Valorizzazione del legname frondifero in Cantone Ticino

Progetto Modulo 2

Gli incollati di frondifero

Progetto di federelgno.ch
Direzione e coordinazione Danilo Piccioli

Rapporto finale maggio 2022

Parte 1 Fattibilità tecnica e caratteristiche meccaniche del legno lamellare incollato di castagno ticinese per l'impiego strutturale
A. Bernasconi

Parte 2 Aspetti economici
F. Cadlini

Valorizzazione del legname frondifero in Cantone Ticino

Progetto Modulo 2

Gli incollati di frondifero

Progetto di federelgno.ch
Direzione e coordinazione Danilo Piccioli

Fattibilità tecnica e caratteristiche meccaniche del legno lamellare incollato di castagno ticinese per l'impiego strutturale

Rapporto finale maggio 2022

Realizzazione
heig-vd - haute école d'ingénierie et de gestion du Canton de Vaud
Département EC+G - Institut inist

Direzione progetto: Prof. Dr. A. Bernasconi
Esecuzione e coordinazione: Eric Bedelek - François Guex

Premessa

Il presente rapporto riassume i risultati dell'analisi eseguita sul legno lamellare incollato di Castagno Ticinese, realizzata su incarico di federlegno.ch nell'intento di definire la fattibilità della produzione industriale di questo materiale e di definirne le caratteristiche meccaniche per il suo uso strutturale.

Per una miglior comprensione questo documento è stato suddiviso in due parti principali. Nella prima si trova un riassunto del lavoro svolto con la descrizione dei risultati principali ed essenziali in relazione agli obiettivi del progetto, e con le conclusioni tecniche in vista della produzione industriale e della commercializzazione di questo prodotto.

In una seconda parte sono riportate le analisi eseguite in modo sperimentale sul materiale grezzo e sui diversi semilavorati, fino alle prove di carico sulle travi di legno lamellare di castagno che hanno permesso di verificarne e confermarne le caratteristiche meccaniche in vista dell'impiego strutturale.

In una terza e brevissima parte sono indicati i valori di resistenza ottenuti con il legno di robinia messo a disposizione di questo progetto e integrato nella lavorazione e nell'analisi del prodotto di legno di castagno. Trattandosi di una parte aggiuntiva, basata su una quantità di materiale estremamente ridotta, i risultati di questa parte dell'analisi hanno un carattere decisamente informativo.

I risultati di questo progetto sono stati pubblicati e presentati in occasione della giornata di studio sul legno svoltasi a Mezzana in autunno 2019. Lignum ha pubblicato nel 2021 un numero della rivista Lignatec dedicato all'impiego del legno di latifoglie, dove si trovano fra l'altro le caratteristiche del legno lamellare incollato disponibile in Svizzera. Fra questi si trova anche il legno lamellare incollato di castagno, con i valori di riferimento per il calcolo delle resistenza e delle rigidezze degli elementi portanti basati sui risultati di questo studio.

Parte A
Il lamellare di castagno - Indicazioni e prestazioni meccaniche del prodotto

1 Situazione e contesto

1.1 Gli antecedenti

Nella prima metà degli anni 90 la presenza in Canton Ticino di un piccolo impianto per la produzione di legno lamellare incollato aveva portato alla realizzazione di alcuni elementi di legno lamellare di castagno. L'impianto di produzione era di dimensioni molto limitate ed è stato messo fuori servizio alcuni anni più tardi. In quel periodo era stato eseguito un primo studio sulla possibilità di produrre legno lamellare di castagno sfruttando la tecnologia disponibile sul posto. La produzione di pochi metri cubi di materiale, nell'ambito di un progetto nato per iniziativa degli istituti di ricerca e di tecnologia del legno del Politecnico federale di Zurigo e dell'Empa, aveva mostrato la possibilità di produrre legno lamellare incollato di castagno e messo in evidenza tanto i limiti dell'impianto di produzione, quanto la necessità di dover impiegare tutte le tecnologie più moderne disponibili per ottenere dei risultati postivi.
Oltre 20 anni più tardi, nel 2015, la filiera ticinese del legno alla ricerca di una migliore valorizzazione della produzione di legname indigeno si concentra sul legno di castagno e decide prima di tutto di eseguire uno studio che permetta di definire le caratteristiche qualitative e quantitative della produzione di legno di castagno.

1.2 Legno incollato

Buona parte del legno impiegato nella costruzione è oggi legno incollato. L'uso di elementi di legno massiccio segato, cioè ottenuti tramite il solo taglio del tronco nelle dimensioni finali, è limitato essenzialmente dalla necessità di poter sfruttare al meglio il materiale disponibile, riducendone gli scarti e ottenendo la resa migliore anche in relazione alla qualità e alle caratteristiche tecniche del materiale disponibile.
La tecnologia dell'incollatura è stata sviluppata a partire dall'inizio del ventesimo secolo per poter realizzare elementi strutturali di legno che avessero dimensioni più grandi di quelle dei tronchi da cui si ricava la materia prima, come pure per poter produrre travi non rettilinee, ma di forma praticamente a piacimento. Il principio è estremamente semplice e prevede di produrre tavole - o lamelle - di legno piuttosto sottili, che saranno prima unite fra loro sulla lunghezza, e poi impilate le une sulle altre a formare elementi di dimensioni praticamente a piacimento. Lo spessore sottile delle singole lamelle permette di curvarle al momento di impilarle fra loro, creando travi di curvatura e forma diversa.

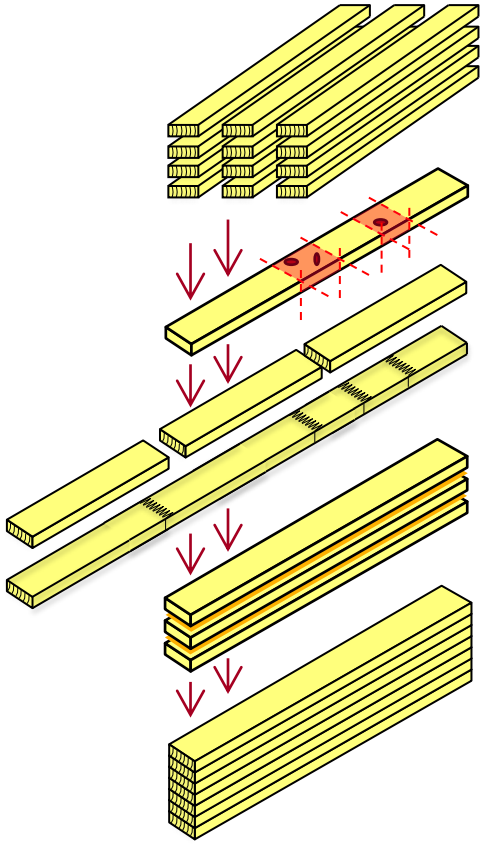


Figura 1: Schema delle fasi di produzione del legno lamellare

Essenzialmente la lavorazione si basa su due componenti fondamentali: i giunti longitudinali incollati per le produzione delle lamelle di lunghezza sufficientemente lunga e l'incollatura di superficie per ottenere un elemento monolitico composto da più strati. L'incollatura deve quindi permettere di ristabilire per quanto possibile la continuità del materiale.
La lavorazione partendo da lamelle sottili permette di ottimizzare la lavorazione in fase di taglio dei tronchi e di essiccatura del legno. Inoltre la scomposizione in lamelle sottili del materiale originale e la possibilità di giuntarle longitudinalmente rendono possibile l'eliminazione delle eventuali e sole parti con caratteristiche troppo deboli, evitando di scartare l'intero tronco e permettendo di sfruttare le parti di materiale più idonee al risultato finale.

1.3 Il legno di latifoglia per la costruzione

L'impiego del legno di latifoglia per la costruzione richiede principalmente di implementare e adattare le tecnologie della produzione sviluppate per il legno di conifera a queste specie legnose. Malgrado diverse specie di latifoglie - il faggio e il frassino essenzialmente - siano da tempo oggetto di interesse per la prodizione di elementi strutturali per la costruzione a cause delle loro caratteristiche meccaniche decisamente migliori del legno di conifera, e malgrado le premesse tecniche di fattibilità siano note agli addetti ai lavori da molto tempo, è soltanto negli ultimi dieci anni che anche l'industria e il mercato hanno iniziato a occuparsi seriamente di questo materiale, che oggi è finalmente una realtà a disposizione dei progettisti e dei costruttori.
Anche in questo contesto la Svizzera ha fatto da apripista e alcuni produttori di legno lamellare offrono la produzione di travi di faggio o di frassino per l'uso strutturale. In tempi molto recenti anche la grossa industria europea del legno si è mossa e produce elementi per la costruzione di legno di faggio.

1.4 Il legno di latifoglia in Ticino

In Canton Ticino la produzione di legno di latifoglie è essenzialmente data dal castagno, che come detto sopra è abbondantemente presente nelle foreste. Lo sviluppo di un materiale nuovo per la costruzione che ne permetta lo sfruttamento e la valorizzazione si inserisce quindi non soltanto nella ricerca di nuovi prodotti e nuovo valore aggiunto nella filiera del legno ticinese, ma va anche a completare l'evoluzione a livello nazionale verso una migliore valorizzazione della materia prima legno con particolare attenzione al legno di latifoglia, la cui disponibilità nelle ultime decine di anni non ha fatto che aumentare.

2 Il legno di castagno ticinese

2.1 Disponibilità e qualità

Data per scontata la quantità importante di legno di castagno prodotto dai boschi ticinesi, la premessa essenziale per il suo sfruttamento a livello industriale risiede nella sufficiente capacità produttiva effettiva e nella qualità del materiale disponibile.
Il primo studio sulla disponibilità e sulla qualità del materiale grezzo disponibile è stato realizzato da federlegno.ch e prevedeva la produzione di legno di castagno sotto forma di travi, travetti, tavole e lamelle, in modo da poter valutare in modo oggettivo la possibilità di avere a disposizione materiale grezzo adatto alla successiva lavorazione in quantità e in condizioni - anche economiche - che permettessero di intraprendere i passi successivi.

Figura 2: La materia prima del castagno ticinese

In particolar modo si trattava di valutare la qualità effettiva del materiale ricavato dal taglio dei tronchi ticinesi. È infatti noto che i boschi di castagno ticinese sono stati sfruttati e gestiti nel passato soprattutto per la produzione di castagne per scopi alimentari, e non per la produzione di legname di qualità. Sono inoltre note agli addetti ai lavori alcune particolarità decisamente poco interessanti del legno di castagno indigeno, come per esempio la tendenza alla cipollatura o la difficoltà a produrre in segheria elementi di dimensioni e lunghezza importante di qualità elevata. E probabilmente non è sbagliato affermare che la regione ticinese è una regione di montagna dove per definizione la produzione di legname di elevata qualità tecnica, con tonchi di dimensioni omogenee e pochi nodi, non rappresenta la regola.

Questo studio ha permesso di constatare e dimostrare che la produzione di legname di castagno ticinese quale materia prima per una lavorazione ulteriore è possibile. Il materiale prodotto presenta caratteristiche qualitative accettabili in quantitativi altrettanto accettabili. Si è potuto constatare e verificare la disponibilità dei produttori, cioè essenzialmente del bosco ticinese e di chi lo gestisce, a produrre e mettere a disposizione del mercato la materia prima necessaria in quantitativi sufficienti.
Lo studio ha pure permesso di descrivere i limiti del materiale disponibile e di confermare che la produzione di travi di legno di castagno massiccio per la costruzione si sarebbe rivelata come decisamente dispendiosa e poco efficace. La qualità del materiale disponibile rende infatti difficile e quindi poco interessante la produzione di sezioni di dimensioni importanti in lunghezza sufficiente che possano soddisfare i requisiti di qualità necessari all'impiego strutturale. La valorizzazione industriale del castagno quale materiale per la costruzione deve quindi passare dalla produzione di legno incollato.

2.2 La tecnologia di produzione

Chiarita la disponibilità del materiale e la possibilità di alcune segherie locali a tagliare i tronchi e a produrne elementi di sezione adatta allo scopo, occorre disporre della tecnologia di produzione degli elementi incollati.
Come altrove è stato fatto per altre specie legnose di latifoglie, anche in questo caso si è cercato di sfruttare l'esperienza della lavorazione delle conifere, adattandola dove necessario alle nuove esigenze. La presenza in Ticino di uno stabilimento per la produzione di legno lamellare incollato tecnicamente all'avanguardia e dotato di una flessibilità di gestione tecnica e produttiva piuttosto elevata rappresenta una ulteriore premessa favorevole all'evoluzione del progetto.
L'impiego di adesivi poliuretanici è imposto dall'equipaggiamento dello stabilimento di produzione che lavora con questi adesivi il legno di conifera. Occorre verificare la compatibilità di questi adesivi con il legno di castagno e adattare i parametri di lavorazione e di incollatura, fra cui la quantità di adesivo da applicare e i tempi di indurimento sotto pressione da rispettare.
La partecipazione come partner attivo del progetto del fornitore degli adesivi e della tecnologia di applicazione è un aspetto determinante per la riuscita dell'intero progetto. I riscontri ottenuti tanto in laboratorio, quanto su altri impianti di produzione simili sono punti di riferimento preziosi per ottenere un risultato positivo.

3 Il lamellare di castagno

Per valutare e constatare il potenziale tecnico del materiale la filiera del legno ticinese, sotto la guida di federlegno.ch ha lanciato una seconda fase del progetto sull'uso del legno di castagno indigeno. Il progetto di valutazione e definizione della qualità e delle caratteristiche del legno lamellare di castagno ticinese prevedeva la lavorazione di poco più di 30 metri cubi di legname tondo di castagno, scelti in modo da avere una rappresentatività complessiva della qualità disponibile sul territorio ticinese. A partire da questo materiale sono state prodotte lamelle adatte alla produzione di legno lamellare, che dopo il taglio in segheria sono state essiccate in un forno e sottoposte ad una procedura di cernita e classificazione. Una parte del materiale è stato utilizzato per la determinazione delle caratteristiche meccaniche delle lamelle quale materia prima per la produzione di lamellare; una seconda parte del materiale è stata usata per la produzione di giunti longitudinali fra le singole lamelle, che sono poi stati sottoposti a prova di carico a trazione in un laboratorio specializzato per determinarne le caratteristiche di resistenza.

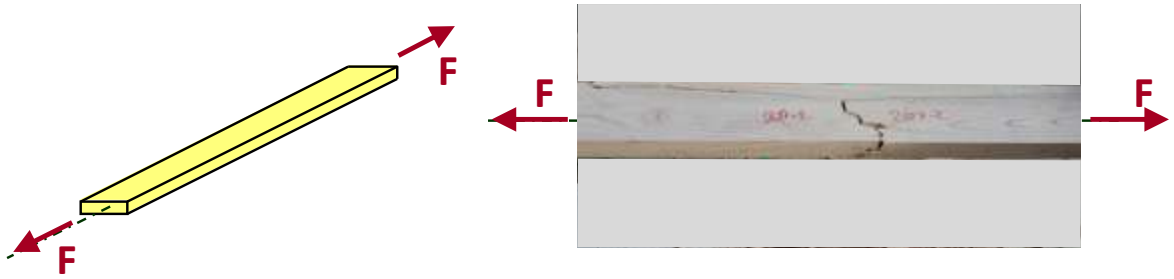


Figura 3: Principio della prova di rottura a trazione e lamella dopo la rottura del materiale

Il materiale restante è stato utilizzato in due fasi per la produzione di legno lamellare incollato. Una prima fase consisteva nella produzione di una serie di travi, sotto la sorveglianza accurata di tutte le fasi di lavorazione. Le travi sono poi state sottoposte a prova di carico per determinarne i valori di resistenza. In una seconda fase si è proceduto alla produzione di travi secondo il principio del funzionamento a regime normale dello stabilimento di produzione, tenendo conto delle indicazioni risultati dal lavoro svolto in precedenza e delle regole di lavorazione stabilite per il castagno. Le travi di questa seconda fase sono pure state sottoposte a prova di carico fino alla rottura, in modo da avere una conferma di quanto fatto durante la prima fase e di verificare il corretto funzionamento delle varie fasi della lavorazione e della produzione.

3.1 La materia prima

legame tondo di castagno è stato fornito da diverse regione del cantone e tagliato in due segherie attrezzate per la lavorazione del legno di latifoglia. Sono state fornite in tutto 1184 lamelle di legno di castagno con sezione grezza di ca. 175 x 48 mm, con l'intenzione di ottenere una sezione finale, dopo l'essiccatura al 12%, e dopo la piallatura sui quattro lati della lamella uno spessore di almeno 30 mm. Di fatto si è poi proceduto alla produzione di lamellare con lamelle di spessore finale di 39 mm, riducendo i timori iniziali di una grossa deformazione delle singole lamelle durante l'essiccatura e la prima fase della lavorazione.
Le lamelle grezze avevano una lunghezza variabile fra 1.45 m e 4.45 m. Va ricordato che la produzione permette di partire da lamelle la cui lunghezza non superi i 5 m e che sia di almeno 70 cm. Le diverse lunghezze inziali sono definite dalla qualità dei tronchi di partenza, che è stata definita nella prima fase del progetto.
Tutte le lamelle sono state sottoposte all'essiccatura in un forno, fino al grado di essiccazione di 12 +/- 3% (nessun valore oltre il 15%).

