

X-Lam

Proprietà e caratteristiche di un materiale innovativo

Andrea Bernasconi

Consulente dell'Istituto per la costruzione, le strutture e la tecnologia del legno, Politecnico di Graz (Austria)

Professore di tecnologia e costruzione di legno, University of applied sciences, Yverdon-CH

in collaborazione con:

Gerhard Schickhofer

Professore e direttore d'istituto, Politecnico di Graz (Austria)

Seminario specialistico promo_legno

L'altro massiccio

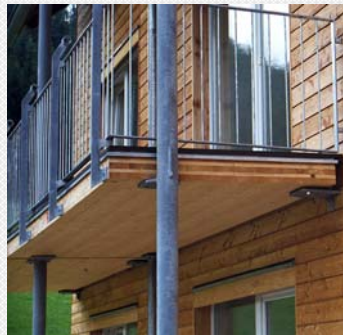
Milano, giovedì 20 novembre 2008

Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 1

Edifici di legno con un materiale strutturale nuovo

- Prime realizzazioni nella seconda metà degli anni '90

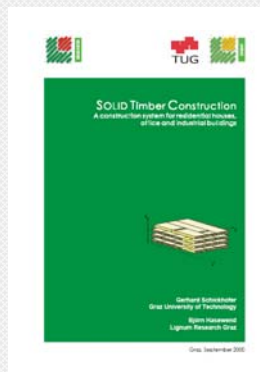


Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 2

Edifici di legno con un materiale strutturale nuovo

- Prendeva forma un materiale nuovo ...



- 1996: un progetto di sviluppo per sfruttare meglio il materiale prodotto dalle segherie producendo pannelli strutturali massicci
- 1998: prima omologazione austriaca

Edifici di legno con un materiale strutturale nuovo

- Oggi - circa 10 anni dopo ...
.... la capacità produttiva in Europa raggiunge 1 Mio. m³/anno



- ... il nuovo materiale è una realtà indiscussa e interessante
 - in tedesco: **BrettSPerrholz**
 - in inglese: **Cross Laminated Timber**

I pannelli di legno massiccio a strati incrociati X-Lam

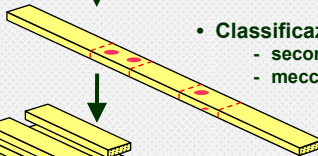
- Descrizione di un materiale nuovo e innovativo
- Caratteristiche e potenzialità tecniche e strutturali
- Disponibilità e possibilità di impiego
- Impieghi e applicazioni possibili



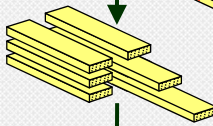
La materia prima - Le lamelle



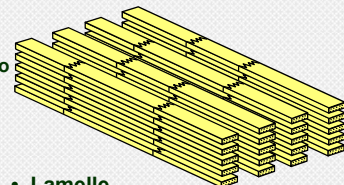
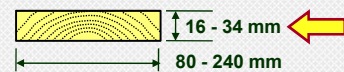
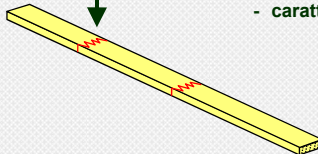
- Taglio
 - tavole più esterne
 - migliori, ma meno interessanti
 - essiccazione



- Classificazione
 - secondo la resistenza
 - meccanica o visiva

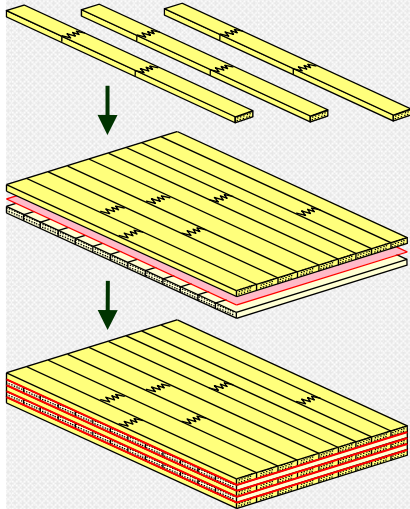


- Giunti incollati a pettine
 - lunghezza a piacimento
 - caratteristiche definite



- Lamelle
 - lunghezza a piacimento
 - caratteristiche definite

Il principio del pannello massiccio a strati incrociati



- **Strati unidirezionali**
 - formati da più lamelle
 - incollati uno sull'altro
- **Direzione della fibratura degli strati**
 - "incrociati"
 - strati adiacenti ruotati di 90°
- **Incollatura strutturale**
 - adesivi e tecnica dal lamellare
 - procedimenti innovativi

