasversali che ripartiscono il carico agente su un puntone interrotto per la presenza, ad esempio, di camini, lucernari o abbaini è notevolmente più semplice.

D'altro canto occorre considerare i seguenti svantaggi:

- i solai vengono sollecitati in modo puntiforme dalle forze concentrate provenienti dai montanti;
- in caso di ristrutturazione, l'organizzazione in pianta e la struttura del tetto si condizionano reciprocamente.

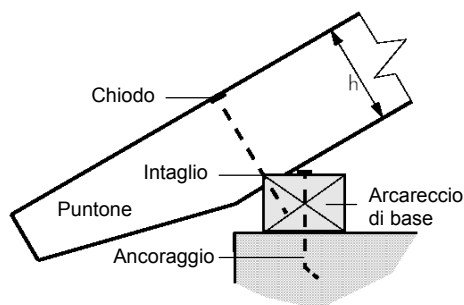


Particolare del colmo senza rinforzo

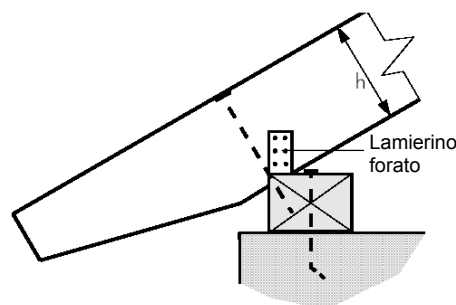


Particolare del colmo con rinforzo (coprigiunto)

Figura 55: Particolari del colmo di un tetto ad arcarecci



Particolare della gronda senza rinforzo



Particolare della gronda con rinforzo (lamierino forato)

Figura 56: Particolari della gronda di un tetto ad arcarecci

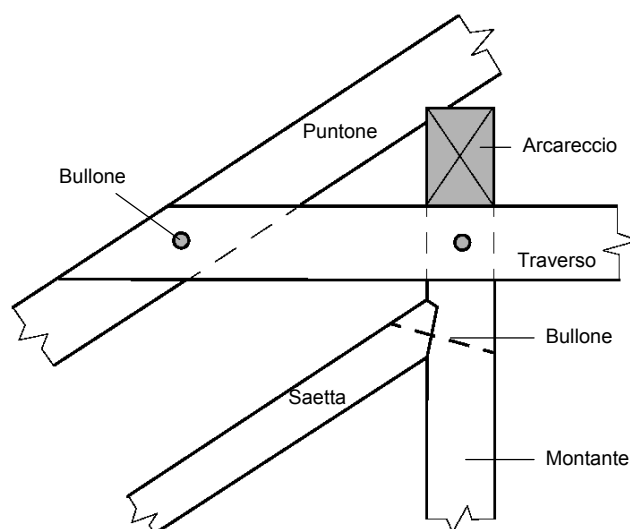


Figura 57: Particolare dell'arcaeccio intermedio, connessione della saetta

Se si utilizzano per il pacchetto di copertura elementi di grandi dimensioni (ad esempio lamiera grecate), in grado di sostenere da soli i carichi (peso proprio, neve, vento, ecc.), si può evitare la disposizione dei puntoni.

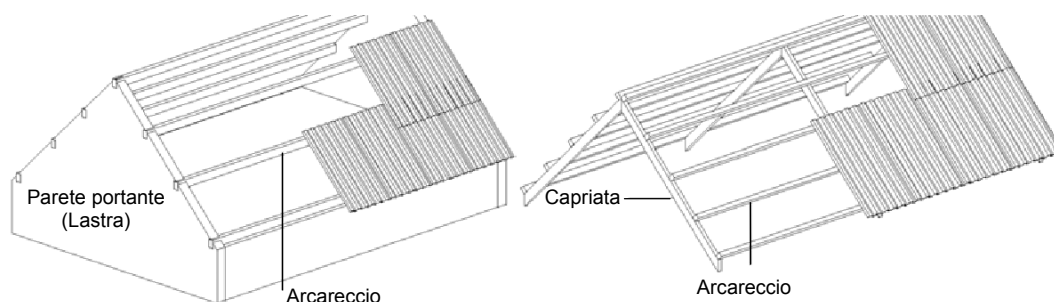


Figura 58: Arcarecci appoggiati su una parete rigida frontale (sin.) o su una capriata (des.).