3.2 Classificazione e qualità

Le lamelle sono state sottoposte ad una classificazione meccanica, basata sulla misura delle frequenze proprie del materiale. Sulla base dei dati in possesso del fornitore dell'equipaggiamento - di solito usato per altre specie legnose - è stata stilata una graduatoria di classificazione, in modo da valutare la possibilità di fare una cernita del materiale e impiegarlo per ottenere un prodotto finito con classi di resistenza diverse.
Le prove di carico e la determinazione delle caratteristiche meccaniche in funzione dei risultati della classificazione hanno chiaramente mostrato che per ottenere una classificazione secondo la resistenza del legno di castagno i criteri e le procedure di cernita di questo tipo devono essere ancora definiti e calibrati nel dettaglio. Di fatto la procedura di cernita e classificazione, benché basata su criteri meccanici e ripetibili, non ha permesso di ottenere un risultato soddisfacente nella definizione di materiale di classe migliore o più elevata. Si è invece potuto eliminare con

successo le tavole con le caratteristiche peggiori o palesemente poco adatte allo scopo della produzione di elementi strutturali.
Deve essere notato e sottolineato, che questo tipo di risultato si ottiene senza problemi anche con una più semplice classificazione manuale e visiva del materiale, dove essenzialmente vengono scartate tutte le tavole, o le parti di tavola, con difetti troppo evidenti o troppo grandi.
Una serie di regole per la cernita preliminare delle lamelle sono stati definiti, in modo da ammettere sulla linea di produzione soltanto le lamelle con un grado di qualità minima garantito.
In fase di produzione la valutazione sulla necessità di eliminare alcune parti di una tavola, introducendo un giunto longitudinale supplementare ed eliminando un nodo troppo appariscente, o un altro difetto locale e macroscopico del legno, è lasciata al personale di servizio che per semplicità applica i medesimi criteri validi anche per il legno di conifera.
In relazione alle particolarità del legno di castagno è utile notare come la cipollatura (la tendenza a separarsi del materiale in concomitanza degli anelli di crescita, tipica del legno di castagno ticinese) sia stata considerata come una caratteristica del materiale non discriminante a priori e trattata per principio alla stessa maniera di altre forme di fessure. Il materiale contente tracce di cipollatura è stato scartato soltanto laddove la cipollatura mette in discussione la continuità del materiale (interruzione della sezione) o diventa un impedimento alla lavorazione; effetti locali di cipollatura sono stati accettati per le fasi di lavorazione ulteriore, in quanto non pregiudicano la continuità della fibratura del legno.
Le caratteristiche meccaniche delle lamelle mostrano un valore caratteristico della resistenza a trazione $f_{t,0,l,k}$ di 14.5 N/mm^2 su tutto il campione. Considerando l'eliminazione in fase di produzione dei nodi più grandi questo valore sale fino a oltre 18 N/mm^2. Il valore del modulo di elasticità medio misurato su tutte le prove corrisponde a $E_{t,l,0,mean}$ = 13430 N/mm^2.
Questi valori sono superiori ai requisiti minimi delle lamelle per la produzione di legno lamellare incollato della classe di resistenza più comunemente utilizzata GL24h e premettono quindi la produzione di un legno lamellare incollato con caratteristiche almeno equivalenti a quelle della classe GL24h.

3.3 Giunti a pettine incollati

I giunti a pettine incollati sono stati realizzati sulla linea di produzione durante la produzione delle travi di legno lamellare incollato e sottoposti a prova di rottura a trazione. I valori di resistenza ottenuti mostrano, come previsto, una dispersione piuttosto elevata. I valori caratteristici della resistenza a trazione variano per i diversi gruppi di elementi sottoposti a prova fra $f_{t,j,k}$ = 19.9 N/mm^2 e $f_{t,j,k}$ = 24.1 N/mm^2.

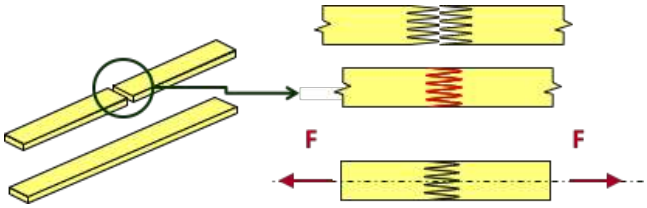


Figura 4: Principio della prova di rottura a trazione del giunto a pettine incollato

Nella globalità delle prove eseguite il valore caratteristico della resistenza dei giunti incollati vale $f_{t,j,k}$ = 20.4 N/mm^2, che è di poco inferiore ai valori limite per la resistenza di questi giunti. Ciò non mette in discussione la correttezza del prodotto finito e delle procedure di produzione applicate, anche perché il risultato finale ottenuto con le travi inflessi corrisponde alla esigenze minime di

resistenza. Si tratta però di un'indicazione importante di quanto sia sensibile e necessario di attenzione questo elemento della produzione. A titolo di informazione si aggiunge che la correttezza dei giunti a pettine incollati delle singole lamelle è l'elemento critiche di ogni tipo di produzione di legno lamellare incollato, in particolar modo quando si produce materiale ad alta resistenza con lamelle classificate nelle classi di resistenza più elevate.

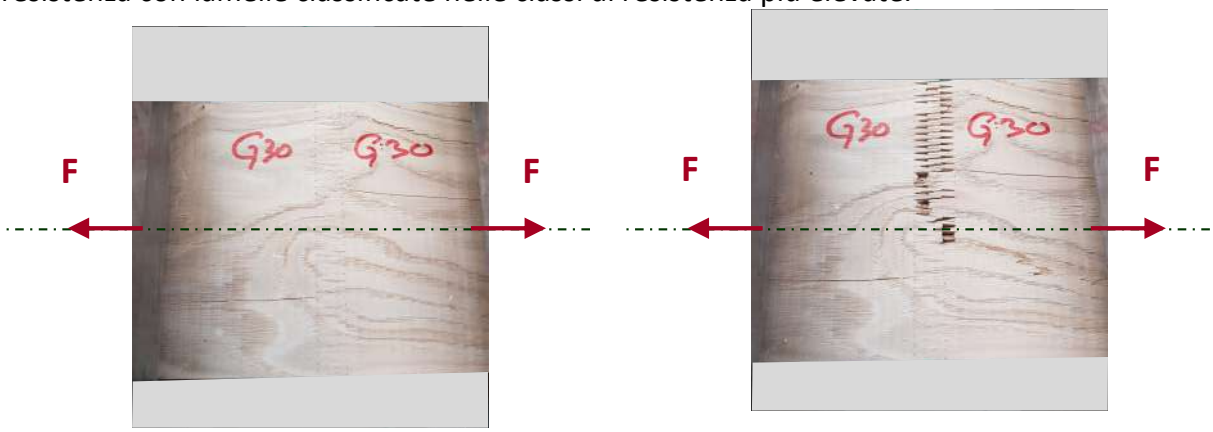


Figura 5: Giunto incollato a pettine prima e dopo la rottura

3.4 Le travi inflesse

Sono state prodotte e sottoposte a prova di carico fino alla rottura 39 travi con sezione 240/150 mm e 6 travi con sezione 460/240 mm. La produzione è avvenuta in due fasi distinte e separate fra loro. Conformemente alle regole per questo tipo di prove con carico fino alla rottura, le prime sono state sottoposte a prova con una luce strutturale di 4.32 m e le travi di sezione maggiore su una luce di ca. 8.50 m.

Figura 6: Trave inflessa equipaggiata di strumenti di misura prima della prova di carico

Sull'insieme delle 45 travi inflesse sottoposte a rottura i valori della resistenza variano da $f_{m,i}$ = 25.8 N/mm^2 fino ad un valore massimo di $f_{m,i}$ = 49.4 N/mm^2. I valori di base per il dimensionamento ricavati da queste prove corrispondono ad un valore caratteristico della resistenza a flessione $f_{m,k}$ = 28.4 N/mm^2 e un valore medio del modulo elastica $E_{0,mean}$ = 11'100 N/mm^2.

Figura 7: Trave inflessa equipaggiata di strumenti di misura dopo la rottura

Questi valori permettono di considerare questo materiale come equivalente al legno lamellare più comunemente usato della classe di resistenza GL24h, caratterizzato da una resistenza caratteristica alla flessione $f_{m,k}$ = 24.0 N/mm^2 e da un valore medio del modulo elastico $E_{0,mean}$ = 11'500 N/mm^2.

3.5 Il prodotto "legno lamellare di castagno ticinese"

La campagna di prove di carico e di misure della resistenza è stata eseguita su un campione rappresentativo della produzione, ma piuttosto limitato tanto nella quantità di materiale usato, quanto nel numero di elementi sottoposti alle prove di carico e di rottura. Si tratta anche in parte della prima produzione in assoluto di questo materiale. E si tratta di un progetto realizzato volutamente in condizioni corrispondenti all'applicazione pratica, fin dalla produzione e dal taglio del materiale grezzo. La cernita del materiale è stata eseguita riducendo al minimo gli scarti in fase di produzione e utilizzando volutamente tutto il materiale disponibile, sulla base dei criteri di lavorazione utilizzati per il legno di conifera.

I risultati ottenuti con questo progetto, di cui qui sopra sono state indicate i valori essenziali, permettono di constatare che con il castagno ticinese possono essere realizzate travi di legno lamellare incollato con caratteristiche quanto meno identiche a quelle del legno lamellare incollato di conifera della classe di resistenza più comune GL24h.

I valori di caratterizzazione del materiale sono in alcuni casi al limite inferiore di quanto è richiesto alla produzione di legno di conifera. L'affinamento della produzione e dei sistemi di controllo e di verifica constante della qualità che una produzione moderna richiede permetteranno di tenere sotto controllo tutti i parametri e di ottenere a regime di produzione la qualità richiesta senza grosse difficoltà.

Questi risultati confermano quanto di fatto già noto sul legno di castagno, e cioè che malgrado la sua appartenenza alla famiglia delle latifoglie e una densità leggermente maggiore del legno di abete - e sempre comunque più piccola di quanto forniscono faggio, frassino e rovere - i valori della resistenza e della rigidezza sono del tutto simili a quanto si ottiene con il legno di conifera.

Da ultimo si osserva come la eventuale produzione di materiale con classi di resistenza più elevate richiederebbe la messa a punto di procedure di cernita e classificazione specifiche al legno di castagno, che a tutt'oggi non esistono e che dovrebbero essere correlate da adeguate e ancora da definire misure di garanzia della qualità di tutta la procedura di produzione.

Parte B
Analisi di laboratorio

B 1 Classificazione

Il punto di partenza di questo studio per la produzione e la caratterizzazione del legno lamellare incollato di castagno ticinese è dato dalle tavole di castagno grezze, essiccate in forno e pronte per la lavorazione ulteriore e la produzione di legno lamellare incollato. Con l'obiettivo di procedere ad una classificazione del materiale che ne permettesse la produzione di travi rappresentative dell'intero assortimento disponibile, si è deciso per la classificazione sulla base delle procedure di misura messe a disposizione dall'impresa italiana Microtec, specializzata nella classificazione industriale del legno per la produzione di elementi strutturali. Pur se tali apparecchi sono calibrati e tarati sul legno di conifera, la procedura si adatta all'impiego sperimentale anche sul materiale di castagno. Si è quindi proceduto ad una prima valutazione manuale e visiva del materiale disponibile, in modo da eliminare le tavole che dopo l'essiccatura nel forno palesemente non avevano la qualità minima richiesta per essere ammesse alla procedura di produzione. Le ca. 1200 tavole di legno di castagno sono quindi state sottoposte alla misurazione del modulo elastico dinamico. Il materiale disponibile è stato quindi considerato come rappresentativo della qualità prodotta dai boschi ticinesi.

B 1.1 Principio di misura

La frequenza propria di risonanza acustica della lamella f è misurata per interferometria, in modo da poterne ricavare per calcolo e tramite la velocità di propagazione delle onde v nel legno un valore del modulo elastico specifico e dinamico E_{dyn}. La lunghezza della lamella L e la sua densità ρ sono parametri che sono misurati a parte. Con l'ausilio delle formule seguenti

$$f = \frac{v}{L} = \frac{v}{\lambda}\ [Hz]$$

$$E_{dyn} = \rho * (v)^2\ [MPa]$$

si procede al calcolo e all'attribuzione di un valore per ogni lamella.
Le lamelle con un valore inferiore a 8500 MPa sono state considerate come scarto della procedura di classificazione, e solo in parte recuperate e attribuite alla categoria più debole per la lavorazione ulteriore. Nella maggior parte dei casi ciò è avvenuto tramite l'eliminazione delle parti con i difetti più evidenti e macroscopici. Si è quindi proceduto alla classificazione secondo i valori misurati per ogni tavola, classificandole semplicemente in ordine di qualità crescente, da quella con il valore minore, fino a quella con il valore maggiore misurato. Ciò ha permesso di creare le diverse categorie o classi per le successive tappe di lavorazione e per la produzione delle travi di legno lamellare incollato.

B 1.2 Procedura

L'equipaggiamento completo per la classificazione, composto da un sistema laser mobile ViScan e da un pc, è stato fornito dalla società Microtec. Le lamelle sono state posate su due appoggi muniti di cuscinetti soffici, in modo da permetterne la vibrazione libera e senza interferenze da parte dei cavalletti su cui sono state posate. L'estremità delle tavole è stata posta a ca. 40 cm di distanza dalla lente dell'apparecchio, in modo da permettere una messa a fuoco ottimale.

Le tappe della procedura di misurazione possono essere descritte nel modo seguente:

- Identificazione della lamella (codice della segheria di provenienza, numero di identificazione del progetto, provenienza)
- Misura delle dimensioni della lamella (lunghezza e sezione)
- Misura della massa della lamella
- Determinazione delle densità della lamella
- Identificazione degli eventuali difetti appariscenti a vista (fessure, nodi, presenza di corteccia, etc.)
- Tramite martello, provocazione di un impulso (chock) su un'estremità della lamella, per provocare la vibrazione meccanica del materiale
- Registrazione del risultato della frequenza propria e del modulo elastico dinamico calcolato

B 1.3 Risultati della classificazione

I risultati della campagna di misurazione e classificazione hanno permesso di suddividere le 1200 lamelle disponibli in 6 classi contenenti il medesimo numero di lamelle e indicate con le lettere A, B, C, E, F et G. Le lamelle con un modulo elastico dinamico inferiore a 8500 N/mm^2 sono state scartate e solo in parte recuperate nella classe di qualità peggiore dopo aver eliminato le parti con i difetti più vistosi (spesso molto appariscenti, sotto forma di nodi di ampiezza proibitiva, fessure o cipollature estreme, parti di corteccia e simili). Ogni classe era quindi composta da 198 lamelle, di sezione identica e di lunghezza diversa fra loro. 33 lamelle sono state messe da parte per ulteriori testi di rottura a trazione.

Sulla base delle misure del ViScan, i risultati numerici globali sono i seguenti:

Valore medio	11795	MPa
Deviazione standard	1823	MPa
Valore max	19683	MPa
Valore min	8512	MPa
Frattile 5%	9009	MPa

Tabella B1: Risultati golbali della classificazione (E_{dyn})

Delle 1184 lamelle classificate, 60 presentavano dei difetti macroscopici (fessure, nodi, ecc.). Interessante notare come queste lamelle scartate si trovavano prevalentemente nelle classi A, B ed E. Si nota inoltre come tutte le lamelle presentino delle lievi deviazioni della fibratura rispetto all'asse longitudinale teorico della lamella, e come tutte o buona parte delle lamelle contengano dei piccoli nodi, su cui non ci si sofferma ulteriormente.

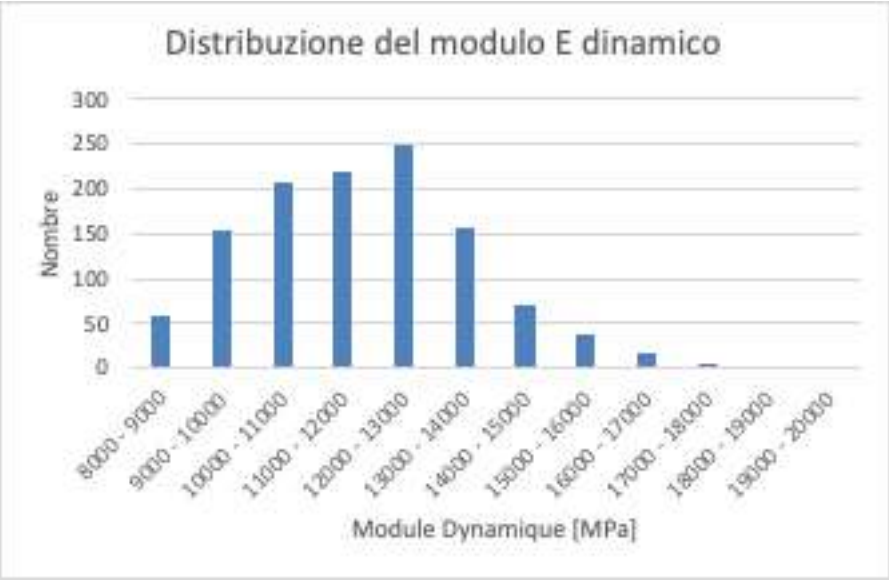


Figura B1: Dostribuzione del modulo elastico dinamico

Una analisi più accurata di queste indicazioni della classificazione permette di constatare che la provenienza del materiale ha un effetto sulla qualità dello stesso, e quindi sui risultati della produzione, quanto meno in termini di resa del materiale grezzo.

B 2 Giunti longitudinali incollati a pettine

Sono state realizzate due serie di giunti incollati, longitudinali, a pettine. La prima è servita da base per analizzare e definire la corretta realizzazione dei giunti, e per determinare i parametri di lavorazione ottimali. In questa prima analisi sono stati realizzati 116 giunti. La quantità di adesivo impiegata è rimasta sempre identica, e corrisponde alle prescrizioni del fornitore dell'adesivo, che ha accompagnato tutta la procedura, verificando la corretta esecuzione del lavoro, la correttezza dei parametri di lavoro e la correttezza dell'adesivo impiegato. È stata invece variata la forza di chiusura del giunto in fase di produzione, con i parametri seguenti.:

- Parametro 1: 80 kg/cm^2
- Parametro 2: 85 kg/cm^2
- Parametro 3: 90 kg/cm^2
- Parametro 4: 95 kg/cm^2

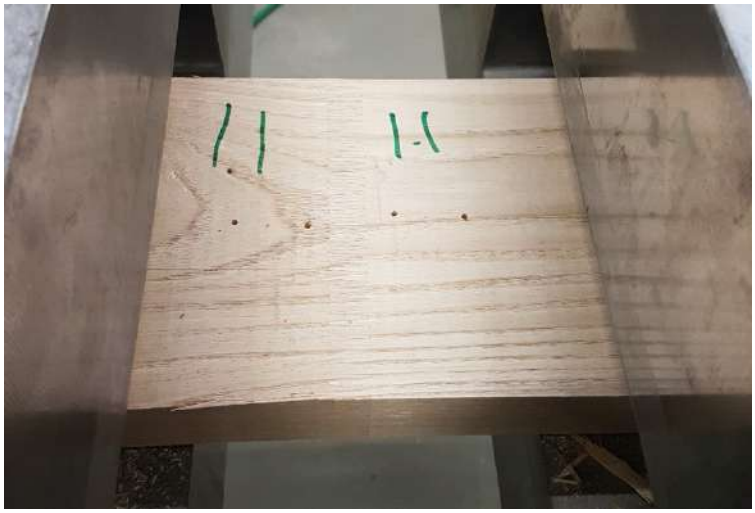


Figura B2: Giunto incollato a pettine

La seconda serie di giunti incollati a pettine è stata realizzata con un unico parametro di chiusura dei giunti, di 100 kg/cm^2. I campioni di per le prove di carico sono stati realizzati otto forma di lamelle di 5 m di lunghezza, contenenti 4 giunti incollati, e piallate dopo la produzione a una sezione netta di 39 x 150 mm. I giunti difettosi per ragioni tecniche, dovute alla procedura controllata di esecuzione che si è dovuto eseguire per poter vararne i parametri, sono stati protocollati come tali e dove necessario eliminati dalla valutazione successiva.