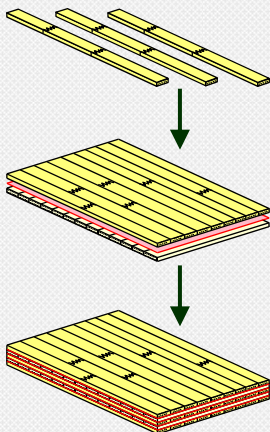


Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

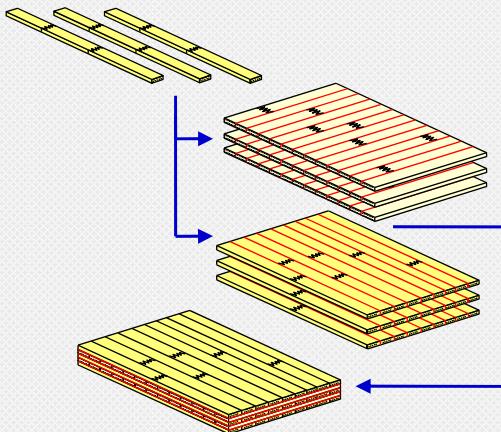
Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 7

La produzione - Le procedure

- **in una sola fase**
 - incollaggio del pannello completo



- **in più fasi**
 - produzione di strati singoli
 - incollaggio del pacchetto di più strati

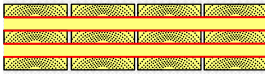


Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

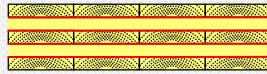
Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 8

La produzione - l'incollatura laterale delle lamelle

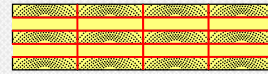
- senza incollatura
 - con spazio visibile



- senza incollatura
 - a contatto
 - superficie +/- continua



- con incollatura
 - a contatto
 - ev. fessure da ritiro



Caratteristiche tecniche del prodotto finito

- praticamente non influenzate dalla tecnica di produzione
- incollatura laterale non determinante per il comportamento meccanico

La qualità del materiale - la sicurezza del prodotto

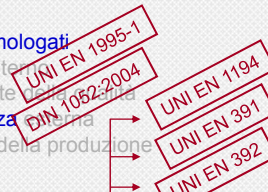
• **Lamelle grezze:**

- cernita e classificazione certificata e sorvegliata
- autocontrollo
- controllo esterno
- certificazione degli impianti
- certificazione del personale
- tutte le lamelle sono marcate



• **L'incollatura:**

- impianti omologati
- controllo interno permanente della qualità
- sorveglianza continua
- protocollo della produzione



• **Le colle:**

- omologate per l'uso previsto



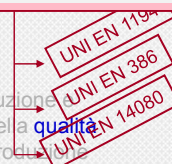
• **I giunti a pettine delle lamelle:**

- impianti omologati
- collanti omologati
- controllo interno permanente della qualità
- prove di carico
- sorveglianza costante esterna: prove di carico



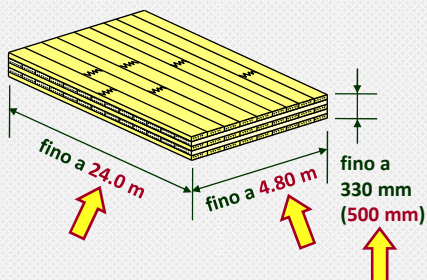
• **Il prodotto finito:**

- protocollo della produzione della sorveglianza della qualità
- certificazione della produzione
- marcatura del prodotto

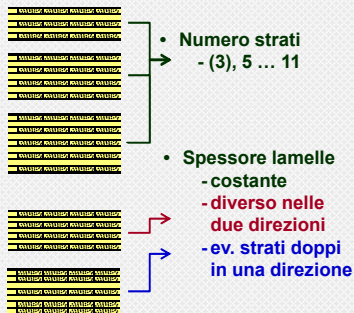


La disponibilità

- dimensioni
 - diverse fra i produttori



- stratigrafia
 - diversa fra i produttori

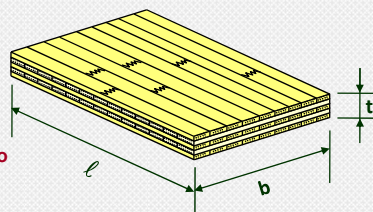


Dimensioni e composizione dei pannelli

- definita dal prodotto e al produttore
- differenze fra i produttori non trascurabili

L'offerta - I prodotti disponibili

- attualmente in Europa
 - 7 ... 8 grossi stabilimenti di produzione
 - diversi piccoli produttori
 - capacità produttiva: oltre 1 Mio. m³/anno
 - tendenza ... in crescita

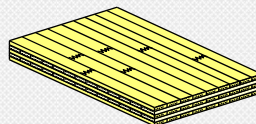


Prodotto	Numero strati	Dimensioni max. standard			Produzione speciale		
		b in m	l in m	t in m	b in m	l in m	t in m
KLH	... 7 +	2.95	16.5	500			
Leno	... 11	4.80	14.8	297	4.80	20.0	500
MM-BSP	... 7	3.00	16.5	278			
CLT	... 7	2.95	16.0	301	3.00	16.0	400
BSB	... 7	1.25	24.0	334	1.25	24.0	334
HMS	... 7	4.00	18.0	217			
MMT	... 9	1.20	14.0	240			

