

Sistemi costruttivi per la realizzazione di edifici in legno all'avanguardia

A. BERNASCONI

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

Professore di tecnologia e costruzione di legno,

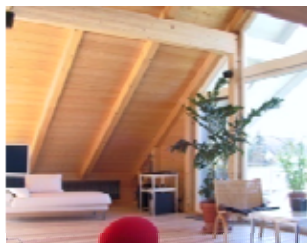
University of applied sciences Western Switzerland, Yverdon (Svizzera)

Convegno promo_legno

Wood in the City

Densificare e trasformare il costruito

In collaborazione con G. SCHICKHOFER, Politecnico di Graz (Stiria, Austria)



- **Edifici e strutture di legno -
Materiali e prodotti moderni**
- **La costruzione di edifici di legno moderni**
- **Tipologie costruttive degli edifici moderni di legno**
 - **La struttura dell'edificio**
 - **L'applicazione dei materiali moderni**
- **Gli aspetti tecnici essenziali ...**
- **... nell'applicazione pratica**



Un dato di fatto

promo_legno

Gli edifici di legno di un tempo ...



... testimoniano una qualità spesso dimenticata:

- sono ancora oggi abitati
- durata di vita: diversi secoli

... poco moderni

... molto affascinanti



La costruzione di legno moderna

promo_legno

Gli edifici di legno moderni ...



... rispondono alle esigenze dell'architettura attuale:

- libertà di progetto
- varietà nella forma e nell'aspetto

... offrono tecnica e materiale moderni
... sono ancora più affascinanti



La costruzione di legno moderna

promo_legno

ieri come oggi ? **No, per tante ragioni**

- esigenze architettoniche e strutturali
- aspetti particolari divenuti più importanti
- aspetti energetici ed ecologici
- richiesta di prestazioni elevate



Dr. A. Bernasconi
Trieste,, 8 aprile 2011



Convegno - Edifici di legno
Materiali e sistemi all'avanguardia - 5

La costruzione di legno moderna

promo_legno

Gli edifici di legno moderni rispondono ...



... alle esigenze dell'architettura attuale

- per usi diversi
- a più piani
- di forma poco convenzionale
- delle regioni urbane

... alle esigenze tecniche

- struttura
- qualità
- sisma
- fuoco



Edilizia con il legno - Strutture di legno

promo_legno

Gli edifici di abitazione moderni con struttura di legno

- una o più abitazioni
- senza vincoli progettuali
- concorrenziali:
 - architettura
 - estetica



- tecnica esigente
- materiale moderno
- caratteristiche e qualità ottimali

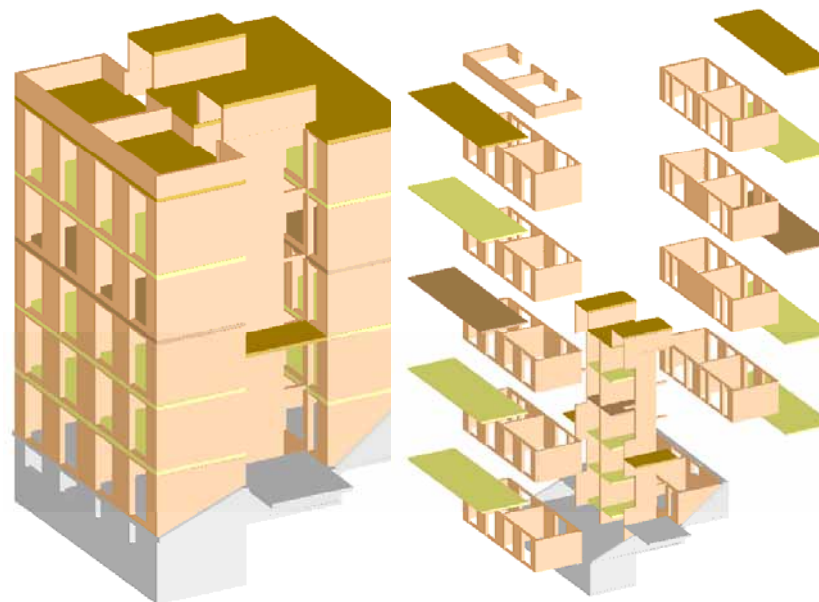
La costruzione di legno moderna

promo_legno



• Edificio abitativo

- 6 piani con appartamenti in duplex
- superficie stabile ca. 130 m²
- **struttura completamente in legno**



La costruzione di legno moderna

promo_legno



• Edificio abitativo

- 6 piani con appartamenti in duplex
- superficie stabile ca. 130 m²
- struttura completamente in legno

- a basso consumo

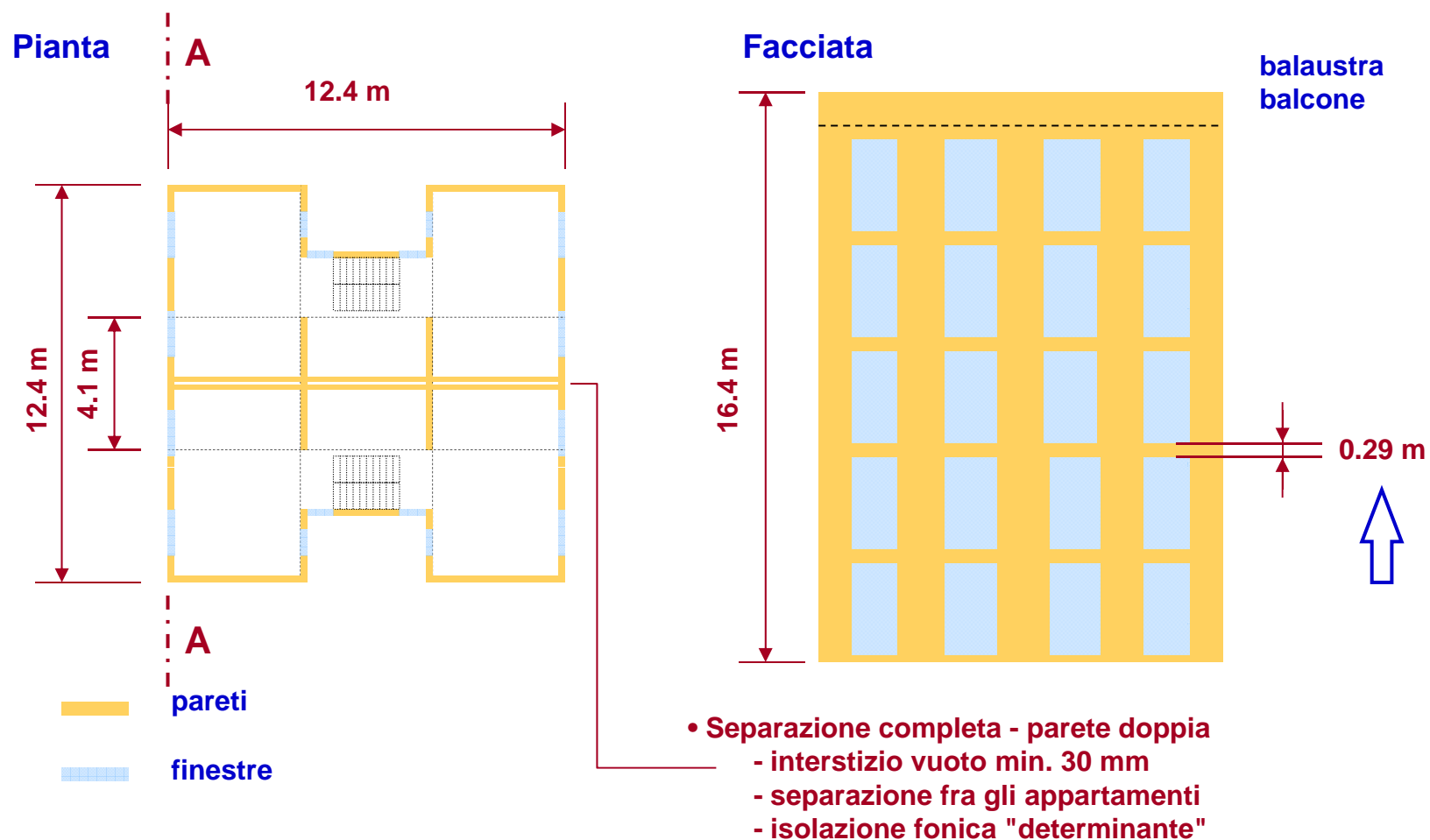
- economicamente interessante



La costruzione di legno moderna

promo_legno

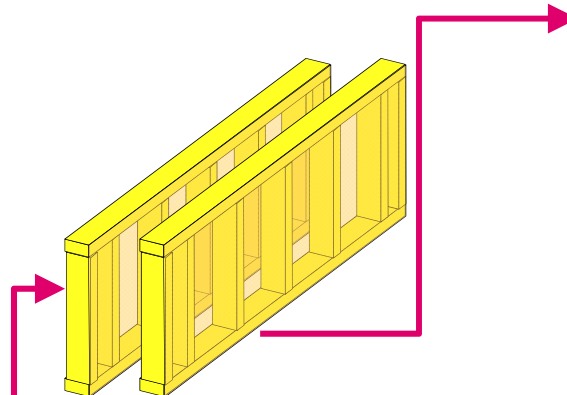
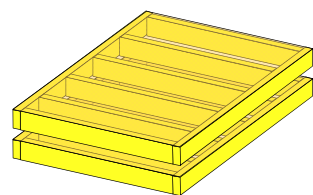
Un esempio di edificio multipiano particolare



La costruzione di legno moderna

Un esempio di edificio multipiano

- tutti gli elementi strutturali in legno



- Telaio e montanti
 - lamellare / massiccio
- Pannellatura
 - OSB

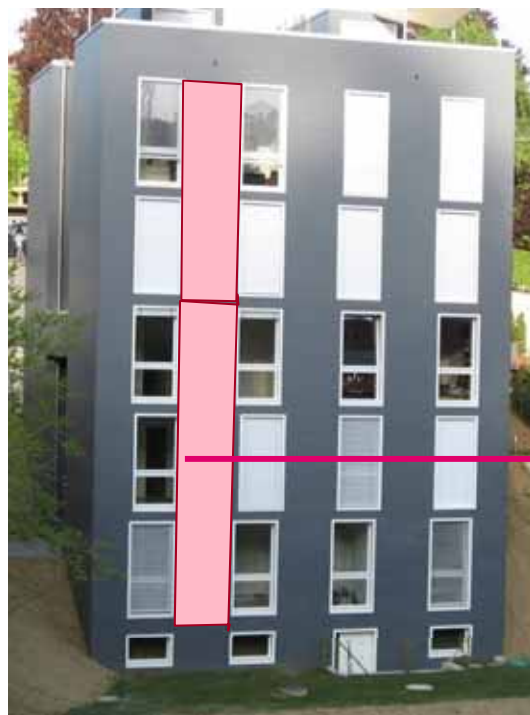
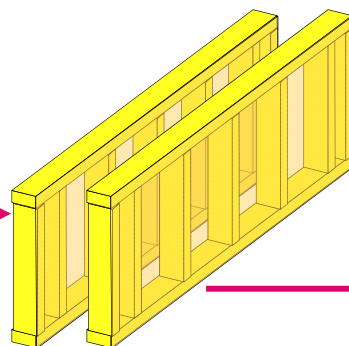
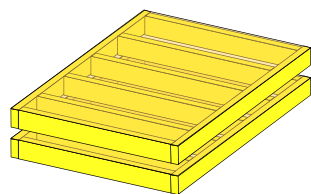


La costruzione di legno moderna

promo_legno

Un esempio di edificio multipiano

- **Costruzione intelaiata in legno**
 - tutti gli elementi strutturali in legno



- **Dimensioni speciali**
 - trasporto
 - montaggio
- **Telaio e montanti**
 - lamellare
- **Pannellatura**
 - OSB



La costruzione di legno moderna

promo_legno

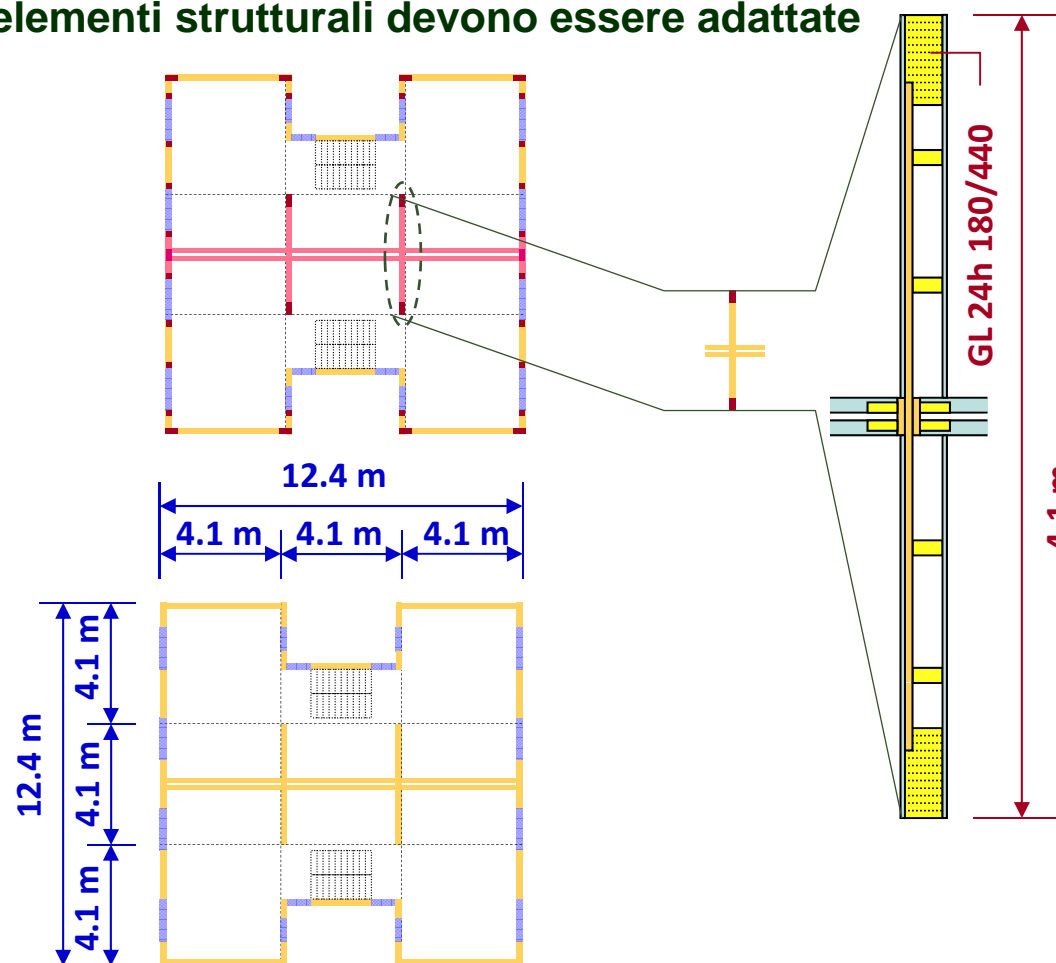
Un esempio di edificio multipiano

Le esigenze tecniche non vanno trascurate

- la struttura non è quella della "casetta"
- le dimensioni degli elementi strutturali devono essere adattate



Dr. A. Bernasconi
Trieste,, 8 aprile 2011



La costruzione di legno moderna

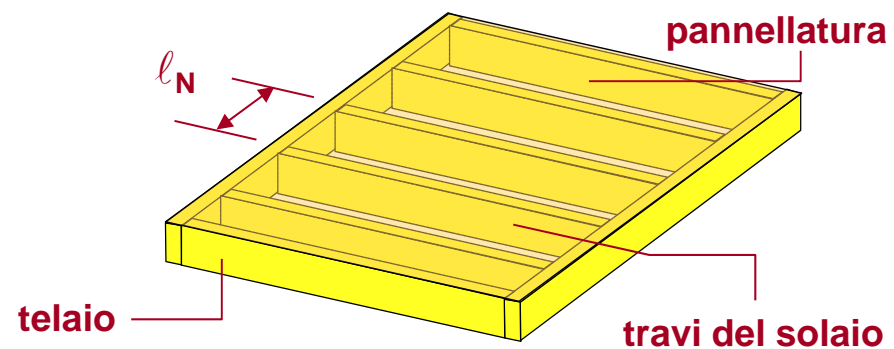
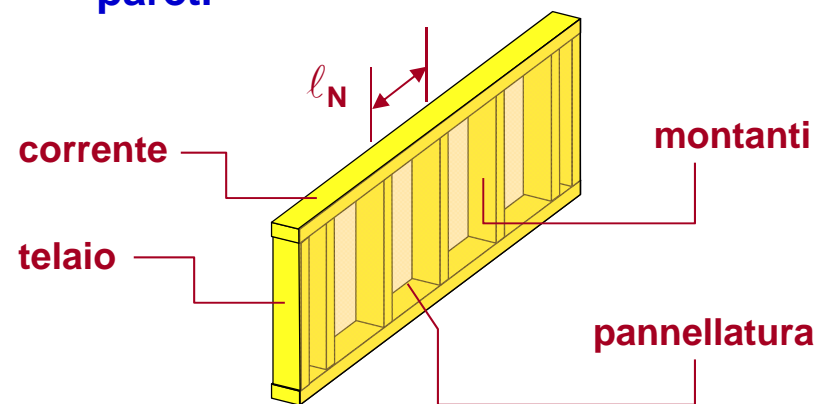
promo_legno