B 2.1 Prova di carico

Le prove sono state eseguite su una macchina di prova standard per le prove di trazione sulle lamelle di legno strutturale del tipo Zum Wald GEZU con capacità totale di forza di trazione di 850 kN e un allungamento massimo durante la prova di 130 mm. La macchina è equipaggiata di un sensore di spostamento e di due celle di misura della forza, montate direttamente sui martinetti idraulici che provocano le forze di carico a trazione delle lamelle. Le pinze di serraggio per l'introduzione delle forze sono di tipo speciale a gestione idraulica, per ottenere la sollecitazione a trazione della lamella, senza effetti collaterali di rottura della lamella nella zona delle pinze.

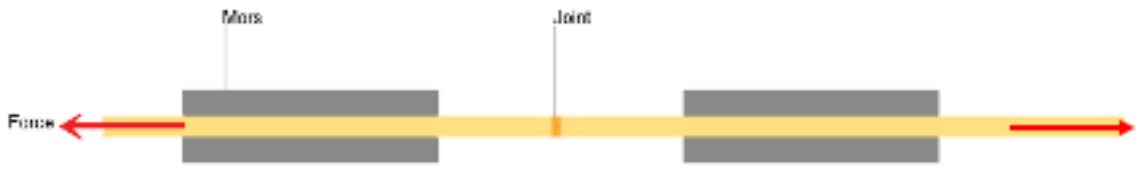


Figura B3: Schema di principio della sollecitazione della lamella e del giunto

La sollecitazione di trazione è provocata per aumento graduale e lineare nel tempo della forza applicata alle estremità della lamella, e quindi tramite un aumento graduale e costante delle tensione di trazione nella sezione della lamelle e segnatamente nel giunto incollato a pettine.

B 2.2 Carico e misure della forza e della sollecitazione

Il principio della sollecitazione e i dettagli della procedura di carico sono adattati e conformi alla norma di riferimento EN 408. Dopo alcuni test di configurazione della macchina di prova, il protocollo di carico e di prova di carico è stato definito nel modo seguente:

- La lamella contenente i giunti incollati è inserita nella macchina in modo da avere nella zona di carico un solo giunto e in posizione centrale della parte sollecitata fra le pinze di serraggio; le pinze di serraggio sono quindi chiuse fino a creare sul legno una pressione di 6 MPa
- Un carico iniziale di trazione di 10 kN è applicato sulla lamella e mantenuto costante per 100 s, in modo da permettere la regolazione e la stabilizzazione del sistema idraulico
- Il processo della prova di carico è lanciato sulla macchina con l'aumento della forza di trazione sulla lamella, in modo da ottenere la rottura della lamella a trazione entro 300 +/- 12o secondi (il programam usato prevede una forza di 500 kN in 600 s)
- La rottura è identificata in modo automatico non appena i sensori determinano una riduzione improvvisa della forza di almeno 99 kN.

Queste prove mirano soltanto alla determinazione di una forza di rottura del giunto, e non necessitano di ulteriori misure di allungamenti e deformazioni.

B 2.3 Elaborazione dei dati delle prove

Il trattamento e l'analisi dei dati grezzi per le prove di rottura dei giunti a pettine incollai si limita all'individuazione della forza di trazione massima alla rottura del giunto F_{max} e alla sua trasformazione in una tensione di rottura σ_{max} tramite la semplice formula:

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A} \; [MPa]$$

Dove A rappresenta la sezione della lamella di legno.

B 2.4 Risultati

La prima serie di giunti è stata realizzata su lamelle di tutte e sei le classi (A, B, C, E, F e G). Le classi sono state mescolate nell'intento di precedere alla calibratura della procedura sulla base di dati che non fossero falsati da una qualità particolare delle lamelle usate.

B 2.4.1 Prima serie di calibrazione della procedura

Le 116 prove di rottura a trazione dei giunti hanno fornito i risultati seguenti:

Geometria dei giunti		
Larghezza	150.0	mm
Altezza	38.0	mm
Sezione	5700.0	mm^2
Valore medio della resistenza	27.3	MPa
Frattile 5%	13.7	MPa

Tabella B2: Geoemtria delle lamelle della prima serie di prove sui giunti

	Frattile 5% [MPa]	Valore medio della resistenza [MPa]	Scarto tipo [MPa]
Parametro 1	13.0	22.5	6.5
Parametro 2	15.8	22.7	5.5
Parametro 3	16.9	29.6	7.7
Parametro 4	18.8	35.2	9.6

Tabella B3: Risultati delle prove di trazione sui giunti

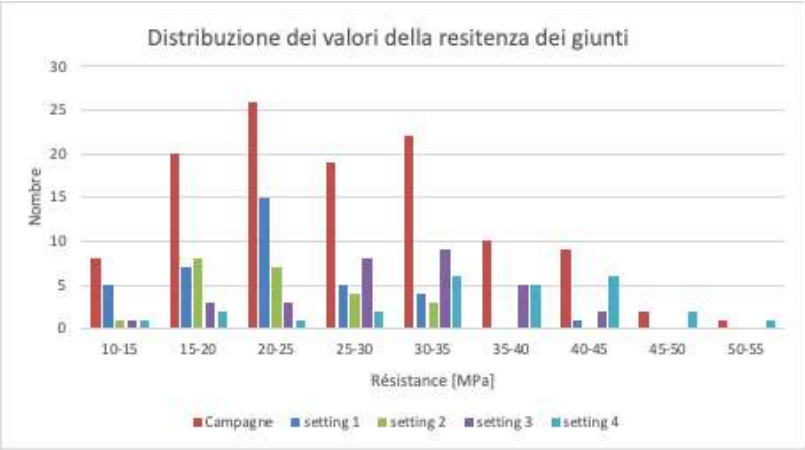


Figura B4: Risultati delle prove di rottura dei giunti incollati della prima serie

B 2.4.2 Seconda serie - resistenza a trazione dei giunti

I risultati delle prove di resistenza a trazione dei giunti incollati prodotti secondo le procedure identificate per la produzione industriale sono riassunti nelle tabelle seguenti per le diverse classi di resistenza analizzate e in modo indipendente dalla prima serie.

	B	C	F	G	BC	CF	FG	BCFG
Valore medio [MPa]	27.9	30.8	32.2	35.9	29.4	31.5	34.1	31.7
Deviazione standard [MPa]	9.7	10.1	10.3	7.6	9.9	10.2	9.2	9.8

Tabella B4: Risultati delle prove rottura a trazione - valori della tensione di rottura del giunto indicativi cunmulati con gli elemetni corrispondenti della prima serie a titolo informativo

	B	C	F	G	BC	CF	FG	BCFG
Minimo [MPa]	15.2	19.6	15.8	12.5	15.2	15.8	12.5	12.5
Massimo [MPa]	48.4	47.5	52.2	52.2	48.4	52.2	52.2	52.2
Moyenne joint [MPa]	30.9	32.5	33.5	35.8	31.8	33.0	34.7	33.4
Deviazione standard [MPa]	8.4	7.7	9.8	7.6	8.0	8.8	8.8	8.5
Mediano [MPa]	29.7	32.8	32.4	37.1	31.7	32.4	34.5	33.3
Frattile 5% [MPa]	19.9	20.2	19.5	24.1	19.7	20.0	20.6	20.1

Tabella B5: Risultati delle prove rottura a trazione - valori della tensione di rottura del giunto ordinati per classi

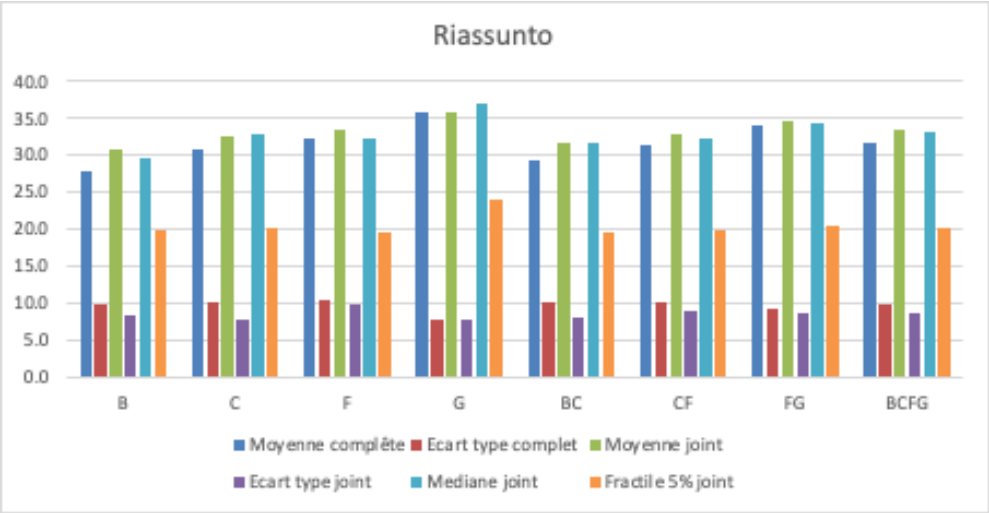


Figura B5: Riassunto completo dei risultati delle prove di rottura sui giunti incollati

B 2.5 Osservazioni sui risultati

Durante la prima serie di prove sono stati considerati tutti i risultati di rottura ottenuti, che in parte potevano essere ricondotti alla presenza di difetti del legno nella zona delle prove, o alle non ottimali condizioni di produzione. La prima serie mirava infatti soltanto a definire le condizioni di parametrizzazione della lavorazione per ottenere un giunto incollato a pettine ottimale. La seconda serie è stata analizzata considerando solo i valori effettivi di rottura dei giunti incollati a pettine, eliminando quindi i valori ottenuti da giunti non eseguiti in condizioni non ottimali. Questo giustifica i valori di rottura più grandi della seconda serie, che sono anche i soli rappresentativi della effettiva prestazione dei giunti a pettine incollati delle lamelle.

Si nota inoltre già a questo stadio il debole effetto delle diversi classi di qualità del materiale sui valori della resistenza del materiale.

B 3 Lamelle campione per le prove di carico

B 3.1 Osservazioni sui risultati

Le lamelle per le prove di rottura a trazione hanno una sezione di 150/40 mm^2. Sono state portate a rottura 198 lamelle di lunghezza diversa fra loro. La zona di carico per la determinazione delle caratteristiche meccaniche a trazione è definita nella norma EN 408 come di 9 volta la larghezza della sezione di 150 mm; a questa lunghezza si aggiunge la lunghezza delle pinze di serraggio alle due estremità della lamella e si ottiene la lunghezza minima delle lamelle per la prova di carico di 2350 mm. Le lamelle che non rispettavano questa lunghezza minima sono state testate mantenendo la lunghezza sollecitata prevista e riducendo la lunghezza di ancoraggio nelle pinze di serraggio. Le lamelle di lunghezza maggiore hanno talvolta permesso di eseguire due prove di carico in zone diverse e non influenzate l'una dall'altra. Questo spiega e giustifica il numero complessivo di risultati - 249 - superiore al numero di lamelle disponibili - 198: alcune lamelle avevano infatti lunghezza superiore ai 4.50 m.

B 3.2 Prova di carico a trazione

L'equipaggiamento utilizzato è il medesimo già descritto per le prove di carico sui giunti incollati. Sono stati aggiunti alla procedura di carico due sensori di misura delle deformazioni, in modo da

determinare l'allungamento delle lamelle sotto l'azione della forza di trazione e determinarne la rigidezza. Sono stati utilizzati due sensori del tipo Sony DG50BP con un'estensione di misura di 50 mm e una precisione dell'ordine di 1 micron.

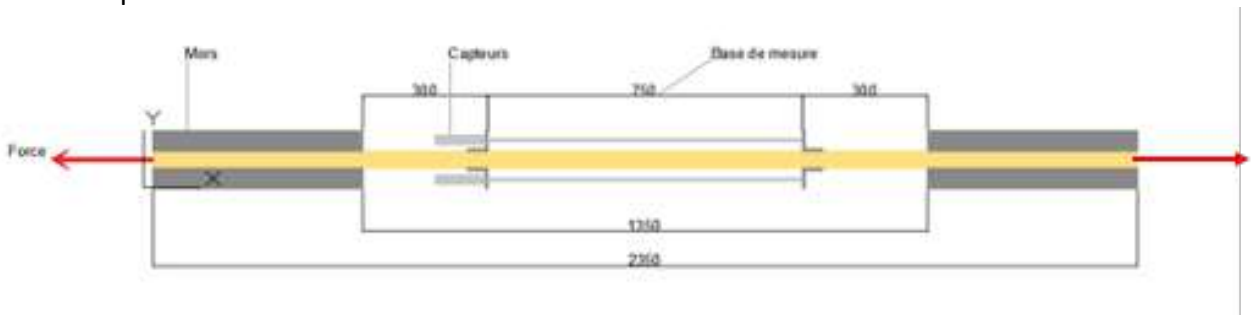


Figura B6: Rappresetazione schematica della prova di carico a trazione delle lamelle

La messa sotto carico della lamella avviene applicando una forza di trazione alle estremità, che è aumentata tramite controllo elettronico del sistema idraulico a velocità costante.

B 3.3 Procedura e misure

Il principio di applicazione della forza di trazione e i dettagli della procedura sono conformi alle indicazioni della norma EN 408. La lamella è inserita nella macchina e le pinze di serraggio sono chiuse con una pressione di 6 MPa:

- Installazione dei sensori per la misura degli allungamenti su una lunghezza di 750 mm
- Carico iniziale di 10 kN
- Aumento del carico su 60 secondi a0.0675 mm/s
- Riduzione del carico a 10 kN
- Smontaggio dei sensori di deformazione
- Aumento del carico fino alla rottura a trazione in 300 +/- 120 secondi.

L'equipaggiamenti di carico permette il controllo tramite la velocità di deformazione. Le velocità di carico sono state adattate alle dimensioni delle sezioni delle lamelle.

B 3.4 Analisi dei risultati

L'analisi dei risultati prevede l'analisi della prima fase di carico con la misura delle deformazioni e la determinazione della rigidezza della sezione e del modulo elastico della singola lamella, mentre per la seconda fase della prova si determina la resistenza a trazione della singola lamella sulla base della forza di trazione massima raggiunta al collasso per rottura del materiale.

Figura B7: Esempio del protocollo di una prova di carico a trazione

Durante la prima fase di carico, i sensori montati sulla lamella misurano le deformazioni di allungamento della lamella su una lunghezza di riferimento di 750 mm. La legge di Hooke definisce il modulo elastico (modulo di Young) come il rapporto fra la tensione σ e l'allungamento ε:

$$\frac{\sigma}{\varepsilon} = E\ [MPa]$$

$$\varepsilon = \frac{d}{a}\ [-]$$

$$\sigma = \frac{F}{A}\ [MPa]$$

dove l'allungamento è indicato con *d*, la forza applicata con *F* , e con *A* sezione della lamella. È stato così determinato il modulo elastico E di tutte le lamelle.

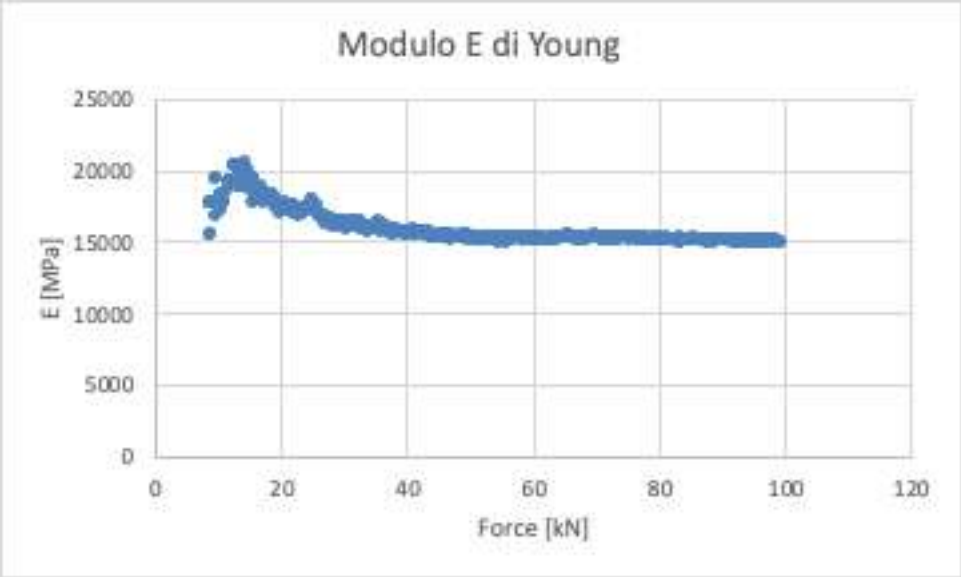


Figura B8: Valore del modulo E di Young in funzione della forza applicata

Il modulo elastico E è dapprima rappresentato in relazione alla forza applicata, quindi è determinato come il valore medio della parte costante della medesima curva.
La seconda fase della prova fornisce il valore massimo della forza al momento della rottura a trazione della lamella. Sulla base di questo valore di determina il valore di rottura della tensione di trazione nella sezione della lamella, come già indicato più sopra:

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A} \; [MPa]$$

B 3.5 Risultati

I risultati di questa parte delle prove eseguite comprendono i valori del modulo elastico determinato in laboratorio, il suo confronto con il valore dinamico determinato in fase di classificazione tramite l'equipaggiamento ViScan. Sono completati dalla forza massima ottenuta al momento della rottura a trazione e dal valore della resistenza che ne risulta. Per ogni prova di carico è stata eseguita una o più fotografie della rottura ottenuta, che sono state allegate ai verbali di prova, in cui sono annotate anche la geometria della rottura ottenuta e eventuali osservazioni particolari. Alcune lamelle non hanno potuto essere considerate nell'analisi dei risultati per ragioni tecniche diverse (dati non completi, prova difettosa per ragione non dipendenti dalle lamelle e dalla loro qualità). Allo stesso modo sono state eliminate dalla statistica le lamelle con valori di rottura riconducibili a difetti evidenti del materiale che sono eleminati durante la lavorazione in fase di produzione (per esempio con l'eliminazione sistematica dei nodi troppo grandi in fase di giunzione longitudinale delle lamelle, o con la valutazione visiva delle lamelle durante la prima fase della produzione).

