

Gianluca Bresciani



Dario Flaccovio Editore

Progettare case in legno con XLAM

Esempio di progettazione
di una struttura portante in legno
in zona sismica

[Scheda sul sito >](#)



Teoria per la progettazione di una abitazione utilizzando pannelli XLAM: ✓
criteri di calcolo, legno come materiale da costruzione, calcolo strutturale

Progettazione di una struttura ad uso civile abitazione: ✓
analisi dei carichi, verifiche ai carichi verticali, analisi sismica

GIANLUCA BRESCIANI

PROGETTARE CASE IN LEGNO CON PANNELLO XLAM

Esempio di progettazione di una struttura portante in legno in zona sismica



Dario Flaccovio Editore

Gianluca Bresciani

PROGETTARE CASE IN LEGNO CON PANNELLO XLAM

ISBN 978-88-579-0161-9

© 2012 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686

www.darioflaccovio.it info@darioflaccovio.it

Prima edizione: ottobre 2012

Bresciani, Gianluca <1968->

Progettare case in legno con XLAM : esempio di progettazione di una struttura portante in legno in zona sismica / Gianluca Bresciani. - Palermo : D. Flaccovio, 2012.

ISBN 978-88-579-0161-9

1. Costruzioni in legno – Zone sismiche - Progettazione.

721.0448 CDD-22

SBN Pal0247112

CIP - Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Stampa: Tipografia Priulla, Palermo ottobre 2012

RINGRAZIAMENTI

Ci sono moltissime persone che vorrei ringraziare per l'aiuto che mi hanno offerto durante la lunga preparazione di questo libro. In particolare ringrazio tutti i committenti delle costruzioni che ho eseguito che mi hanno consentito di progettare in questi anni e che mi hanno dato la possibilità di formarmi sul campo.

Al sig. Stefan Stamm della ditta Cadwork SA che ha permesso di crescere, migliorare e apprendere molte nozioni ma soprattutto mi ha insegnato la passione per il lavoro.

Al dott. Gianfranco Merici che mi ha sempre paternamente spronato all'innovazione.

Un grande ringraziamento va agli ingg. Francesco Omiccioli e Davide Santi dello Studio FOSD di Fano e all'ing. Mauro Piu-belli di Bolzano per la preziosa collaborazione.

All'ing. Sebastiano Florida che mi ha indicato la via maestra della scrittura di questo volume.

Al sig. Vinicio Corain della agenzia Rubner di Desenzano che è il "padre" delle case in legno in Italia e sarà sempre l'enciclopedia pratica della casa in legno.

Alla Borgia Italia di Cornedo Vicentino per l'aiuto tecnico nella ferramenta per il legno.

Ringrazio anticipatamente tutti i professionisti che leggeranno questo libro, nella speranza di ricevere quell'aggiornamento tecnico che la nostra scuola non ci ha saputo dare. Spero che vorrete indicarmi dove è possibile migliorare la comprensione per permettere al legno di riprendere il suo nobile posto tra i materiali da costruzione.

Buona lettura!

www.progettibresciani.it

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

L'editore dichiara la propria disponibilità ad adempiere agli obblighi di legge nei confronti degli aventi diritto sulle opere riprodotte.

La fotocopiatura dei libri è un reato.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.

INDICE

Premessa

PARTE PRIMA Teoria per la progettazione di una abitazione utilizzando pannelli XLAM

1. Presentazione del progetto

1.1. Generalità	pag.	11
1.2. Descrizione del volume	»	11

2. Criteri di calcolo

2.1. Cenni introduttivi	»	15
2.2. Verifiche del legno – NTC 14.01.2008	»	16
2.2.1. Caratteristiche del materiale	»	16
2.2.1.1. Classi di durata del carico	»	16
2.2.1.2. Classi di servizio	»	16
2.2.1.3. Resistenza	»	17
2.2.2. Il comportamento sismico	»	19
2.2.3. Progettazione della struttura	»	21
2.2.4. Combinazioni di carichi	»	23
2.2.4.1. Stati limite ultimi	»	23
2.2.4.2. Stati limite di esercizio	»	23
2.3. Riferimenti bibliografici	»	24