2.5 Capriate a struttura reticolare/Tralicci con piastre dentate

2.8.1 Tipi e forme di strutture reticolari

Nelle coperture a struttura reticolare, il corrente superiore stabilisce la forma del tetto mentre quello inferiore può essere adattato alle esigenze architettoniche, a quelle statiche o a quelle legate all'utilizzo.

Le strutture reticolari vengono realizzate, quindi, nelle forme più svariate. Si possono classificare, tuttavia, secondo i tipi fondamentali rappresentati nella seguente figura.

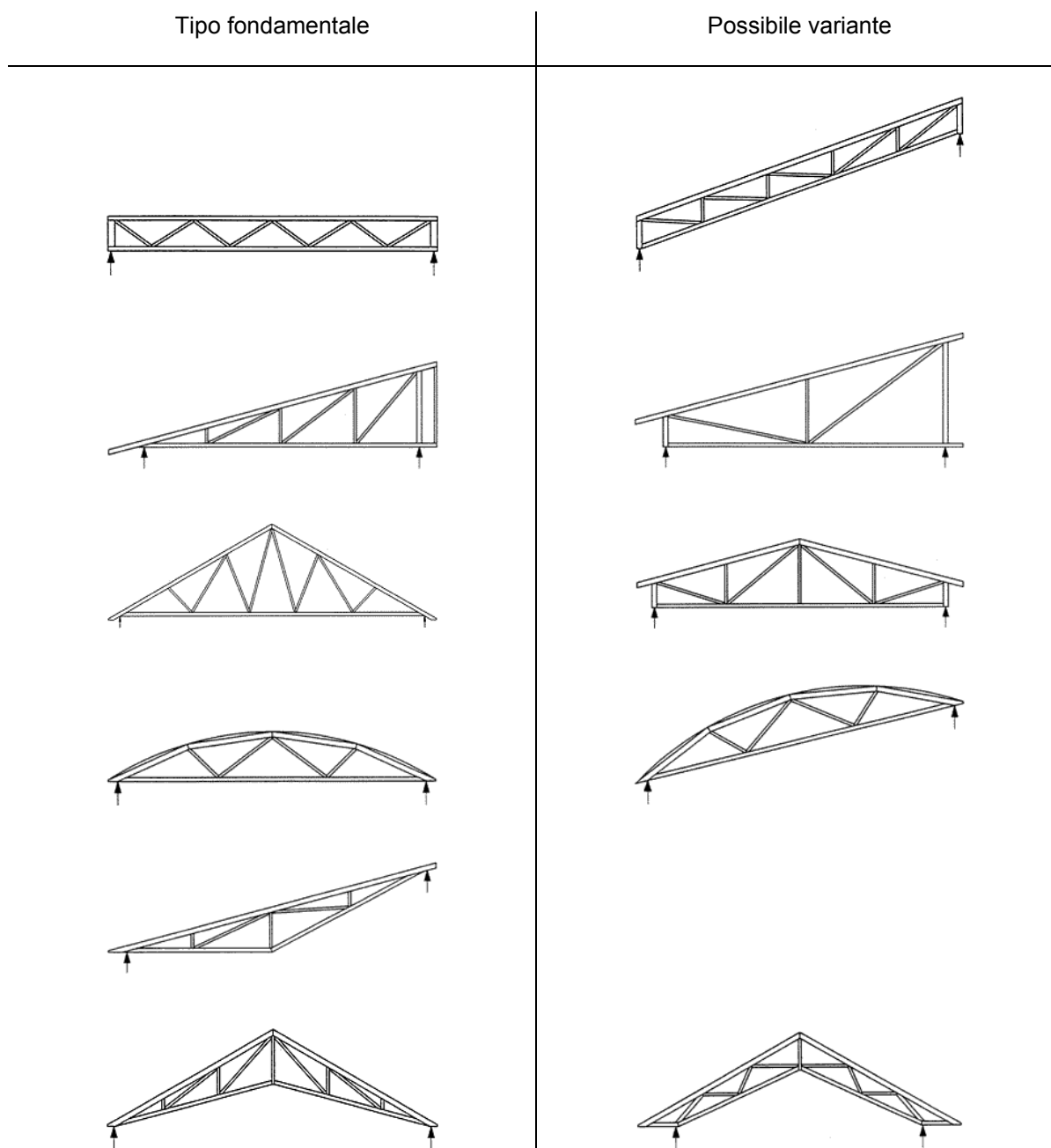


Figura 59: Tipi fondamentali e possibili varianti di capriate a struttura reticolare