Risultati effettivi	Numero di prove	Resistenza media [MPa]	Effetto della correzione [%]	Deviazione standard [MPa]	Effetto della correzione [%]	Valore di E dinamico [MPa]	Valore di E statico [MPa]	Effetto della correzione [%]
A	30	34.1	1.1438	12.2	0.8836	9322.9	12100.0	1.0474
B	31	33.2	1.1006	11.6	0.9109	10443.3	11927.2	1.0092
C	38	33.6	1.0147	14.0	0.9908	11369.9	13186.1	1.0092
E	36	33.6	1.0308	10.5	0.9467	12175.0	14771.7	1.0131
F	34	36.6	1.0174	13.7	0.9790	13037.3	14096.3	1.0042
G	41	34.8	1.0222	11.8	1.9811	14608.0	15425.5	1.0032

Valori caratteristici	Frattile 5%	18.7	1.4284				8899.7	1.0205
	Media	34.3	1.0521					

Tabella B6: Risultati delle prove di resistenza a trazione

B 3.6 Osservazione sui risultati

I valori di resistenza a trazione delle diverse lamelle non presentano differenze importanti in funzione della classe di resistenza. L'unica differenza riscontrabile è data dai valori del modulo elastico E, che presenta valori maggiori per le classi di qualità superiore.

B 3.7 Analisi dei modi di rottura e indicazioni di qualità per la produzione

B 3.7.1 Metodo di analisi

L'analisi dei risultati delle prove di resistenza delle lamelle mostra come la classificazione usata per definire le diverse classi di qualità del materiale non sia in grado di ottenere un risultato riscontrabile nei valori della resistenza. La classificazione eseguita trova un leggero riscontro soltanto nei valori del modulo elastico. Ciò non sorprende particolarmente, in quanto la classificazione è stata basata una procedura di misura del modulo elastico e non sulla ricerca dei punti deboli del materiale.

I risultati hanno però anche permesso di evidenziare come alcuni difetti del materiale piuttosto evidenti e facilmente riconoscibili anche a occhio nudo possano non essere reperiti dalle misure di frequenza propria eseguite durante la procedura di classificazione. Per poter ovviare a ciò e per poter definire dei criteri di cernita del materiale per la lavorazione ulteriore, si è quindi proceduto ad una ulteriore analisi di tutti i risultati ottenuti determinando per ogni lamella portata a rottura le cause della rottura e la possibilità di eliminarla in fase di cernita del materiale e eliminazione delle zone difettose al momento della valutazione visiva del materiale all'inizio della lavorazione, cioè al momento di togliere e eliminare le zona difettose immediatamente prima dell'esecuzione dei giunti a pettine.

Si è proceduto nel modo seguente

- Analisi di tutte le immagini di rottura delle lamelle, con la definizione e descrizione dei possibili criteri applicabile per riconoscerle in anticipo
- Definizione dei tipi di rottura constatata (1 nodi, 2 anelli di crescita, 3 deviazione delle fibre, 4 sullo spessore: angolo fra le fibre e lo spigolo della lamella)
- Attenzione particolare a tutti i risultati al di sotto dei valori minimi ottenuti per i giunti a pettine incollati.

B 3.7.2 Risultati

Delle 43 lamelle identificate come problematiche a livello di classificazione solo 8 sono risultate non riconducibili a difetti importanti del materiale. Nella maggior parte di casi la causa della rottura può essere ricondotta alla presenza di un noto di dimensioni fra 1/6 e 2/3 della sezione - cioè di diametro fra 25 e 100 mm per una dimensione delle lamelle in larghezza di 150 mm. Oltre alla presenza dei nodi, si constata come le forti irregolarità della fibratura siano - dove riconoscibili - anche un possibile criterio di criticità per la qualità del materiale.

B 3.7.3 Conclusioni

L'eliminazione di tutti i nodi che superano 1/6 della dimensione delle tavole (25 mm di diametro del nodo per le lamelle analizzate di 150 mm di larghezza) deve essere ritenuta come criterio per la prima fase della lavorazione, eliminando così i nodi e inserendo un giunto a pettine incollato. La zona da eliminare deve prolungarsi per almeno una volta la larghezza delle lamelle oltre ai nodi in questione.

Oltre a ciò, devono essere eliminate le zone con anelli di crescita irregolari in modo importante per forma, colore e dimensione, come pure le zone che presentano una deviazione abnorme ed evidente della fibratura.

B 4 Travi inflesse con luce di 4.50 m

B 4.1 Elementi di prova

Sono state realizzate e sottoposte a prova di carico fino alla rottura 21 travi realizzate con il materiale delle classi definite durante la prima fase di questo progetto. Le regole di valutazione del materiale indicate al capitolo precedente sono state applicate durante la fase di produzione. Si può quindi affermare che le caratteristiche delle lamelle impiegate per la produzione corrispondono a quanto indicato nel capitolo precedente.

B 4.2 Prova di carico

Le prove sono state eseguite secondo le indicazioni della norma EN 408, che sono riassunte nella tabella seguente.

	Criteri	**Trave 5 [m] / h 235 mm, b = 150 mm**
Distanza gli appoggi	18 h +/- 3 h	4230 mm
Posizione delle forze / dei martinetti idraulici	6 h +/- 1.5 h	1410 mm
Sensori per la deformazione a taglio	3 h (al centro delle parti delle estremità della trave)	705 mm
Lunghezza per determinazione di E	5 h	1000 mm

Tabella B7: Geometria della prova di carico secondo EN 408

I carichi sono applicati secondo lo schema della trave a flessione su 4 punti a distanza regolare (2 punti di appoggio alle stremità e 2 carichi disposti a distanza di un terzo della luce strutturale dagli appoggi), come indicato nello schema seguente.

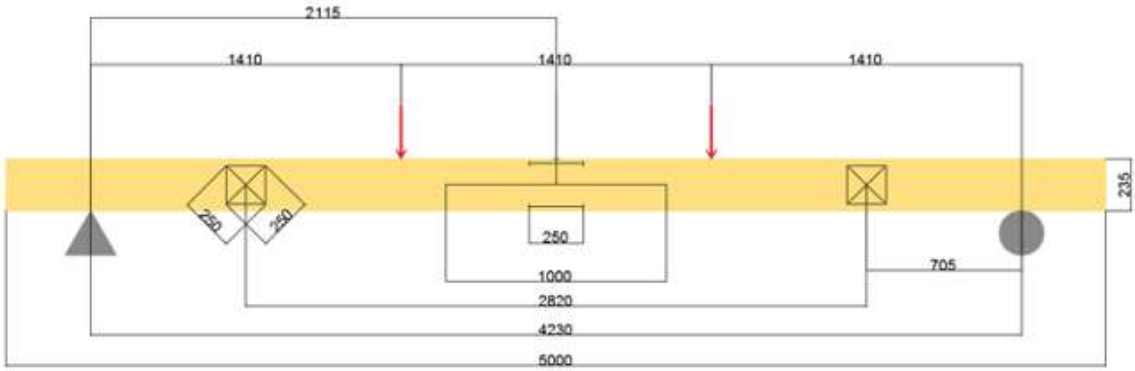


Figura B9: Schema statico della trave per la prova di carico

Il carico applicato alla trave tramite martinetti idraulici provoca gli sforzi interni rappresentati nella figura seguente, con una zona di momento flettente costante nel terzo centrale della trave.

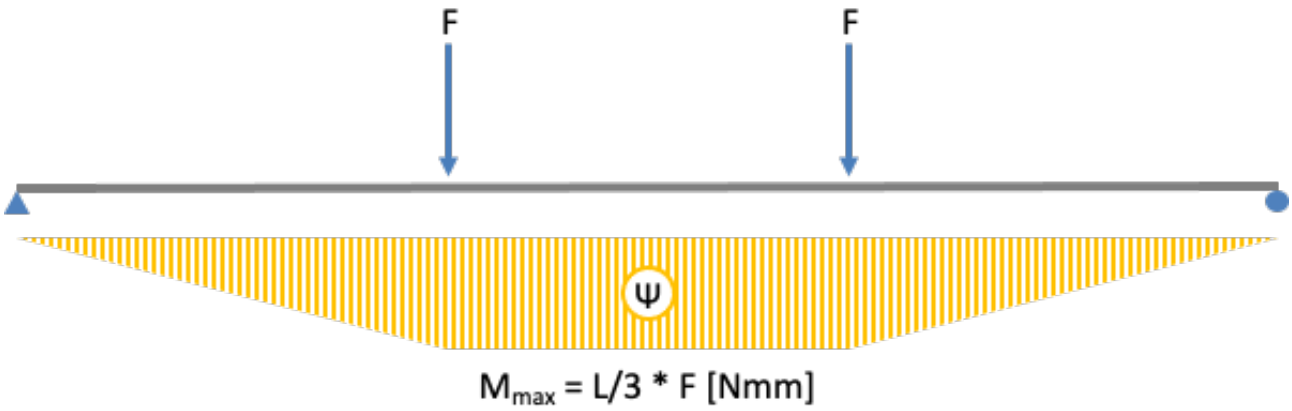


Figura B10: Momento flettente nella trave sotto carico

Il carico applicato alla trave tramite martinetti idraulici provoca gli sforzi interni rappresentati nella figura seguente, con una zona di forza di taglio costante nelle due parti esterne della trave, fra le forze applicate e gli appoggi. costante nel terzo centrale della trave

Figura B11: Sforzo interno di taglio nella trave sotto carico

B 4.3 Applicazione delle forze acquisizione dei dati di misura

La prova di carico avviene in un telaio di carico a geometria variabile, adattato alle dimensioni delle travi da sottoporre a prova di carico e gestito da un sistema di controllo e di gestione digitale.

B 4.3.1 Banco di prova

Il banco di prova è formato da due telai di acciaio rigidi e incastrati alla soletta del pavimento; fra i telai sono poste della traverse di acciaio che fungono da sostegno per i martinetti di carico.

B 4.3.2 Sistema di comando idraulico

Il sistema di messa sotto carico delle prove è di tipo idraulico controllato e gestito in modo digitale tramite un pc dedicato.
Le forze sono generata da martinetti idraulici con capacità fino a 300 kN.

B 4.3.2 Acquisizione dei dati

Il sistema di misura e di acquisizione dei relativi dati di misura è gestito da una centrale digitale che raccoglie e gestisce tutti i segnali forniti dai sensori di forze, spostamenti e deformazioni applicati alla trave messa sotto carico. La gestione della centrale avviene tramite pc e software dedicato. I dati raccolti sono sistematicamente archiviati e resi disponibili per la successiva analisi sotto forma di dati grezzi e senza alcuna modifica. La formattazione dei dati avviene in una fase seguente.

Misura di spostamento di comando della prova:
Un sensore di spostamento lineare accoppiato a une dei martinetti idraulici funge da sistema di pilotaggio della prova di carico.

Sensori per la misura delle forze:
I martinetti idraulici sono direttamente collegati con un sensore di misura della forza applicata. I segnali sono inviati direttamente alla centrale digitale.

Deformazioni della trave
Nella zona centrale della trave sono applicati dei sensori di spostamento per determinare la curvatura effettiva della trave e determinare quindi in modo piuttosto diretto il modulo elastico della trave stessa. La misura viene effettuate su entrambi i lati, in modo da poter eliminare gli effetti dovuti alla eventuale non simmetria della trave o a lievi effetti di torsione che potrebbero manifestarsi a causa delle imprecisioni e irregolarità del materiale. Questi sensori determinano la curvatura della trave su una lunghezza di 1000 mm, e sono equipaggiati con sensori che permettono di misurare uno spostamento fino a 2 mm con una precisone di +/- 0.001 mm. I sensori sono regolarmente calibrati.

Misure ulteriori di deformazione
Le misure eseguite sulla trave sono completate da una serie di punti di misura degli allungamenti e accorciamenti della trave in prossimità dei suoi bordi superiore e inferiore.
Inoltre sulle parti esterne della trave, e su entrambi i lati, sono applicati dei sensori di misura della deformazione che permettono di determinare la deformazione a taglio della trave e quindi di risalire al modulo di taglio G del materiale.

Deformazioni globali della trave
La deformazione complessiva della trave è determinata con ulteriori 3 punti di misura con riferimento all'esterno della trave.

B 4.3 Procedura della prova di carico
Il protocollo di carico è definito sulla base di una prima valutazione delle forze di rottura probabili e delle deformazioni previste della trave, e può essere riassunto nel modo seguente:

- Preparazione e posizionamento di tutti i sensori
- Messa a zero di tutti i segnali, misura di riferimento
- Carico iniziale sui martinetti idraulici di 2 kN
- Riferimento di deformazione iniziale del sistema di controllo
- Carico fino al 40% del valore del carico di rottura F_{max} previsto a una velocità di 0.2 mm/s dell'avanzamento dei martinetti idraulici
- Mantenimento della forza costante per 30 s
- Riduzione del carico fino al carico iniziale
- Mantenimento di questo carico per tutto il tempo necessario a smontare tutti gli strumenti di misura, ad eccezione di quelli esterni alla trave sotto carico
- Aumento del carico fino alla rottura.

B 4.4 Analisi dei dati misurati

La prova di carico della trave inflessa avviene in due fasi distinte. In una prima fase non distruttiva si aumenta progressivamente il carico agente sulla trave misurandone in modo dettagliato le deformazioni e gli spostamenti. In questa fase la trave si comporta in modo elastico e le deformazioni ottenute sono praticamente reversibili.

Figura B12: Variazione della forza applicata alla trave in funzione del tempo

In una seconda fase della prova di carico, quella distruttiva, il carico è aumentato costantemente fino alla rottura della trave per superamento della resistenza del materiale.

B 4.4.1 Calcolo del modulo elastico di Young, o modulo E

La deformazione della trave è misurata da più sensori; il modulo elastico E è ricavato dalla deformazione della trave e può essere ricavato in diversi modi dai dati delle misure disponibili.

Deformazione locale di flessione

Il dispositivo di misura della curvatura locale nella zona dentarle della trave permette di definirne la rigidezza in modo molto diretto e affidabile.

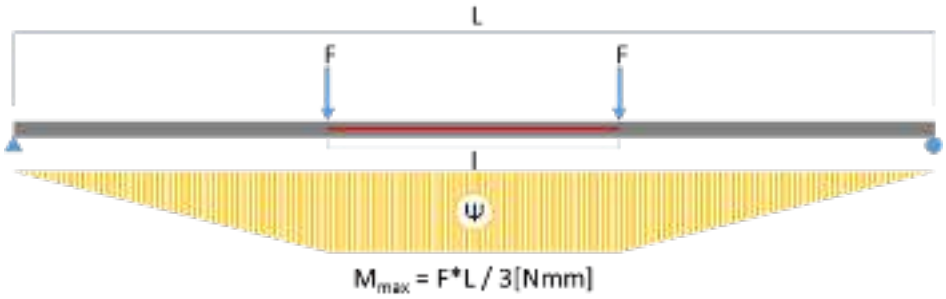


Figura B13: Zona di misura della curvatura locale per la determinazione del valore di E

Per fare questa misura una asta rigida è appoggiata su due punti fissi, sui due lati della trave, e un sensore di spostamento è fissato fra la trave e questa asta rigida. In questo modo è possibile misurare la freccia locale della trave, cioè nella zona in cui la trave è sollecitata alla sola flessione.

Figura B14: Misura della deformazione locale

Il principio dei lavori virtuali permette di mettere in relazione la forza applicata alla trave e la misura di deformazione eseguita, con un'unica incognita rappresentata dalla rigidezza della trave.

La rigidezza EI, dipendente dal materiale (E) e dalla geometria della sezione della trave e dai suoi valori sezionali, fra cui l'inerzia (I), è ammessa come constante lungo tutta la trave e nel tempo. Si tratta quindi di un valore indipendente dalla forza applicata e rappresentata graficamente in funzione della forza applicata dovrebbe dare un valore costante. La realtà è rappresentata in modo esemplare nell'immagine seguente, dove ad eccezione della parte iniziale della prova, un tale valore costate può essere riconosciuto anche nelle misure seguite.