La struttura intelaiata di legno



• Elementi strutturali piani

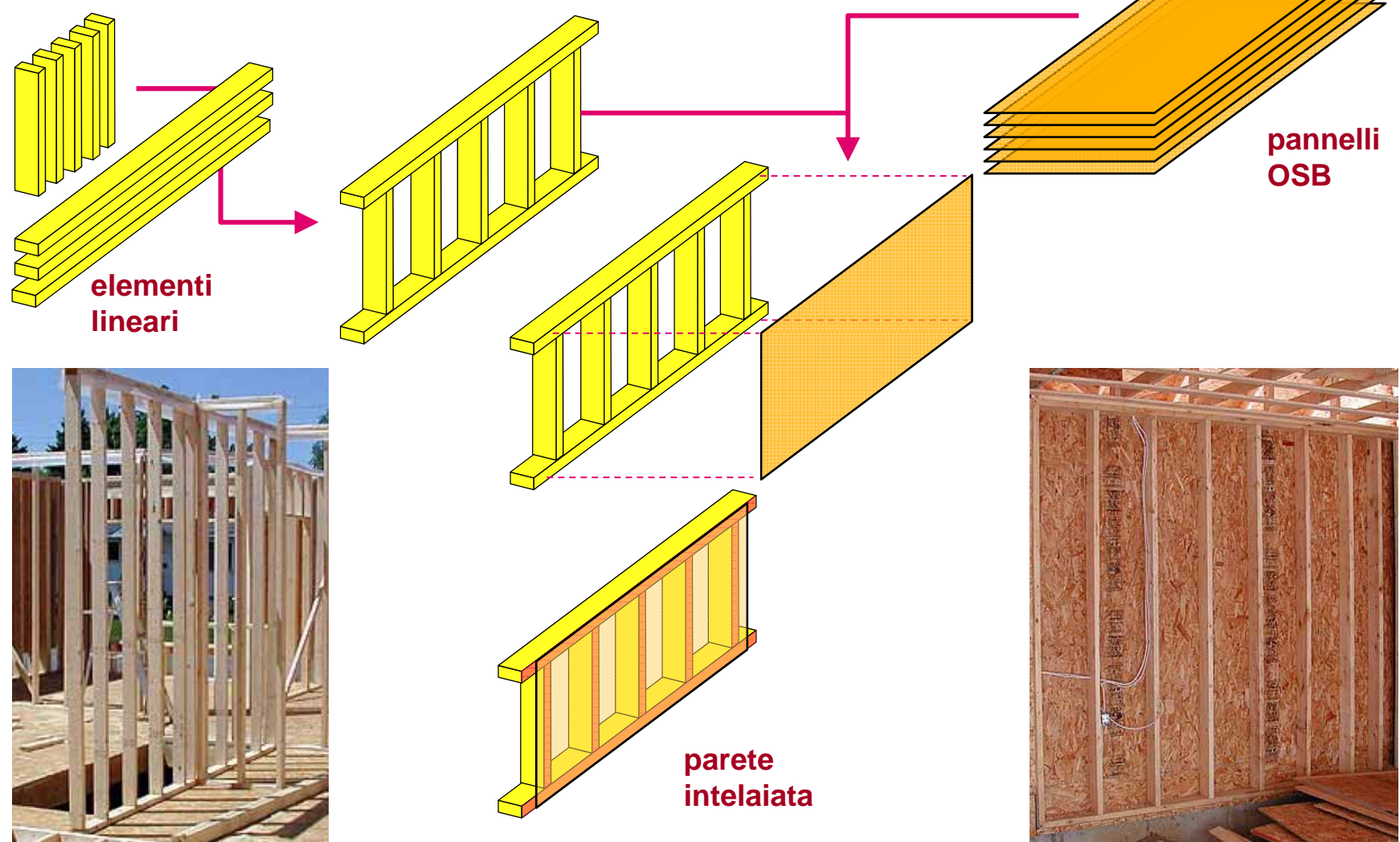
- solai
- pareti



La costruzione di legno moderna

promo_legno

L'elemento strutturale piano - struttura intelaiata



I pannelli sottili

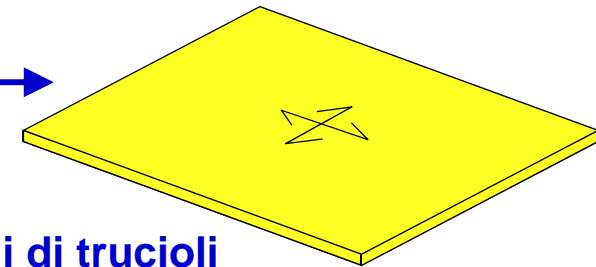
Produzione: tecnologia industriale e avanzata

- produzione di trucioli

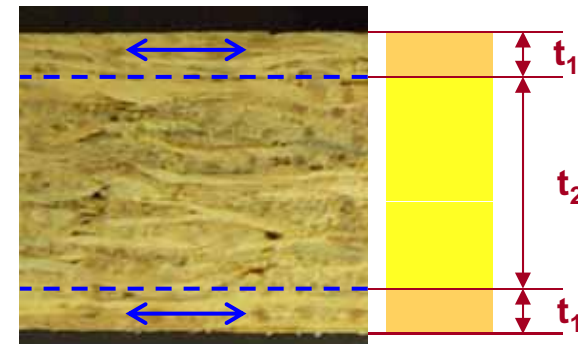


- orientazione dei trucioli nei diversi strati

- incollatura e pressione a caldo



- pannelli di trucioli e di fibre
- svariati prodotti di tipo e composizione diversa fra di loro



I pannelli sottili

promo_legno

I pannelli truciolari moderni per uso strutturale



- **Caratteristiche**

- **dimensioni:**

- 2.50 x 1.25 m

... 5.0 x 2.50 m

- **spessore: 16 - 24 mm**

- **qualità:**

- **diverse e molteplici**

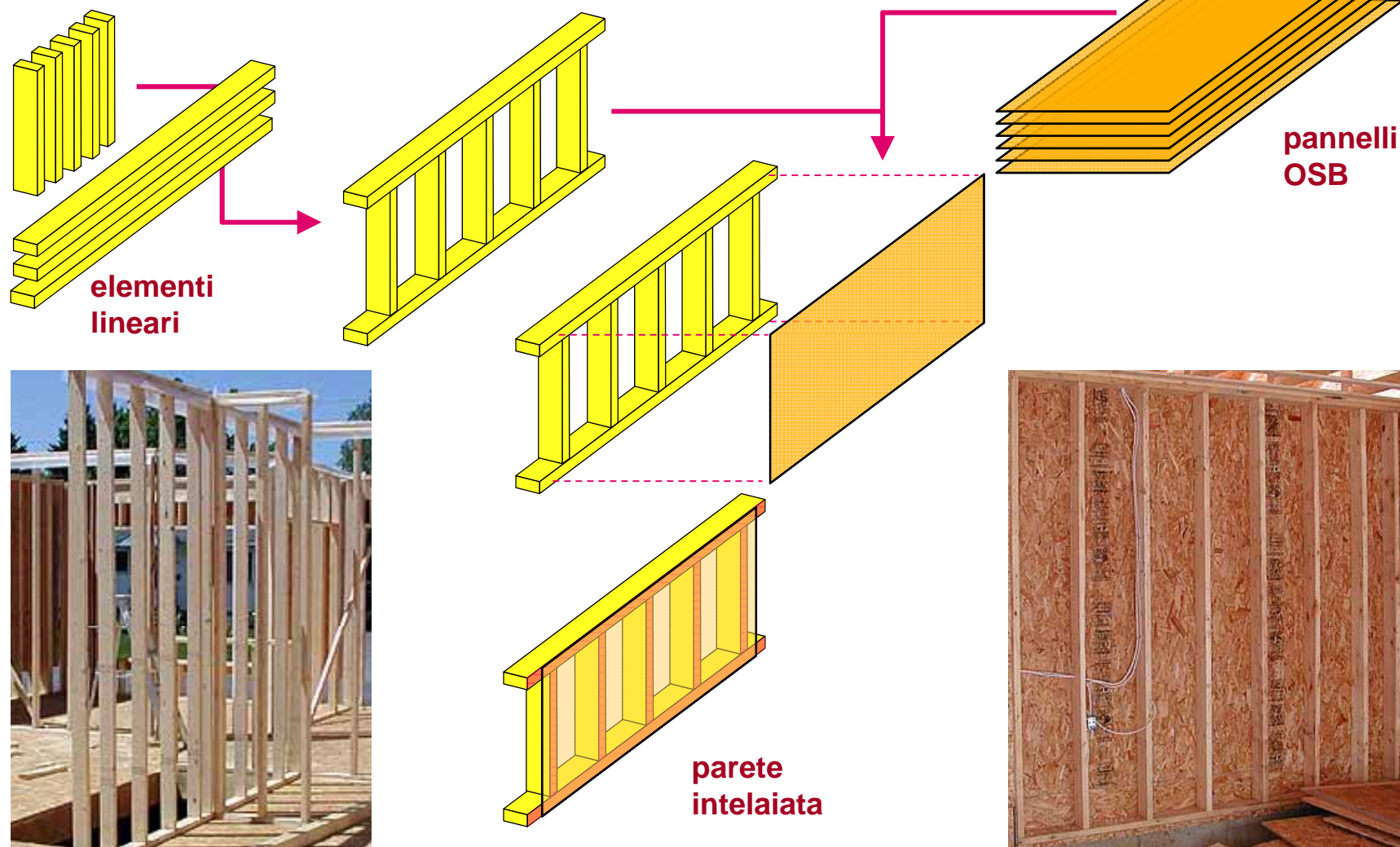
- **Usò strutturale oggi prevalentemente OSB**

- **caratteristiche meccaniche migliori**
- **prezzo più conveniente**
- **disponibile in diverse qualità**

La costruzione di legno moderna

promo_legno

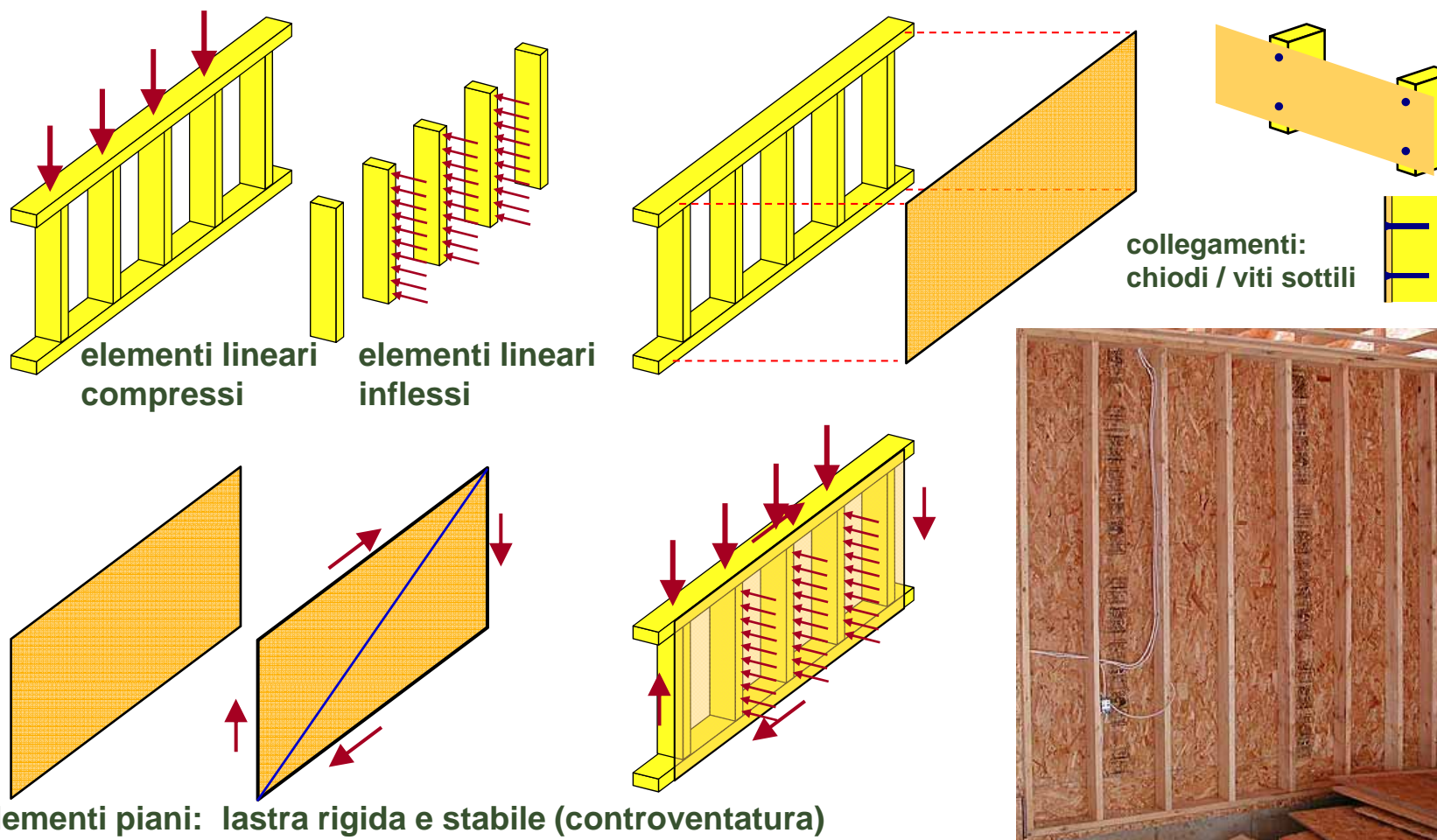
L'elemento strutturale piano - struttura intelaiata



La costruzione di legno moderna

promo_legno

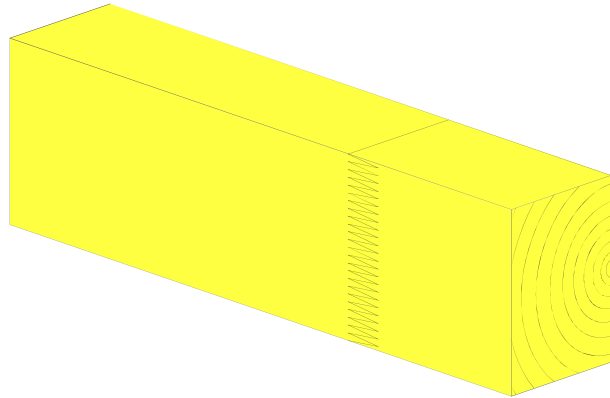
L'elemento strutturale piano - struttura intelaiata



➔ **elemento strutturale piano = elemento base della struttura di un edificio**

Prodotti lineari di dimensioni standard

promo_legno



- **Specie legnosa:**
 - abete rosso
 - altre conifere possibili

- **Dimensioni standard o "preferenziali":**
 - larghezza: 60 80 100 ... 180 mm
 - altezza: 120 140 160 ... 240 mm
 - lunghezza: a piacimento, fino a 18 m