3. Il legno come materiale da costruzione

3.1. Cenni introduttivi	»	25
3.2. Il legno massiccio	»	25
3.3. Il legno massiccio da costruzione giuntato	»	26
3.4. Il bilama e trilama (legno a 2 o 3 lamelle)	»	28
3.5. Legno lamellare incollato	»	29
3.6. I pannelli a base di legno	»	31
3.7. Il compensato di tavole a strati incrociati – XLAM	»	35
3.7.1. Differenze commerciali	»	38
3.7.2. Normativa in arrivo	»	39
3.8. Riferimenti bibliografici	»	39

4. Il calcolo strutturale per l'XLAM

4.1. Analisi del materiale XLAM	»	41
4.2. Il solaio XLAM	»	43

4.3. La parete XLAM	»	49
4.3.1. Verifica dei collegamenti	»	56
4.4. Riferimenti bibliografici	»	68

PARTE SECONDA

Progettazione di una struttura ad uso civile abitazione nel comune di Desenzano del Garda (BS)

5. Analisi dei carichi

5.1. Pesi propri e permanenti	»	71
5.2. Carichi e sovraccarichi	»	75

6. Verifiche ai carichi verticali

6.1. Analisi dei carichi verticali sulle pareti	»	81
6.1.1. Resistenze di progetto	»	81
6.2. Copertura: analisi dei carichi e verifica	»	87

7. Analisi sismica

7.1. Dati introduttivi	»	93
7.2. Dati di progetto	»	94
7.3. Criteri di regolarità	»	95
7.4. Masse sismiche	»	96
7.5. Baricentro delle masse	»	101
7.6. Eccentricità aggiuntive	»	105
7.7. Spettro di risposta	»	105
7.8. Analisi strutturale	»	106

Appendice – Dettagli costruttivi delle pareti XLAM	»	123
---	----------	------------

Normativa di riferimento	»	141
---------------------------------------	----------	------------

Premessa

Questo libro nasce dalla ricerca e dalla esperienza professionale dell'autore nel settore del legno, sia nel calcolo che nella creazione architettonica dei dettagli.

Esistono numerose pubblicazioni sull'argomento ma in questa opera ho voluto analizzare una struttura alla luce delle NTC 2008 al fine di calcolare gli elementi strutturali più importanti senza l'ausilio di software di calcolo.

Nel testo viene esposto il calcolo eseguito con semplici operazioni algebriche in confronto al calcolo eseguito con opportuni software.

Lo scopo principale è quello di fornire al progettista una modalità di lavoro che permetta un'analisi approssimata, alla luce del capitolo 10 delle Norme tecniche.

In questo capitolo si enuncia:

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.

Spetta al progettista il compito di sottoporre i risultati delle elaborazioni a controlli che ne comprovino l'attendibilità.

Tale valutazione consisterà nel confronto con i risultati di semplici calcoli, anche di larga massima, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, ad esempio, in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, valuterà la consistenza delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

Nella relazione devono essere elencati e sinteticamente illustrati i controlli svolti, quali verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.

Nella prima parte del presente volume saranno analizzate le tipologie di legno impiegabili nella progettazione (massiccio, lamellare, pannelli di compensato di tavole) e verranno presentate le metodologie di calcolo teoriche per la verifica di tali elementi.

Nella seconda parte si procederà al calcolo statico della struttura sottoposta ai carichi verticali, in particolare dell'orditura principale del tetto e successivamente si analizzerà la struttura sottoposta ai carichi orizzontali dovuti a un sisma.

In appendice vengono riportate tavole di esempio per la progettazione di pareti che utilizzano un pannello di compensato di tavole incollato.