2.8.2 Tralicci con piastre dentate

Realizzando i nodi con l'ausilio di piastre dentate, si possono progettare strutture portanti individuali di elevate potenzialità, realizzabili anche in modo economico. Le piastre dentate di spessore compreso tra 1 mm e 2 mm sono costituite da una lamiera d'acciaio zincata con denti a forma di chiodi. Nei tralicci a piastre dentate, vengono giuntate di testa aste con sezione di uguale larghezza per mezzo di piastre dentate. In questo modo le sezioni degli elementi di legno non vengono ridotte e rimangono quindi pienamente efficaci dal punto di vista statico.

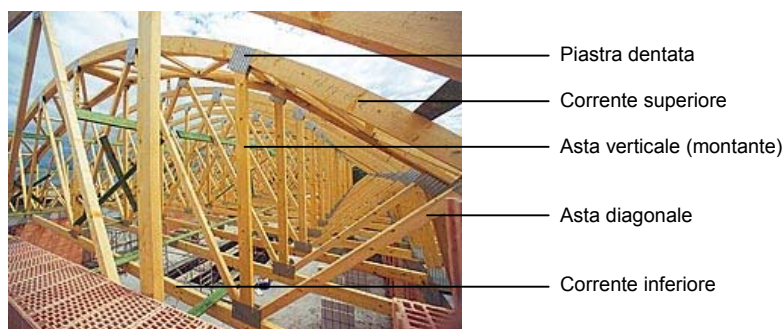


Figura 60: Capriata a botte, nodi realizzati con piastre dentate

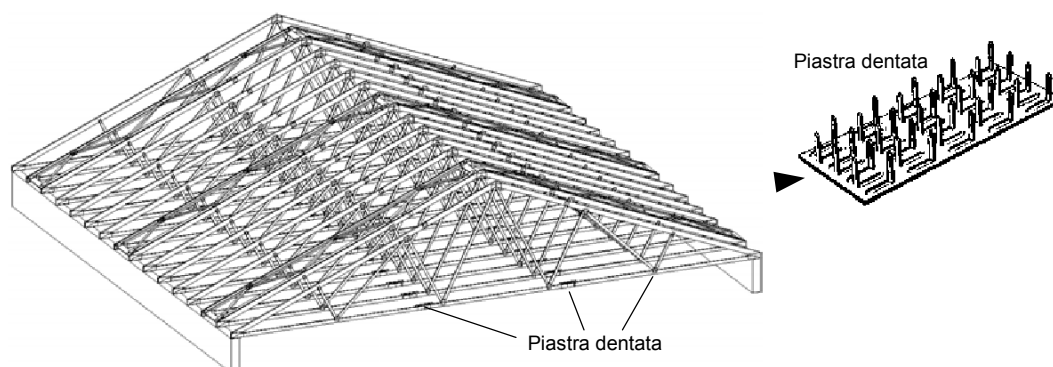


Figura 61: Travatura a due spioventi, nodi realizzati con piastre dentate

2.6 Irrigidimento longitudinale di tetti

L'irrigidimento trasversale dei tetti a puntoni è assicurato dalla struttura portante principale precedentemente descritta. Per la trasmissione dei carichi dovuti al vento agenti sulle parete frontali e per la realizzazione dell'irrigidimento longitudinale sono necessarie strutture di irrigidimento particolari.

Queste strutture di irrigidimento possono essere formate da lastre disposte sulle falde (pacchetto di copertura realizzato con tavole o pannelli a base legno), oppure da controventi di legno o d'acciaio. Insieme ai puntoni ed agli elementi longitudinali di legno resistenti a compressione, questi controventi devono costituire un sistema stabile dal punto di vista statico.