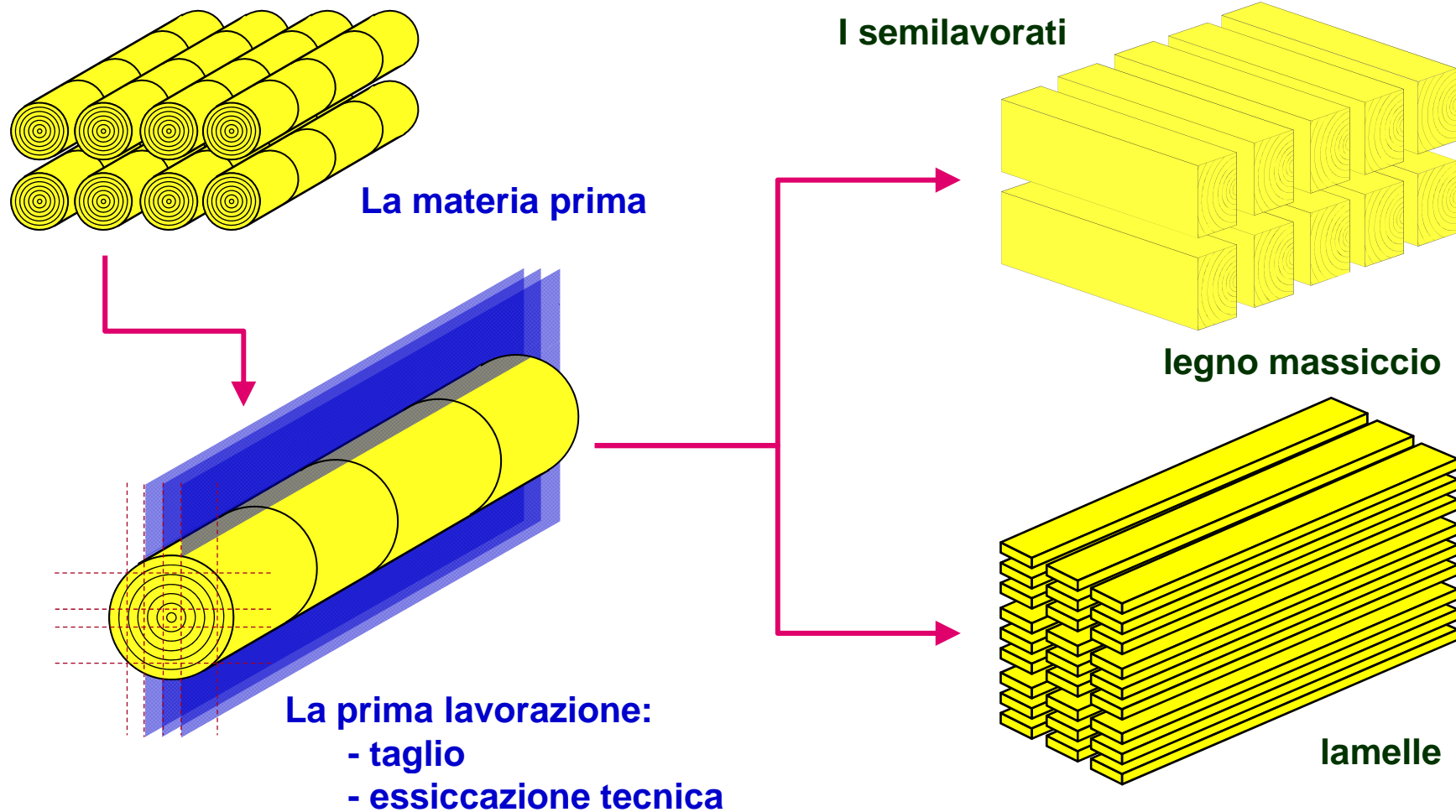
- **Caratteristiche**
 - essiccazione definita e controllata
 - **produzione industriale**
 - **caratteristiche meccaniche e fisiche**
 - definite
 - assicurate
 - certificate



Prodotti "ingegnerizzati"

promo_legno

La prima fase della lavorazione



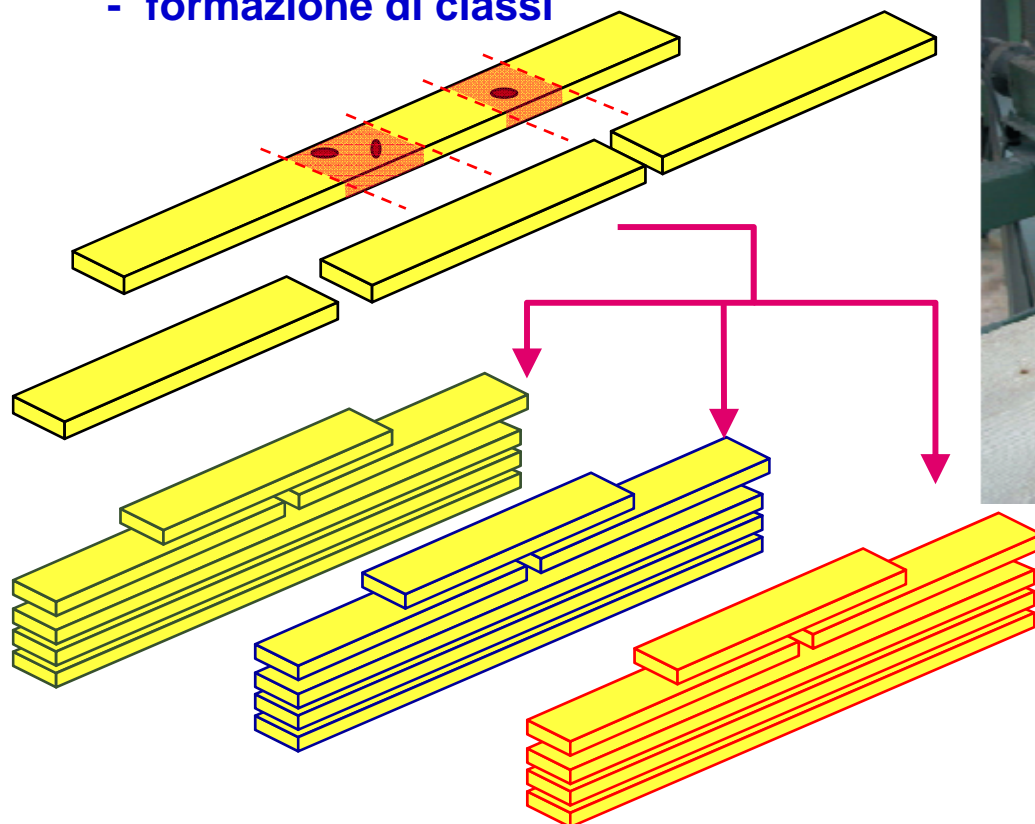
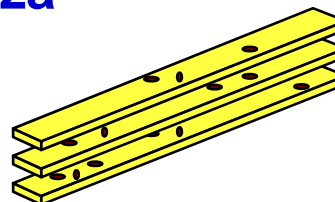
Prodotti "ingegnerizzati"

promo_legno

La classificazione secondo la resistenza

- **Diverse fasi**

- **identificazione ed estrazione dei "difetti"**
- **definizione delle caratteristiche meccaniche**
- **formazione di classi**



- **Classi di resistenza**

- **profili caratteristici**
- **garanzia della qualità**



UNI 11035

UNI EN 14081

UNI EN 338

La qualità meccanica del legno da costruzione

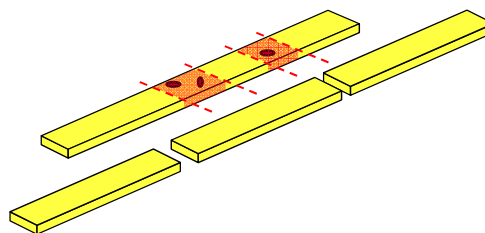
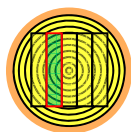
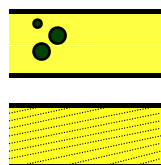
promo_legno

- **Lamelle o legno massiccio:**
 - per la produzione di elementi strutturali
- **Essiccazione:**
 - tecnica: 12 %
 - condizioni ottimali



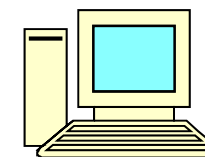
- **Classificazione visiva o manuale:**

UNI EN 14081/-1/-2/-3 - DIN 4074



- **Classificazione meccanica:**

UNI EN 14081/-1/-2/-3 - DIN 4074



- **Affidabilità garantita e certificata**



- indipendente dalla procedura seguita
- definita su basi scientifiche

DIN 4074-1 / -2 / -3 / -4:2004
UNI EN 338 / 14081-1/-2/-3

L'incollatura - elemento tecnologico essenziale

promo_legno

Giunti longitudinali a pettine - produzione di KVH

- **Legno massiccio:**

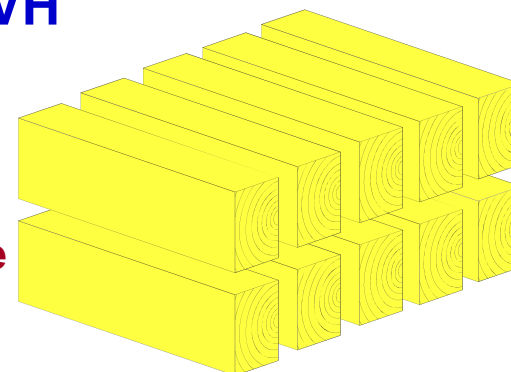
- sezioni prestabilite

- lunghezza fissa e costante

- essiccazione in condizioni industriali ottimali

- taglio favorevole

- lavorazione ottimale



- **Cernita e classificazione:**

- eliminazione zone con difetti

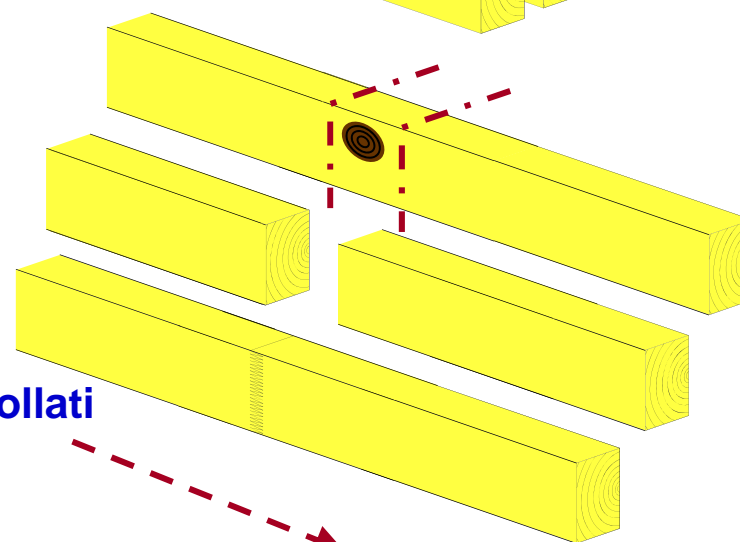
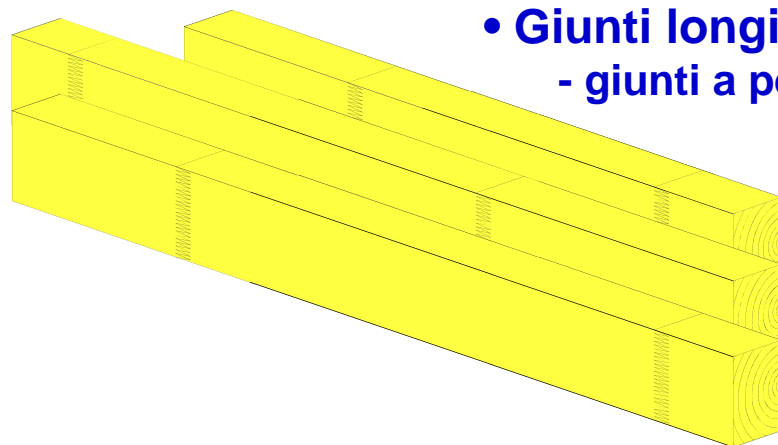
- **Giunti longitudinali:**

- giunti a pettine incollati

- **Produzione in lunghezza "continua":**

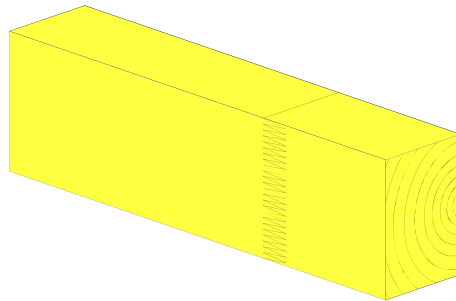
- lunghezza a "piacimento" fino a 18 m o su ordinazione

- fornitura in tempi brevi



L'incollatura - elemento tecnologico essenziale

- Lunghezza "a piacimento":
Giunti a pettine della sezione di KVH



Qualità del giunto:
- estetica
- tecnica



Dr. A. Bernasconi
Trieste,, 8 aprile 2011

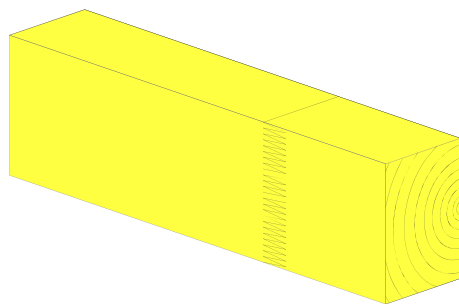


Convegno - Edifici di legno
Materiali e sistemi all'avanguardia - 25

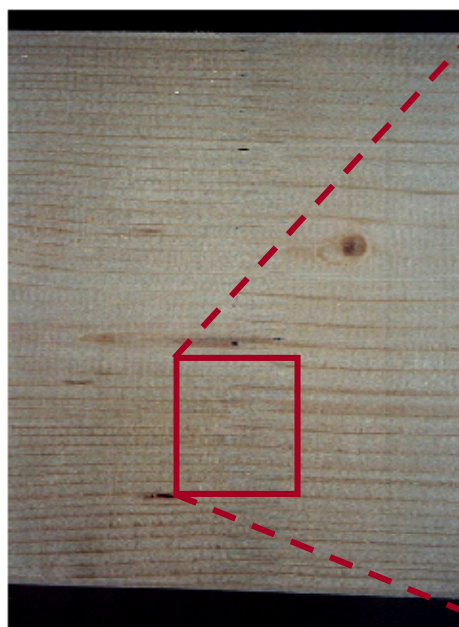
L'incollatura - elemento tecnologico essenziale

promo_legno

- Lunghezza "a piacimento":
Giunti a pettine della sezione di KVH



Qualità del giunto:
- estetica !!
- tecnica



L'incollatura - elemento tecnologico essenziale

promo_legno

Garanzia della qualità "tecnica"

Il giunto non è determinante per la resistenza del prodotto



L'incollatura - elemento tecnologico essenziale

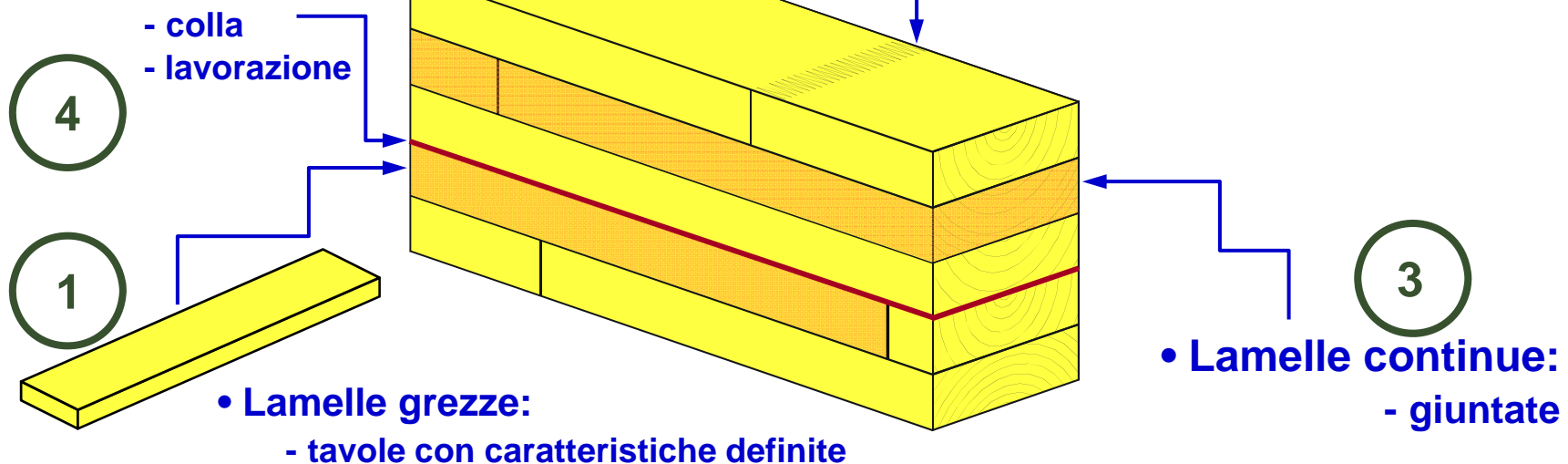
promo_legno

La produzione del legno lamellare

- Specie legnose:
 - abete rosso
 - abete bianco
 - larice
 - pino
 - douglas

- Giunti a pettine:
 - lavorazione e caratteristiche definite

- Incollaggio della superficie:
 - colla
 - lavorazione



Esigenze e qualità regolate dalla normativa vigente - europea e naz.