PARTE PRIMA
Teoria per la progettazione di una abitazione
utilizzando pannelli XLAM

1. Presentazione del progetto

1.1. Generalità

L'XLAM, pannelli di legno massiccio a strati incrociati, è un sistema costruttivo che sta sempre più diffondendosi. Si tratta di pannelli in legno con spessore variabile da 5 a 30 cm, creati mediante strati di tavole incrociate fissate mediante colla, chiodi o cavicchi, che producono strutture con elevata duttilità e resistenza.

La possibilità di fabbricare grandi elementi industrialmente ha portato all'evoluzione tecnica della costruzione della parete in legno: lo sviluppo delle tecniche produttive ha immesso sul mercato pannelli di grandi dimensioni per pareti, solai e coperture a falde.

Gli elementi in legno diventano così la parte principale della struttura che incrementa le proprie prestazioni in termini di capacità portante, isolamento termico e doti antisismiche. Un ulteriore vantaggio dei pannelli a strati incrociati è la ridotta variazione dimensionale al variare della temperatura e dell'umidità: questo è stato uno dei principali vantaggi del legno lamellare rispetto al massiccio e dovrebbe aiutare a incrementare una loro diffusione durante i prossimi anni.

Inoltre tale sistema si caratterizza anche per la possibilità di avere case in legno sempre più simili a quelle tradizionali in muratura – migliorando l'inerzia termica della parete, grazie alla massa maggiore, e permettendo di costruire in altezza edifici stabili e sicuri, con maggiori capacità di resistenza sismica – ma allo stesso tempo con i vantaggi delle case prefabbricate di cui mantiene le proprietà ecologiche e i tempi di costruzione veloci. Una tipica parete XLAM si presenta con una stratificazione (dall'esterno all'interno): cappotto intonacato, strato di isolante (solitamente fibra di legno), parete massiccia e fermacell o cartongesso. Esistono comunque pareti di diversa composizione e spessore. L'utilizzo dell'XLAM per le costruzioni è assai versatile e consente la realizzazione di pareti, solette, tetti per ogni tipo di edificio, dalle singole abitazioni sino alle grandi strutture.

Attualmente i prodotti che sono raggruppati sotto il nome *pannello di compensato di tavole* (XLAM) sono commercializzati con il nome del produttore pertanto si trovano spesso differenze considerevoli tra un prodotto e l'altro.

1.2. Descrizione del volume

Il presente volume è stato realizzato al fine mettere a disposizione un testo di riferimento a coloro che si avvicinano alla progettazione delle strutture abitative in legno.

Nello specifico vengono presentati calcoli e suggerimenti alla realizzazione di una villa unifamiliare che sarà realizzata nel comune di Desenzano del Garda.

L'edificio, di forma regolare, si sviluppa su due livelli con dimensione massima pari a m $12,50 \times 12,50$ in pianta e m 6,55 in altezza.

La struttura a due piani ha un solaio interpiano realizzato in pannelli XLAM e, come si vedrà in seguito, anche le pareti sono della stessa tipologia strutturale.

Il tetto è realizzato in travi di abete lamellare, le falde hanno pendenza pari a 16,7 gradi. L'abitazione sarà eretta su un piano rigido di posa in cemento armato, che in questo caso avrà anche la funzione di solaio per il piano seminterrato e sarà realizzata con una struttura di compensato di tavole di abete (in seguito XLAM) con tavole incrociate a 5 strati per un totale di 10 cm di spessore della struttura portante. La stratigrafia delle pareti sarà presentata nei capitoli successivi.

Il solaio copripiano sarà realizzato in compensato di tavole incrociate con spessore 16 cm.



Figura 1.1
Fotoinserimento
della costruzione:
pareti in legno
non intonacate

La struttura permette di realizzare superfici interagenti fra loro che, sommando la loro azione portante, svolgono la funzione di superfici resistenti alle forze orizzontali e verticali.

Queste azioni esercitate sulla superficie delle pareti esterne e sul tetto dell'edificio vengono trasferite sulle pareti adiacenti in una logica strutturale di funzionamento "a lastra". Le pareti interne portanti saranno realizzate con pannelli da 100 mm a cui vengono applicate delle contropareti create con listelli e pannelli di gessofibra e interposto uno strato di isolante termo-acustico.