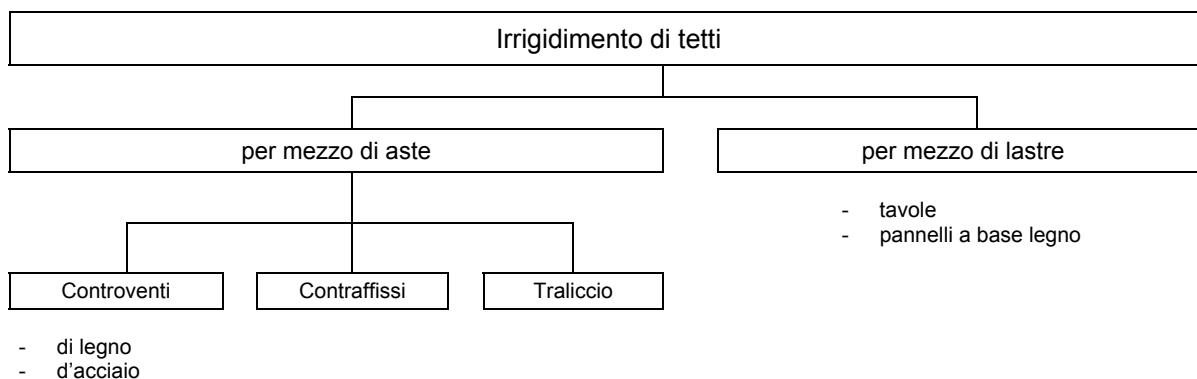


Figura 62: Possibilità di irrigidimento di tetti

Se la lunghezza del fabbricato supera i 12 m, allora devono essere disposti, di regola, almeno due controventamenti efficaci per ogni direzione di azione delle forze.

2.9.1 Controventi di legno

I controventi di legno (aste formate da tavole di dimensione 3x10 cm e 4x10 cm) possono lavorare a trazione e a compressione a seconda di come sono disposti, e vengono di regola fissati al lato inferiore dei puntoni stessi. Essi vengono fissati al piede dei puntoni, per le sollecitazioni dovute ai carichi agenti in direzione longitudinale rispetto alla struttura del tetto, ed in corrispondenza dei punti di intersezione con puntoni, per assicurare la stabilità allo sbandamento laterale. Le forze orizzontali vengono trasmesse dai controventi alla costruzione sottostante (solaio di piano-lastra di parete-fondazione) attraverso i dormienti (arcarecci di base) nonché ancoraggi opportunamente progettati, per i quali si procederà alle verifiche necessarie per le sollecitazioni derivanti da questi elementi di irrigidimento.

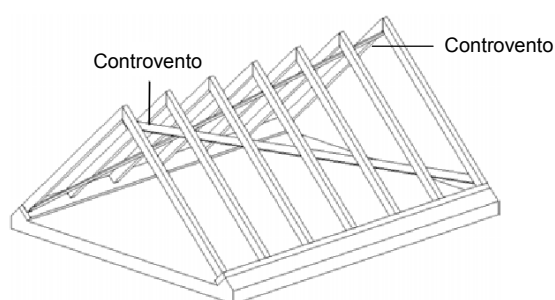


Figura 63: Controventi di legno per un tetto a puntoni

La presenza dei controventi al di sotto dei puntoni può ostacolare la ristrutturazione del sottotetto.

2.9.2 Controventi d'acciaio

I controventi d'acciaio (per lo più lamiere forate di spessore $t = 2$ mm) vengono disposti sulla parte superiore dei puntoni (ottenendo così una ridotta eccentricità) e non ostacolano quindi un'eventuale ristrutturazione del sottotetto. Poiché questi elementi di controventamento resistono solo a trazione, essi devono essere a coppie e disposti a croce di Sant'Andrea. Gli sforzi orizzontali vengono trasmessi ai controventi attraverso elementi costruttivi resistenti a compressione (elementi di legno longitudinali al colmo, listellatura del tetto resistente a compressione, ecc.). Le forze orizzontali trasmesse ai controventi vengono trasferite alla costruzione sottostante mediante connessioni al piede dei puntoni.

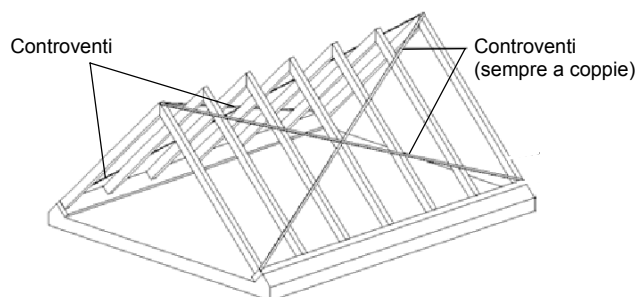


Figura 64: Controventi d'acciaio per un tetto a puntoni

Per evitare che i puntoni subiscano spostamenti in seguito all'introduzione dei carichi nei controventi, questi ultimi devono essere ben tesi. Per grandi superfici di copertura vengono impiegati parecchi controventi di questo tipo.