Il legno lamellare incollato

promo_legno

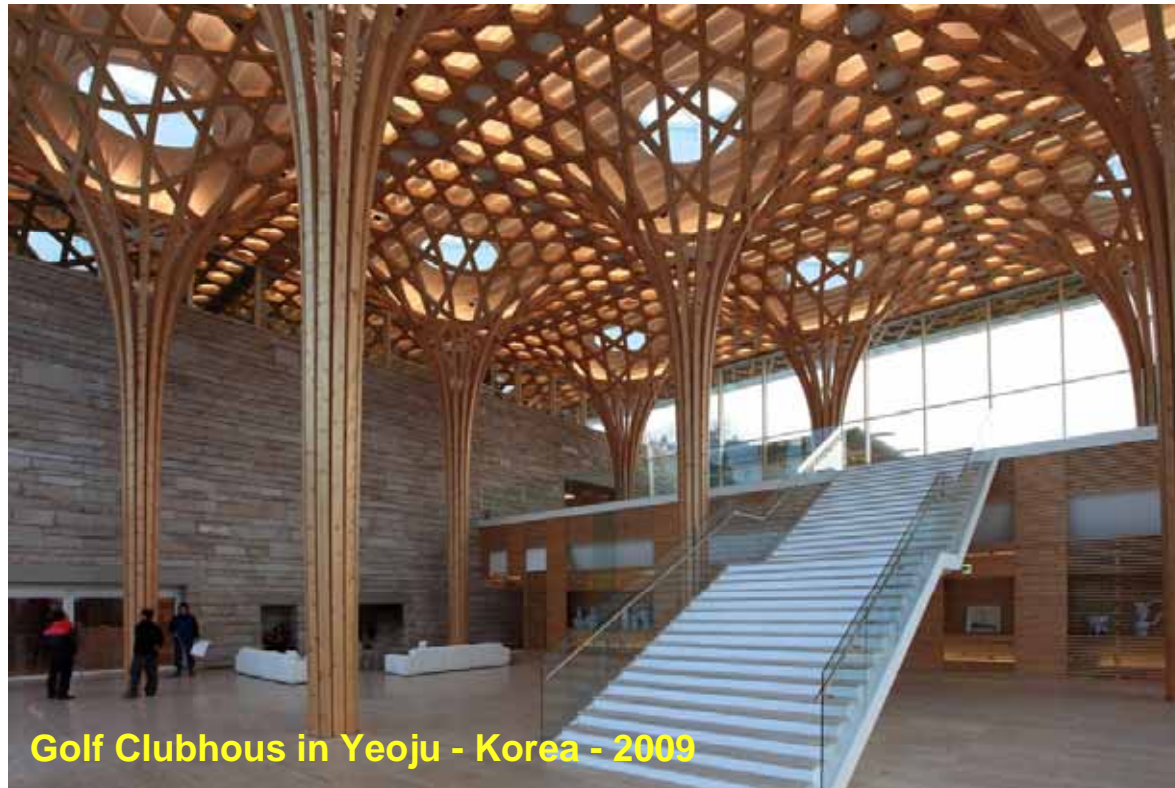
I "limiti" del sistema 'Legno lamellare incollato'



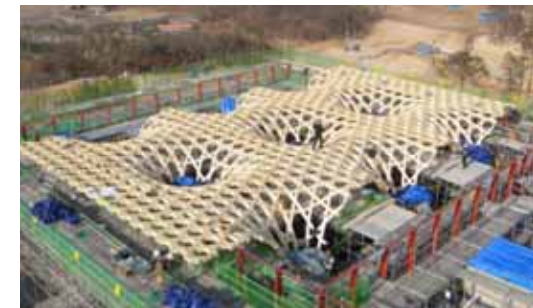
La qualità moderna ...

promo_legno

Risultato dello sviluppo e dell'evoluzione del legno incollato



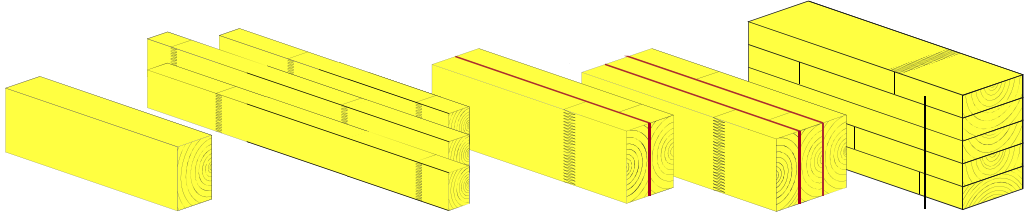
- 76 x 36 m² di superficie coperta
- 13 m di altezza dei 21 "alberi" della costruzione
- 4500 barre curve a comporre la copertura



Prodotti per uso strutturale all'avanguardia

promo_legno

Il legno oggi - Il materiale legno massiccio "ingegnerizzato"

Materiale e prodotti	<p style="text-align: center;">Elementi strutturali lineari - travi</p> 				
Qualità estetica	<p>- aspetto estetico / - uso a vista / - esigenze speciali</p>				
Dimensioni	<p>60 / 100 mm 140 / 280 mm fino a 18 m</p>		<p>... 600 / 240 mm ... 2500 / 240 mm fino a oltre 40 m</p>		
Qualità tecniche	<p>Profili prestazionali - Classi di resistenza Omologazioni nazionali ed europee - Marcatura CE Normative specifiche sui prodotti e i materiali</p>				


Esigenze e qualità regolate dalla normativa vigente - europea e naz.

La costruzione di legno moderna

promo_legno

Il traguardo dei 5 e 6 piani è raggiunto

Esempio di elementi a struttura intelaiata

- si risolvono i problemi tecnici e i primi edifici vedono la luce
- l'architettura deve ancora accettare "alcuni" compromessi



Svezia - 1999

Dr. A. Bernasconi
Trieste,, 8 aprile 2011



Svezia - 1999

Convegno - Edifici di legno
Materiali e sistemi all'avanguardia - 32

La costruzione di legno moderna

promo_legno

Esempio di elementi a struttura intelaiata



- Edifici di legno per uso abitazione
 - 18 appartamenti
 - anno 2003
 - **struttura di legno:**
non riconoscibile in facciata



Svizzera - 2003

La costruzione di legno moderna

promo_legno

Esempio di elementi a struttura intelaiata



Dr. A. Bernasconi
Trieste,, 8 aprile 2011

Convegno - Edifici di legno
Materiali e sistemi all'avanguardia - 34

La costruzione di legno moderna

promo_legno

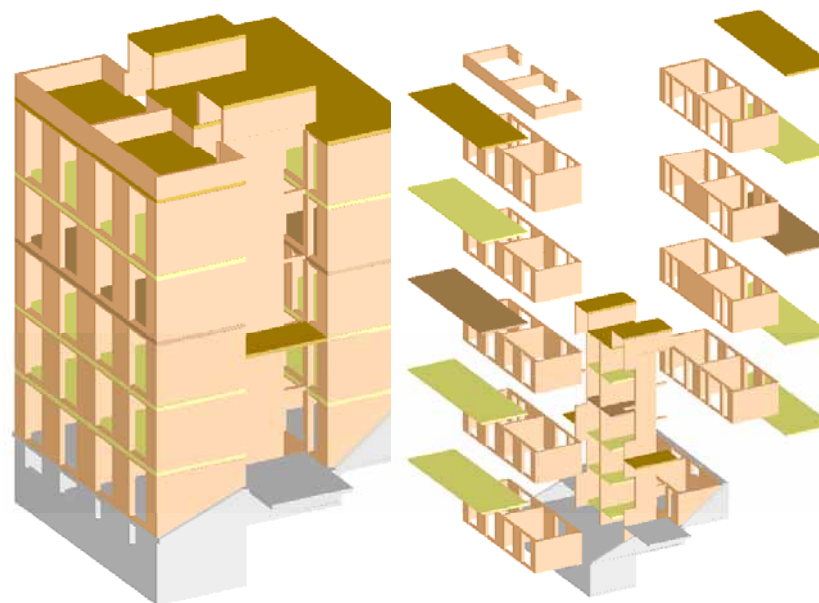
Esempio di elementi a struttura intelaiata



Dr. A. Bernasconi
Trieste,, 8 aprile 2011

Edificio abitativo

- 6 piani con appartamenti in duplex
- superficie stabile ca. 130 m²
- **struttura completamente in legno**

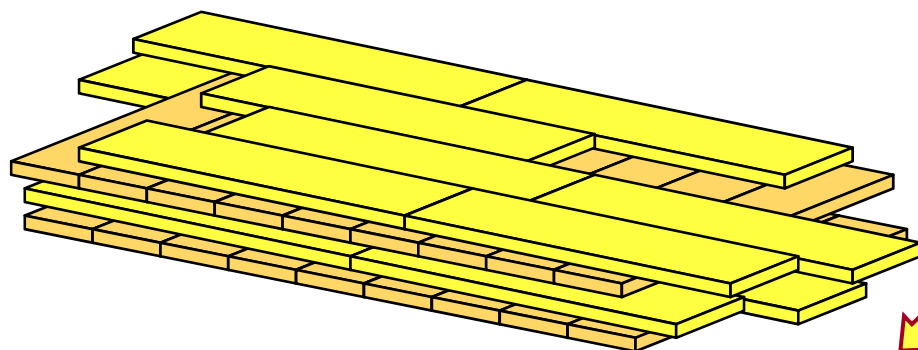


Convegno - Edifici di legno
Materiali e sistemi all'avanguardia - 35

Pannelli strutturali di grandi dimensioni

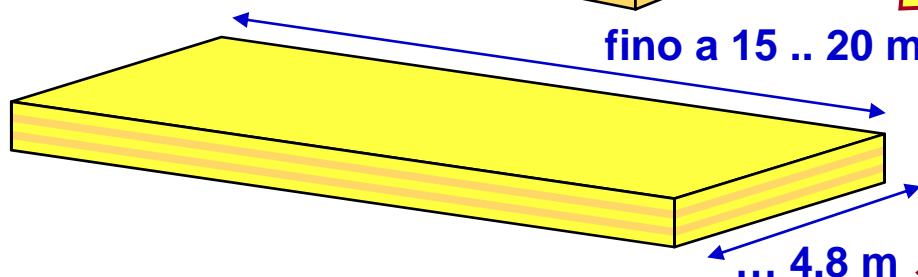
promo_legno

I pannelli lamellari di legno massiccio a strati incrociati XLAM



- **Un materiale nuovo**

- "lamellare piano"
- pannello strutturale di legno massiccio



- **Produzione**

- incollatura di più strati di tavole
- spessore pannelli: ... 500 mm
- grandi dimensioni



- **Caratteristiche**

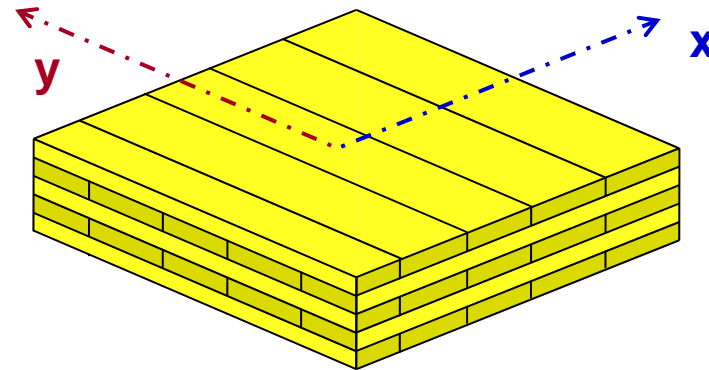
- stabilità dimensionale ottima
- elemento strutturale piano
- capacità portante bidirezionale:
 - piastra
 - lastra

Pannelli strutturali di grandi dimensioni

promo_legno

Il materiale nuovo e moderno - compare nel 1998

XLAM: il "muro" strutturale di legno massiccio



Dr. A. Bernasconi
Trieste,, 8 aprile 2011

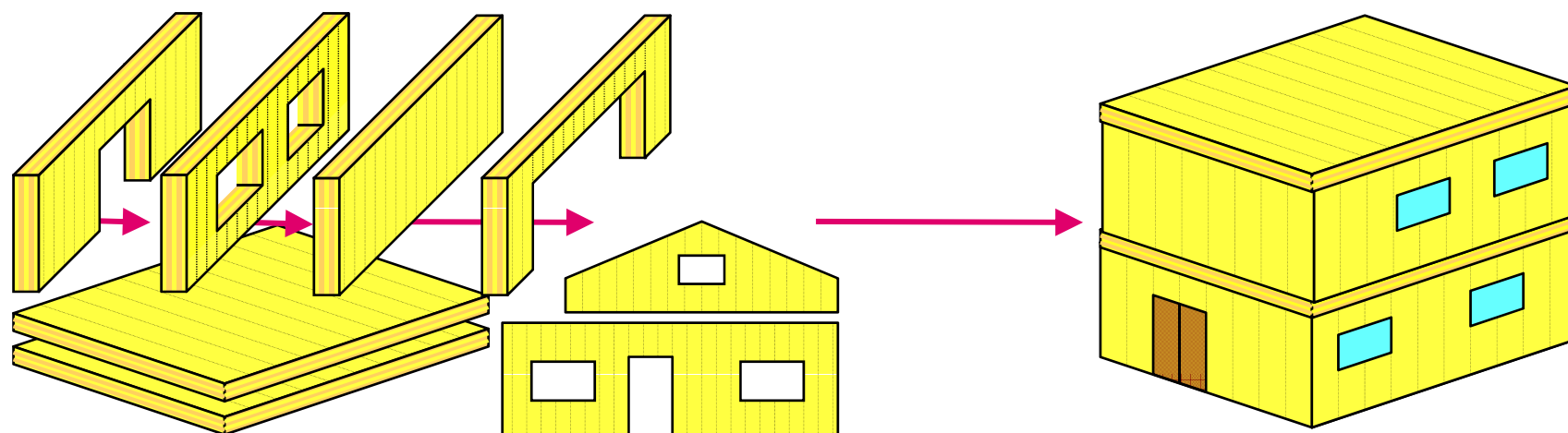
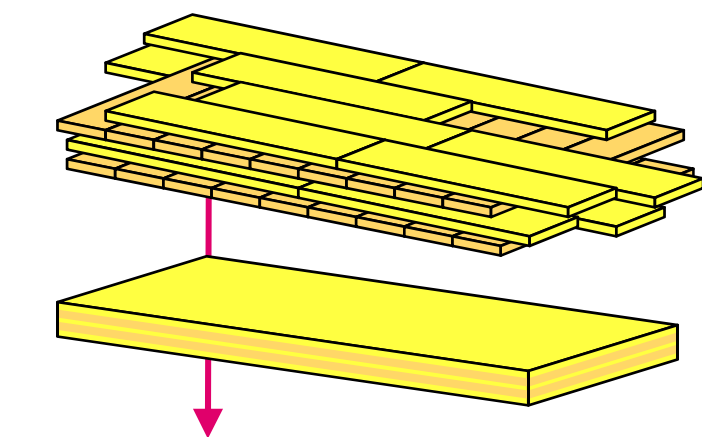


Convegno - Edifici di legno
Materiali e sistemi all'avanguardia - 37

Pannelli strutturali di grandi dimensioni

promo_legno

Il pannello XLAM quale tipologia strutturale

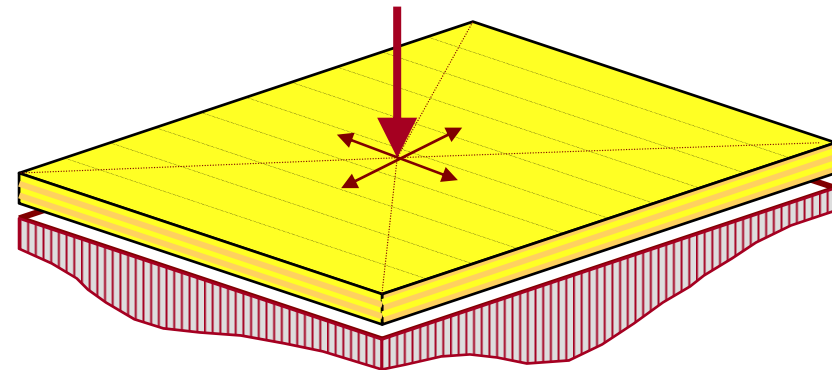


Pannelli strutturali di grandi dimensioni

promo_legno

Comportamento strutturale dei pannelli lamellari di legno massiccio a strati incrociati XLAM

- elemento massiccio piano
- rigidità e resistenza nelle due direzioni del piano



Trasmissione dei carichi:

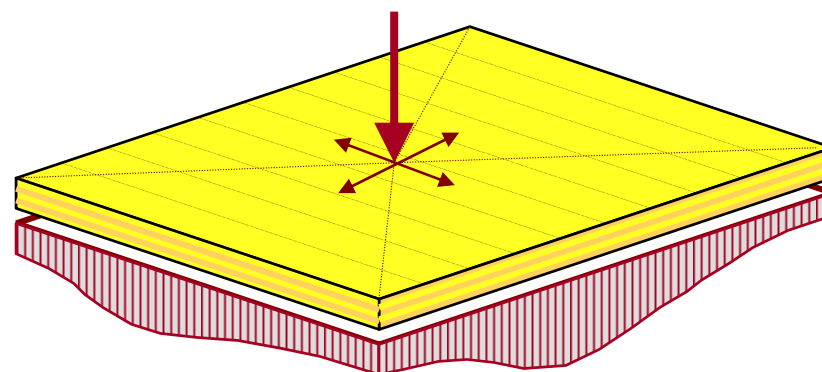
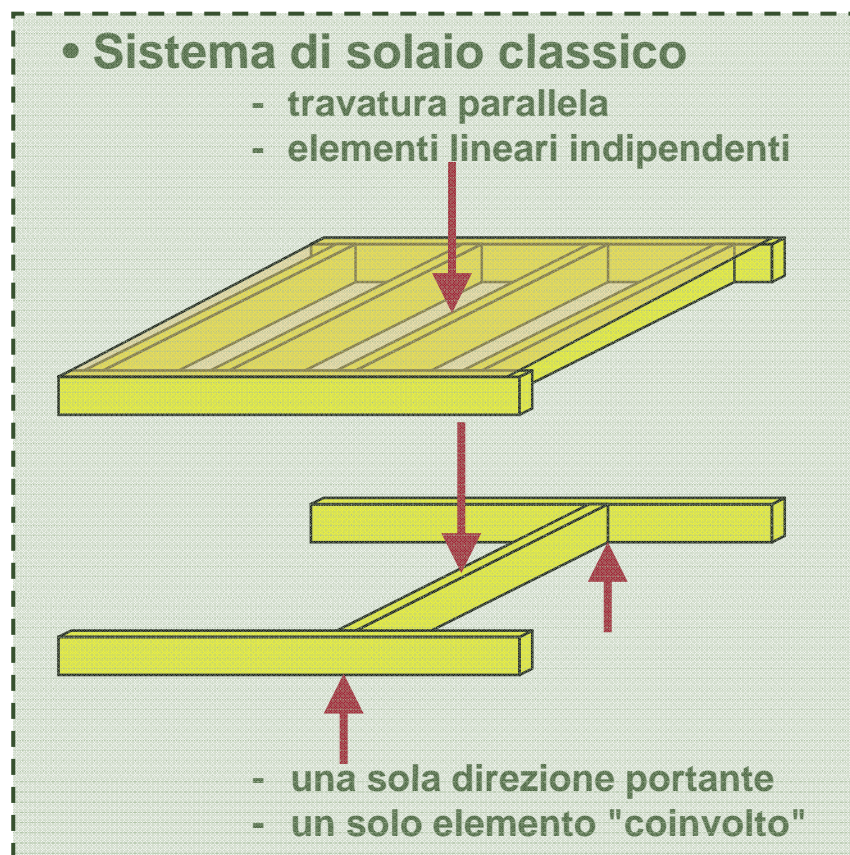
- contributo di tutto l'elemento
- ripartizione su tutta la sottostruttura
- sollecitazione ridotta dei singoli elementi

Pannelli strutturali di grandi dimensioni

promo_legno

Comportamento strutturale dei pannelli lamellari di legno massiccio a strati incrociati XLAM

- elemento massiccio piano
- rigidità e resistenza nelle due direzioni del piano



Trasmissione dei carichi:

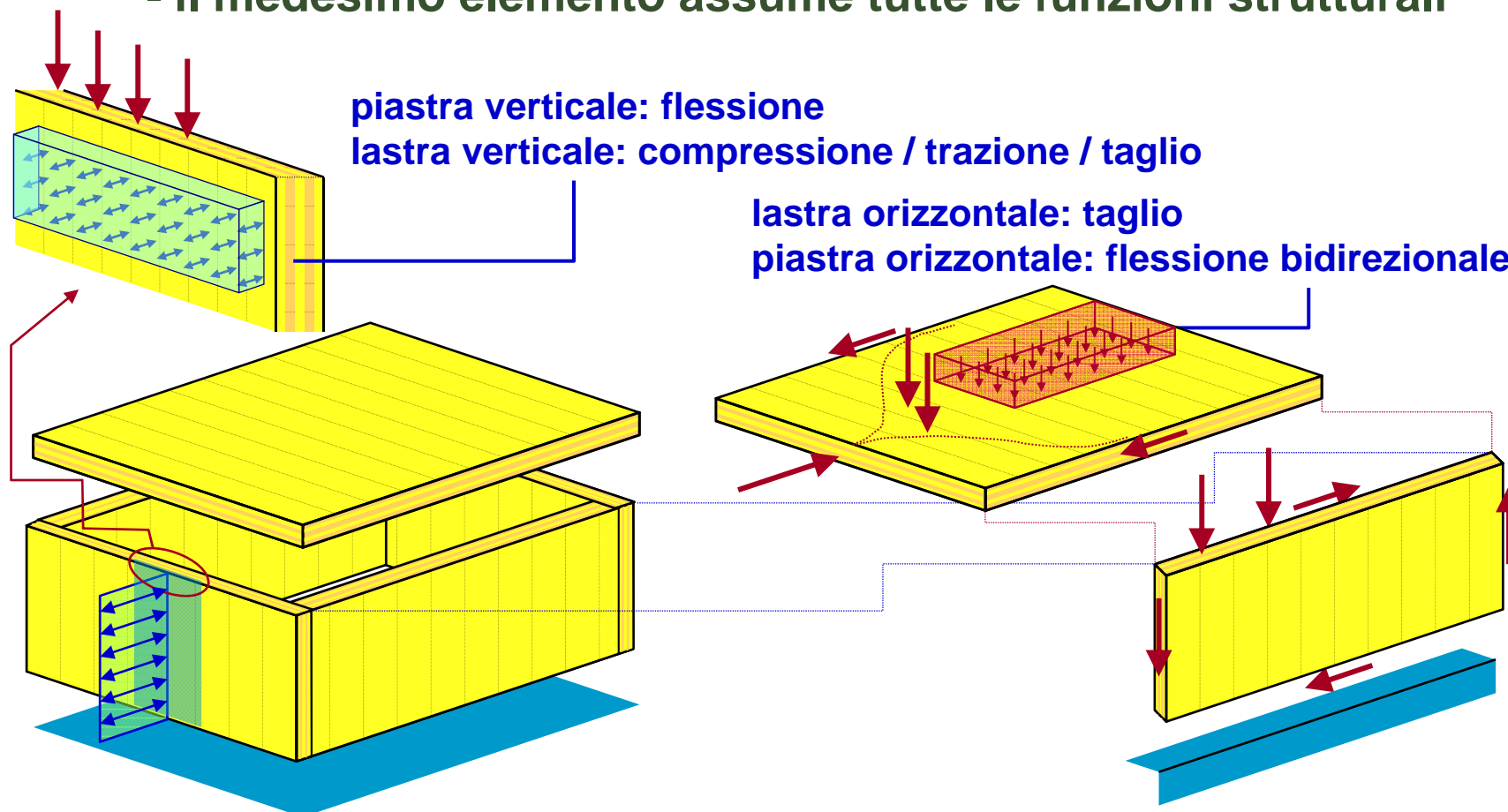
- contributo di tutto l'elemento
- ripartizione su tutta la sottostruttura
- sollecitazione ridotta dei singoli elementi

Pannelli strutturali di grandi dimensioni

promo_legno

Comportamento strutturale pannelli massicci XLAM

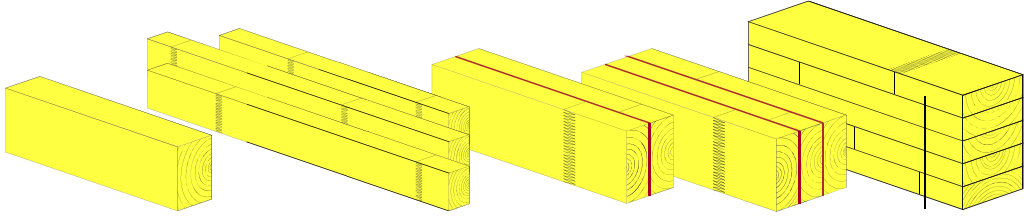
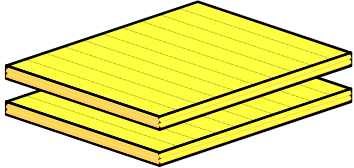
- il medesimo elemento assume tutte le funzioni strutturali



Prodotti per uso strutturale all'avanguardia

promo_legno

Il legno oggi - Il materiale legno massiccio "ingegnerizzato"

Materiale e prodotti	<p style="text-align: center;">Elementi strutturali lineari - travi</p>  <p style="text-align: center;">MH KVH DUO/TRIO GLT Lamellare</p>	<p style="text-align: center;">Elementi piani</p>  <p style="text-align: center;">XLAM</p>
Qualità estetica	- aspetto estetico / - uso a vista / - esigenze speciali	
Dimensioni	<p>60 / 100 mm 140 / 280 mm</p> <p style="text-align: center;">fino a 18 m</p>	<p style="text-align: center;">... 600 / 240 mm ... 2500 / 240 mm</p> <p style="text-align: center;">fino a oltre 40 m</p>
Qualità tecniche	<p style="text-align: center;">Profili prestazionali - Classi di resistenza</p> <p style="text-align: center;">Omologazioni nazionali ed europee - Marcatura CE</p> <p style="text-align: center;">Normative specifiche sui prodotti e i materiali</p>	



Esigenze e qualità regolate dalla normativa vigente - europea e naz.

Edifici con struttura di pannelli XLAM

promo_legno

Produzione e montaggio

- preassemblaggio completo di pareti e solai
- montaggio della struttura portante e finitura in cantiere



Edifici con struttura di pannelli XLAM

promo_legno

Montaggio degli elementi di solaio di pannelli XLAM



Edifici con struttura di pannelli XLAM

promo_legno

Esempio di edificio abitativo semplice - Austria 1999



Edifici con struttura di pannelli XLAM

promo_legno

Esempio di edificio abitativo semplice - Italia 2005

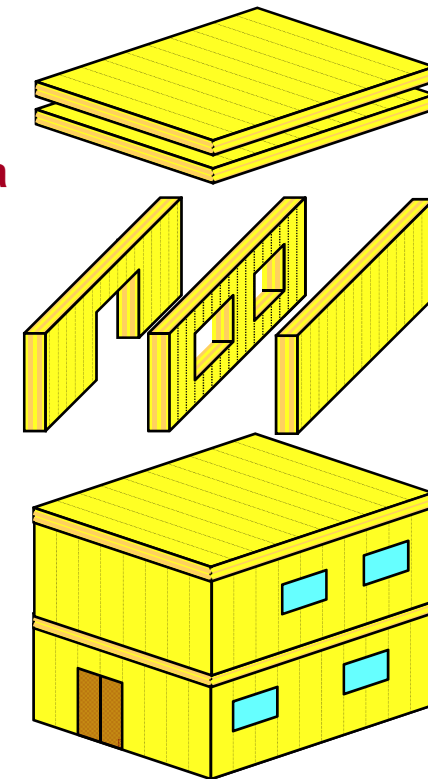


I "limiti" dei pannelli massicci XLAM

Aspetti strutturali degli edifici in legno

- **Struttura massiccia di elementi piani**
 - elevata rigidezza e resistenza della struttura
 - peso ridotto degli elementi
- **L'opera di ingegneria strutturale**
 - grandi luci
 - edifici a più piani
 - azione sismica
 - studio accurato degli aspetti tecnici

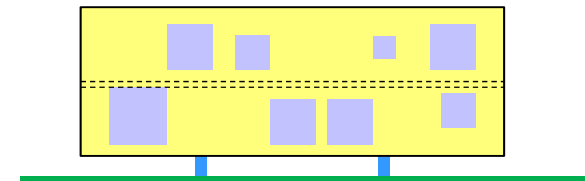
promo_legno



Edifici con struttura di pannelli XLAM

promo_legno

La struttura al servizio del progetto



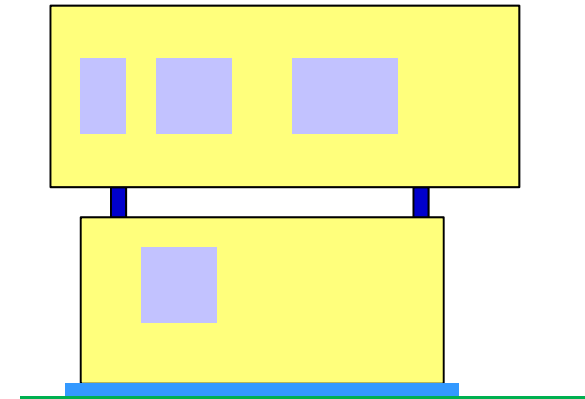
Spagna

Edifici con struttura di pannelli XLAM

promo_legno

La struttura al servizio del progetto

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



La costruzione di legno moderna

promo_legno

Complesso abitativo nel centro di Vienna - XLAM

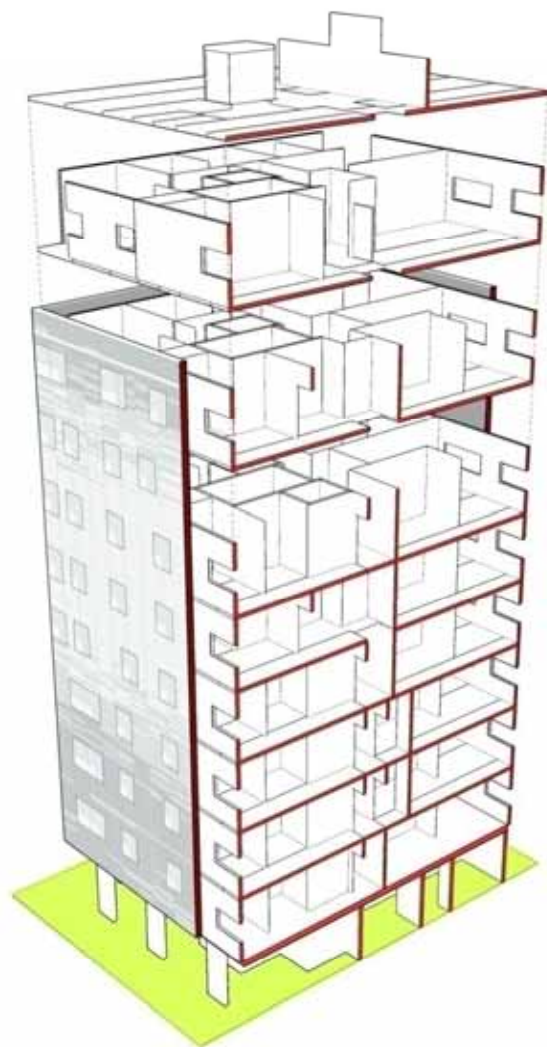
- oltre 150 unità abitative
- costruzione 2004



Edifici con struttura di pannelli XLAM

promo_legno

Murray Grove a Londra: 9 piani di legno



Dr. A. Bernasconi
Trieste,, 8 aprile 2011

Convegno - Edifici di legno
Materiali e sistemi all'avanguardia - 51

Edifici con struttura di pannelli XLAM

promo_legno

Murray Grove a Londra: 9 piani di legno



Dr. A. Bernasconi
Trieste,, 8 aprile 2011

Convegno - Edifici di legno
Materiali e sistemi all'avanguardia - 52

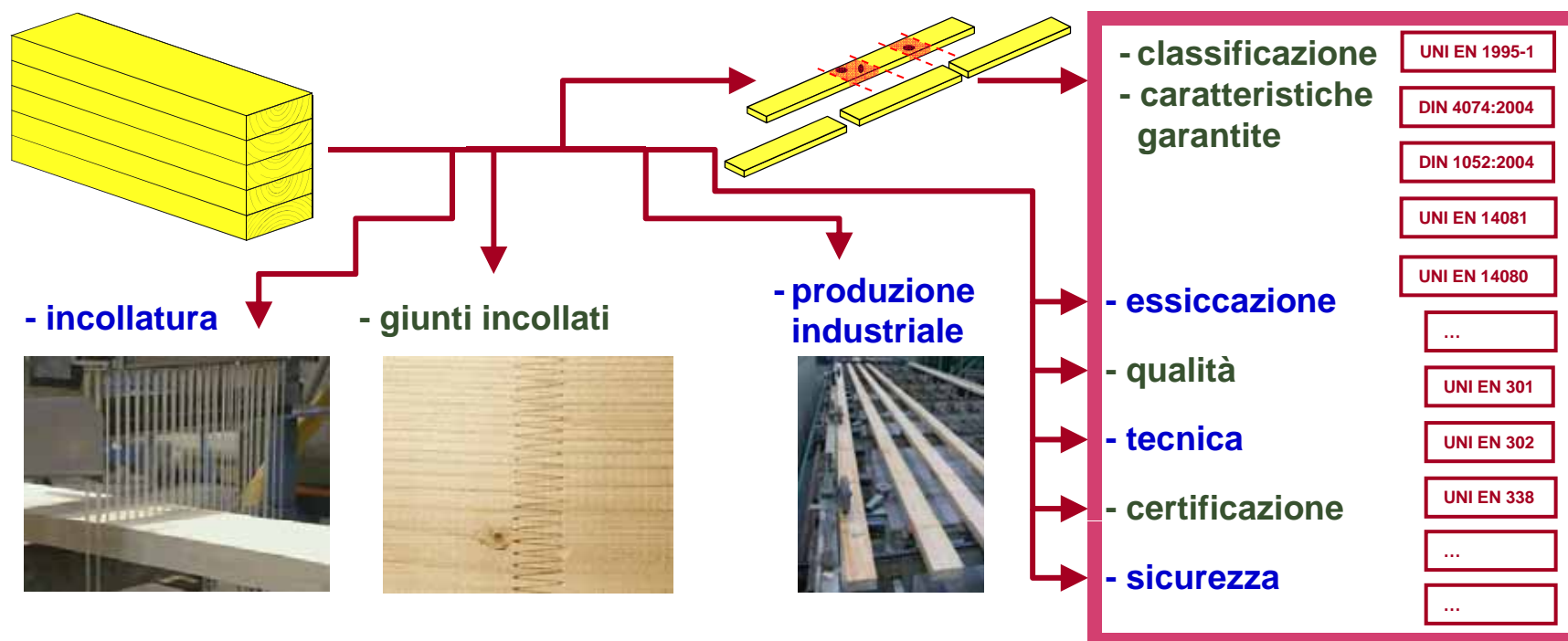
Edifici con struttura di pannelli XLAM

promo_legno

La flessibilità nel progetto



Risultato dello sviluppo e dell'evoluzione del legno incollato



• I prodotti di legno moderni offrono, garantiscono e assicurano



- caratteristiche definite
- qualità garantita e certificata
- sicurezza

Normativa attuale - La qualità e la sua sicurezza

promo_legno

Il sistema di qualità - Le garanzie - La normativa vigente veglia ...