Il collegamento con le pareti esterne sarà affidato a barre in acciaio e viti a testa esagonale.

Alcune pareti interne non portanti potranno essere realizzate con profili in legno mm 120×60 o 160×60 con interposte uno strato di isolante termo-acustico, al fine di otte-

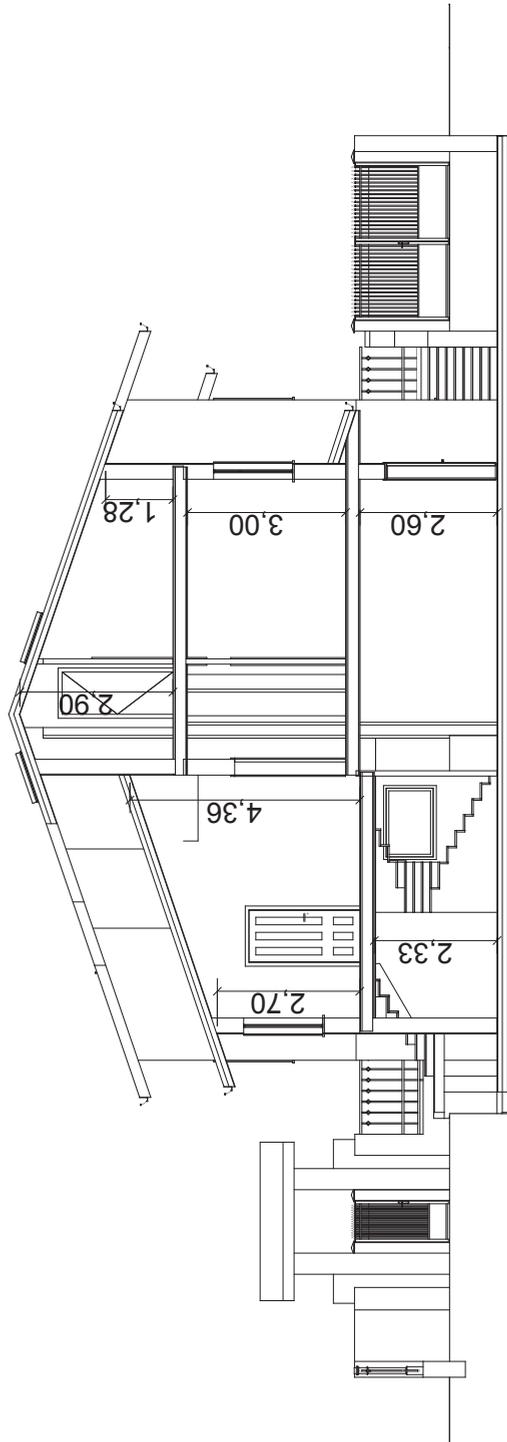


Figura 1.2. Sezione dell'abitazione: il piano interrato sarà realizzato in calcestruzzo armato



Figura 1.3
Fotoinserimento
della abitazione

nere vani tecnici per impianti, chiuso su entrambi i lati da pannelli a base di gessocellulosa e pannelli a scaglie orientate (OSB – Oriented Strand Board).

Tali pareti saranno utilizzate per il passaggio degli impianti sanitari ed elettrici.

Il collegamento con le pareti esterne sarà identico alle pareti interne portanti.

Dopo aver preso in considerazione gli elementi verticali si passa ora a una breve descrizione dell'orizzontamento di piano e della copertura.

La copertura sarà stata realizzata con un tetto a falde la cui inclinazione è di 16,7 gradi e ha come base la struttura delle pareti esterne e interne portanti. Su tale struttura vengono fissati i puntoni delle dimensioni di mm 100×200 distanziati di mm 700 circa sui quali vengono fissati i tavolati, l'isolante, i listelli d'areazione, i listelli portategole e tegole.

La coibenza termica del tetto è garantita da materassi di fibra di legno per uno spessore totale di 200 mm stesi tra i controlistelli, oltre a freno vapore e guaina traspirante così da perfezionare l'isolamento.