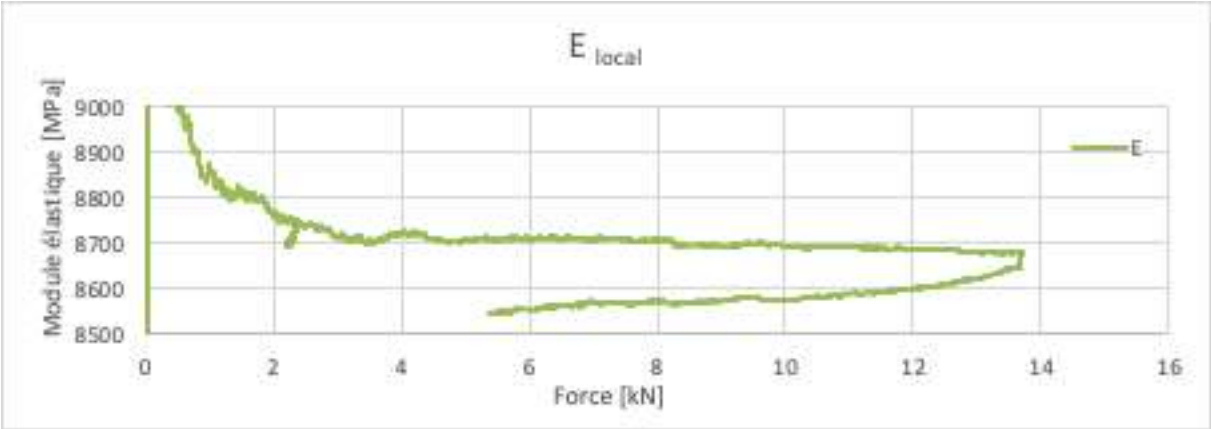
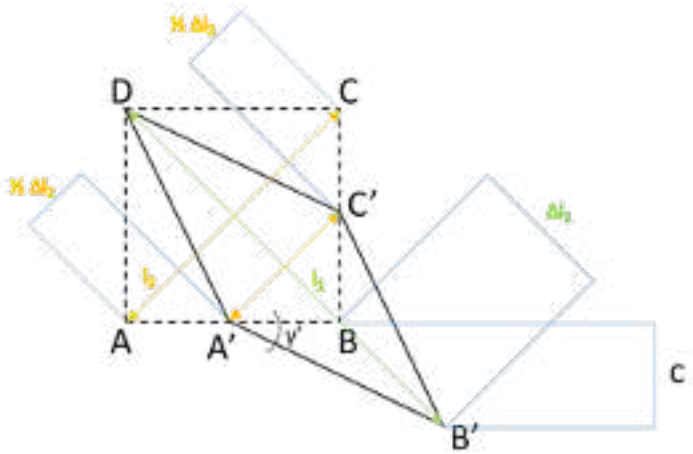


Figura B15: Modulo di Young in funzione della forza applicata

B 4.4.2 Determinazione del modulo di taglio G

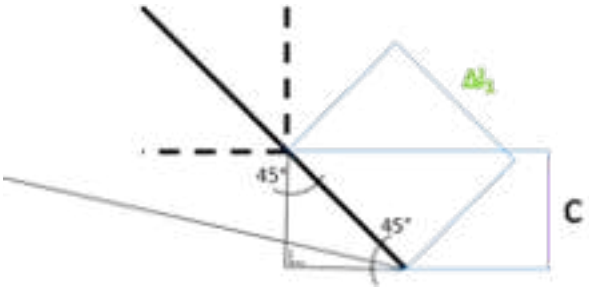
La misura del modulo di taglio si base sulle due misure della deformazione della sezione eseguite sui due lati della trave nelle zone con forza di taglio costante, fra le estremità con gli appoggi e i punti di azione delle forze provocate dai martinetti idraulici. Si tratta di due misure inclinate di +/- 45° rispetto alla verticale, che permettono di ricostruire la deformazione locale della trave.

Lo schema seguente mostra il pricnipio della misura. Applicando una forza di taglio V, si ottiene la deformazione seguente:



Applicando una forza di taglio V, si ottiene la deformazione seguente e il dettaglio dell'angolo B si presenta quindi, allo stato deformato, con:

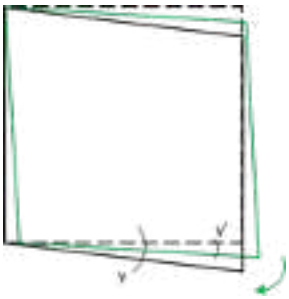
$$\Delta l_1 = \Delta l_2 \rightarrow \ \Delta l = \frac{\Delta l_1 + |\Delta l_2|}{2}$$



Cosiderando le piccole deformazini, l'agolo γ' può essere ritenuto di piccola dimensione; L'approssimazione seguente è quindi valida:

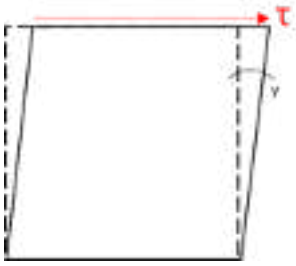
$$\gamma' = \frac{c}{a}$$

Applicando una rotazioe γ' su tutto l'elemento si ottiene:



$$\gamma = 2\gamma'$$

E, per concudere, il mdoulo di taglio G si ottiene con:



Per cui vale:

$$G = \frac{\tau}{\gamma}$$

La combinazione riassuntiva è la seguente:

$$G = \frac{\tau * a * \sqrt{2}}{\Delta l * 2} = \frac{3 * V * a * \sqrt{2}}{4 * A * \ \Delta l} \ [MPa]$$

B 4.4.3 Determinazione della resistenza della trave

Il valore della resistenza ultima della trave si ottiene calcolando la tensione massima della trave sul bordo esterno, e cioè:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} * y}{I} \; [MPa]$$

Con

$$I = \frac{b * h^3}{12} \; [mm^4]$$

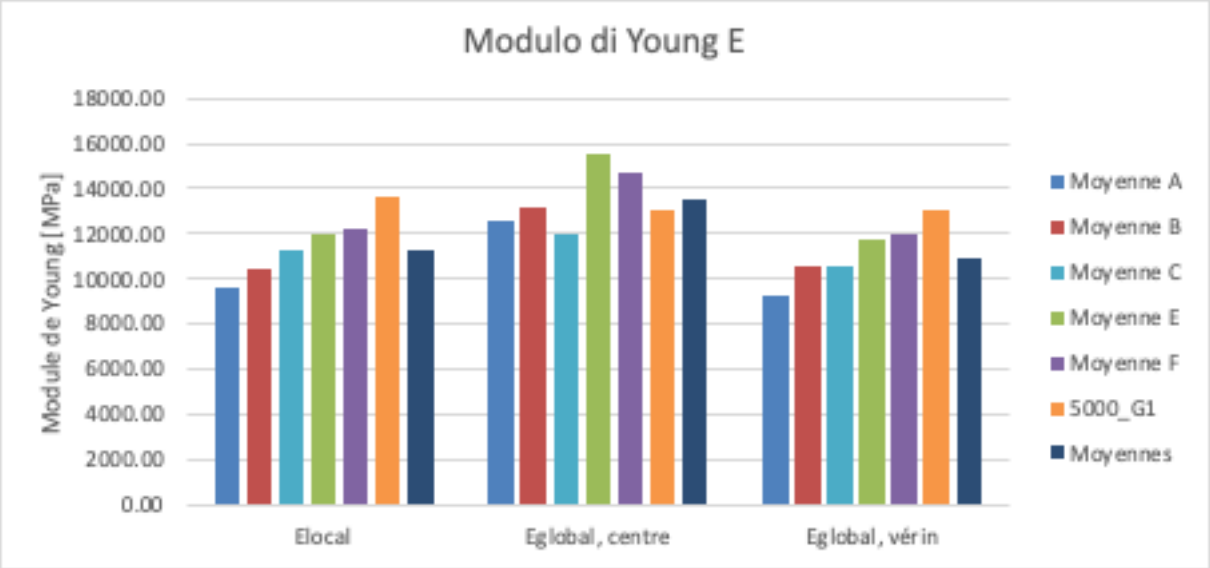
$$y = \frac{h}{2} \; [mm]$$

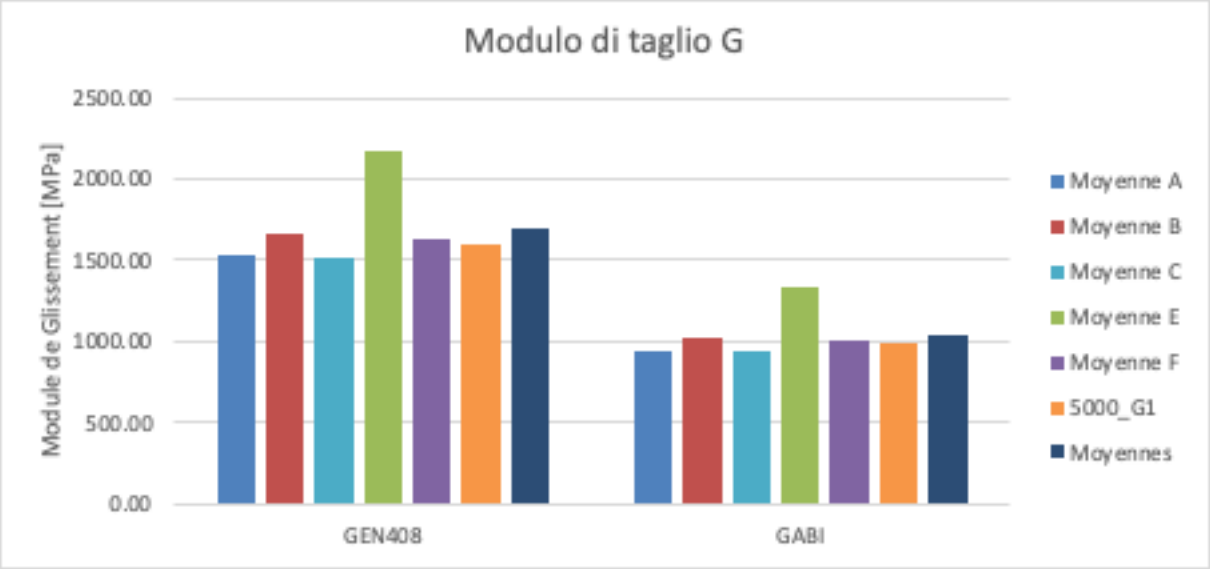
$$M_{max} = F * \frac{l}{3} \; [kNm].$$

B 4.5 Risultati

Trave	E_{local}	$E_{global, centre}$	$E_{global, vérin}$	G_{EN408}	G_{ABI}	F_{Max}	σ_{Max}	τ_{Max}
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[kN]	[MPa]	[MPa]
5000_A1	8680	8700	8580	1470	900	30.7	31.4	1.31
5000_A2	8690	12400	8577	1420	875	34.8	35.5	1.48
5000_A3	10000	13800	9520	1550	955	33.0	33.7	1.4
5000_A4	11100	15400	10270	1680	1035	32.1	32.7	1.36
5000_B1	11400	8960	12300	1720	1060	41.6	42.5	1.77
5000_B2	9680	13600	9459	1600	990	28.8	29.4	1.22
5000_B3	10400	14800	10100	1860	1150	33.0	33.7	1.41
5000_B4	10500	15300	10500	1470	900	44.3	45.2	1.88
5000_C1	11100	10100	10200	1370	840	25.2	25.8	1.07
5000_C2	11200	10600	10700	1500	930	33.2	33.9	1.41
5000_C3	11900	11000	11200	1600	990	46.6	47.4	1.97
5000_C4	11000	16100	10300	1600	985	46.1	47.1	1.96
5000_E1	11700	16100	11225	1440	890	34.0	34.8	1.45
5000_E2	11900	16400	11600	1990	1225	48.1	49.1	2.05
5000_E3	12000	14800	11250	2120	1308	35.4	36.1	1.51
5000_E4	12400	14900	13000	3160	1950	48.4	49.4	2.06
5000_F1	11500	11800	11100	1760	1090	31.2	31.8	1.33
5000_F2	13300	12200	12700	1580	970	33.8	34.6	1.44
5000_F3	11800	17000	11700	1525	940	28.9	29.5	1.23
5000_F4	12200	18000	12500	1640	1015	47.5	48.5	2.02
5000_G1	13600	13100	13100	1600	985	33.0	33.7	1.41
Moyennes	11240	13574	10947	1698	1047	36.6	37.4	1.56
	E_{local}	$E_{global, centre}$	$E_{global, vérin}$	G_{EN408}	G_{ABI}	F_{Max}	σ_{Max}	τ_{Max}

Tabella B8: Risultati delle prove di carico sulle travi di 5 m di luce strutturale





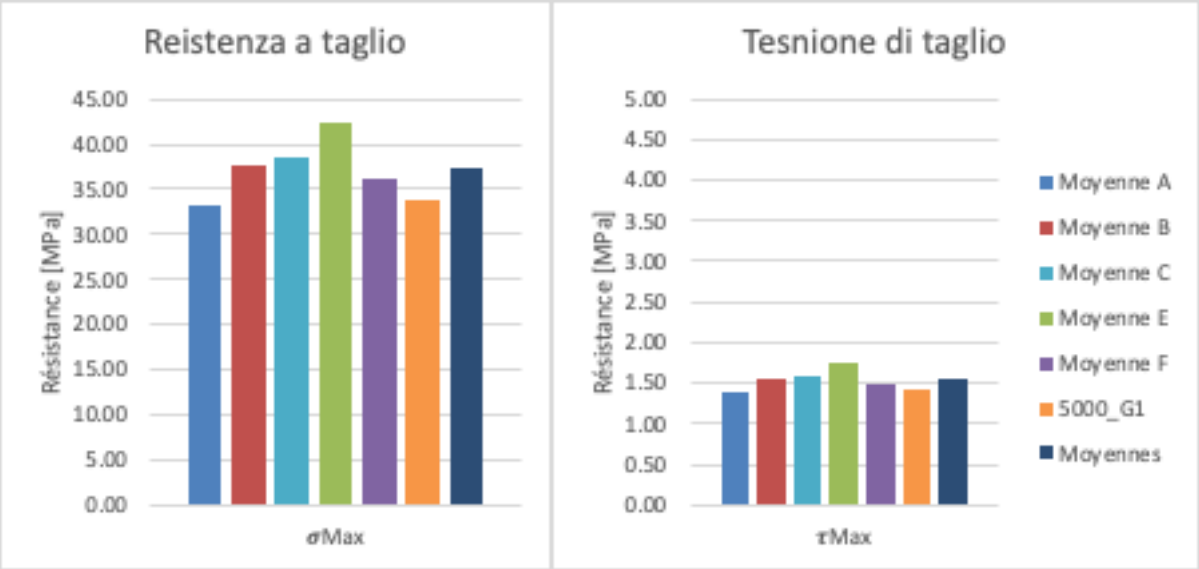


Figura B16: Rappresentazione del modulo elastico E, del modulo di taglio, della resistenza flessionale e della sollecitazione a taglio al momento della rottura

B 4.6 Osservazioni sui risultati

B 4.6.1 Analisi preliminare dei dati raccolti

I dati raccolti sono prima di tutto analizzati in relazione alla loro coerenza. In alcuni casi infatti i diversi sensori riportano dati non coerenti fra loro o palesemente abnormi. Si tratta di casi piuttosto rari e dovuti per lo più all'effetto di singoli segnali falsati per esempio dall'apertura di una fessura nella zona di misura, o dallo scorrimento delle parti mobili del sistema di messa sotto carico della trave. Pur trattandosi di valori singoli e puntuali, l'elaborazione di tendenze, valori medi, o rapporti di linearità può risultare falsata in modo importante da questi valori, che devono essere identificati e eliminati prima dell'analisi numerica dei dati. La catena di misura si basa sulla lettura di tutti i sensori più volte al secondo; per questa ragione i singoli punti non coerenti possono essere semplicemente eliminati, senza mettere in discussione la correttezza dell'insieme dei dati. La rappresentazione grafica permette praticamente sempre di trattare con successo anche questi casi, che sono piuttosto rari.

B 4.6.2 Determinazione dei valori di rigidezza
La rigidezza della trave e la determinazione del valore del modulo elastico E avviene in modo molto preciso sulla base della misura della curvatura della trave nella zona centrale. In questo modo la misura avviene su una porzione di trave sollecitata a flessione in modo costante e priva di altre sollecitazioni che potrebbero avere un effetto sulla misura effettuata. Inoltre il sistema di misura è completamente indipendente da effetti esterni, in quanto tutti i punti di riferimento si trovano sulla trave.
I valori di rigidezza determinati a partire dalle misure della deformazione globale della trave sono pure calcolati, sulla base dei diversi punti di misura disponibili, e sono utilizzati per verificare la coerenza delle misure fra loro.

B 4.6.3 Constatazioni sui valori della rigidezza determinati
L'effetto della classificazione del materiale, eseguito a inizio di questo progetto e alla base della composizione delle travi che sono state prodotte e caricate fino alla rottura, è riscontrabile soltanto sulla diversa rigidezza delle travi. Malgrado il numero ridotto di campioni a disposizione, si nota comunque una tendenza ad avere valori di rigidezza, e quindi del modulo elastico E, leggermente più elevati con le travi realizzate con il materiale di qualità migliore.

I valori della resistenza del materiale derivati dalla sollecitazione a rottura delle travi non permettono invece di notare una tendenza di questo tipo. Ancora una volta si deve constatare come la classificazione del materiale eseguita non permette di ottenere un effetto concreto sulla resistenza del prodotto finito.

B 4.6.4 Modi di rottura
La rottura delle travi è praticamente sempre da ricondurre alla presenza di difetti o irregolarità del materiale. Si nota come questi difetti sono costituiti da ogni tipo dei punti deboli indentificati più sopra (nodi, imperfezioni della struttura del materiale, difetti di crescita del materiale, ecc.), ma anche dai giunti a pettine incollati, che rappresentano senza dubbio uno dei punti critici del materiale.
La rottura delle travi è praticamente sempre avvenuta per superamento della resistenza flessionale delle travi, ad eccezione di un caso, dove si è verificata una rottura riconducibile con tutta probabilità al superamento della resistenza a taglio del materiale.

B 5 Travi inflesse con luce di 9.0 m

B 5.1 Elementi di prova
Una serie limitata di travi di 9.3 metri di lunghezza è stata realizzata per poter confermare i valori della resistenza anche su elementi di dimensioni più importanti. Sono quindi state prodotte 6 travi di sezione 460/150 mm e di 9.3 m di lunghezza. La sezione è quindi composta da 12 lamelle. Il materiale usato per queste travi proviene dalle classi A, E e G della classificazione iniziale.

Le procedure di carico applicate e il modo di procedere dono identici a quelli usati per le travi di lunghezza inferiore.

B 5.2 Prova di carico

Le prove sono state eseguite secondo le indicazioni della norma EN 408, che sono riassunte nella tabella seguente.

	Criteri	**Trave 5 [m] / h 235 mm, b = 150 mm**
Distanza gli appoggi	18 h +/- 3 h	9000 mm
Posizione delle forze / dei martinetti idraulici	6 h +/- 1.5 h	3000 mm
Sensori per la deformazione a taglio	3 h (al centro delle parti delle estremità della trave)	1500 mm
Lunghezza per determinazione di E	5 h	2000 mm

Tabella B9: Geometria della prova di carico secondo EN 408

I carichi sono applicati secondo lo schema della trave a flessione su 4 punti a distanza regolare (2 punti di appoggio alle estremità e 2 carichi disposti a distanza di un terzo della luce strutturale dagli appoggi.

B 5.3 Procedura di carico e analisi dei risultati

Sono seguiti medesimi principi applicati per le travi con luce di 5 m.