• Lamelle grezze:

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

• Le colle:

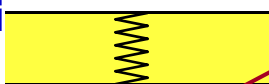
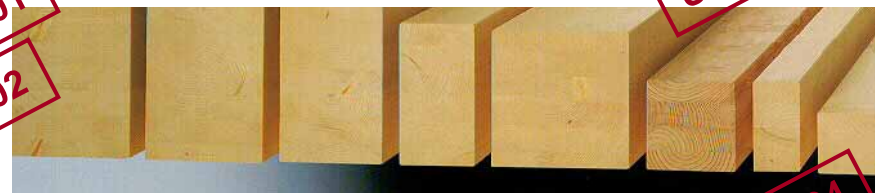
- omologate per l'uso previsto

• I giunti a pettine delle lamelle:

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

• L'incollatura:

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



• Il prodotto finito:

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



Normativa attuale - La qualità e la sua sicurezza

promo_legno

Il sistema di qualità - Le garanzie - La normativa vigente veglia ...

• Lamelle grezze:

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

• 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

• L'incollatura:

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



UNI EN 1995-1
DIN 1052:2004

UNI EN 338
UNI EN 14081

UNI EN 14081

UNI EN 301
UNI EN 302

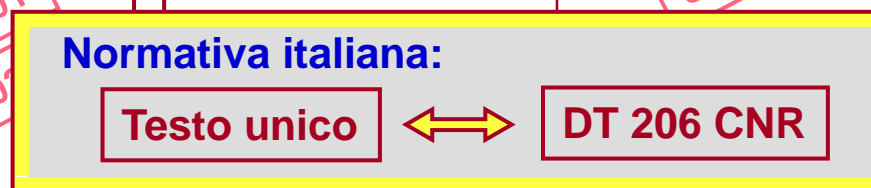
UNI EN 385

UNI EN 1194
UNI EN 391

UNI EN 392

UNI EN 1194
UNI EN 386

UNI EN 14080

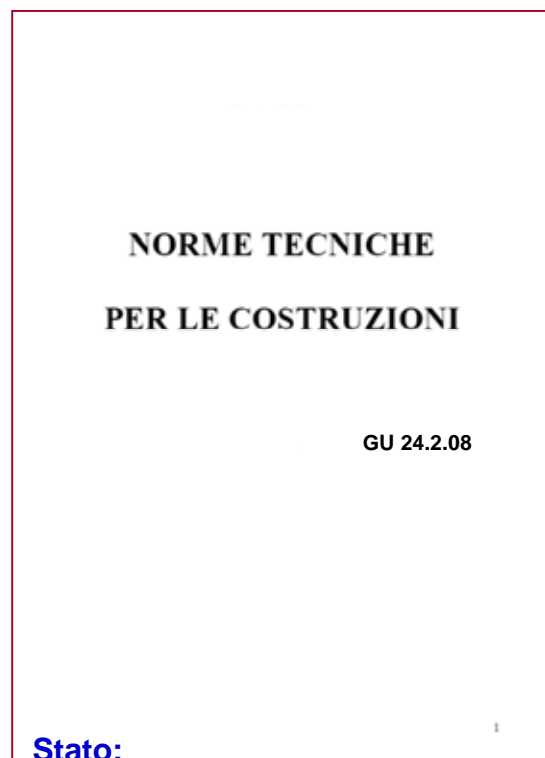


• Il prodotto finito:

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

La situazione normativa attuale in Italia ...

... normativa per la costruzione di legno



Stato:

Entrata in vigore: **30.6.09**

DM 14.1.08 - GU 24.2.08

DM di integrazione 6.5.08 - GU 2.7.08

Circolare Min. Infrast. 5.8.09

- **Testo Unico - Norme tecniche per le costruzioni**

- **Capitolo 4: Norme sulle costruzioni**

- 4.4 Costruzioni di legno - 12 pagine**

- **Capitolo 7: Progettazione per azioni sismiche**

- 7.7 Costruzioni di legno - 5 pagine**

- **Capitolo 11: Materiale e prodotti per uso strutturale**

- 11.7 Materiali e prodotti a base di legno - 8 pagine**

- **Criteri generali**

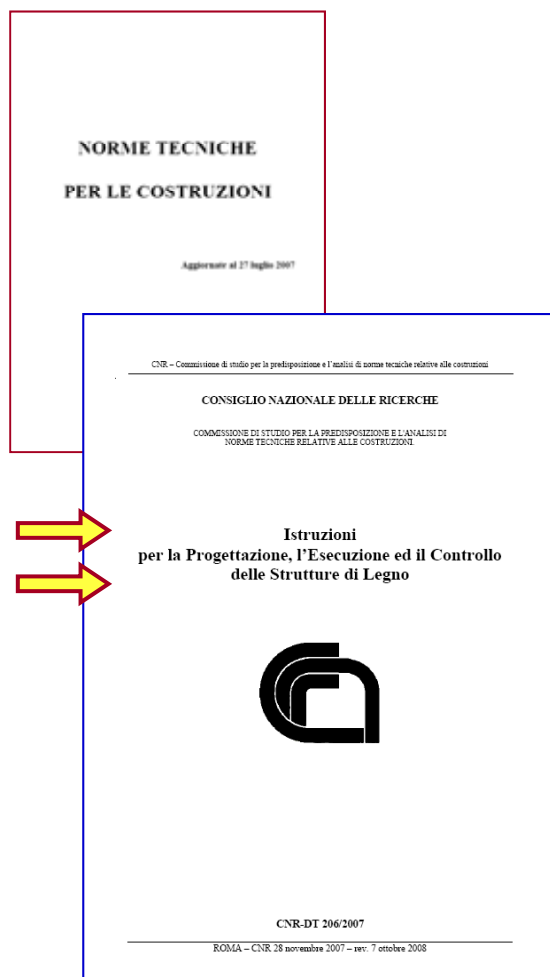
- **basi generali di calcolo**

- **stati limite ultimi (EC5, DIN 1052, ...)**

- **qualche indicazione**

La situazione normativa attuale in Italia ...

... normativa per la costruzione di legno



- **Testo Unico - Norme tecniche per le costruzioni**

- **Capitolo 4: Norme sulle costruzioni**

- 4.4 Costruzioni di legno - 12 pagine**

- **Capitolo 7: Progettazione per azioni sismiche**

- 7.7 Costruzioni di legno - 5 pagine**

- **Capitolo 11: Materiale e prodotti per uso strutturale**

- 11.7 Materiali e prodotti a base di legno - 8 pagine**

- **Criteri generali**

- **basi generali di calcolo**
- **stati limite ultimi (EC5, DIN 1052, ...)**
- **qualche indicazione**

- **Applicazione e modelli di calcolo**

- **Documento CNR DT 206**

- Istruzioni per la Progettazione, Esecuzione e Controllo delle Strutture di Legno**

La situazione normativa attuale in Italia ...

... normativa per la costruzione di legno



- **Testo Unico - Norme tecniche per le costruzioni**

- **Capitolo 4: Norme sulle costruzioni**
 - 4.4 Costruzioni di legno - 12 pagine
- **Capitolo 7: Progettazione per azioni sismiche**
 - 7.7 Costruzioni di legno - 5 pagine
- **Capitolo 11: Materiale e prodotti per uso strutturale**
 - 11.7 Materiali e prodotti a base di legno**
 - 8 pagine

- **Materiali**

- **qualità, certificazione, marcatura**
- **dei prodotti**
- **dei produttori**

La situazione normativa attuale in Italia ...

... normativa per la costruzione di legno



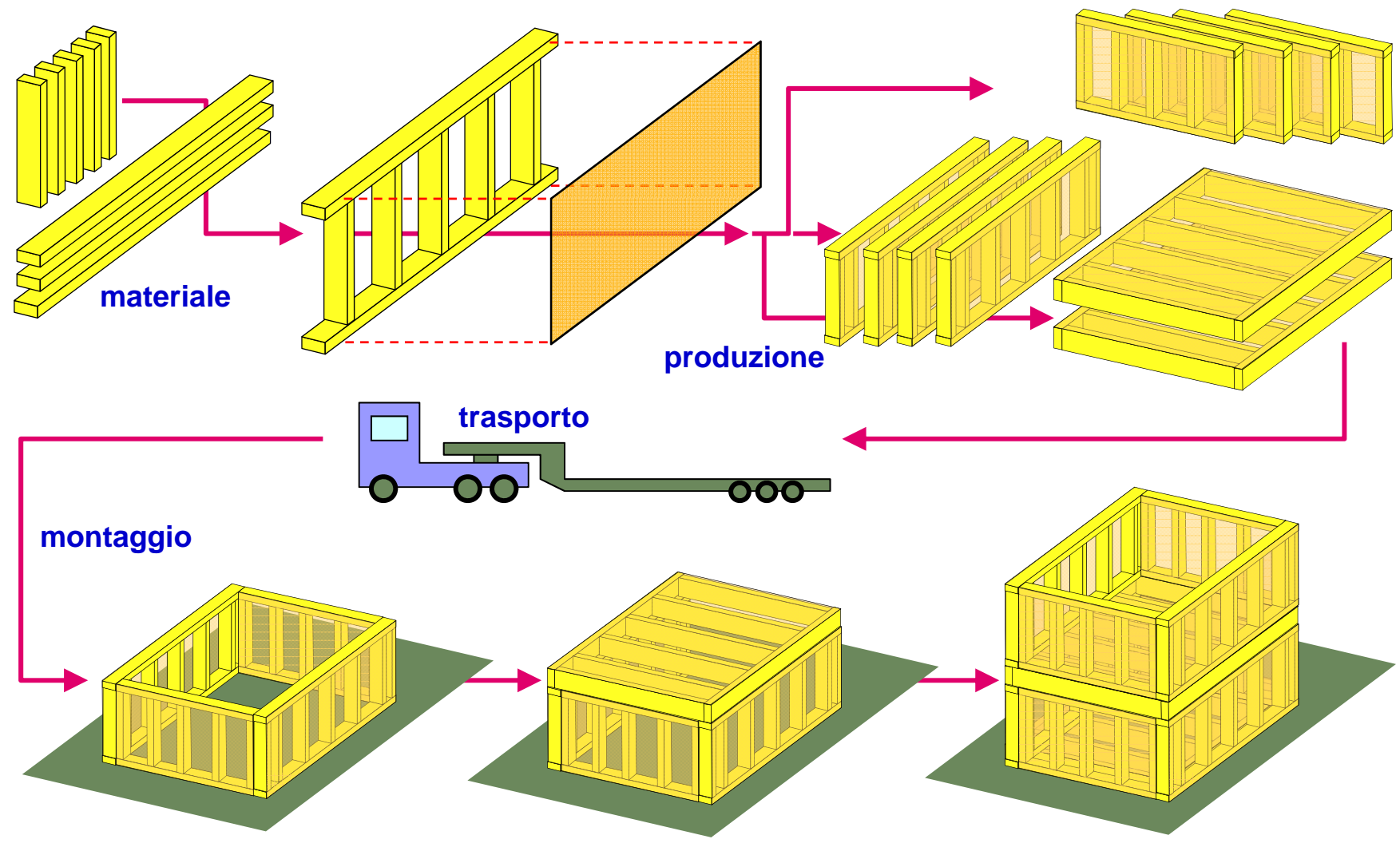
- **Testo Unico - Norme tecniche per le costruzioni**
 - **Capitolo 4: Norme sulle costruzioni**
 - 4.4 Costruzioni di legno - 12 pagine
 - **Capitolo 7: Progettazione per azioni sismiche**
 - 7.7 Costruzioni di legno - 5 pagine
 - **Capitolo 11: Materiale e prodotti per uso strutturale**
 - 11.7 Materiali e prodotti a base di legno - 8 pagine
- **Basi normative per l'applicazione**
 - Testo unico
 - Norme UNI, UNI EN, EN
 - Documento CNR
 - Benestare tecnico CEN
 - qualificazione della produzione

Una BUONA SINTESI della normativa attuale di tutta europa
- con riferimenti UNI, UNI-EN, EN

La costruzione di legno moderna

promo_legno

Produzione e montaggio degli edifici di legno



La costruzione di legno moderna

promo_legno

Produzione degli elementi intelaiati



- **Artigianale**

- direttamente sul cantiere
- preassemblaggio parziale

- **Preassemblaggio industriale**

- diversi gradi di finitura
- struttura "grezza"
- elementi completi di serramenti e impianti



La costruzione di legno moderna

promo_legno

Trasporto



- Elementi preassemblati
 - peso "ridotto"
 - trasporto su strada



La costruzione di legno moderna

promo_legno

Trasporto



Dr. A. Bernasconi
Trieste,, 8 aprile 2011

La struttura di legno è decisamente leggera ...



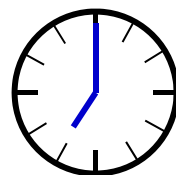
Convegno - Edifici di legno
Materiali e sistemi all'avanguardia - 64

La costruzione di legno moderna

promo_legno

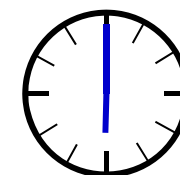


Un esempio



07.00

- 1 giorno di lavoro
 - 1 unità di abitazione
 - edificio a tetto



18.00



La costruzione di legno moderna

promo_legno

Edifici abitativi in Abruzzo - XLAM

- costruzione 2009



- 27 appartamenti, di tipologie diverse
- 3 piani
- realizzati in 78 giorni



Italia - 2009

La costruzione di legno moderna

promo_legno

Edifici abitativi in Abruzzo - XLAM

- costruzione 2009

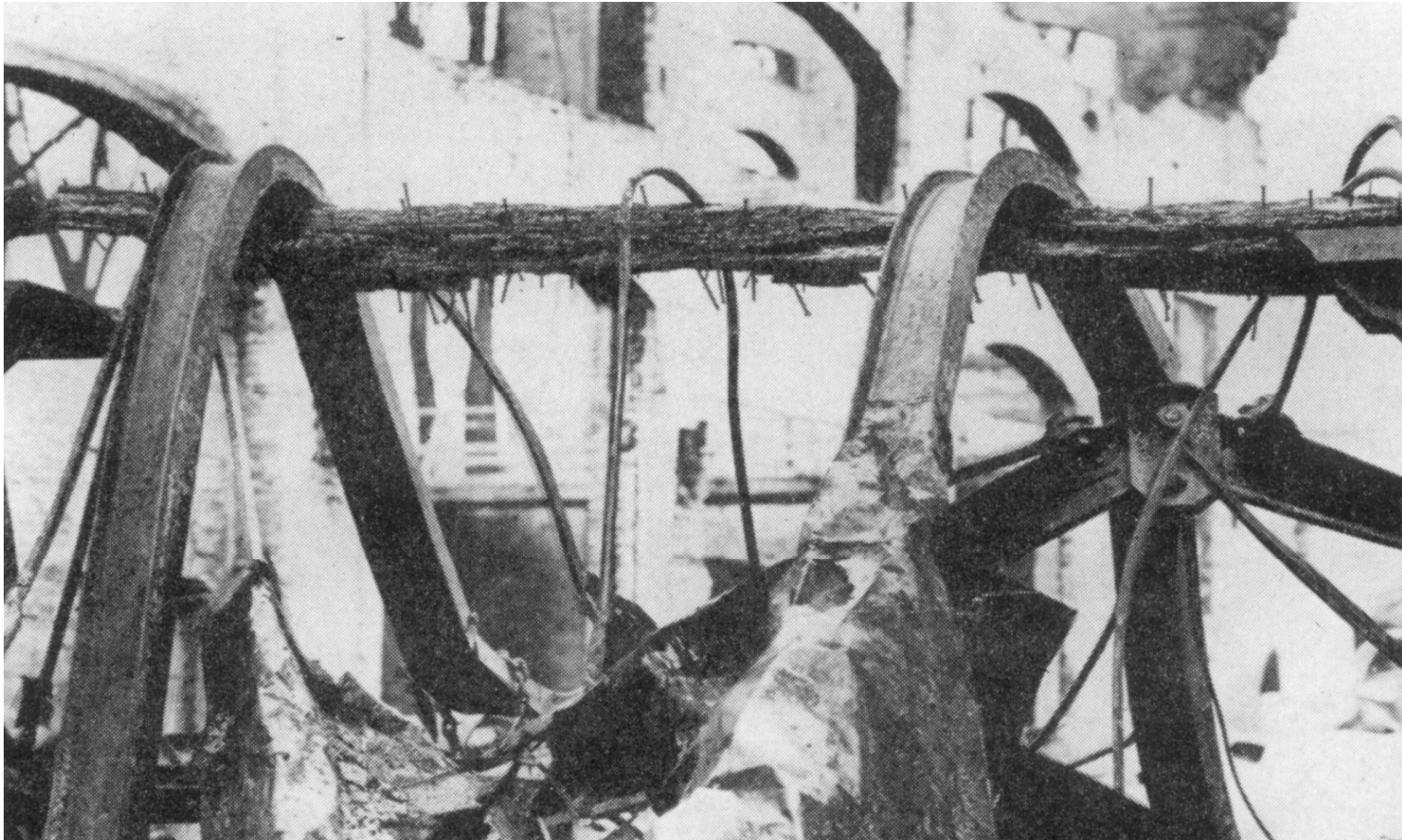
- 24 appartamenti, di tipologie diverse
- 3 piani, in totale ca. 1800 m² lordi
- realizzati in 55 giorni



