SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA

Facoltà di Architettura
CDL Architettura UE
Tesi di Laurea AA 2012/13

Progettazione di un asilo nido nel quartiere “Talenti” di Roma: applicazione della tecnica costruttiva in pannelli X-LAM

FASE 3_IL SISTEMA TECNOLOGICO_ANALISI DELLA TECNOLOGIA SCELTA_PROCESSO EDILIZIO_PRESTAZIONI

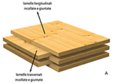
Relatrice: prof.ssa Teresa Villani
Correlatore: prof. Francesco Mancini
Candidata: Aldina Silvestri

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19

CARATTERISTICHE DELLA TECNOLOGIA X-LAM

IL SUPERAMENTO DELLA STRUTTURA INTELAIATA

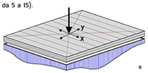
Spesso la rigidezza di tale struttura è legata alle pannellature del rivestimento strutturale, e alle pareti di chiusura. Per edifici di piccole dimensioni il problema non si pone, ma quando le luci diventano importanti, e soprattutto quando le pareti di chiusura sono articolate da bucature differenti, occorre fissare tali pannelli agli elementi del telaio stesso, per irrigidire l'intera struttura. A quel punto le sollecitazioni non si distribuiranno sui singoli elementi del telaio ma interesseranno anche le pannellature e i punti critici, come le bucature. Si ha bisogno quindi di utilizzare elementi piani non più lineari, come travi e pilastri, ma di superficie, in modo che si adattino al meglio alle esigenze dell'edificio (figura A, foto da 1 a 4).


lamelle longitudinali incollate e giuntate
lamelle trasversali incollate e giuntate

A

LA SUPERFICIE COME ELEMENTO STRUTTURALE

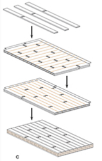
L'uso dell'elemento strutturale superficiale piano richiede la capacità strutturale in tutte le direzioni del piano considerato, in particolar modo per le sollecitazioni perpendicolari al piano stesso. Fino all'avvento dei pannelli X LAM queste caratteristiche venivano affidate ai pannelli truciolari sottili e ai panelli di compensato di piallacci sfogliati. Per la loro natura di elemento sottile però non hanno mai permesso di creare elementi strutturali di dimensioni di un solaio o di una parete di un edificio. L'uso segli X LAM ha colmato questa lacuna, introducendo anche per le costruzioni in legno l'uso di elementi strutturali massicci, piani e di grandi dimensioni (figura B, foto da 5 a 15).



B

GLI STRATI

I pannelli di legno massiccio a strati incrociati X LAM sono pannelli di grandi dimensioni, formati da più strati di tavole di spessore tra 15 e 30 mm, sovrapposti e incollati l'uno sull'altro in modo che la fibratura di ogni singolo strato sia ruotata nel piano del panello di 90° rispetto agli strati adiacenti. Il numero degli strati minimo è di 3, e gli strati devono essere sempre di numero dispari. Più strati ci sono, più il pannello aumenta le sue proprietà fisiche e meccaniche, e ovviamente il suo spessore (C).



C

D1

D2

D3

LE SPECIE LEGNOSE

I pannelli X LAM sono prodotti in legno di conifera, come la maggior parte degli elementi di legno per uso strutturale. Il legno più usato è quello di abete (D1), in prevalenza abete rosso; è possibile anche la produzione con legno di larice (D2) e della douglasia (D3). L'uso di altre specie legnose è possibile, ma ad oggi è riservato alla ricerca mirante a sviluppare proprio l'uso di altre specie legnose per la realizzazione di elementi strutturali.