B 5.4 Procedura della prova di carico

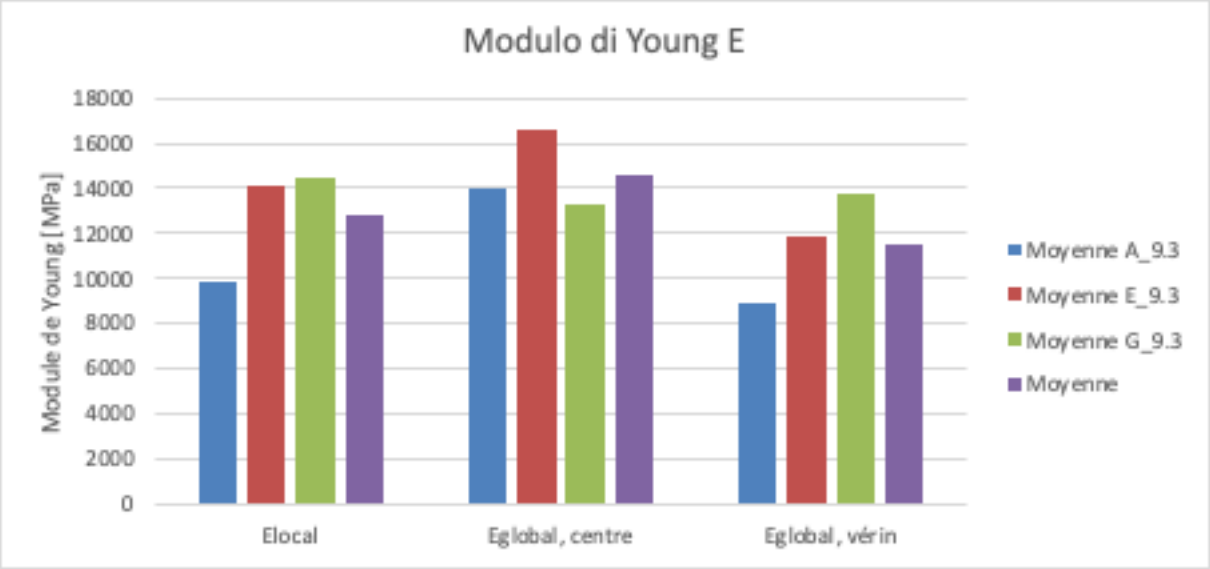
Il protocollo di carico è definito sulla base di una prima valutazione delle forze di rottura probabili e delle deformazioni previste della trave, e può essere riassunto nel modo seguente:

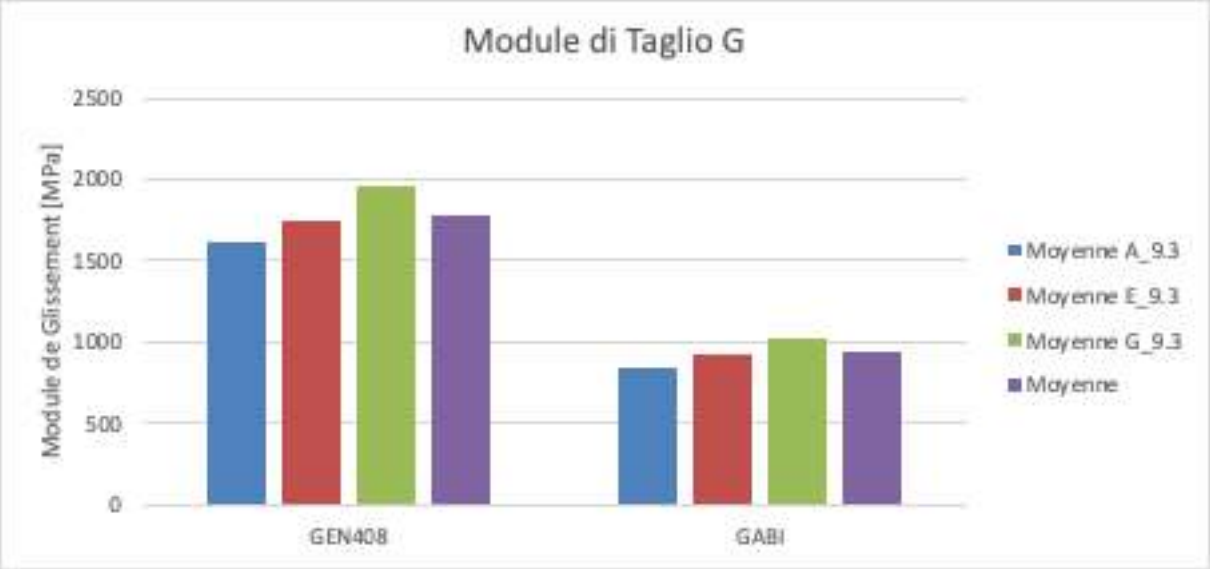
- Preparazione e posizionamento di tutti i sensori
- Messa a zero di tutti i segnali, misura di riferimento
- Carico iniziale sui martinetti idraulici di 2 kN
- Riferimento di deformazione iniziale del sistema di controllo
- Carico fino al 40% del valore del carico di rottura F_{max} previsto a una velocità di 0.2 mm/s dell'avanzamento dei martinetti idraulici
- Mantenimento della forza costante per 30 s
- Riduzione del carico fino al carico iniziale
- Mantenimento di questo carico per tutto il tempo necessario a smontare tutti gli strumenti di misura, ad eccezione di quelli esterni alla trave sotto carico
- Aumento del carico fino alla rottura.

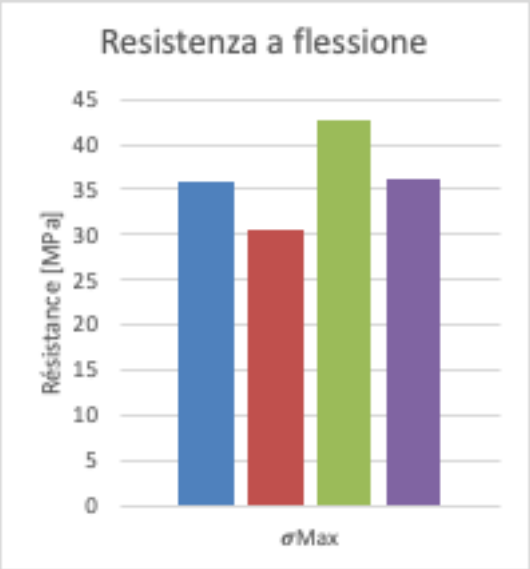
B 5.5 Risultati

Trave	E_{local}	$E_{global, centre}$	$E_{global, vérin}$	G_{EN408}	G_{ABI}	F_{max}	σ_{Max}	τ_{Max}
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[kN]	[MPa]	[MPa]
9300_A1	10600	14600.0	8980.0	1570.0	820.0	58.8	33.3	1.28
9300_A2	9160	13300.0	8916.0	1667.0	880.0	67.8	38.5	1.47
9300_E1	12100	15400.0	11100.0	1575.0	830	44.7	25.4	0.97
9300_E2	16100	17800.0	12700.0	1925.0	1015.0	62.5	35.4	1.36
9300_G1	14600	13200.0	13600.0	2240.0	1180.0	79.0	44.8	1.72
9300_G2	14300	13300.0	13900.0	1680.0	880.0	71.1	40.3	1.55
Moyenne	12810	14600	11533	1776	934	64	36.3	1.39

Tabella B10: Risultati delle prove di carico sulle travi di 9 m di luce strutturale







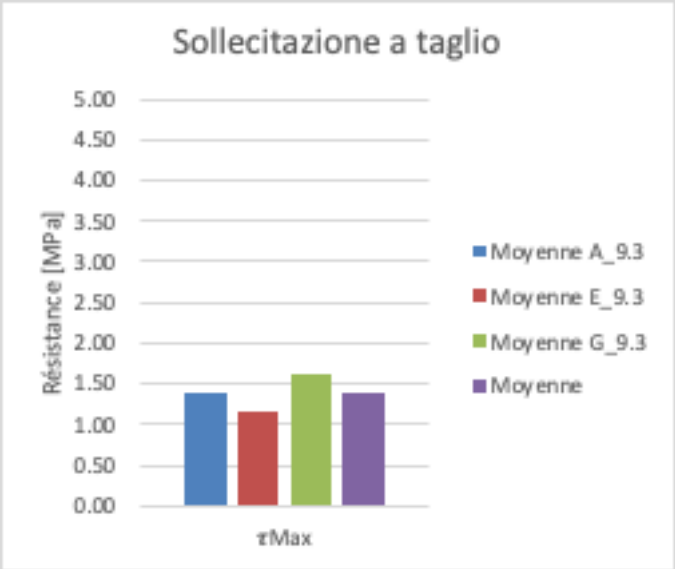


Figura B16: Rappresentazione del modulo elastico E, del modulo di taglio, della resistenza flessionale e della sollecitazione a taglio al momento della rottura

B 5.4 Osservazione sui risultati

Anche in questo caso si constata come la classificazione delle lamelle in 6 gruppi non trova riscontro nei valori di resistenza ultima constatati, ma soltanto in modo molto lieve sui valori della rigidezza delle travi.

B 6 Seconda serie di travi inflesse con luce di 4.3 m

B 6.1 Elementi di prova

A conclusione della campagna di prove descritta fin qui, il materiale restante sotto forma di lamelle grezze è stato utilizzato per la produzione di una seconda serie di travi inflesse. Nella produzione sono state implementate le regole stabilite durante l'analisi dei risultati ottenuti in precedenza. Questa serie di elementi funge da verifica delle procedure e da processo di produzione indipendente dal primo, con l'intenzione di poter verificare i risultati ottenuti senza interventi nella procedura e nell'applicazione delle regole di produzione.

B 6.2 Prove di carico

Le prove di carico sono state eseguite seguendo le medesime procedure descritte nel capitolo B4.

B 6.3 Risultati

Tabella

B 6.4 Osservazioni

I risultati confermano le aspettative. L'analisi globale dei risultati è stata eseguita integrando tutti i risultati disponibili.

Parte C
Il legno incollato di robinia ticinese

C 1 Contesto

L'obiettivo principale di questo progetto di analisi della fattibilità e di caratterizzazione del legno lamellare incollato di frondiferi di provenienza dei boschi ticinesi era di definire il potenziale di prestazioni del legno lamellare di castagno. Quale corollario a questo progetto e nell'intenzione di sfruttare la procedura logistica e organizzativa messa in atto per il suo svolgimento, si è proceduto alla produzione di un numero ridotto di travi di legno di robinia.

Senza l'ambizione di disporre di risultati completi e rinunciando alle riflessioni sull'ottimizzazione della qualità tanto della lavorazione, quanto della classificazione e delle procedure di incollatura e produzione del lamellare, l'obiettivo di questa parte del progetto è stato fin dall'inizio quello di disporre di una prima valutazione indicativa, ma realizzata secondo le regole dell'arte, del potenziale di questa specie legnosa in ambito costruttivo e strutturale.

Figura C1: Giunti a pettine delle lamelle di robinia incollati prima e dopo la prova carico a trazione

C 2 Materiale e procedura

La dimensione delle tavole per la produzione di legno lamellare incollato è stata adattata alla disponibilità del legno di robinia e della sua lavorazione alle condizioni attuali. Lo spessore delle lamelle è stato quindi ridotto a 36 mm e la larghezza della sezione delle travi finite è stata ridotta a 150 mm.

La lavorazione, come pure le fasi di analisi e produzione del materiale, sono identiche a quanto descritto nei capitoli precedenti per il legno di castagno. Il numero ridotto di campioni disponibili per ogni fase dell'analisi, ne rende i risultati intermedi poco significativi e quindi da considerare come approssimativi e indicativi.

Sono stati sottoposti a prova di carico ca. 30 giunti incollati e sono state realizzate 7 travi di legno lamellare incollato con una luce di 4.32 m e una sezione di 240/140 mm.

Figura C2: Giunti a pettine della lamelle di robinia incollati prima e dopo la prova carico a trazione

C 3 Risultati

Il numero esiguo di travi sottoposte a prova di rottura non permette di fare un'analisi statistica dei risultati, e quindi non è possibile definire dei valori di resistenza caratteristici sulla base dei dati disponibili.

Valori meccanici lamellare di robinia		
Resistenza minima $f_{m,min}$	47.8	N/mm^2
Resistenza massima $f_{m,max}$	57.8	N/mm^2
Resistenza caratteristica $f_{m,k}$	??	N/mm^2
Modulo elastico $E_{0,\ meam}$	17600	N/mm^2

Tabella C3: Riassunto dei risutlati delle prove di carico delle travi di lamellare di robina

Tabella C3: Prova di carico a flessione su una trave di legno lamellare incollato di robinia

C 4 Osservazioni conclusive

I valori della resistenza ottenuti variano fra i 47.8 e i 57.8 N/mm^2, mentre il valore del modulo elastico E vale 17'600 N/mm^2.

Si tratta di valori decisamente superiori a quanto ottenuto con il legno di castagno; e si tratta di valori superiori a quanto il legno lamellare di conifera permetta di ottenere, anche nelle classi di resistenza più elevate che la produzione industriale attuale offre. Si tratta di valori che non sorprendono, in quanto le buone caratteristiche meccaniche del legno di robinia sono note da tempo.

Questi risultati confermano che con il legno di robinia presenta caratteristiche meccaniche simili a quelle di altre latifoglie usate nell'edilizia, quali il faggio e il frassino, con cui in Svizzera si produce legno lamellare incollato delle classi di resistenza a partire dal GL40.

Parte D
Allegati

Lamellare di castagno: un prodotto nuovo e accattivante
Le risorse indigene ticinesi

Andrea Bernasconi
Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion, heig-vd - SUPSI - Borlini & Zanini SA, studio di ingegneria

1 INTRODUZIONE

L'industrializzazione del legno da costruzione ha portato all'uso quasi esclusivo di legno di conifera. Probabilmente ciò è dovuto a molte ragioni, fra le quali si possono citare il peso più ridotto, la lavorazione più facile del materiale, e con certezza anche la disponibilità di quantitativi importanti di materia prima. La costruzione il legno moderna usa quindi - fino a pochissimi anni oro sono - quasi esclusivamente abete bianco e rosso, larice, duglasia, e pino silvestre. Altre specie legnose sono riservate all'impiego locale, dove le condizioni di disponibilità e la tradizione hanno mantenuto vivo l'interesse per alcune specie di nicchia, fra cui si può citare ad esempio il pino cembro nell'Alto Adige.

L'impiego del legno di latifoglie nella costruzione richiede di andare indietro nel tempo, quando nella regione alpina spesso era il legno di rovere ad essere impiegato per la realizzazioni della carpenteria in legno. Alcune sue caratteristiche tecniche ben adatte alle regole costruttive della carpenteria di un tempo, come pure probabilmente la sua durabilità piuttosto buona anche in condizioni non ottimali ne erano le ragioni principali. L'avvento delle lavorazioni industriali e dell'incollatura quale elemento essenziale della produzione hanno messo in luce tutte le problematiche legate al legno di latifoglie in generale, e del rovere in particolare. L'evoluzione industriale dei prodotti di legno per la costruzione si è quindi orientata al legno di conifera, fino a dimenticare le altre specie legnose, che richiedono tecnologie di lavorazione diverse in tutte le fasi della produzione.

Figura 1 Specialità tutta ticinese a livello Svizzero - il castagno

La forte disponibilità di legno di faggio quale risultato delle strategie forestali, ma soprattutto le sue caratteristiche meccaniche ben superiori a quelle del legno di conifera, lo hanno reso da sempre interessante per le strutture portanti più esigenti, o quanto meno per gli elementi strutturali più sollecitati. I primi prototipi di legno lamellare di faggio, prodotto adattando la gestione delle linee di produzione di travi lamellari di abete, sono stati impiegati in Svizzera nella prima metà degli anni 80 del secolo scorso. E da allora fino ai giorni nostri è stato un susseguirsi sempre più intenso di studi e ricerche che potessero fungere da base per la produzione industriale. Al giorno d'oggi l'impiego del legno di latifoglia, in particolar modo di faggio e limitatamente ad alcune regioni di frassino, è una giovanissima realtà con prospettive di evoluzione interessanti anche e soprattutto in Svizzera. La capacità portante decisamente più grande rispetto all'abete ne fa un materiale tecnicamente particolarmente attraente, che sotto forma

di diversi prodotti (legno lamellare, microlamellare) è da poco a disposizione dei progettisti e dei costruttori.

Anche in relazione alla conformazione delle foreste il Ticino rappresenta una minoranza particolare e speciale. La cosa non deve spaventare e diventa assolutamente logica se si considera la situazione geografica e climatica del Sud delle Alpi. A livello Svizzero la specie legnosa maggiormente diffusa è l'abete rosso (44%), che con l'abete bianco (15%) e un paio di altre specie di conifera rappresenta di gran lunga la maggioranza del legname prodotto nei boschi svizzeri. Le conifere rappresentano quindi circa il 70 % del legname disponibile nei boschi svizzeri. Fra le latifoglie, che rappresentano globalmente ca. il 30% del legno presente nei boschi Svizzeri, è il legno di faggio ad essere il più rappresentato (18% del totale).

In Canton Ticino il discorso cambia radicalmente. La parte di legno di conifera è decisamente più ridotta, e lascia il posto ad una specie di latifoglie, il castagno, che con il 20 % di legname disponibile rappresenta la specie più diffusa sulla superficie boschiva, tanto fra le latifoglie che in assoluto. Probabilmente il fatto che i frutti del castagno hanno svolto un tempo un ruolo non trascurabile nelle risorse alimentari della popolazione ticinese ha giocato un ruolo non indifferente nell'evoluzione di queste cifre. Peccato soltanto che questa risorsa naturale del legno di castagno sia al momento usata praticamente in modo completo per la produzione di energia termica tramite combustione.

L'interesse al legno di latifoglie in tutta la Svizzera ha recentemente portato la filiera ticinese del legno a valutare e analizzare concretamente la possibilità di valorizzare in modo più efficace e redditizio questa risorsa naturale e locale del legno di castagno. La possibilità di realizzare elementi di legno lamellare di castagno è così diventata l'oggetto di un progetto di sviluppo tecnologico e ed economico di interesse Cantonale.