Le possibilità della costruzione di legno

promo_legno

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



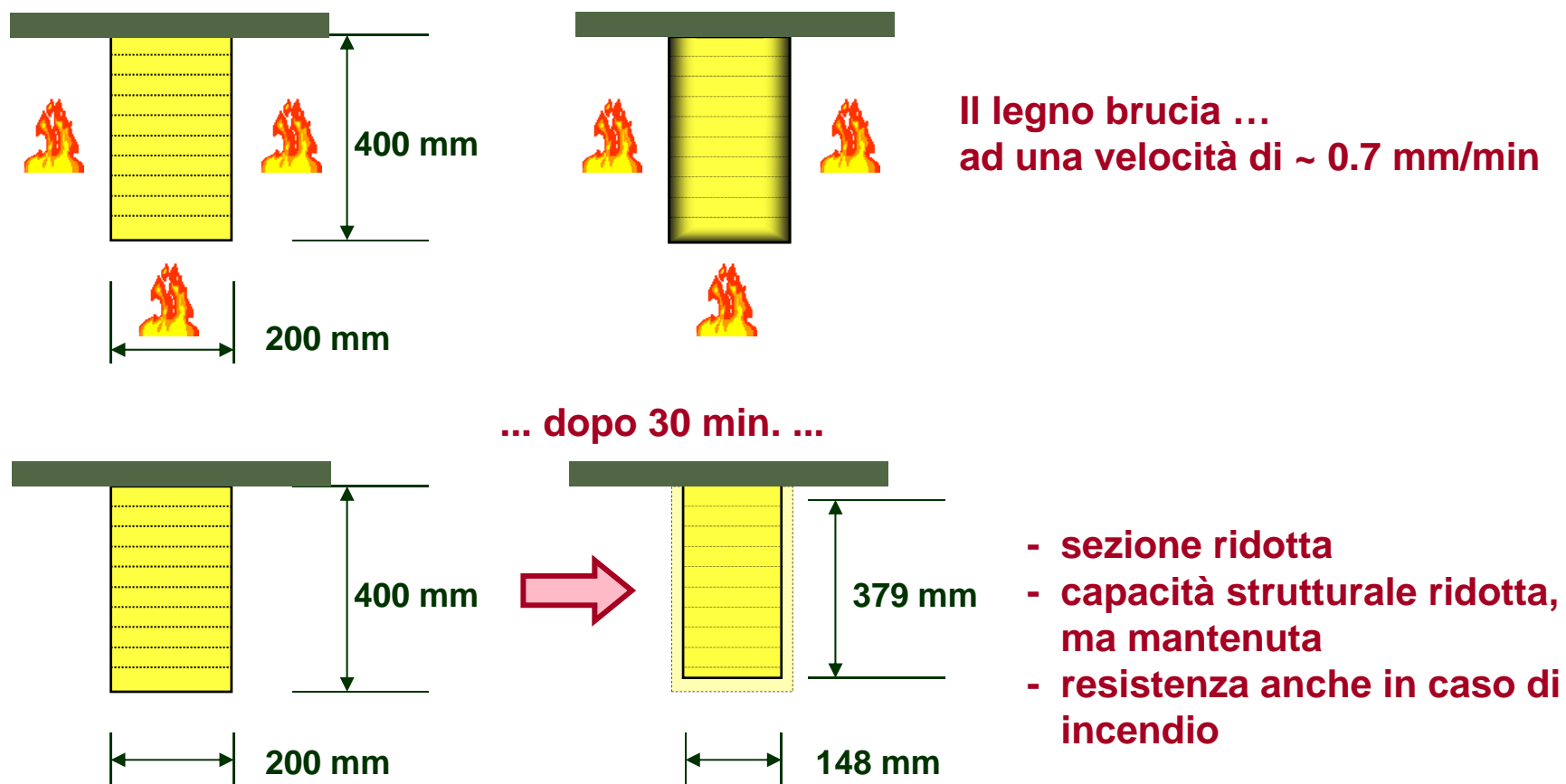
- Il punto debole della struttura è difficilmente la resistenza al fuoco del legno !!
- La sicurezza contro l'incendio dipende da altri fattori...

Le possibilità della costruzione di legno

promo_legno

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

- il legno è combustibile - quindi brucia
- il legno brucia molto lentamente

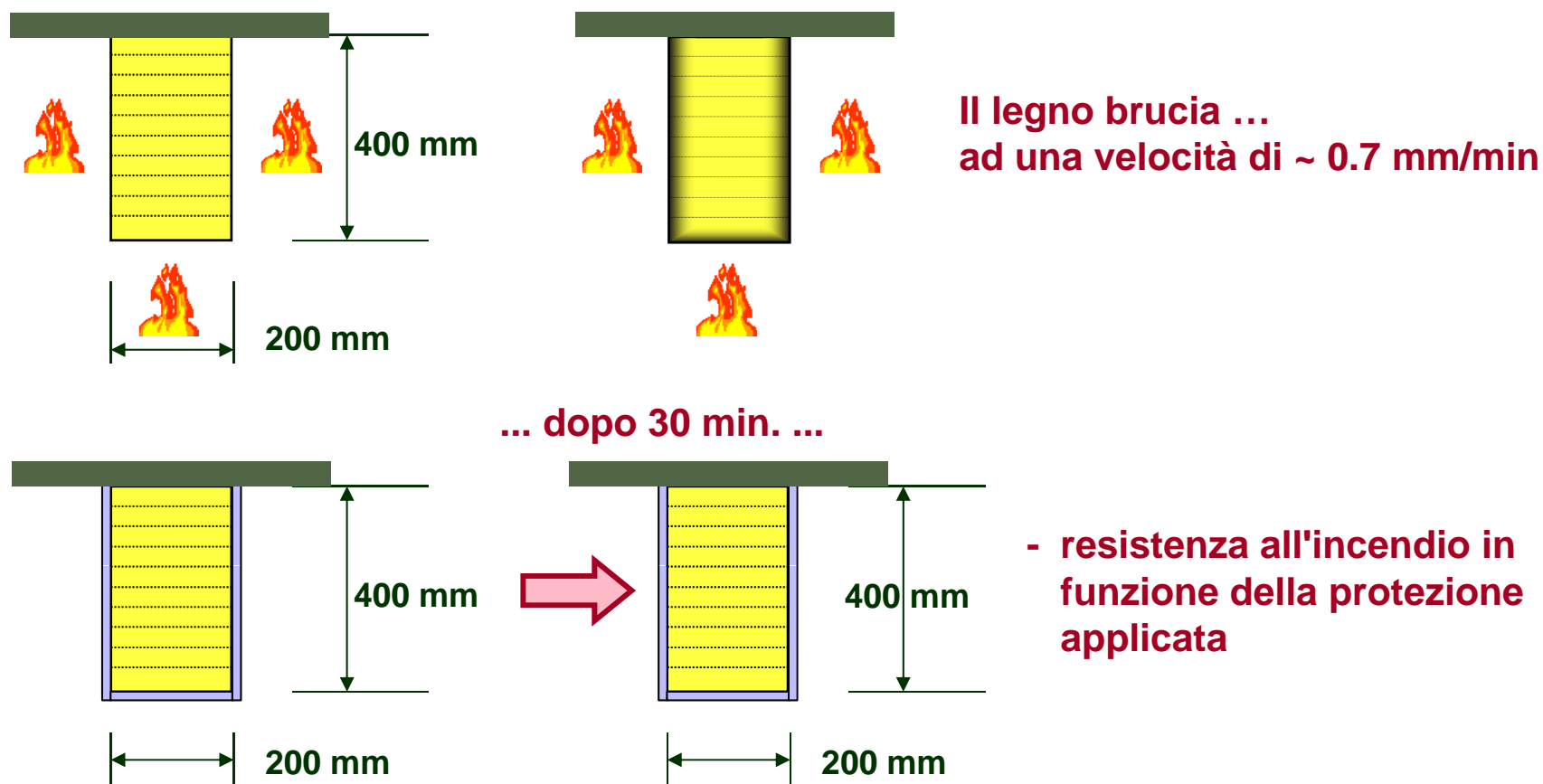


Le possibilità della costruzione di legno

promo_legno

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

- il legno può essere protetto
- la costruzione diventa "non combustibile"



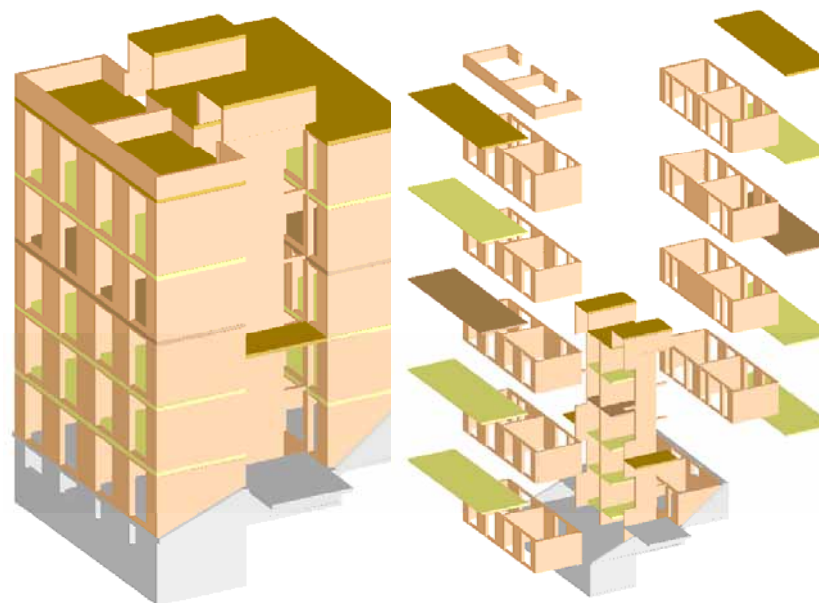
La costruzione di legno moderna

promo_legno



• Edificio abitativo

- 6 piani con appartamenti in duplex
- superficie stabile ca. 130 m²
- **struttura completamente in legno**

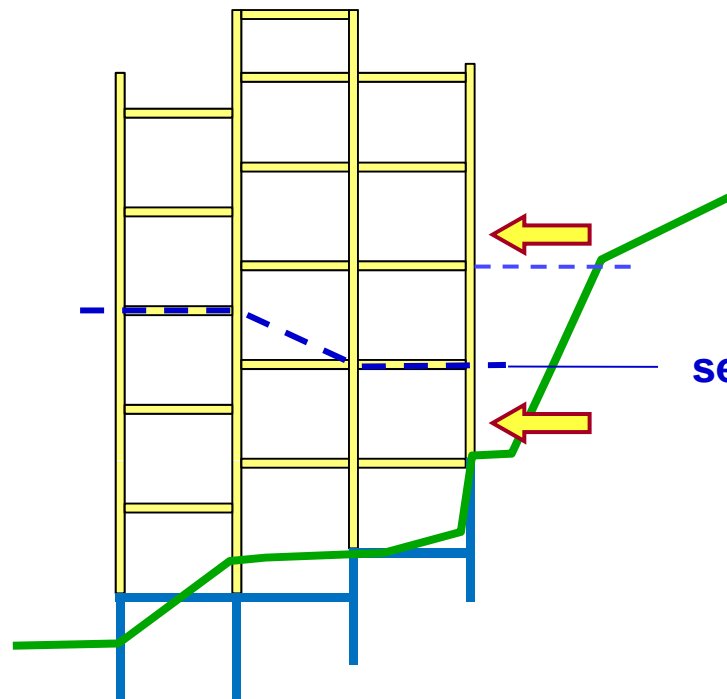


La costruzione di legno moderna

promo_legno

Un esempio di edificio multipiano

- Il problema della sicurezza contro il fuoco
 - oltre i 4 piani: vie di fuga con struttura non combustibile



- Accessi separati

- appartamenti in duplex
- numero di piani "indipendenti" limitato
- **nessun elemento incombustibile necessario**
- **protezione incombustibile delle scale di accesso**

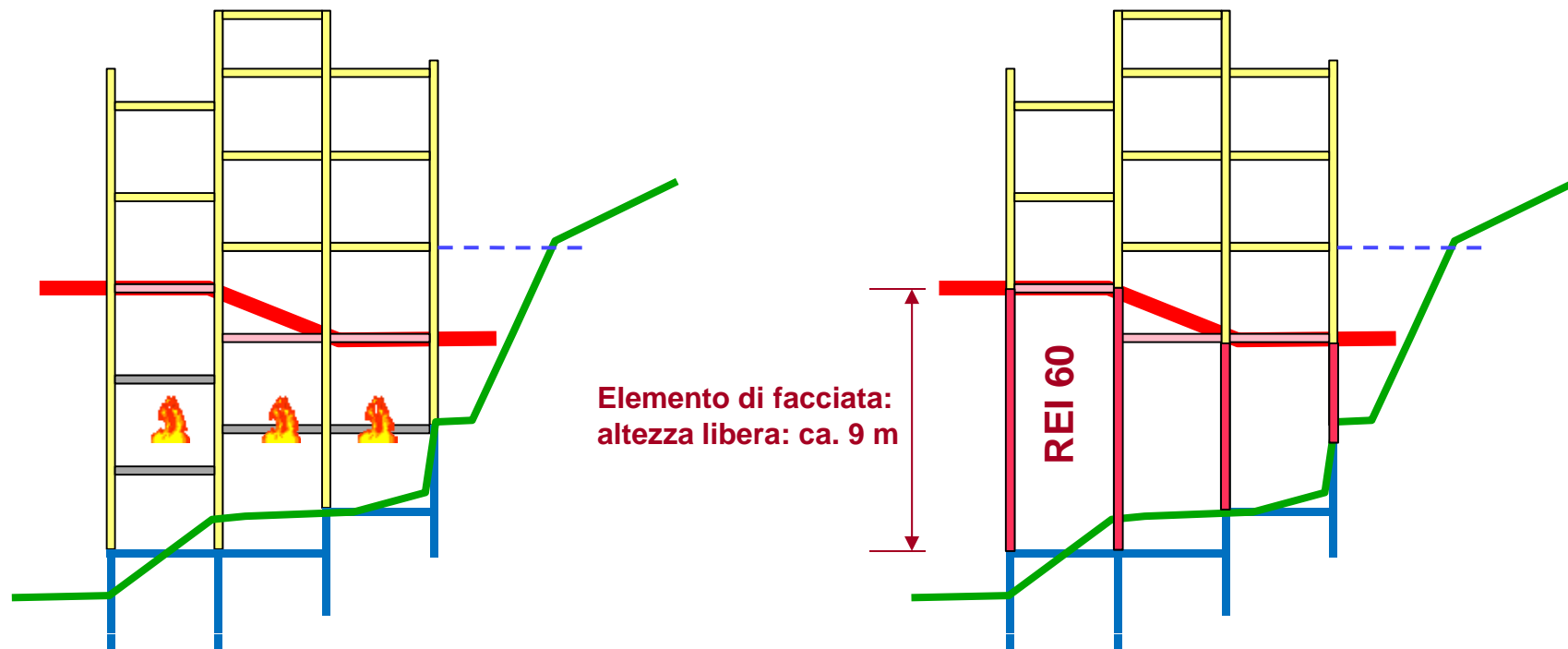
separazione appartamenti

La costruzione di legno moderna

promo_legno

Un esempio di edificio multipiano

- La soluzione della sicurezza contro il fuoco
 - esigenze REI 60 a metà edificio
 - incendio negli appartamenti inferiori:
stabilità strutturale garantita per 60 minuti



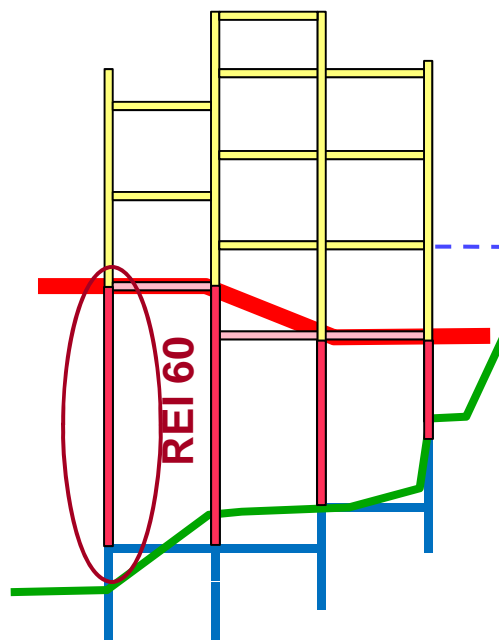
La costruzione di legno moderna

promo_legno

Un esempio di edificio multipiano

La soluzione della sicurezza contro il fuoco

- esigenze REI 60 a metà edificio
- incendio negli appartamenti inferiori:
stabilità strutturale garantita per 60 minuti