LA PRODUZIONE DELLE TAVOLE

F1	**Taglio delle tavole (o lamelle)**: come per la produzione del legno lamellare incollato, la prima fase avviene in impianti specializzati al per il taglio.
F2	**Essiccatura**: questa fase è essenziale, perchè per la classificazione e l'incollatura è indispensabile un tasso di umidità del legno ben definito, di regola del 12%, con un margine di tolleranza del 2 o 3%
F3	**Classificazione**: nella classificazione delle tavole vengono eliminate le parti di qualità scadenti tramite troncatura e classificate secondo la normativa sul legno massiccio EN14081; in seguito ad ogni tavola viene attribuita una classe di resistenza, per definirne il profilo prestazionale, secondo la EN338.
F4	**Giunzione longitudinale delle lamelle**: le singole lamelle che formano il singolo strato di tavole sono continue su tutta la lunghezza del pannello, per garantire la continuità strutturale. La tecnologia applicata è quella della giunzione longitudinale incollata, a pettine, delle singole tavole.
F5	**Giunzione trasversale delle tavole**: Il collegamento trasversale fra le singole tavole è realizzato in modi diversi, in base al produttore in questione. In alcuni casi le tavole sono incollate l'una all'altra in modo da creare un' unica superficie omogenea, in altri viene lasciata un'intercapedine visibile tra le tavole. In ogni caso le prestazioni del pannello non sono influenzati dalla discontinuità o meno delle tavole.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

IL PROCESSO EDILIZIO DEI PANNELLI X-LAM _ DALLA PROGRAMMAZIONE DEL PRODOTTO ALLA SUA DISMISSIONE _ GLI ASPETTI VANTAGGIOSI

PROGRAMMAZIONE

• AMPIA SCELTA DEL LEGNAME

Il tipo di legno più utilizzato è quello di conifera, come la maggior parte degli elementi di legno per uso strutturale. La specie più usata è l'abete, bianco o rosso; è possibile anche l'uso del pino, del larice e della douglasia. La presenza di queste piante in Italia, ma soprattutto nel Nord-Europa, le rendono facili da reperire e soprattutto di baso costo.

● Ditte specializzate

• VELOCITA' NELLA FABBRICAZIONE

Il processo produttivo industrializzato fa in modo che i tempi di realizzazione di un pannello X-LAM siano molto brevi: le fasi di taglio, sfogliatura, essiccatura e incollaggio sono standardizzate, e rendono ogni pannello finito subito utilizzabile per l'impiego.

● Ditte specializzate

• USO DI COLLANTI NON NOCIVI

Il collanti usati per la produzione di pannelli XLAM sono in genere a base poliuretanica, monocomponenti: il componente applicato al legno reagisce, e si trasforma in parte in resina (colla), in parte in CO2, e non in formaldeide come spesso succede con altri tipi di lavorazioni.

● Operatori specializzati

• PREFABBRICAZIONE

IL sistema X-LAM pemette di essere pre-tagliato e quindi pre-fabbricato presso gli stabilimenti per la lavorazione del legno. Questa caratteristica permette di produrre elementi e/o facciate complete di edifici, già provviste di aperture, vani per porte e finestre, fori per impianti etc., diminuendo in fase d'opera i tempi necessari alla realizzazione di tali bucature.

● Imprese di produzione

• IMPRESA DI PRODUZIONE = IMPRESA DI COSTRUZIONE

Spesso la stessa impresa di produzione, che lavora gli elementi negli stabilimenti, si occupa anche del loro trasporto e montaggio in cantiere. Questa identificazione delle due imprese comporta una notevole diminuzione dei tempi di esecuzione del manufatto e consente inoltre di procedere con maggiore rapidità anche sul versante contrattuale tra comittenza e lavoratore stesso.

● Imprese di produzione e costruzione

PROGETTAZIONE

• CONTROLLO DIMENSIONALE

Il taglio di ogni pannello è realizzato con macchinari appositi che lavorano su margini di errore decimillimetrici; le ditte produttrici commerciano quindi elementi con dimensioni prestabilite, e il progettista attenendosi a tali dimensioni non può andare incontro ad errori compositivi.

● Imprese di produzione

• FENOMENI DI ALTERAZIONE DEL LEGNO TRASCURABILI

L'elaborato processo produttivo di ogni pannello X-LAM consente di determinare un prodotto qualitativamente valido; in particolare rispetto a legno massiccio o ai pannelli classici, nell'X-LAM sono molto ridotti i fenomeni di rigonfiamento e ritiro del legno: il loro valore infatti si può porre intorno a a= 0.2%, mentre per i normali elementi strutturali in legno a> 0.7%. Ciò diminuisce notevolmente le azioni di manutenzione in fase di esercizio dell'opera stessa.