2 SITUAZIONE E CONTESTO

2.1 Gli antecedenti

Nella prima metà degli anni 90 la presenza in Canton Ticino di un piccolo impianto per la produzione di legno lamellare incollato aveva portato alla realizzazione di alcuni elementi di legno lamellare di castagno. L'impianto di produzione era di dimensioni molto limitate ed è stato messo fuori servizio alcuni anni più tardi. In quel periodo era stato eseguito un primo studio sulla possibilità di produrre legno lamellare di castagno sfruttando la tecnologia disponibile sul posto. La produzione di pochi metri cubi di materiale, nell'ambito di un progetto nato per iniziativa degli istituti di ricerca e di tecnologia del legno del Politecnico federale di Zurigo e dell'Empa, aveva mostrato la possibilità di produrre legno lamellare incollato di castagno e messo in evidenza tanto i limiti dell'impianto di produzione, quanto la necessità di dover impiegare tutte le tecnologie più moderne disponibili per ottenere dei risultati postivi.

Oltre 20 anni più tardi, nel 2015, la filiera ticinese del legno alla ricerca di una migliore valorizzazione della produzione di legname indigeno si concentra sul legno di castagno e decide prima di tutto di eseguire uno studio che permetta di definire le caratteristiche qualitative e quantitative della produzione di legno di castagno.

2.2 Gli antecedenti

Buona parte del legno impiegato nella costruzione è oggi legno incollato. L'uso di elementi di legno massiccio segato, cioè ottenuti tramite il solo taglio del tronco nelle dimensioni finali, è limitato essenzialmente dalla necessità di poter sfruttare al meglio il materiale disponibile, riducendone gli scarti e ottenendo la resa migliore anche in relazione alla qualità e alle caratteristiche tecniche del materiale disponibile.

La tecnologia dell'incollatura è stata sviluppata a partire dall'inizio del ventesimo secolo per poter realizzare elementi strutturali di legno che avessero dimensioni più grandi di quelle dei tronchi da cui si ricava la materia prima, come pure per poter produrre travi non rettilinee, ma di forma praticamente a piacimento. Il principio è estremamente semplice e prevede di produrre tavole - o lamelle - di legno piuttosto sottili, che saranno prima unite fra loro sulla lunghezza, e poi impilate le une sulle altre a formare elementi di dimensioni praticamente a piacimento. Lo spessore sottile delle singole lamelle permette di curvarle al momento di impilarle fra loro, creando travi di curvatura e forma diversa.

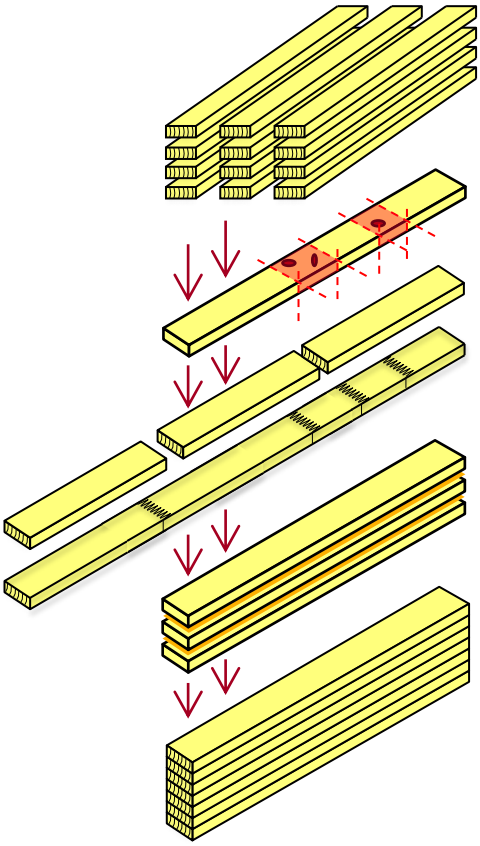


Figura 2 Schema delle fasi di produzione del legno lamellare

Essenzialmente la lavorazione si basa su due componenti fondamentali: i giunti longitudinali incollati per le produzione delle lamelle di lunghezza sufficientemente lunga e l'incollatura di superficie per ottenere un elemento monolitico composto da più strati. L'incollatura deve quindi permettere di ristabilire per quanto possibile la continuità del materiale.

La lavorazione partendo da lamelle sottili permette di ottimizzare la lavorazione in fase di taglio dei tronchi e di essiccatura del legno. Inoltre la scomposizione in lamelle sottili del materiale originale e la possibilità di giuntarle longitudinalmente rendono possibile l'eliminazione delle eventuali e sole parti con caratteristiche troppo deboli, evitando di scartare l'intero tronco e permettendo di sfruttare le parti di materiale più idonee al risultato finale.

2.3 Il legno di latifoglia per la costruzione

L'impiego del legno di latifoglia per la costruzione richiede principalmente di implementare e adattare le tecnologie della produzione sviluppate per il legno di conifera a queste specie legnose. Malgrado diverse specie di latifoglie - il faggio e il frassino essenzialmente - siano da tempo oggetto di interesse per la prodizione di elementi strutturali per la costruzione a cause delle loro caratteristiche meccaniche

decisamente migliori del legno di conifera, e malgrado le premesse tecniche di fattibilità siano note agli addetti ai lavori da molto tempo, è soltanto negli ultimi dieci anni che anche l'industria e il mercato hanno iniziato a occuparsi seriamente di questo materiale, che oggi è finalmente una realtà a disposizione dei progettisti e dei costruttori.

Anche in questo contesto la Svizzera ha fatto da apripista e alcuni produttori di legno lamellare offrono la produzione di travi di faggio o di frassino per l'uso strutturale. In tempi molto recenti anche la grossa industria europea del legno si è mossa e produce elementi per la costruzione di legno di faggio.

2.4 Il legno di latifoglia in Ticino

In Canton Ticino la produzione di legno di latifoglie è essenzialmente data dal castagno, che come detto sopra è abbondantemente presente nelle foreste. Lo sviluppo di un materiale nuovo per la costruzione che ne permetta lo sfruttamento e la valorizzazione si inserisce quindi non soltanto nella ricerca di nuovi prodotti e nuovo valore aggiunto nella filiera del legno ticinese, ma va anche a completare l'evoluzione a livello nazionale verso una migliore valorizzazione della materia prima legno con particolare attenzione al legno di latifoglia, la cui disponibilità nelle ultime decine di anni non ha fatto che aumentare.

3 IL LEGNO DI CASTAGNO TICINESE

3.1 Disponibilità e qualità

Data per scontata la quantità importante di legno di castagno prodotto dai boschi ticinesi, la premessa essenziale per il suo sfruttamento a livello industriale risiede nella sufficiente capacità produttiva effettiva e nella qualità del materiale disponibile.

Il primo studio sulla disponibilità e sulla qualità del materiale grezzo disponibile è stato realizzato da federlegno.ch e prevedeva la produzione di legno di castagno sotto forma di travi, travetti, tavole e lamelle, in modo da poter valutare in modo oggettivo la possibilità di avere a disposizione materiale grezzo adatto alla successiva lavorazione in quantità e in condizioni - anche economiche - che permettessero di intraprendere i passi successivi.

Figura 3: La materia prima del castagno ticinese

In particolar modo si trattava di valutare la qualità effettiva del materiale ricavato dal taglio dei tronchi ticinesi. È infatti noto che i boschi di castagno ticinese sono stati sfruttati e gestiti nel passato soprattutto per la produzione di castagne per scopi alimentari, e non per la produzione di legname di qualità. Sono inoltre note agli addetti ai lavori alcune particolarità decisamente poco interessanti del legno di castagno indigeno, come per esempio la tendenza alla cipollatura o la difficoltà a produrre in segheria elementi di dimensioni e lunghezza importante di qualità elevata. E probabilmente non è sbagliato affermare che la regione ticinese è una regione di montagna dove per definizione la produzione di legname di elevata qualità tecnica, con tonchi di dimensioni omogenee e pochi nodi, non rappresenta la regola.

Questo studio ha permesso di constatare e dimostrare che la produzione di legname di castagno ticinese quale materia prima per una lavorazione ulteriore è possibile. Il materiale prodotto presenta caratteristiche qualitative accettabili in quantitativi altrettanto accettabili. Si è potuto constatare e verificare la disponibilità dei produttori, cioè essenzialmente del bosco ticinese e di chi lo gestisce, a produrre e mettere a disposizione del mercato la materia prima necessaria in quantitativi sufficienti.

Lo studio ha pure permesso di descrivere i limiti del materiale disponibile e di confermare che la produzione di travi di legno di castagno massiccio per la costruzione si sarebbe rivelata come decisamente dispendiosa e poco efficace. La qualità del materiale disponibile rende infatti difficile e quindi poco interessante la produzione di sezioni di dimensioni importanti in lunghezza sufficiente che possano soddisfare i requisiti di qualità necessari all'impiego strutturale. La valorizzazione industriale del castagno quale materiale per la costruzione deve quindi passare dalla produzione di legno incollato.

3.2 La tecnologia di produzione

Chiarita la disponibilità del materiale e la possibilità di alcune segherie locali a tagliare i tronchi e a produrne elementi di sezione adatta allo scopo, occorre disporre della tecnologia di produzione degli elementi incollati.

Come altrove è stato fatto per altre specie legnose di latifoglie, anche in questo caso si è cercato di sfruttare l'esperienza della lavorazione delle conifere, adattandola dove necessario alle nuove esigenze. La presenza in Ticino di uno stabilimento per la produzione di legno lamellare incollato tecnicamente all'avanguardia e dotato di una flessibilità di gestione tecnica e produttiva piuttosto elevata rappresenta una ulteriore premessa favorevole all'evoluzione del progetto.

L'impiego di adesivi poliuretanici è imposto dall'equipaggiamento dello stabilimento di produzione che lavora con questi adesivi il legno di conifera. Occorre verificare la compatibilità di questi adesivi con il legno di castagno e adattare i parametri di lavorazione e di incollatura, fra cui la quantità di adesivo da applicare e i tempi di indurimento sotto pressione da rispettare.

La partecipazione come partner attivo del progetto del fornitore degli adesivi e della tecnologia di applicazione è un aspetto determinante per la riuscita dell'intero progetto. I riscontri ottenuti tanto in laboratorio, quanto su altri impianti di produzione simili sono punti di riferimento preziosi per ottenere un risultato positivo.

4 IL LAMELLARE DI CASTAGNO

Per valutare e constatare il potenziale tecnico del materiale la filiera del legno ticinese, sotto la guida di federlegno.ch ha lanciato una seconda fase del progetto sull'uso del legno di castagno indigeno. Il progetto di valutazione e definizione della qualità e delle caratteristiche del legno lamellare di castagno ticinese prevedeva la lavorazione di poco più di 30 metri cubi di legname tondo di castagno, scelti in modo da avere una rappresentatività complessiva della qualità disponibile sul territorio ticinese. A partire da questo materiale sono state prodotte lamelle adatte alla produzione di legno lamellare, che dopo il

taglio in segheria sono state essiccate in un forno e sottoposte ad una procedura di cernita e classificazione. Una parte del materiale è stato utilizzato per la determinazione delle caratteristiche meccaniche delle lamelle quale materia prima per la produzione di lamellare; una seconda parte del materiale è stata usata per la produzione di giunti longitudinali fra le singole lamelle, che sono poi stati sottoposti a prova di carico a trazione in un laboratorio specializzato per determinarne le caratteristiche di resistenza.

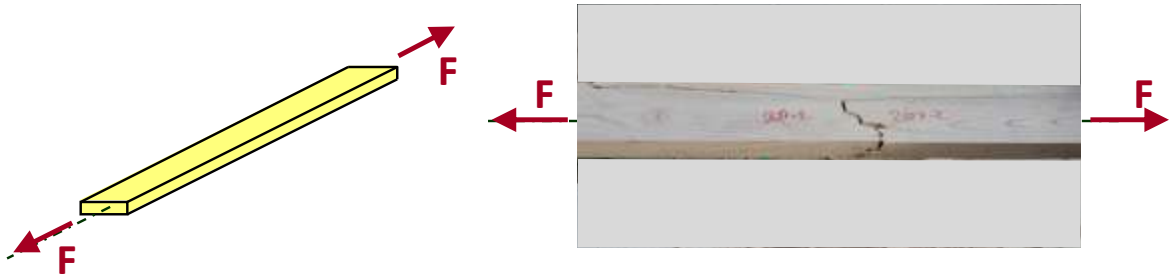


Figura 4: Principio della prova di rottura a trazione e lamella dopo la rottura del materiale

Il materiale restante è stato utilizzato in due fasi per la produzione di legno lamellare incollato. Una prima fase consisteva nella produzione di una serie di travi, sotto la sorveglianza accurata di tutte le fasi di lavorazione. Le travi sono poi state sottoposte a prova di carico per determinarne i valori di resistenza. In una seconda fase si è proceduto alla produzione di travi secondo il principio del funzionamento a regime normale dello stabilimento di produzione, tenendo conto delle indicazioni risultati dal lavoro svolto in precedenza e delle regole di lavorazione stabilite per il castagno. Le travi di questa seconda fase sono pure state sottoposte a prova di carico fino alla rottura, in modo da avere una conferma di quanto fatto durante la prima fase e di verificare il corretto funzionamento delle varie fasi della lavorazione e della produzione.

4.1 La materia prima

legame tondo di castagno è stato fornito da diverse regione del cantone e tagliato in due segherie attrezzate per la lavorazione del legno di latifoglia. Sono state fornite in tutto 1184 lamelle di legno di castagno con sezione grezza di ca. 175 x 48 mm, con l'intenzione di ottenere una sezione finale, dopo l'essiccatura al 12%, e dopo la piallatura sui quattro lati della lamella uno spessore di almeno 30 mm. Di fatto si è poi proceduto alla produzione di lamellare con lamelle di spessore finale di 39 mm, riducendo i timori iniziali di una grossa deformazione delle singole lamelle durante l'essiccatura e la prima fase della lavorazione.

Le lamelle grezze avevano una lunghezza variabile fra 1.45 m e 4.45 m. Va ricordato che la produzione permette di partire da lamelle la cui lunghezza non superi i 5 m e che sia di almeno 70 cm. Le diverse lunghezze inziali sono definite dalla qualità dei tronchi di partenza, che è stata definita nella prima fase del progetto.

Tutte le lamelle sono state sottoposte all'essiccatura in un forno, fino al grado di essiccazione di 12 +/- 3% (nessun valore oltre il 15%).

4.2 Classificazione e qualità

Le lamelle sono state sottoposte ad una classificazione meccanica, basata sulla misura delle frequenze proprie del materiale. Sulla base dei dati in possesso del fornitore dell'equipaggiamento - di solito usato per altre specie legnose - è stata stilata una graduatoria di classificazione, in modo da valutare la

possibilità di fare una cernita del materiale e impiegarlo per ottenere un prodotto finito con classi di resistenza diverse.

Le prove di carico e la determinazione delle caratteristiche meccaniche in funzione dei risultati della classificazione hanno chiaramente mostrato che per ottenere una classificazione secondo la resistenza del legno di castagno i criteri e le procedure di cernita di questo tipo devono essere ancora definiti e calibrati nel dettaglio. Di fatto la procedura di cernita e classificazione, benché basata su criteri meccanici e ripetibili, non ha permesso di ottenere un risultato soddisfacente nella definizione di materiale di classe migliore o più elevata. Si è invece potuto eliminare con successo le tavole con le caratteristiche peggiori o palesemente poco adatte allo scopo della produzione di elementi strutturali.

Deve essere notato e sottolineato, che questo tipo di risultato si ottiene senza problemi anche con una più semplice classificazione manuale e visiva del materiale, dove essenzialmente vengono scartate tutte le tavole, o le parti di tavola, con difetti troppo evidenti o troppo grandi.

Una serie di regole per la cernita preliminare delle lamelle sono stati definiti, in modo da ammettere sulla linea di produzione soltanto le lamelle con un grado di qualità minima garantito. In fase di produzione la valutazione sulla necessità di eliminare alcune parti di una tavola, introducendo un giunto longitudinale supplementare ed eliminando un nodo troppo appariscente, o un altro difetto locale e macroscopico del legno, è lasciata al personale di servizio che per semplicità applica i medesimi criteri validi anche per il legno di conifera.

In relazione alle particolarità del legno di castagno è utile notare come la cipollatura (la tendenza a separarsi del materiale in concomitanza degli anelli di crescita, tipica del legno di castagno ticinese) sia stata considerata come una caratteristica del materiale non discriminante a priori e trattata per principio alla stessa maniera di altre forme di fessure. Il materiale contente tracce di cipollatura è stato scartato soltanto laddove la cipollatura mette in discussione la continuità del materiale (interruzione della sezione) o diventa un impedimento alla lavorazione; effetti locali di cipollatura sono stati accettati per le fasi di lavorazione ulteriore, in quanto non pregiudicano la continuità della fibratura del legno.

Le caratteristiche meccaniche delle lamelle mostrano un valore caratteristico della resistenza a trazione $f_{t,0,l,k}$ di 14.5 N/mm^2 su tutto il campione. Considerando l'eliminazione in fase di produzione dei nodi più grandi questo valore sale fino a oltre 18 N/mm^2. Il valore del modulo di elasticità medio misurato su tutte le prove corrisponde a $E_{t,l,0,mean}$ = 13430 N/mm^2.

Questi valori sono superiori ai requisiti minimi delle lamelle per la produzione di legno lamellare incollato della classe di resistenza più comunemente utilizzata GL24h e premettono quindi la produzione di un legno lamellare incollato con caratteristiche almeno equivalenti a quelle della classe GL24h.

4.3 Giunti a pettine incollati

I giunti a pettine incollati sono stati realizzati sulla linea di produzione durante la produzione delle travi di legno lamellare incollato e sottoposti a prova di rottura a trazione. I valori di resistenza ottenuti mostrano, come previsto, una dispersione piuttosto elevata. I valori caratteristici della resistenza a trazione variano per i diversi gruppi di elementi sottoposti a prova fra $f_{t,j,k}$ = 19.9 N/mm^2 e $f_{t,j,k}$ = 24.1 N/mm^2.