Allo scopo di costruire un meccanismo statico di un sol pezzo e affinché sia trascurabile l'indebolimento prodotto dalle giunzioni, ove necessario, le parti strutturali vengono saldamente collegate tra di loro mediante viti a doppio passo, angolari e piastre metalliche.

In questo modo si otterrà un perfetto collegamento tra le varie parti della struttura prefabbricata che soddisferà pienamente la normativa antisismica vigente.

Lo studio della fisica tecnica della parete secondo le norme di riferimento non è trattato in questo libro ma in appendice sono inserite alcune stratigrafie.

Tutte le pareti sono rivestite con pannelli in gessofibra al fine di elevare il grado di resistenza al fuoco della struttura. Per maggiori chiarimenti su questo argomento è necessario riferirsi alle tabelle dei singoli produttori di pannelli in gessofibra.

2. Criteri di calcolo

2.1. Cenni introduttivi

L'analisi strutturale per condizioni di carico orizzontali e verticali verrà effettuata secondo gli Eurocodici 5 e 8, andando a ripartire le azioni di progetto, calcolate per mezzo del D.M. 14.01.2008 alle diverse strutture di controvento e assumendo che gli impalcati siano rigidi.

La ripartizione viene condotta sui carichi verticali secondo il metodo delle superfici di influenza dei singoli setti mentre sulle azioni orizzontali sarà imputata in maniera proporzionale alla rigidezza a taglio dei setti di controvento: sono solo questi ad essere interessati a questa ripartizione, dato che si prescinde, a vantaggio di statica, dalla resistenza a taglio di eventuali pilastri e delle pareti non munite di irrigidimenti.

La valutazione delle sollecitazioni agenti sulla struttura per effetto del peso proprio e delle altre azioni dovute ai carichi permanenti e accidentali che la interessano è stata eseguita mediante i metodi classici derivanti dalla Scienza delle costruzioni.

Più precisamente, sono state ritenute valide le ipotesi di base della teoria tecnica della trave per quanto riguarda gli elementi prismatici (travi e pilastri) che costituiscono i telai e gli orizzontamenti a telaio, mentre verrà applicata la teoria esposta nei capitoli successivi per i pannelli XLAM per le pareti e gli orizzontamenti a pannello.

La struttura verrà studiata considerando un grado di sismicità pari alla zona 3 essendo la zona di costruzione interessata da un rischio sismico non elevato.

Le strutture XLAM fanno parte della tipologia strutturale “pannelli di parete incollati con diaframmi incollati, collegati tramite chiodi e bulloni” e, come tali, sono strutture a bassa capacità di dissipazione energetica, pertanto avranno un fattore di struttura pari a $q_0 = 2,0$ come vedremo nelle tabelle riportate nel capitolo 7.

Per quanto riguarda il terreno dove poggia la struttura si è verificata una categoria del sottosuolo di tipo B (rocce tenere e profili di terreno a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti) in base alle indagini geologiche.

Le combinazioni di azioni agenti sulla struttura (F_d = azioni di calcolo) e la capacità resistente degli elementi strutturali (R_d = resistenza di calcolo) sono definite dalla normativa in funzione del metodo di calcolo usato nelle verifiche.

Nel caso in questione si fa riferimento al metodo semiprobabilistico agli stati limite. L'esame strutturale sarà effettuato per gli stati limiti ultimi SLU e di esercizio SLE.

2.2. Verifiche del legno – NTC 14.01.2008

Le Norme tecniche per la costruzioni (NTC 14.01.2008) sono la base per il calcolo strutturale e contengono tutte le indicazioni per la corretta progettazione.

Nel paragrafo 4.4 “Costruzioni in legno” sono indicati i principi di calcolo per gli elementi strutturali in legno (in realtà le indicazioni provengono dal DT 206/2008 del CNR che sono il completamento applicativo delle NTC).

Sono altrettanto importanti le indicazioni per la corretta progettazione antisismica (capitolo 7 – 7.7 “Costruzioni in legno”) e la certificazione dei materiali (paragrafo 11.7 “Materiali e prodotti a base di legno”).