● Imprese di produzione

• ELIMINAZIONE DEI DIFETTI DEL LEGNO

Nella fase di classificazione delle lamelle, le parti di qualità scadenti di ognuna vengono eliminate tramite troncatura; queste vengono poi trattate con solventi che evitino l'attacco di parassiti del legno: in questo modo si ha la certezza che ogni lamella non presenterà difetti o deterioramenti.

● Operatori specializzati

• VARIABILITA' DEI FORMATI

Non esistono normative sulla standardizzazione o la codificazione dei formati dei pannelli, quindi ogni produttore definisce una personale offerta del prodotto: in generale, i pannelli X-LAM possono raggiungere dimensioni di 24 m in una direzione, 4.80 m nell'altra, e spessori fino a 50 cm. La vastità del mercato consente al progettista un'ampia libertà di composizione.

● Imprese di produzione

• CONOSCENZA DEL COMPORTAMENTO MECCANICO DELL'ELEMENTO

Prima di procedere con l'incollaggio degli strati di lamelle giuntate, ognuna deve essere accuratamente sottoposta a prove statiche e catalogata in base alle sue caratteristiche meccaniche di resistenza e rigidezza: in questo modo si può conoscere anticipatamente il comportamento strutturale di ogni elemento finito

● Operatori specializzati

REALIZZAZIONE

• ELEVATA QUANTITA' DI ELEMENTI TRASPORTABILI

Il peso specifico molto ridotto dei pannelli X-LAM (intorno ai 400 kg/mc per il legno di abete; si tenga conto che il calcestruzzo ha un Ps di 2500 kg/mc circa) li rendono trasportabili in grandi quantità alla volta; le normative italiane infatti prevedono che un camion da trasporto per il cantiere porti al massimo 56 t di carico.

● Imprese di produzione/costruzione

• FACILITA' DI ASSEMBLAGGIO DEGLI ELEMENTI

Quando gli elementi strutturali prefabbricati hanno dimensioni troppo elevate per essere trasportati, vengono assemblati direttamente in cantiere: il processo di ancoraggio tra i pannelli è rapido, viene effettuato tramite elementi in acciaio (staffe, barre, viti, etc.) e permette all'elemento strutturale di essere subito operativo (si può provare la messa a carico) senza bisogno di tempi di attesa.

● Imprese di costruzione

• RAPIDITA' DI MONTAGGIO

Il legno è un materiale che può essere subito messo in esercizio: l'assemblamento a secco diminuisce i tempi di attesa delle verie fasi di montaggio dell'opera, e una volta assemblati tra loro gli elementi di una parte del manufatto si può procedere subito con l'assemblamento di una seconda parte potendo già caricare con peso elevato i primi; questo consente di lavorare in cantiere su più elementi tecnici contemporaneamente, sovrapponendo varie fasi di lavoro.

● Imprese di costruzione

• MEZZI DI SOLLEVAMENTO MODESTI

La leggerezza dei pannelli o delle lastre/piastre già composte, da assemblare tra loro, consente l'utilizzo in cantiere di mezzi modesti visto il poco peso che devono supportare; questo permette anche dei tempi di esecuzione molto brevi, con un rispettivo ridimensionamento dei costi. Ovviamente in base all'altezza del manufatto da costruire serviranno più o meno mezzi di sollevamento.

● Imprese di costruzione

• ELEVATA PULIZIA DI CANTIERE

Per il legno, a differenza di altri materiali da costruzione, è previsto l'assemblamento a secco. Ciò permette di mantenere sul cantiere un elevato livello di igiene, visto il mancato uso di acqua e altre sostanze liquide a diversa densità. I vantaggi sono molti: mancata presenza di insetti/batteri che proliferano in ambienti umidi, maggior benessere dei lavoratori, migliori condizioni igieniche che impediscono la diffusione di malattie e infezioni.