Tabella indicativa - Sono indicati i produttori più importanti in Europa - Stato ottobre 2008

L'offerta - I prodotti disponibili

- i profili prestazionali
 - normativa di prodotto (ancora) inesistente
 - normative nazionali solo in parte disponibili
 - omologazione dei singoli prodotti / produttori
 - marcatura CE



Prodotto	Numero strati	Dimensioni max. standard			Omologazione		
		b in m	ℓ in m	t in m	de	at	CE
KLH	... 7 +	2.95	16.5	500	Z-9.1-482	AT-3 06-77	ETA-06/0138
Leno	... 11	4.80	14.8	297	Z-9.1-501		
MM-BSP	... 7	3.00	16.5	278	Z-9.1-638		ETA-06/0009
CLT	... 7	2.95	16.0	301	Z-9.1-559		
BSB	... 7	1.25	24.0	334	Z-9.1-534		
HMS	... 7	4.00	18.0	217	Z-9.1-680		
MMT	... 9	1.20	14.0	240			

Tabella indicativa - Sono indicati i produttori più importanti in Europa - Stato ottobre 2008

Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 13

Il prodotto - Pannelli di legno massiccio a strati incrociati

- Il pannello finito

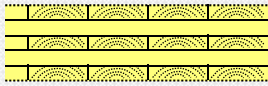


Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

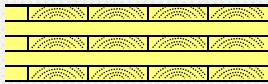
Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 14

Il prodotto - Pannelli di legno massiccio a strati incrociati

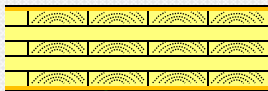
• La superficie



- non a vista
- "grezza"



- a vista
- piallata
- levigata
- ...



- strato supplementare
- pannello a vista
- altro

- pannello 3S
- pannello OSB
- ...



Il prodotto - Pannelli di legno massiccio a strati incrociati

• Le finiture e il taglio

- a scelta
- adattate all'applicazione

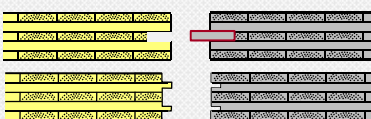
• a mezzo legno



• intaglio per coprighiunto



• maschaitura



Il prodotto - Pannelli di legno massiccio a strati incrociati

- La forma e le dimensioni
 - pannello grezzo e rettangolare
 - forma e dimensioni a piacimento

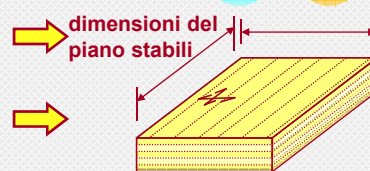
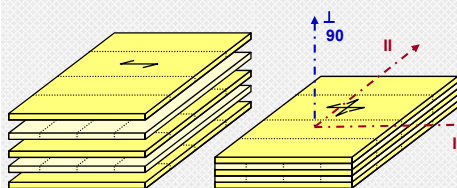
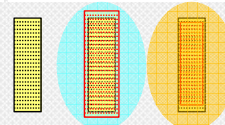


Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 17

Caratteristiche fisiche

- ... legno massiccio incollato
 - legno massiccio
 - struttura originale
- ... a più strati incrociati
 - struttura della fibratura "bidirezionale"
 - due direzioni del pannello simili



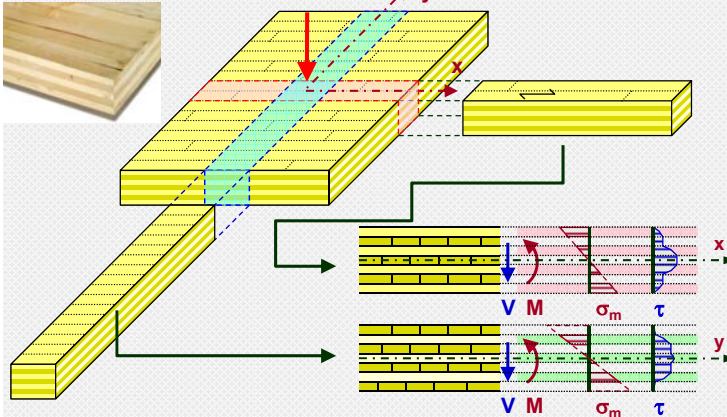
Ritiro e rigonfiamento del pannello ... trascurabili

Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 18

Caratteristiche meccaniche - Resistenza e rigidezza

- Piastra sollecitata perpendicolarmente al piano
 - strati alternati nelle due direzioni
 - effetto strutturale bidirezionale