Nel capitolo 11 delle NTC sono da considerare:

- il paragrafo 11.7.2 “Legno massiccio”;
- il paragrafo 11.7.3 “Legno con giunti a dita”;
- il paragrafo 11.7.4 “Legno lamellare incollato”;
- il paragrafo 11.7.6 “Altri prodotti derivati del legno per uso strutturale”;
- il paragrafo 11.7.10 “Procedure di qualificazione”.

2.2.1. Caratteristiche del materiale

2.2.1.1. Classi di durata del carico

Le azioni di calcolo devono essere assegnate ad una delle classi di durata del carico elencate nella tabella 2.1.

Tabella 2.1. Classi di durata del carico

Classe di durata del carico	Durata del carico
Permanente	Più di 10 anni
Lunga durata	6 mesi-10 anni
Media durata	1 settimana-6 mesi
Breve durata	Meno di una settimana
Istantaneo	--

Ad esempio, ecco alcuni casi di catalogazione dei carichi:

- per la sollecitazione di carico permanente viene ipotizzata durata permanente;
- per la sollecitazione di carico utile viene ipotizzata media durata;
- per la sollecitazione di neve a quota inferiore di 1000 m viene ipotizzata breve durata;
- per la sollecitazione di neve a quota superiore di 1000 m viene ipotizzata media durata;
- per la sollecitazione di vento a distanza 30 km dal mare viene ipotizzata di breve durata.

2.2.1.2. Classi di servizio

Le strutture (o parti di esse) devono essere assegnate a una delle tre classi di servizio elencate nella tabella 2.2.

L'utilizzo dell'XLAM strutturale è ammesso, tramite le omologazioni dei diversi prodotti, nelle classi di servizio 1 e 2.

Tabella 2.2. Classi di servizio (secondo NTC 2008)

Classe di servizio 1	Caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente ad una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65%, se non per poche settimane all'anno
Classe di servizio 2	Caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente ad una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 85%, se non per poche settimane all'anno
Classe di servizio 3	Caratterizzata da un'umidità più elevata della classe di servizio 2

2.2.1.3. Resistenza

La durata del carico e l'umidità del legno influiscono sulle proprietà resistenti del legno. I valori di calcolo per le proprietà del materiale a partire dai valori caratteristici si assegnano quindi con riferimento combinato alle classi di servizio e alle classi di durata del carico. Il valore di calcolo X_d di una proprietà del materiale (o della resistenza di un collegamento) viene calcolato mediante la relazione:

$$X_d = \frac{k_{\text{mod}} X_k}{\gamma_M}$$

dove

X_k = valore caratteristico della proprietà del materiale, o della resistenza del collegamento. Può anche essere determinato mediante prove sperimentali sulla base di prove svolte in condizioni definite dalle norme europee applicabili

γ_M = coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale i cui valori sono riportati nella tabella 2.3

k_{mod} = coefficiente correttivo che tiene conto dell'effetto, sui parametri di resistenza, sia della durata del carico sia dell'umidità della struttura. I valori di k_{mod} sono forniti nella tabella 2.4. Se una combinazione di carico comprende azioni appartenenti a differenti classi di durata del carico si dovrà scegliere un valore di k_{mod} che corrisponde all'azione di minor durata.

Tabella 2.3. Valori coefficiente parziale di sicurezza (secondo NTC 2008)

Stati limite ultimi		γ_M
Combinazioni fondamentali	Legno massiccio	1,5
	Legno lamellare incollato	1,45
	Pannelli di particelle o di fibre	1,5
	Compensato, pannelli di scaglie orientate	1,4
	Unioni	1,5
Combinazioni eccezionali		1,00

I valori utilizzati dai manuali dell'Università di Graz (prima nell'iniziare gli studi sull'XLAM) riportano un valore del coefficiente parziale di sicurezza a 1,25.