● Imprese di costruzione

• OPERE DI PUNTELLAMENTO MODESTE

La leggerezza degli elementi costruttivi utilizzati, e la stabilità che acquistano una volta ancorati tra loro (alle fondazioni del terreno, e poi via via procedendo con tutti gli altri elementi strutturali) consente di evitare opere provvisionali eccessive e pesanti, aumentando la sicurezza sul lavoro dei lavoratori e riducendo i tempi di esecuzione dell'opera, insieme ai costi previsti.

● Imprese di costruzione

MANUTENZIONE E GESTIONE

• BASSA MANUTENZIONE

La struttura in legno lamellare viene all'origine resa immune da parassiti e da uova d'insetti grazie all'essiccazione in fabbrica; il trattamento di finitura con impregnante traspirante a base d'acqua che viene applicato nel momento della posa in opera rafforzerà la protezione anche rispetto ai raggi solari, alle piogge, e al fuoco. L'interno della casa non necessiterà più di manutenzione. La manutenzione è per lo più esterna e varia in base alle zone climatiche dove è stata edificata la struttura: di norma si ridurrà ad una mano di vernice impregnante dopo il primo anno dall'edificazione e in media, dopo il primo, ogni 3 anni.

● Fruitori/Imprese di costruzione

• ECO-COMPATIBILITA'

L'utilizzo di materiali naturali e di origine certificata permette di assicurare il rispetto dei parametri di eco-compatibilità, poiché l'edificio rispetta la natura non inquinando, e di biocompatibilità, poiché una casa costruita con materiali sani ed ecologici meglio accoglie la vita umana, garantendo comfort e benessere. Il legno respira e regola il clima, prevenendo la formazione di muffe.

● Fruitori

• BASSO CONSUMO ENERGETICO

Il legno presenta delle caratteristiche intrinseche che riducono i consumi energetici totali della costruzione stessa: è, infatti, un otimo isolante termico, acustico ed elettrico; ciò consente di ridurre al minimo l'utilizzo di fonti di calore inquinanti (metano, carbone), ed è inoltre un materiale traspirante e igroscopico, in grado cioè di assorbire le variazioni di umidità dell'ambiente.

● Fruitori

DISMISSIONE

• RIDOTTE EMISSIONI DI CO2

Non sono da sottovalutare i benefici in termini di contenimento delle emissioni di CO2. Durante la crescita, gli alberi assorbono CO2 per fabbricare la cellulosa e la lignina di cui sono costituiti, fissando il carbonio e liberando ossigeno nell'atmosfera. Quando un albero viene trasformato in materiale da costruzione, si ritarda il momento in cui il carbonio, fissato dalla fotosintesi, sarà reimmesso nell'atmosfera a seguito della decomposizione o combustione del legno.

● Fruitori

• BIODEGRADABILITA'

Il legno è un materiale organico, che si riproduce naturalmente; inoltre, è un materiale igienico perché facilmente pulibile, igroscopico, in quanto assorbe l'umidità, e è biodegradabile al 100%, infatti può essere recuperato facilmente. Ogni elemento edilizio può essere riciclato interamente.

● Fruitori

• RICICLO

Poter riciclare il legno vuol dire ridurre l'impatto ambientale che un rifiuto legnoso abbandonato in discarica produce: il legno che va alla discarica emette metano, e rilascia anidride carbonica, due gas tra i principali responsabili dell'effetto serra. Le emissioni di metano derivano dal processo di decomposizione degli scarti di legno, e l'anidride carbonica contenuta e "congelata" nelle fibre di legno, viene rilasciata solamente quando il legno non è più utilizzato. Riciclandolo si evita che l'anidride carbonica e il carbonio contenuti nelle fibre legnose siano dispersi nell'atmosfera.