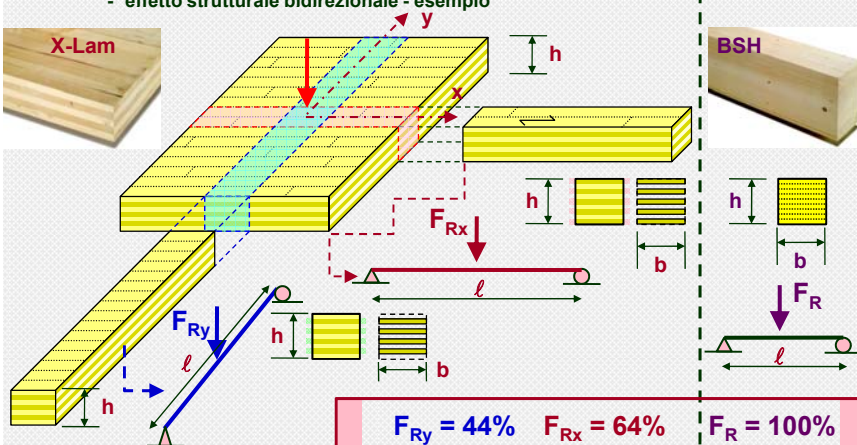


Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 19

Caratteristiche meccaniche - Resistenza e rigidezza

- Piastra sollecitata perpendicolarmente al piano
 - strati alternati nelle due direzioni
 - effetto strutturale bidirezionale - esempio



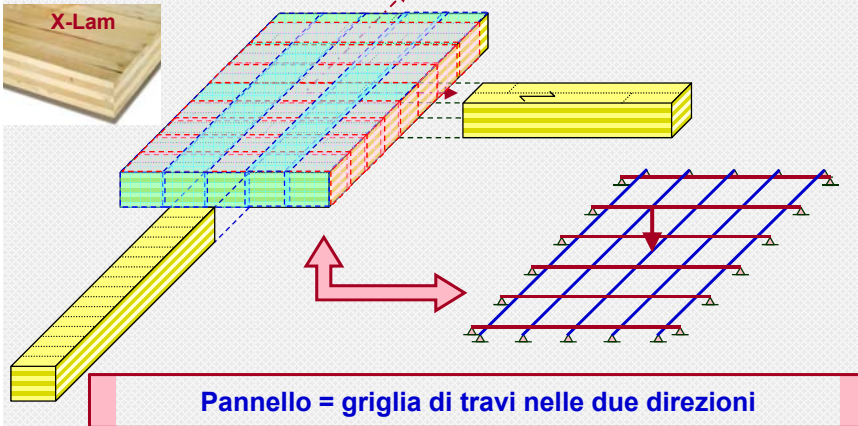
Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 20

Caratteristiche meccaniche - Resistenza e rigidezza

- **Piastra sollecitata perpendicolarmente al piano**

- strati alternati nelle due direzioni
- effetto strutturale bidirezionale - esempio



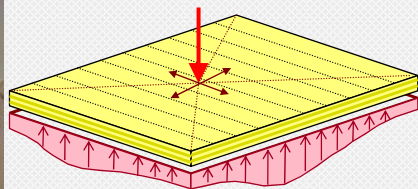
Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 21

Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

- **Piastra quale soletta di un edificio**

- contributo strutturale di tutto l'elemento (effetto "superficie")
- distribuzione dei carichi nelle due direzioni possibile
- spessori limitati
- resistenza e rigidezza elevata



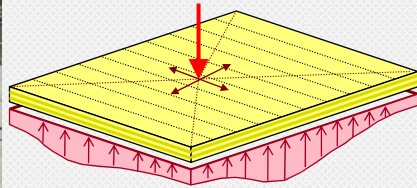
Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 22

Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

- Piastra quale soletta di un edificio

- contributo strutturale di tutto l'elemento (effetto "superficie")
- distribuzione dei carichi nelle due direzioni possibile
- spessori limitati
- resistenza e rigidezza elevata



Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 23

Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

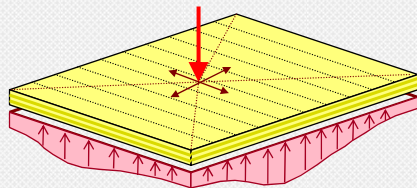
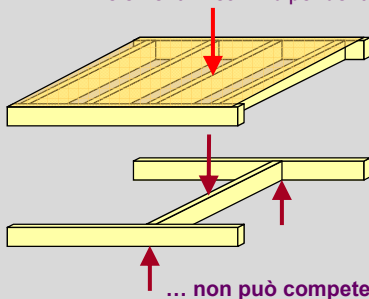
- Piastra quale soletta di un edificio

- contributo strutturale di tutto l'elemento (effetto "superficie")
- distribuzione dei carichi nelle due direzioni possibile
- spessori limitati
- resistenza e rigidezza elevata



- Sistema di solaio classico ...