2.9.3 Contraffissi (saette)

I contraffissi sono utilizzati come irrigidimento longitudinale dei montanti del tetto ad arcarecci. Essi vengono collegati agli arcarecci o ai montanti oppure ai puntoni con un incastro semplice o

mediante chiodatura, da ambo le parti, di un coprigiunto. I contraffissi hanno, nella maggioranza dei casi, le dimensioni dei montanti a cui sono collegati.

I contraffissi hanno due funzioni essenziali:

- irrigidimento longitudinale del tetto;
- riduzione della luce libera degli arcarecci.

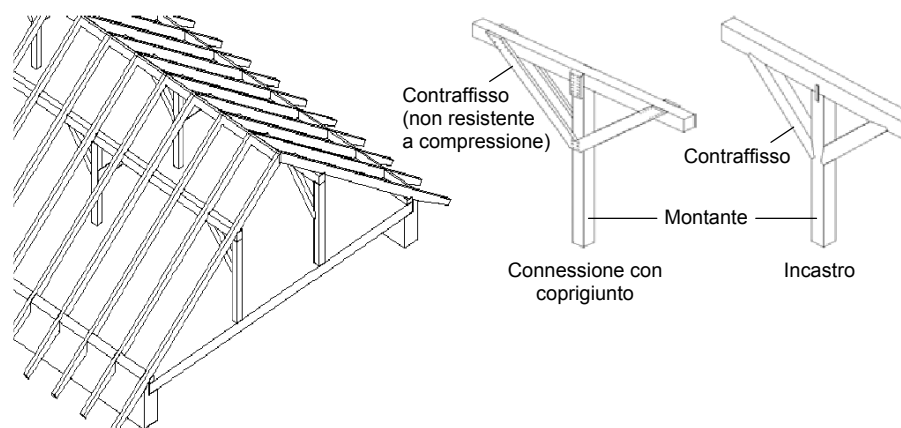


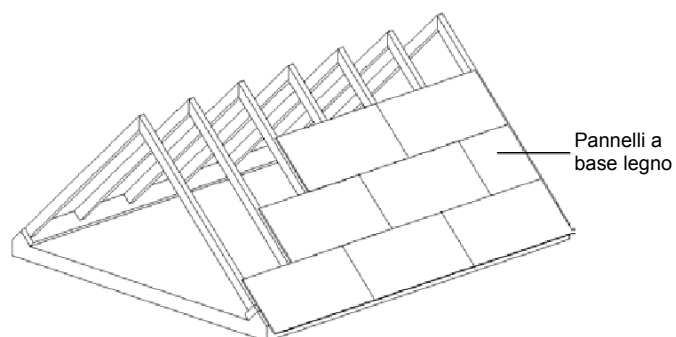
Figura 65: Irrigidimento mediante contraffissi della struttura secondaria (a due montanti) di un tetto ad arcarecci

2.9.4 Irrigidimento con elementi strutturali di tipo piano

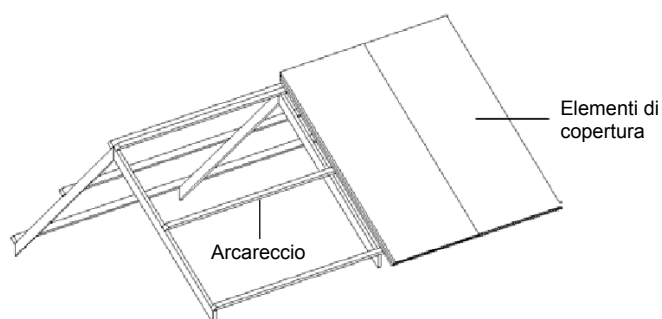
Questo tipo di irrigidimento è costituito da pannelli a base legno avvitati o inchiodati sui puntoni oppure direttamente dagli elementi piani prefabbricati della copertura del tetto.

I pannelli a base legno non hanno solo funzione di irrigidimento ma rappresentano anche la base piana per gli strati formanti il pacchetto di copertura. Sono disponibili anche pannelli speciali con struttura a base legno, per lo più rivestiti, che sono impiegati contemporaneamente come guaina sottotegola.