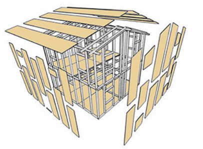
● Imprese specializzate

● Soggetti coinvolti nelle fasi di processo

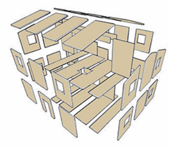
STRUTTURA IN X-LAM E A TELAIO SEMPLICE A CONFRONTO: calcolo dei tempi e dei costi di costruzione; studio del comportamento energetico delle PPV dell'involucro dei due sistemi costruttivi

PRODOTTO ESAMINATO

Costruzione ad uso abitativo, area calpestabile 100 mq divisi su due livelli, su fondazioni a platea in c.a.; è stato analizzato il prodotto realizzato attraverso le due diverse tecniche costrutive, in **TEMPI**, **COSTI**, **PRESTAZIONI**, dando una **VALUTAZIONE PRELIMINARE E SOMMARIA** dei risultati ottenuti.



SISTEMA: TELAIO IN LEGNO



SISTEMA: PARETI STRUTTURALI X-LAM

TEMPI

Valutazione dei tempi di costruzione del prodotto esaminato, dati forniti dalle seguenti Imprese di produzione/costruzione: "EMME PI Italia", Padova - "Pro House Design", Torino - "Wolf Haus", Bolzano

Fabbricazione elementi in fornitura	10 - 15 giorni circa	Realizzazione parti strutturali (al grezzo): 25 - 35 giorni circa	Realizzazione dell'intero manufatto: 55 - 75 giorni
Realizzazione struttura in cantiere	15 - 20 giorni circa		
Realizzazione tamponature in cantiere	10 - 15 giorni circa	Realizzazione parti non strutturali: 30 - 40 giorni circa	
Realizzazione finiture e impianti	10 - 15 giorni circa		
Imprevisti	10 giorni circa		

Fabbricazione elementi in fornitura	10 - 15 giorni circa	Realizzazione parti strutturali (al grezzo): 15 - 25 giorni circa	Realizzazione dell'intero manufatto: 40 - 60 giorni
Realizzazione struttura in cantiere	5 - 10 giorni circa		
Realizzazione tamponature in cantiere	5 - 10 giorni circa	Realizzazione parti non strutturali: 15 - 25 giorni circa	
Realizzazione finiture e impianti	10 - 15 giorni circa		
Imprevisti	10 giorni circa		

COSTI

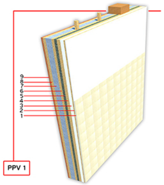
Valutazione dei costi del prodotto esaminato al grezzo e al finito, dati forniti dalle seguenti Imprese di produzione/costruzione: "EMME PI Italia", Padova - "Pro House Design", Torino - "Wolf Haus", Bolzano

Costi di costruzione del manufatto al grezzo, ovvero provvisto della sola struttura portante	1) 408 €/mq Produttore/costruttore *"EMME PI Italia"* - Padova 2) 800 €/mq Azienda *"Pro House Design"* - Torino 3) 900 €/mq Azienda *"Wolf Haus"* - Bolzano
Costi di costruzione del manufatto al finito, ovvero provvisto delle tamponature, delle chiusure, degli infissi, dei pavimenti e dei rivestimenti	1) 1000 €/mq Produttore/costruttore *"EMME PI Italia"* - Padova 2) 1250 €/mq Azienda *"Pro House Design"* - Torino 3) 1300 €/mq Azienda *"Wolf Haus"* - Bolzano

Costi di costruzione del manufatto al grezzo, ovvero provvisto della sola struttura portante	1) 520 €/mq Produttore/costruttore *"EMME PI Italia"* - Padova 2) 800 €/mq Azienda *"Pro House Design"* - Torino 3) 1100 €/mq Azienda *"Wolf Haus"* - Bolzano
Costi di costruzione del manufatto al finito, ovvero provvisto delle tamponature, delle chiusure, degli infissi, dei pavimenti e dei rivestimenti	1) 1150 €/mq Produttore/costruttore *"EMME PI Italia"* - Padova 2) 1400 €/mq Azienda *"Pro House Design"* - Torino 3) 1650 €/mq Azienda *"Wolf Haus"* - Bolzano

PRESTAZIONI in termini energetici

Valutazione del comportamento energetico di un prototipo di Parete Perimetrale Verticale (PPV) realizzata con la stessa quantità di materiale isolante, sia per il prodotto con struttura in X-LAM (PPV2), sia per il prodotto con struttura intelaiata (PPV1). Sono state valutate la massa (inerzia) della parete, la sua trasmittanza, la sua resistenza termica.