- travatura parallela
- elementi lineari indipendenti



- una sola direzione portante
- un solo elemento "coinvolto"

Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 24

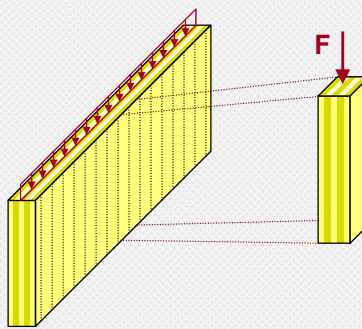
Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

- **Lastra quale elemento di parete di un edificio**
 - contributo strutturale di tutto l'elemento (effetto "superficie")
 - resistenza e rigidezza elevata



Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

- **Carichi verticali**



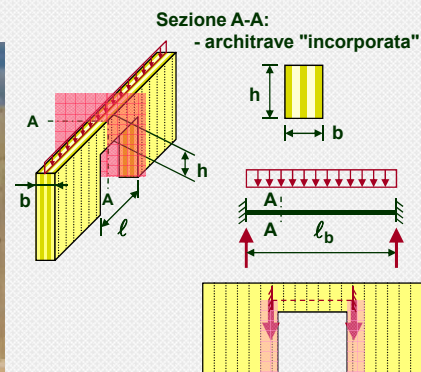
Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

- **Lastra quale elemento di parete di un edificio**
 - contributo strutturale di tutto l'elemento (effetto "superficie")
 - resistenza e rigidezza elevata
- **Parete con aperture**
 - parete con architravi
 - lastra verticale massiccia



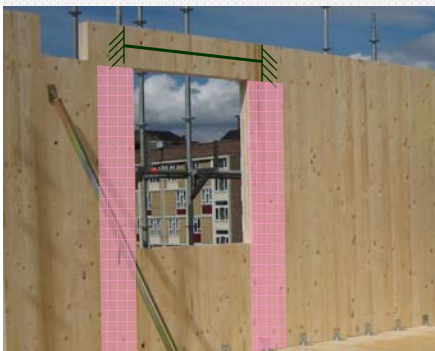
Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

- **Carichi verticali**

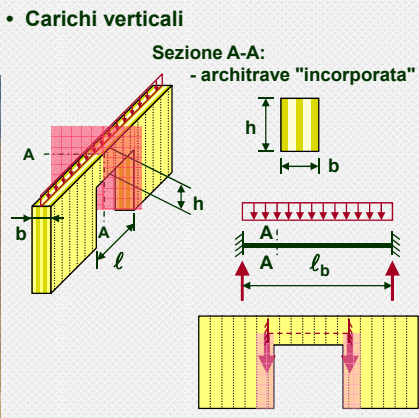


Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

- Lastra quale elemento di parete di un edificio
 - contributo strutturale di tutto l'elemento (effetto "superficie")
 - resistenza e rigidezza elevata
- Parete con aperture
 - parete con architravi
 - lastra verticale massiccia



Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008



Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 27

Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

- Parete con aperture
 - parete con architravi **incorporate**
 - lastra verticale massiccia



Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008



Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 28

Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

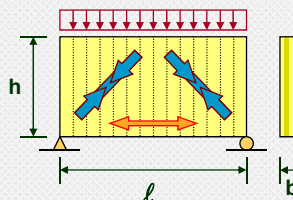
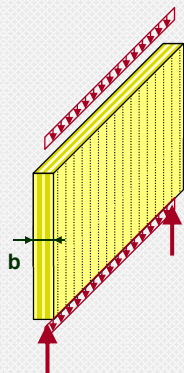
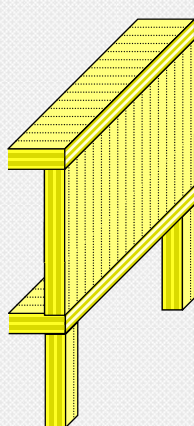
- Parete quale elemento strutturale

- parete quale **trave - parete**
- lastra verticale massiccia

- Carichi verticali

L'elemento strutturale "parete":

- lastra = trave di grandi dimensioni
- resistenza e rigidezza ottimali



Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 29

Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

- Parete quale elemento strutturale

- parete quale **trave - parete**
- lastra verticale massiccia



Casa d'Austria - Olimpiadi di Torino 2006



Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 30

Comportamento strutturale

- Parete quale elemento strutturale
 - parete quale **trave - parete**
 - lastra verticale massiccia



Soletta sospesa alla parete

Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008



Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 31

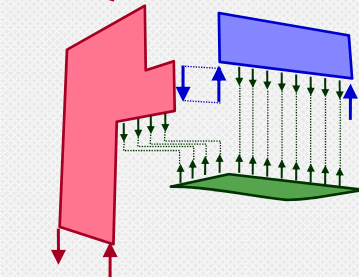
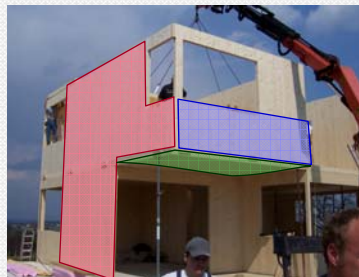
Comportamento strutturale