I pannelli di copertura vengono prefabbricati in stabilimento. A seconda del grado di prefabbricazione, essi sono lasciati a vista, hanno già il manto di copertura finito e vengono posati direttamente sugli arcarecci ai quali sono opportunamente collegati.



Elementi strutturali di tipo piano (p. es. pannelli a base legno)



Elementi di copertura (p. es. lamiera grecate)

Figura 66: Irrigidimento di un tetto con elementi strutturali di tipo piano

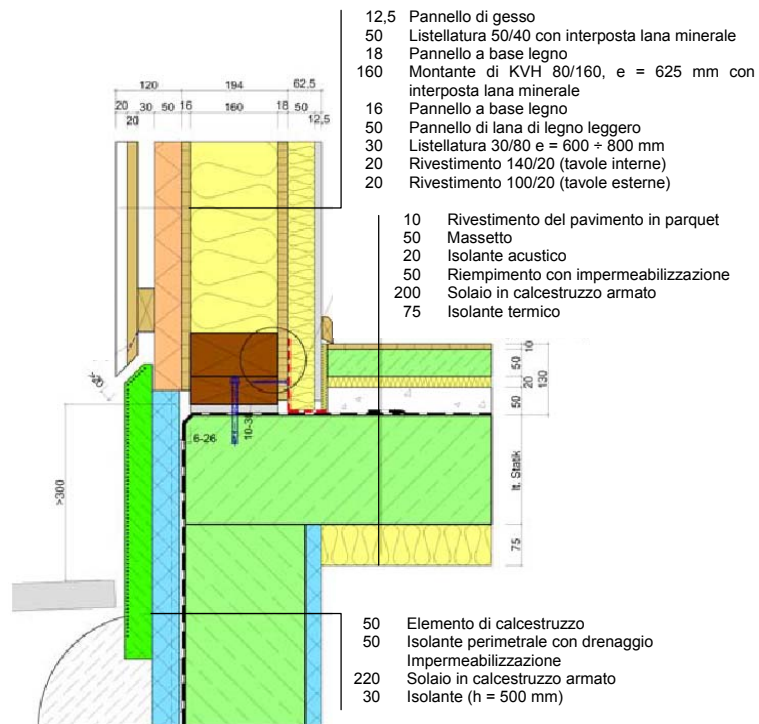


Figura 37: Giunzione parete-solaio del piano interrato

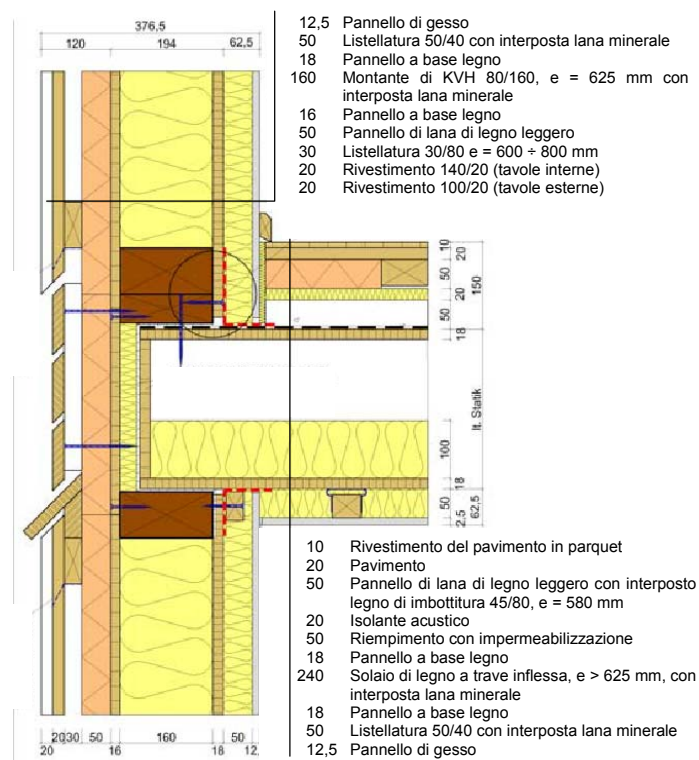


Figura 38: Giunzione parete-solaio-parete