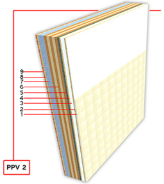
Tamponatura per struttura a telaio

1 - Finitura interna in tinta rivestita da piastrelle in gres, spessore 1 cm
2 - Pannello rigido in cartongesso, spessore 1.5 cm
3 - Cavedio per il passaggio impianti, spessore 5 cm
4 - Pannello di supporto in fibre di legno OSB, spessore 5 cm
5 - Pannello rigido fonoisolante in lana di roccia, spessore 3 cm
6 - Pannello di supporto in fibre di legno OSB, spessore 3 cm
7 - Pannello termoisolante di polistirolo espanso, spessore 9 cm
8 - Pannello di supporto in fibre di legno OSB, spessore 2 cm
9 - Rivestimento esterno in doghe di legno, spessore 2 cm

PACCHETTO PPV 1 = 31.5 cm

COMPORTAMENTO IN REGIME INVERNALE
PARAMETRI DI RIFERIMENTO:
Comune di Roma, zona climatica D, 1415 G.G.
T_{int} = 20°C T_{est} = 0°C
U_{int} = 52% U_{est} = 70%
Trasmittanza (W/m²K): 0.18 < 0.36
Massa superficiale (Kg/m²): 89.5
Resistenza termica (m²K/W): 5.62

COMPORTAMENTO IN REGIME ESTIVO
PARAMETRI DI RIFERIMENTO:
Comune di Roma, zona climatica D, 1415 G.G.
T_{int} = 26°C T_{est} = 32°C
U_{int} = 52% U_{est} = 50%
Trasmittanza (W/m²K): 0.18 < 0.36
Massa superficiale (Kg/m²): 89.5
Resistenza termica (m²K/W): 5.62



Tamponatura per struttura X-LAM

1 - Finitura interna in tinta rivestita da piastrelle in gres, spessore 1 cm
2 - Pannello rigido in cartongesso, spessore 1.5 cm
3 - Cavedio per il passaggio impianti, spessore 5 cm
4 - Pannello di supporto in fibre di legno OSB, spessore 2 cm
5 - Parete strutturale X-LAM, spessore 16.5 cm
6 - Pannello rigido fonoisolante in lana di roccia, spessore 3 cm
7 - Pannello termoisolante di polistirolo espanso, spessore 9 cm
8 - Pannello di supporto in fibre di legno OSB, spessore 2 cm
9 - Rivestimento esterno in doghe di legno, spessore 2 cm

PACCHETTO PPV 2 = 42 cm

COMPORTAMENTO IN REGIME INVERNALE
PARAMETRI DI RIFERIMENTO:
Comune di Roma, zona climatica D, 1415 G.G.
T_{int} = 20°C T_{est} = 0°C
U_{int} = 52% U_{est} = 70%
Trasmittanza (W/m²K): 0.18 < 0.36
Massa superficiale (Kg/m²): 131.80
Resistenza termica (m²K/W): 6.42

COMPORTAMENTO IN REGIME ESTIVO
PARAMETRI DI RIFERIMENTO:
Comune di Roma, zona climatica D, 1415 G.G.
T_{int} = 26°C T_{est} = 32°C
U_{int} = 52% U_{est} = 50%
Trasmittanza (W/m²K): 0.18 < 0.36
Massa superficiale (Kg/m²): 131.80
Resistenza termica (m²K/W): 6.42

RISULTATI OTTENUTI

RISPARMIO MEDIO DEL 28% CIRCA DEL TEMPO UTILIZZANDO LA STRUTTURA IN X - LAM

AL GREZZO: risparmio di 100 €/mq nella struttura a telaio
AL FINITO: risparmio di 217 €/mq nella struttura a telaio

AUMENTO DELL'INERZIA TERMICA DEL 49.5% DELLA PARETE CON SISTEMA X-LAM RISPETTO ALLA TAMPONATURA DEL TELAIO; DIMINUZIONE DEL 3% DELLA TRASMITTANZA DELLA PARETE CON SISTEMA X-LAM