- Parete quale elemento strutturale
 - parete quale **trave - parete**
 - lastra verticale massiccia



Soletta sospesa alla parete

Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008



Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 32

Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

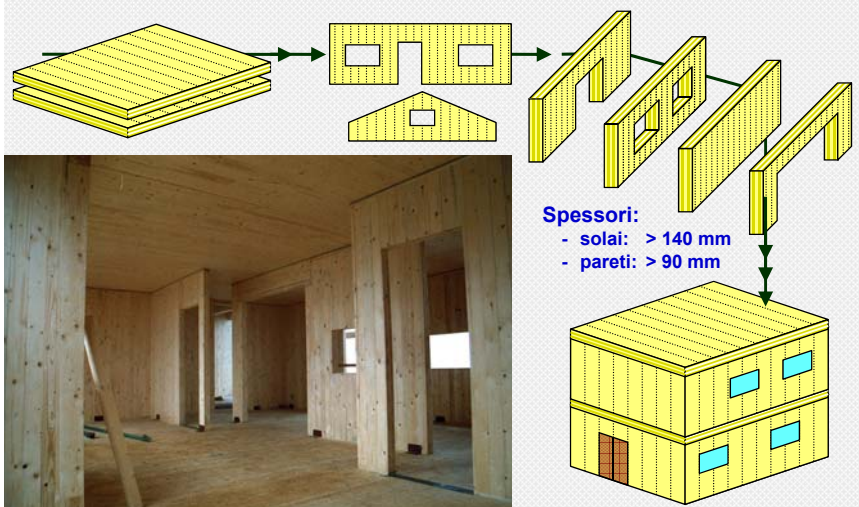
- Le aperture nelle solette di legno
 - possibili
 - spesso senza rinforzo locale



Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 33

L'edificio di pannelli di legno massiccio a strati incrociati



Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

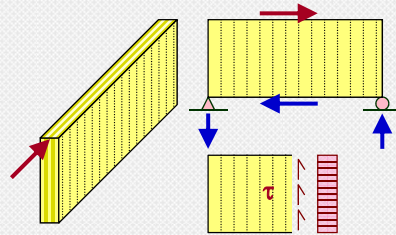
Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 34

Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

- Lastra quale elemento di parete di un edificio
 - contributo strutturale di tutto l'elemento (effetto "superficie")
 - resistenza e rigidezza elevata

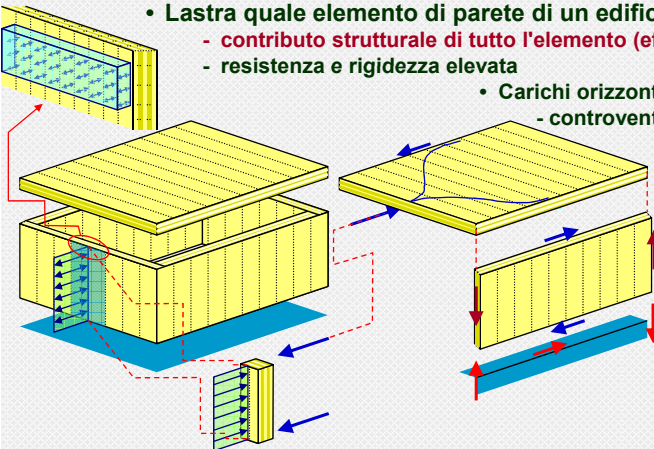


- Carichi orizzontali
 - controventatura dell'edificio



Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

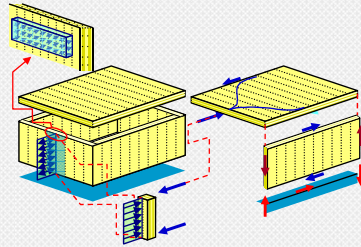
- Lastra quale elemento di parete di un edificio
 - contributo strutturale di tutto l'elemento (effetto "superficie")
 - resistenza e rigidezza elevata
- Carichi orizzontali
 - controventatura dell'edificio