Adottando le prescrizioni delle NTC il valore di γ_M da applicare al calcolo strutturale degli elementi di XLAM è quindi di 1,45, ma a vantaggio di sicurezza si utilizzerà il valore di 1,5.

Risulta chiaro come in Austria l'uso del legno sia considerato meno "estremo".

Nella tabella 2.4 si riportano i valori del k_{mod} per il legno lamellare incollato in funzione delle classi di servizio.

Per i valori di k_{mod} da applicare al calcolo dell'XLAM valgono le medesime riflessioni e conclusioni. I valori di k_{mod} contenuti nelle NTC sono praticamente identici ai valori contenuti nel DT 206 e negli Eurocodici (solo un valore per i carichi di durata istantanea varia e deve essere ridotto secondo le NTC da 1,1 a 1,0).

Tabella 2.4. Valori di k_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno (secondo NTC 2008)

Materiale	Normativa di riferimento		Classe di servizio	Classe di durata del carico				
				Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantaneo
Legno massiccio Legno lamellare incollato	EN 14081-1 EN 14080		1	0,50	0,70	0,80	0,90	1,00
			2	0,50	0,70	0,80	0,90	1,00
			3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Compensato	EN 636	Parti 1, 2, 3	1	0,50	0,70	0,80	0,90	1,00
		Parti 2, 3	2	0,50	0,70	0,80	0,90	1,00
		Parte 3	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Pannello di scaglie orientate (OSB)	EN 300	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,00
		OSB/3	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,00
		OSB/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Pannello di particelle (truciolare)	EN 312	Parti 4, 5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,00
		Parte 5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		Parti 6, 7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,00
		Parte 7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Pannello di fibre alta densità	EN 622-2	MB LA, MB MLA 1 o 2	1	0,30	0,40	0,65	0,85	1,00
		MB ELA 1 o 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Pannello di fibre media densità (MDF)	EN 622-3	MBH LA 1 o 2	1	0,20	0,40	0,50	0,80	1,00
		MBH ELS 1 o 2	1	0,20	0,40	0,50	0,80	1,00
			2	-	-	-	0,45	0,80
	EN 622-5	MDF LA MDF ELS	1	0,20	0,40	0,50	0,80	1,00
MDF ELS		2	-	-	-	0,45	0,80	

Considerando il comportamento viscoso dell'XLAM, se si usassero i valori del legno lamellare incollato, si trascurerebbe questo effetto, quindi è consigliabile in base alle norme comunitarie utilizzare un coefficiente di deformazione $k_{def} = 0,8$ per classi di servizio 1 e $k_{def} = 1$ per classi di servizio 2 corrispondente a materiali con struttura multistrato con strati incrociati.

Tabella 2.5. Valori di k_{def} relativi a legno e pannelli strutturali a base di legno (secondo NTC 2008)

Materiale	Normativa di riferimento		Classe di servizio		
			1	2	3
Legno massiccio	EN 14081-1		0,60	0,80	2,00
Legno lamellare incollato	EN 14080		0,60	0,80	2,00
Compensato	EN 636	Parte 1	0,80	-	-
		Parte 2	0,80	1,00	-
		Parte 3	0,80	1,00	2,00
Pannello di scaglie orientate (OSB)	EN 300	OSB/2	2,25	-	-
		OSB/3 OSB/4	1,50	2,25	-
Pannello di particelle (truciolare)	EN 312	Parte 4	2,25	-	-
		Parte 5	2,25	3,00	-
		Parte 6	1,50	-	-
		Parte 7	1,50	2,25	-
Pannello di fibre alta densità	EN 622-2	MB LA, MB MLA 1 o 2	2,25	-	-
		MB ELA 1 o 2	2,25	3,00	-
Pannello di fibre media densità (MDF)	EN 622-3	MBH LA 1 o 2	2,25	-	-
		MBH ELS 1 o 2	3,00	4,00	-
	EN 622-5	MDF LA MDF ELS	2,25	-	-
		MDF ELS	2,25	3,00	-

2.2.2. Il comportamento sismico

Il comportamento sismico delle strutture in legno è regolamentato nel capitolo 7 – paragrafo 7.7 delle NTC.