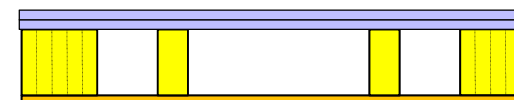


Parete "a freddo": $h = \text{ca. } 3.0 \text{ m}$



Parete REI 60: $h = \text{ca. } 9 \text{ m}$

- rivestimento gesso-fibra
- carichi accidentali

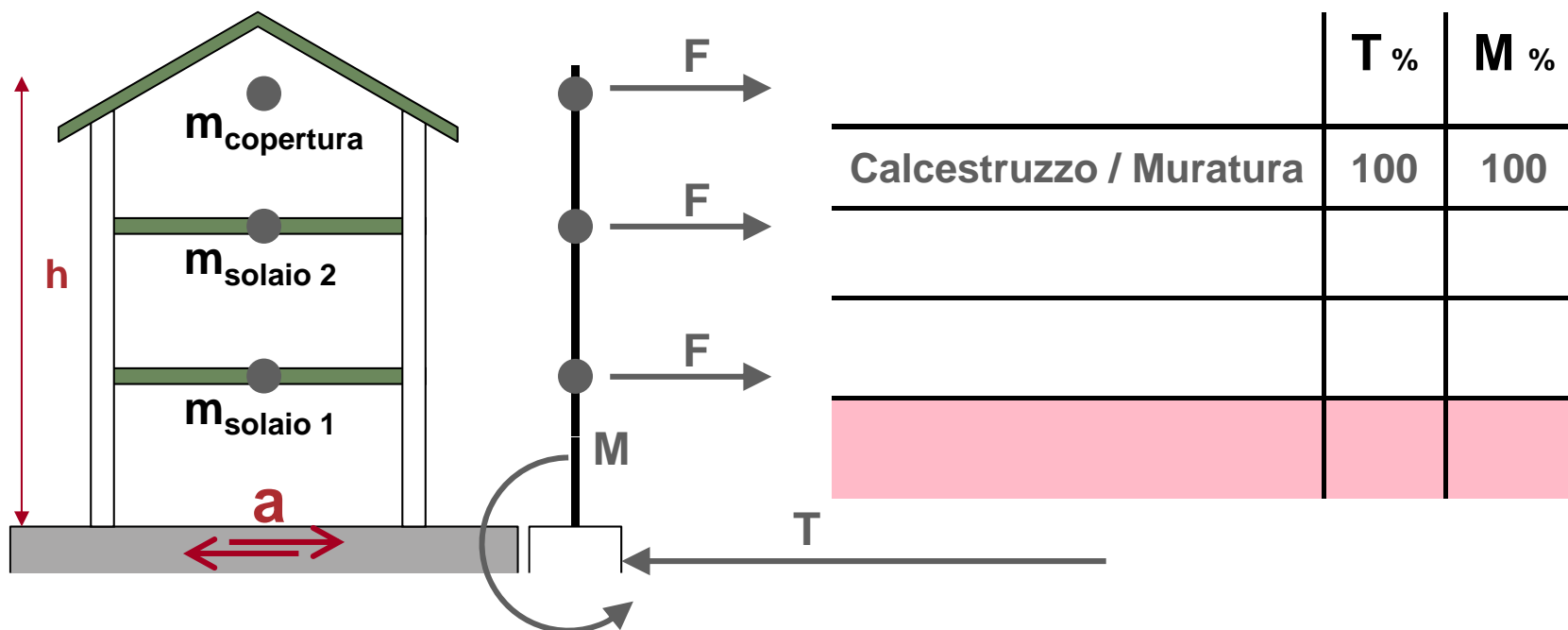


Edifici di legno - Il fenomeno sismico

promo_legno

La costruzione in legno ha una massa ridotta

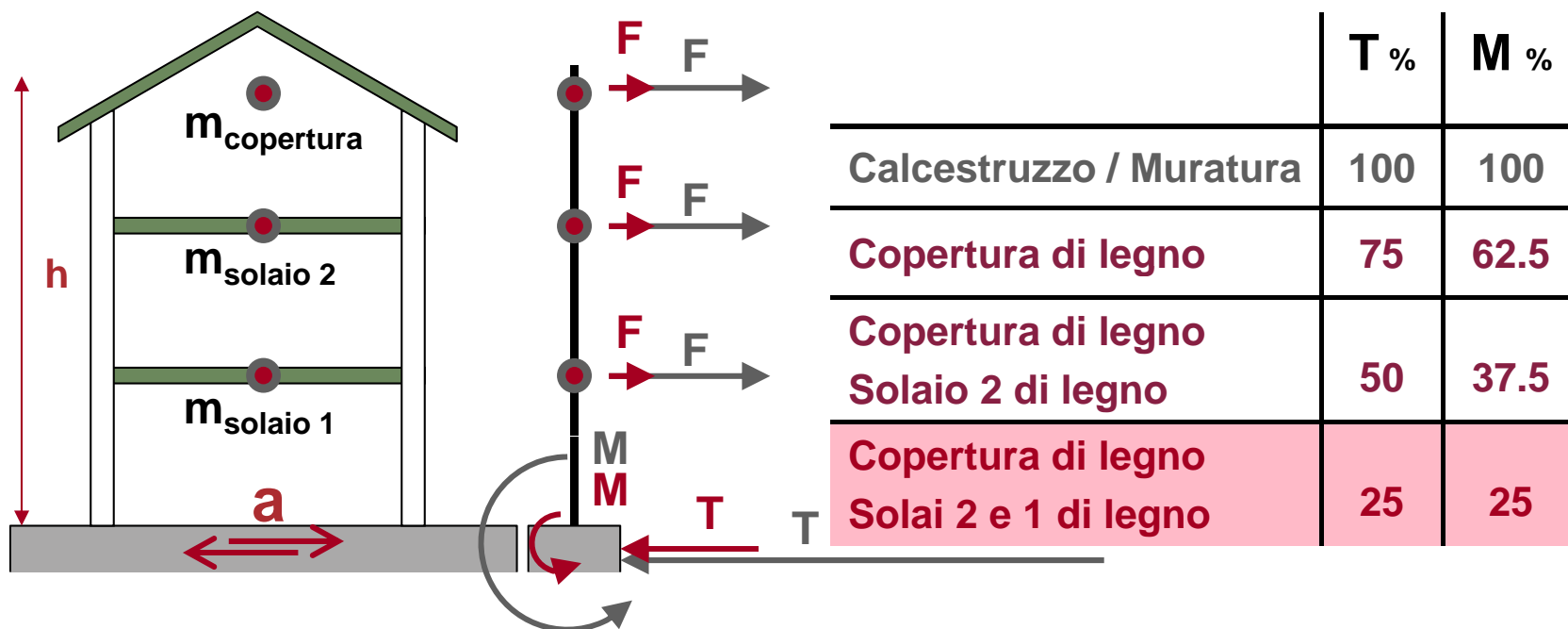
- Le forze in gioco dipendono dalla massa
 - le forze sono data da $F = \text{massa} \times \text{accelerazione}$
 - massa legno = ca. 1/4 massa calcestruzzo
 - costruzione in legno: forze ridotte al 25%



Edifici di legno - Il fenomeno sismico

La costruzione in legno ha una massa ridotta

- Le forze in gioco dipendono dalla massa
 - le forze sono data da $F = \text{massa} \times \text{accelerazione}$
 - massa legno = ca. 1/4 massa calcestruzzo
 - costruzione in legno: forze ridotte al 25%

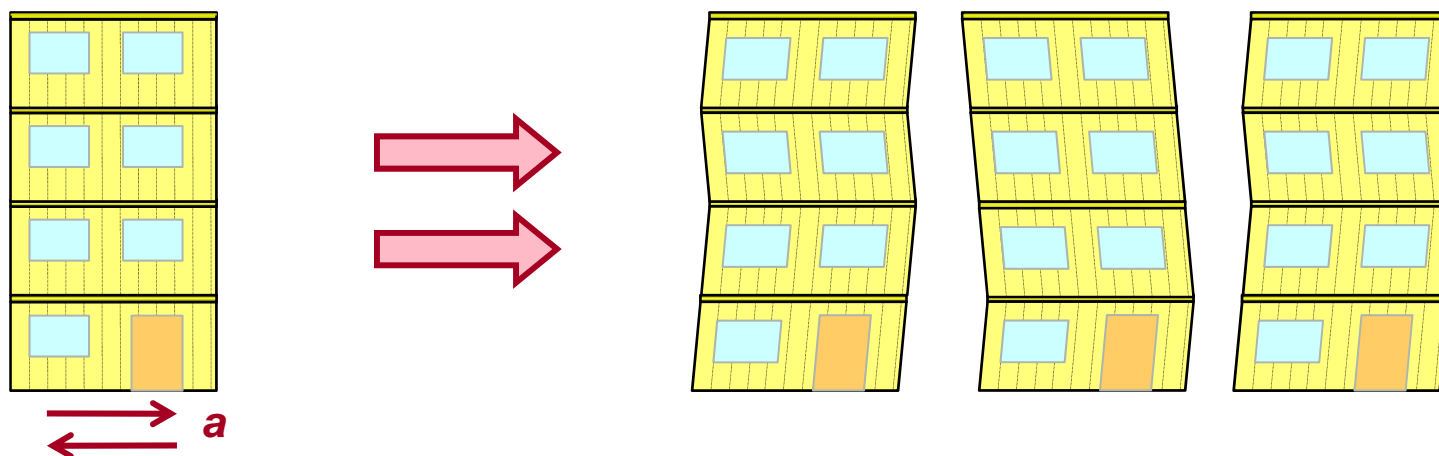


Edifici di legno - Il fenomeno sismico

promo_legno

La costruzione in legno ... ha una massa ridotta

... presenta un comportamento favorevole in caso di sisma



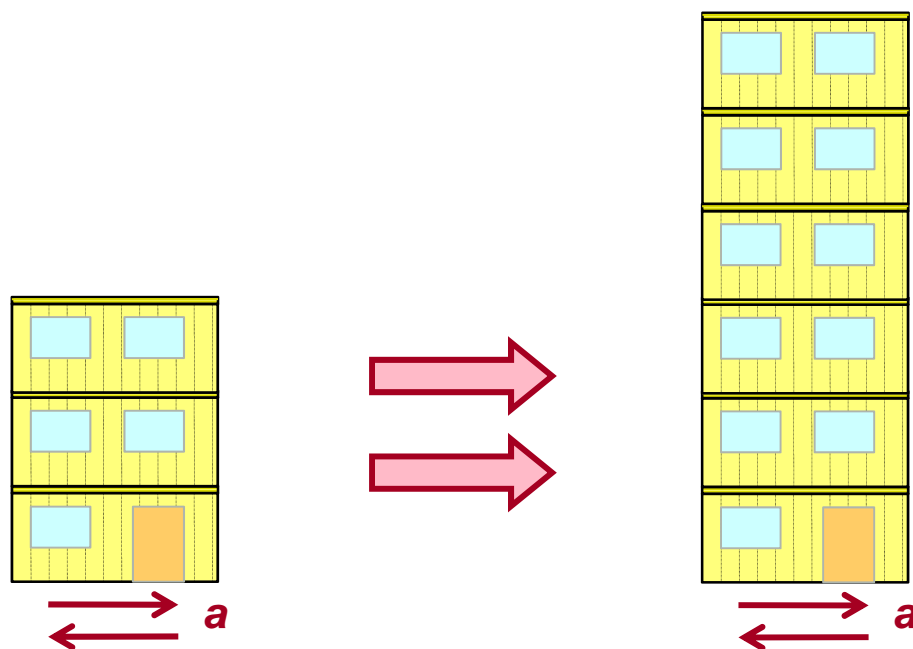
- Favorevoli alla resistenza sismica sono ...
 - le strutture di legno:
 - peso ridotto
 - caratteristiche meccaniche del legno
 - caratteristiche delle connessioni fra elementi
 - gli elementi piani in generale

Edifici di legno - Il fenomeno sismico

promo_legno

La costruzione in legno ... ha una massa ridotta

... presenta un comportamento favorevole in caso di sisma



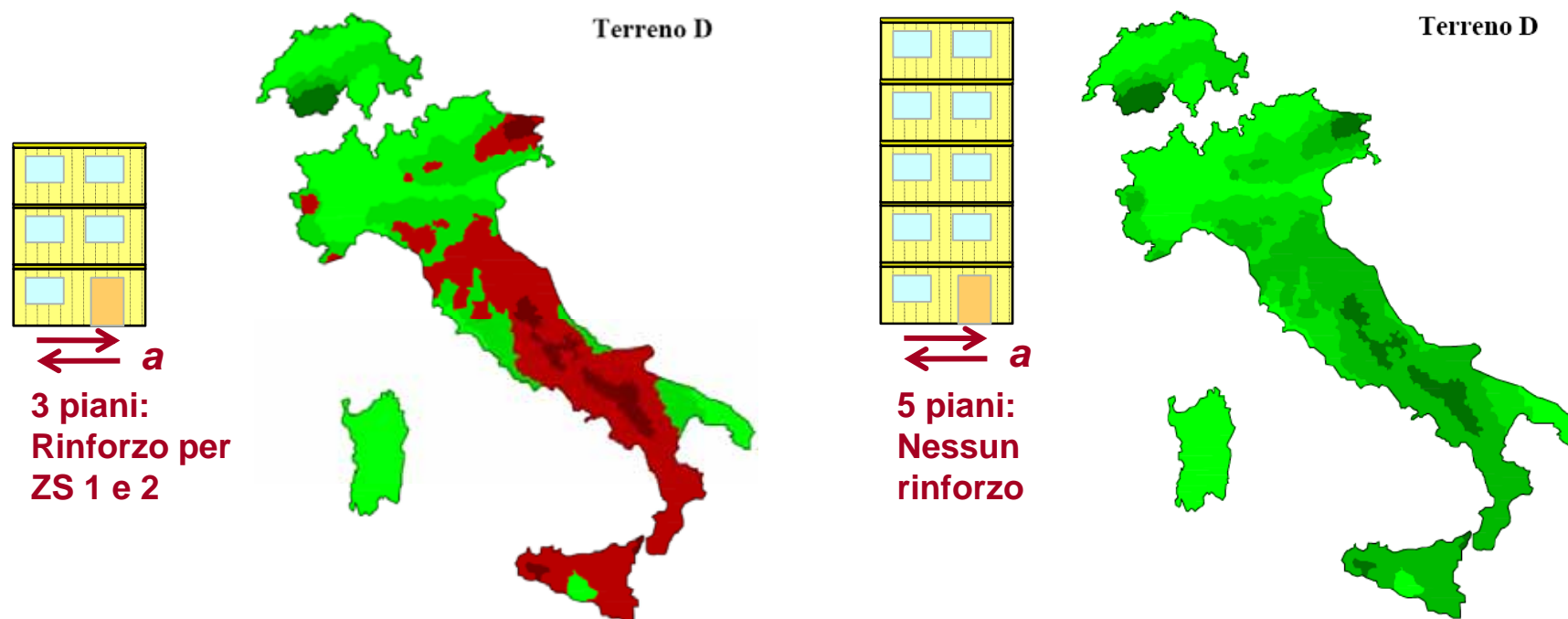
- **Costruzioni moderne, multipiano in legno**

- aumento del numero di piani possibile

- ➡ - spesso senza misure ulteriori contro il sisma ← ←

La struttura in legno ... e il rischio sismico

- **Caso concreto e reale: edificio abitativo interamente in legno**
 - struttura dimensionata secondo i carichi statici (compreso il vento)
 - analisi strutturale sismica e determinazione delle zone sismiche in cui un rinforzo strutturale è necessario



- **Zone in verde: nessun rinforzo strutturale necessario**
- **Zone in rosso: rinforzo strutturale necessario**

Edifici di legno - Il fenomeno sismico

promo_legno

La struttura in legno ... e il rischio sismico



- **Caso concreto e reale: tempio Horuiy**
 - **costruito nell'ottavo secolo**
 - ha superato indenne diversi sismi, tra l'altro Kobe nel 1995

La costruzione di legno moderna

promo_legno



- Edifici di legno XXS
 - superficie edificio: 38 m²



- Edifici di legno XL
 - campus universitario

Edifici di legno - Conclusione

promo_legno

Il legno quale materiale e tecnologia moderni

- **moderno**
 - qualità
 - affidabilità
 - precisione
- **nuove prospettive:**
 - pannelli strutturali di grandi dimensioni
 - l'ingegneria applicata all'edilizia
- **l'evoluzione sta soltanto cominciando ...**