Le pareti e le solette formano una struttura portante rigida

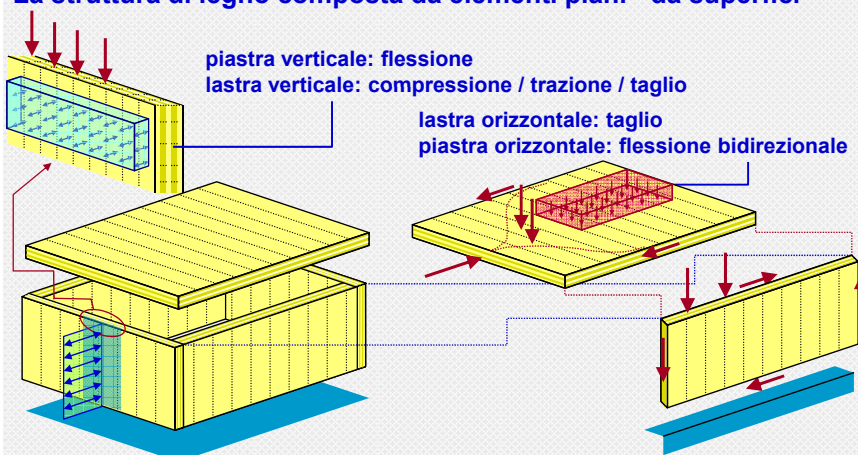
Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

- Lastra quale elemento di parete di un edificio
 - contributo strutturale di tutto l'elemento (effetto "superficie")
 - resistenza e rigidezza elevata



Le pareti e le solette formano una struttura portante rigida

La struttura di legno composta da elementi piani - da superfici



Elementi strutturali piani, massicci, di legno



La rivoluzione delle costruzioni di legno



... fino a ieri



X-Lam: il materiale legno moderno

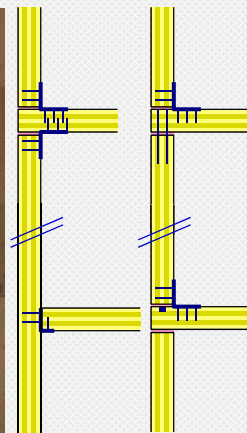
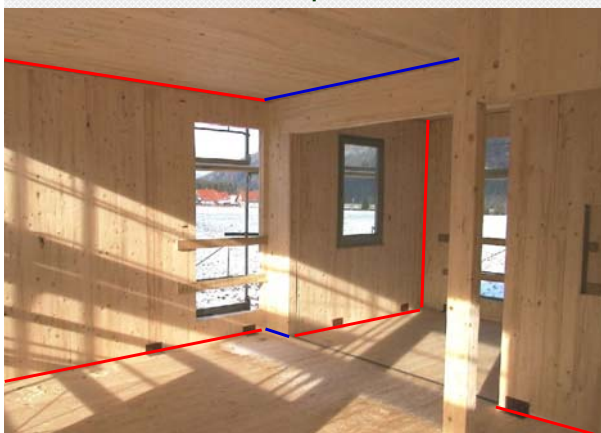


La costruzione di legno moderna

➡ **Elementi strutturali piani, massicci, di legno** ⬅

La costruzione di legno con i pannelli X-Lam

- I collegamenti fra i pannelli
 - **elementi essenziali**
 - **tecnicamente semplici e molto efficaci**



La costruzione con i pannelli X-Lam

- I collegamenti fra i pannelli
 - elementi essenziali
 - disponibili
 - tecnicamente semplici ed efficaci



Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 41

Le possibilità della costruzione di legno con i pannelli X-Lam

- Flessibilità nelle forme ...



Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 42

Le possibilità della costruzione di legno con i pannelli X-Lam

- Flessibilità nel progetto ...



Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 43

Le possibilità della costruzione di legno con i pannelli X-Lam

- Flessibilità nelle dimensioni

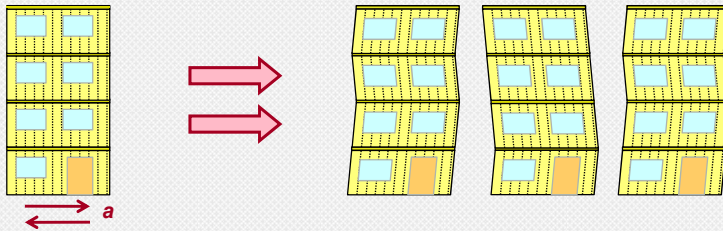


Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 44

Le possibilità della costruzione di legno con i pannelli X-Lam

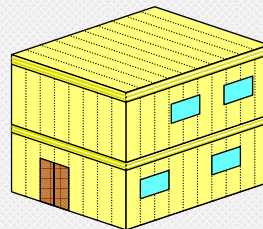
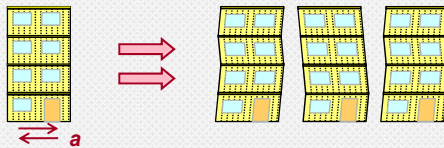
- Aspetti tecnici critici particolari e "critici": il terremoto ...