L'altezza massima di un edificio a struttura in legno in zona sismica 1 è limitata a due piani (senza utilizzo di riserve anelastiche).

Le pareti svolgono la duplice funzione di portare i carichi verticali derivanti dai solai di pertinenza e di resistere alle azioni orizzontali (vento, sisma) agenti nel loro piano trasmesse dai vari orizzontamenti e/o pareti esterne poste in direzione ortogonale.

Come si è già visto, le strutture XLAM fanno parte della tipologia strutturale “pannelli di parete incollati con diaframmi incollati, collegati tramite chiodi e bulloni” e come tali, sono strutture a bassa capacità di dissipazione energetica, per tanto avranno un fattore di struttura pari a $q_0 = 2,0$.

Analizzando più in dettaglio la struttura XLAM, è possibile assimilarla a una struttura

scatolare in cui le pareti e i diaframmi sono costituiti da pannelli in legno. Tali pannelli sono molto rigidi e resistenti e sono collegati tra loro da ancoraggi meccanici. Le pareti sono formate da uno o più pannelli in cui sono tagliate le aperture (porte e finestre).

I solai sono costituiti da pannelli multistrato aventi larghezza costante e lunghezza indicata dalla luce della costruzione. I solai saranno collegati alle pareti e alle travi rompitratta mediante connessioni meccaniche (tipicamente viti per legno e angolari le cui schede tecniche sono riportate in appendice).

Alla base della struttura sarà presente una fondazione in cemento armato (a platea o trave rovesce) a cui verrà collegata la struttura in legno mediante appositi angolari metallici.

Nella parte inferiore delle pareti che costituiscono il piano terra viene inserito un cordolo in larice che avrà una funzione di traccia per la costruzione della parete e inoltre, sfruttando la passivazione del larice, si preserverà l'integrità del pannello XLAM in abete posto superiormente.

L'azione orizzontale del sisma viene contrastata mediante gli angolari metallici, i quali devono impedire il ribaltamento della parete e prendono il nome di *holdown*.

La verifica del ribaltamento sarà eseguita nei capitoli successivi, per il momento è sufficiente sapere che l'angolare è collegato:

- alla fondazione mediante tassello o barra filettata con colla epossidica;
- alla parete con viti mordente a legno o chiodi Anker ad aderenza migliorata.

Gli holdown saranno posizionati sulle estremità delle pareti e in corrispondenza delle aperture.

Lo scorrimento della parete viene impedito dal vincolo parete-cordolo di larice realizzato mediante viti per legno autoperforanti e dal vincolo cordolo-fondazione realizzato mediante barre filettate.

In assenza di cordolo di larice, vengono utilizzati degli angolari che sono collegati mediante barra filettata alla fondazione e viti autofilettanti o chiodi ad aderenza migliorata alla parete in legno.

Le pareti XLAM composte da pannelli a larghezza fissa prevedono anche una connessione verticale tra pannello e pannello; questa sarà realizzata mediante una tavola di abete che collega le estremità dei pannelli in cui sono stati realizzati degli scassi per alloggiare la tavola. Tavola e pannelli sono vincolati mediante chiodi o viti autofilettanti in ragione dell'azione sismica agente.

Gli angoli delle strutture saranno realizzati collegando le pareti ortogonali mediante viti per legno autofilettanti di apposita lunghezza inserite "alla traditora" secondo le regole della carpenteria in legno in modo da collegare sia strati longitudinali che trasversali delle tavole XLAM.

I solai dovranno essere vincolati alle pareti del primo piano mediante connessioni che non permettano lo scorrimento: in questo caso, la realizzazione del vincolo può essere fatta mediante viti, angolari, chiodi o bande metalliche. Spetta al progettista verificare tali collegamenti.

Nei piani successivi, le pareti saranno collegate ai solai sottostanti mediante angolari, holdown e bande metalliche preforate al fine di impedire lo scorrimento e il ribaltamento.