- Favorevoli alla resistenza sismica sono ...
 - le strutture di legno:
 - peso ridotto
 - caratteristiche meccaniche del legno
 - gli elementi piani in generale

Le possibilità della costruzione di legno con i pannelli X-Lam

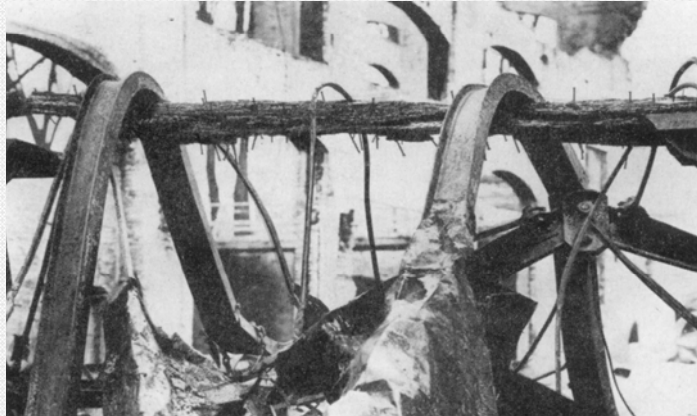
- Aspetti tecnici critici particolari e "critici": il terremoto ...



→ una soluzione quanto meno interessante e favorevole ←

Le possibilità della costruzione di legno

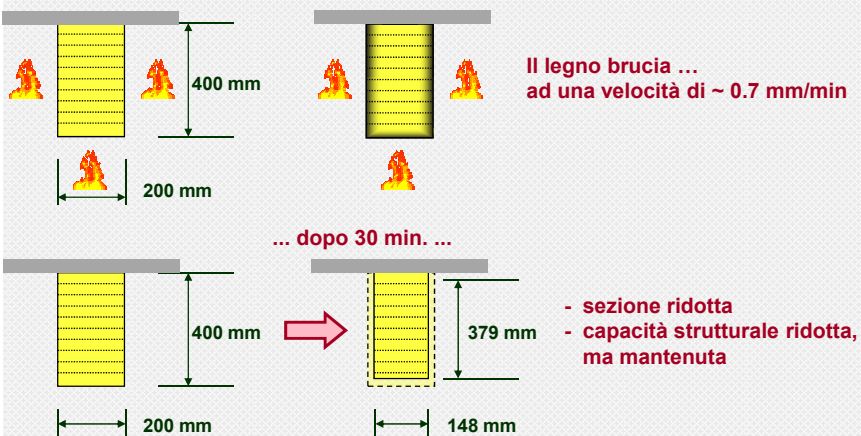
- Aspetti tecnici particolari e "critici": il fuoco e l'incendio



- Il punto debole della struttura è difficilmente la resistenza al fuoco del legno !!
- La sicurezza contro l'incendio dipende da altri fattori...

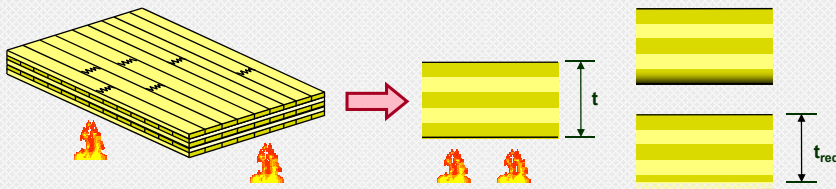
Le possibilità della costruzione di legno

- Aspetti tecnici particolari e "critici": il fuoco e l'incendio



Le possibilità della costruzione di legno con i pannelli X-Lam

- Aspetti tecnici particolari e critici: il fuoco e l'incendio



Il pannello massiccio ...

- ... offre una sola superficie di attacco al fuoco
- ... presenta quindi un comportamento favorevole

Le possibilità della costruzione di legno con i pannelli X-Lam

- Aspetti tecnici particolari e critici: il fuoco e l'incendio



Il pannello massiccio ...

- ... offre una sola superficie di attacco al fuoco
- ... presenta quindi un comportamento favorevole

Le possibilità della costruzione di legno con i pannelli X-Lam

- **Produzione, fabbricazione e montaggio**
 - preassemblaggio completo di pareti e solai
 - montaggio della struttura portante e finitura in cantiere



Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 51

Le possibilità ... infinite



Abitazioni unifamiliari



Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 52

Le possibilità ... infinite



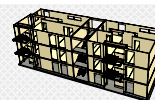
- Villa in Italia
 - struttura massiccia
 - rigidezza elevata
 - aspetto esterno ... decisamente tradizional



Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 53

Le possibilità ... infinite



- Edificio abitativo
- 3 piani
 - 12 appartamenti
 - 1999

Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 54

Le possibilità ... infinite



Quartiere di abitazione
- Vienna
- 2006

Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 55

Un materiale estremamente performante

- **moderno**
 - qualità
 - affidabilità
 - precisione
 - prestazioni tecniche
- **nuove prospettive per il legno:**
 - progettuali
 - tecniche
- **l'evoluzione sta soltanto cominciando ...**



Dr. A. Bernasconi
Milano, novembre 2008

Convegno - L'altro massiccio
Caratteristiche e possibilità d'impiego del materiale - 56