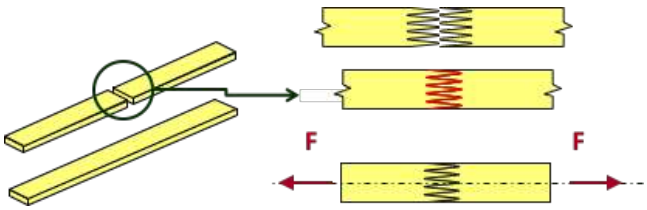


Figura 5: Principio della prova di rottura a trazione del giunto a pettine incollato

Nella globalità delle prove eseguite il valore caratteristico della resistenza dei giunti incollati vale $f_{t,j,k}$ = 20.4 N/mm^2, che è di poco inferiore ai valori limite per la resistenza di questi giunti. Ciò non mette in discussione la correttezza del prodotto finito e delle procedure di produzione applicate, anche perché il risultato finale ottenuto con le travi inflessi corrisponde alla esigenze minime di resistenza. Si tratta però di un'indicazione importante di quanto sia sensibile e necessario di attenzione questo elemento della produzione. A titolo di informazione si aggiunge che la correttezza dei giunti a pettine incollati delle singole lamelle è l'elemento critiche di ogni tipo di produzione di legno lamellare incollato, in particolar modo quando si produce materiale ad alta resistenza con lamelle classificate nelle classi di resistenza più elevate.

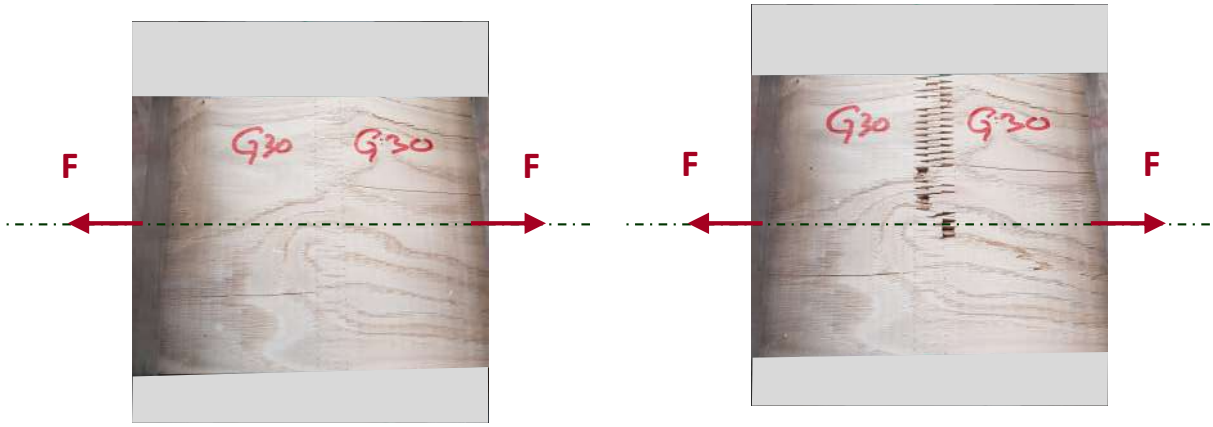


Figura 6: Giunto incollato a pettine prima e dopo la rottura

4.4 Le travi

Sono state prodotte e sottoposte a prova di carico fino alla rottura 39 travi con sezione 240/150 mm e 6 travi con sezione 460/240 mm. La produzione è avvenuta in due fasi distinte e separate fra loro. Conformemente alle regole per questo tipo di prove con carico fino alla rottura, le prime sono state sottoposte a prova con una luce strutturale di 4.32 m e le travi di sezione maggiore su una luce di ca. 8.50 m.

Figura 7: Trave inflessa equipaggiata di strumenti di misura prima della prova di carico

Sull'insieme delle 45 travi inflesse sottoposte a rottura i valori della resistenza variano da $f_{m,i}$ = 25.8 N/mm^2 fino ad un valore massimo di $f_{m,i}$ = 49.4 N/mm^2. I valori di base per il dimensionamento ricavati da queste prove corrispondono ad un valore caratteristico della resistenza a flessione $f_{m,k}$ = 28.4 N/mm^2 e un valore medio del modulo elastica $E_{0,mean}$ = 11'100 N/mm^2.

Figura 8: Trave inflessa equipaggiata di strumenti di misura dopo la rottura

Questi valori permettono a nostro modo di vedere di considerare questo materiale come equivalente al legno lamellare più comunemente usato della classe di resistenza GL24h, caratterizzato da una resistenza caratteristica alla flessione $f_{m,k}$ = 24.0 N/mm^2 e da un valore medio del modulo elastico $E_{0,mean}$ = 11'500 N/mm^2.

4.5 Il prodotto "legno lamellare di castagno ticinese"

La campagna di prove di carico e di misure della resistenza è stata eseguita su un campione rappresentativo della produzione, ma piuttosto limitato tanto nella quantità di materiale usato, quanto nel numero di elementi sottoposti alle prove di carico e di rottura. Si tratta anche in parte della prima produzione in assoluto di questo materiale. E si tratta di un progetto realizzato volutamente in condizioni corrispondenti all'applicazione pratica, fin dalla produzione e dal taglio del materiale grezzo. La cernita del materiale è stata eseguita riducendo al minimo gli scarti in fase di produzione e utilizzando volutamente tutto il materiale disponibile, sulla base dei criteri di lavorazione utilizzati per il legno di conifera.

I risultati ottenuti con questo progetto, di cui qui sopra sono state indicate i valori essenziali, permettono di constatare che con il castagno ticinese possono essere realizzate travi di legno lamellare incollato con caratteristiche quanto meno identiche a quelle del legno lamellare incollato di conifera della classe di resistenza più comune GL24h.

I valori di caratterizzazione del materiale sono in alcuni casi al limite inferiore di quanto è richiesto alla produzione di legno di conifera. L'affinamento della produzione e dei sistemi di controllo e di verifica constante della qualità che una produzione moderna richiede permetteranno di tenere sotto controllo tutti i parametri e di ottenere a regime di produzione la qualità richiesta senza grosse difficoltà.

Questi risultati confermano quanto di fatto già noto sul legno di castagno, e cioè che malgrado la sua appartenenza alla famiglia delle latifoglie e una densità leggermente maggiore del legno di abete - e sempre comunque più piccola di quanto forniscono faggio, frassino e rovere - i valori della resistenza e della rigidezza sono del tutto simili a quanto si ottiene con il legno di conifera.

Da ultimo si osserva come la eventuale produzione di materiale con classi di resistenza più elevate richiederebbe la messa a punto di procedure di cernita e classificazione specifiche al legno di castagno, che a tutt'oggi non esistono e che dovrebbero essere correlate da adeguate e ancora da definire misure di garanzia della qualità di tutta la procedura di produzione.

5 CONCLUSIONI

La parte tecnica di questo progetto sulla valorizzazione del legno di castagno ticinese tramite la produzione di legno lamellare per la costruzione si conclude con risultati positivi, che lasciano intravvedere la possibilità della produzione e dell'impiego strutturale del legno lamellare di castagno quale alternativa locale ad altre specie legnose. La natura locale e indigena del materiale, come pure le sue caratteristiche estetiche particolari, sono il valore aggiunto non trascurabile che il prodotto legno lamellare di castagno può offrire e che dovrebbero permetterne l'accesso al mercato non solo locale.

In un futuro prossimo è auspicabile che si possa dimostrare la possibilità di sfruttare anche con le travi di legno lamellare incollato la eccellente durabilità del legno di castagno. In particolar modo dovrà essere valutato il corretto funzionamento dell'incollatura anche in caso di condizioni e variazioni climatiche estreme. Il legno del castagno offre infatti una durabilità naturale ben maggiore anche del legno di larice.

Figura 9: Il prototipo dell'impiego del castagno lamellare ticinese in fase di realizzazione

Resta solo da augurarsi che l'industria della filiera del legno indigena ticinese raccolga la sfida e implementi queste basi tecniche nella propria attività, realizzando un prodotto per la costruzione nuovo, particolare e tutto ticinese. Al momento tutto lascia intendere che il nuovo prodotto sarà presto una realtà sul mercato. Il primo prototipo di costruzione in legno con questo materiale, di dimensioni modeste e di recentissima realizzazione, conferma questa impressione.

Lignatec

Bois de feuillus collé à usage structurel

SIA BFH EPF HEIG-VD Lignum

9 Bois lamellé collé de châtaignier

9.1 Généralités

Le châtaignier *(Castanea sativa)* se trouve en Suisse principalement au sud des Alpes. Le bois du châtaignier est très apprécié pour sa bonne durabilité.
En général, les mêmes épaisseurs de lamelles sont utilisées pour la production de bois lamellé collé de châtaignier que pour le bois lamellé collé de résineux (jusqu'à 40 mm) (cf. figure 24). Pour la production, on utilise des planches préconditionnées dont le taux d'humidité du bois est de 8–12 ± 2. Pendant le transport et sur le chantier, le bois lamellé collé en châtaignier doit bénéficier d'une protection contre les intempéries. La largeur maximale des sections dépend de la disponibilité du matériau et ne devrait pas dépasser 200 mm. La disponibilité d'éléments de construction de dimensions supérieures, notamment de plus grande largeur doit être clarifiée à l'avance. Ces dimensions peuvent conduire à des coûts supplémentaires. Des hauteurs de section supérieures à 700 mm sont en principe possibles, mais doivent être évitées. La longueur maximale des composants est spécifiée par le fabricant et ne diffère pas du bois lamellé collé en résineux. Le bois du châtaignier est de poids moyen et peut être travaillé à la main ou à la machine avec un effort modéré. Les moyens d'assemblage mécaniques tels que des clous et des vis peuvent être utilisés, à condition de prévoir une protection suffisante contre la corrosion. Il est recommandé de prépercer au diamètre de la tige de la vis (fond de filet). Le bois lamellé collé de châtaignier peut être utilisé dans la classe d'humidité 1 et, en tenant compte des restrictions du chapitre 6.2.2, dans la classe d'humidité 2. Actuellement, le bois lamellé collé en châtaignier ne doit pas être utilisé dans la classe d'humidité 3, car il y a encore trop peu d'expériences et de connaissances sur le comportement du collage dans ces conditions. Un premier bâtiment de référence avec du bois lamellé collé tessinois en châtaignier a pu être réalisé en 2019. [63]
Le tableau 10 résume quelques informations indicatives sur le bois lamellé collé de châtaignier.
Les valeurs de dimensionnement pour le bois lamellé collé en châtaignier figurant dans le tableau 11 ont été déterminées sur la base de recherches expérimentales approfondies à l'HEIG-VD. [53] Le projet de recherche a été soutenu par Lignum/federlegno.ch et le canton du Tessin. D'autres recherches concernant la résistance à la compression et le module d'élasticité parallèle au fil ainsi que l'influence de la teneur en eau du bois sur ses propriétés ont été effectuées à l'EPF Zurich. [52]

Figure 24
Surface latérale et section du lamellé collé de châtaignier

Tableau 10
Informations indicatives sur le lamellé collé de châtaignier

Informations indicatives sur le lamellé collé de châtaignier	
Technique de production	
Teneur en eau du bois lors du collage	8–12 ± 2 %
Epaisseur de lame (cotes finies)	40 mm
Dimensions max. des éléments de construction	
Hauteur max. [1]	700 mm
Largeur max. [2]	200 mm
Longueur max.	Selon le producteur
Divers	
Domaine d'utilisation adéquat [3]	Classe d'humidité 1 et 2
Teneur en eau à la livraison	8–12 ± 2 %

[1] Même si la technique de production le permet, des dimensions supérieures sont à éviter.
[2] Des largeurs supérieures peuvent être atteintes le cas échéant par un collage en bloc.
[3] Les restrictions énoncées au chapitre 6.2.2 s'appliquent lors de l'utilisation en classe d'humidité 2. Pas d'utilisation en classe d'humidité 3.

9.2 Production

Les fabricants suisses de bois lamellé collé de châtaignier de qualité contrôlée figurent sur la page d'accueil d'Industrie bois Suisse [56] ou sur www.lignapool.ch. Les exigences relatives à la production de bois lamellé collé de châtaignier de qualité contrôlée sont définies dans les directives de fabrication. [1]

9.3 Propriétés caractéristiques et valeurs de dimensionnement

Les propriétés caractéristiques et les valeurs de dimensionnement indiquées dans le tableau 11 s'appliquent au bois lamellé collé en châtaignier de qualité contrôlée et sont valables pour le calcul des éléments de construction situés en classe d'humidité 1 (η_w = 1,0 et η_t = 1,0). Pour une utilisation en classe d'humidité 2, les restrictions selon le chapitre 6.2.2 doivent être prises en compte.

Tableau 11 Propriétés caractéristiques et valeurs de dimensionnement pour le lamellé collé de châtaignier de qualité contrôlée (η_w = 1,0 et η_t = 1,0)

Classes de résistance				KA-GL24h
Propriétés caractéristiques [1) 2) 3)]				
	Résistance en flexion	$f_{m,k}$	N/mm²	24
	Module d'élasticité moyen en flexion	$E_{m,mean}$	N/mm²	11500
Valeurs de dimensionnement [1) 2) 3)]				
Résistance	Flexion [4)]	$f_{m,d}$	N/mm²	16,0
	Traction ∥ au fil [5)]	$f_{t,0,d}$	N/mm²	12,0
	Compression ∥ au fil [10)]	$f_{c,0,d}$	N/mm²	14,5
	Traction ⊥ au fil [6)]	$f_{t,90,d}$	N/mm²	0,15
	Compression ⊥ au fil	$f_{c,90,d}$	N/mm²	1,9
	– avant-bois d'un côté ≥ 100 mm	$f_{c,90,d}$	N/mm²	2,5
	– avant-bois des deux côtés ≥ 100 mm	$f_{c,90,d}$	N/mm²	2,5
	Cisaillement [7)]	$f_{v,d}$	N/mm²	1,8
	Cisaillement roulant	$f_{r,d}$	N/mm²	–
Rigidité	$E_{0,mean}$ ∥ au fil [8)]	$E_{m,mean}$	N/mm²	11500
		$E_{t,0,mean}$		
		$E_{c,0,mean}$		
	$E_{90,mean}$ ⊥ au fil [9)]	$E_{c,90,mean}$	N/mm²	300
		$E_{t,90,mean}$		
	Module de cisaillement [9)]	G_{mean}	N/mm²	650
	Module de cisaillement roulant	$G_{r,mean}$	N/mm²	–
Densité (masse volumique) [1) 3)]				
		ρ_{mean}	kg/m³	540
		ρ_k	kg/m³	480

1) Les propriétés et les valeurs de dimensionnement se réfèrent à la classe d'humidité 1 et à un climat ambiant de 20 °C et 65 % d'humidité relative de l'air. Pour le châtaignier, ces conditions correspondent à une teneur en eau d'env. 12 %.

2) Lors d'une utilisation en classe d'humidité 2, il convient d'observer les indications du chapitre 6.2.2. Dans ce cas, les valeurs de résistance seront multipliées par η_w = 0,8 et les valeurs de rigidité par η_w = 0,9.

3) Les exigences posées à la fabrication de BLC de châtaignier de qualité contrôlée figurent dans les directives de fabrication. [1]

4) Pour des hauteurs de section différentes de 600 mm, la résistance à la flexion sera adaptée selon l'expression (2).

5) Pour des dimensions de section b ou h > 300 mm et l > 3600 mm la formule (4) s'applique.

6) Volume sollicité uniformément ≤ 0,1 m³; pour des valeurs supérieures, la formule (5) s'applique.

7) Pour des hauteurs de poutre différentes de 600 mm, la résistance au cisaillement doit être adaptée selon la formule (3).

8) Le fractile 5 % est défini comme inférieur de 1000 N/mm² à la valeur moyenne.

9) Le fractile 5 % est défini par les 80 % de la valeur moyenne.

10) Fractile 5 % et valeurs caractéristiques de la résistance à la compression, voir chapitre 16.1

Gli incollati di frondifero

Progetto di valorizzazione del legname frondifero ticinese – modulo 2
“aspetti economici”

Flaminio Cadlini
www.grineco.ch
Maggio 2022

Sommario

Executive Summary 2
Introduzione 3
I Gli incollati di castagno, considerazioni economiche 4
1. Quantità, qualità e prezzo del legname 4
2. Prodotto e mercato potenziale 8
3. Innovazione incrementale di prodotto, processo e organizzazione 11
4. Un riscontro sul prodotto da parte delle imprese di carpenteria ticinesi 12
5. Considerazioni legate al prezzo di vendita 14
II La certificazione di provenienza Marchio Ticino 15
III La piattaforma online nazionale "Lignapool" e la "borsa del legno" ticinese 16
IV Conclusioni alla parte economica 19
V Documentazione consultata 20
VI Allegati 21
1. Sondaggio intervista ai carpentieri 21
2. Tipologia di incollati presenti sul mercato 22

Executive Summary

Questa parte di analisi raccoglie le considerazioni economiche e di mercato del modulo 2 del progetto di valorizzazione del legname ticinese di frondifere; descrive in particolare il test di preparazione di travi incollate di castagno.
Questa seconda fase è nata come logica conseguenza dei buoni risultati conseguiti nella prima parte del progetto - che consisteva nel testare la qualità e la quantità del legname frondifero attraverso la segagione di specie indigene - e risponde alla necessità di mettere sul mercato un prodotto ticinese sostenibile che risponda alle esigenze della clientela.
Tra le molte possibilità di incollati esistenti, la scelta di produrre delle travi risponde anzitutto alle esigenze delle carpenterie e si posiziona sul mercato dell'edilizia in legno; questo settore presenta importanti volumi e si trova in una fase di crescita della richiesta di costruzioni, riattazioni e sopraelevazioni in legno.
Non da ultimo è stata decisiva la possibilità di produrre a chilometro zero, con una produzione che ha l'obiettivo di ridurre l'impatto ambientale, ma altresì garantire la lavorabilità locale e dunque creare posti di lavoro in Ticino; in questo modo, anche il know-how generato va a favore e rimane nel settore locale della produzione di manufatti in legno.
Pure la provenienza della materia prima dal nostro Cantone contribuisce a sostenere gli sforzi di garantire un bosco sano e atto alle funzioni al quale è destinato. Infine, un maggiore utilizzo del legname d'opera favorisce un incremento delle superfici boschive oggetto di cure selvicolturali.

Per quanto riguarda i risultati qui presentati, gli stessi vanno suddivisi in aspetti economici e di mercato.
Per gli aspetti economici, il calcolo del costo di produzione, peraltro marginale in questo contesto di ricerca, ha mostrato come si è ad un livello di costo superiore se confrontato agli incollati di conifera (abete in particolare). Questo risultato non sorprende, poiché gli incollati di castagno e in generale di frondifero, si posizionano in una nicchia, con volumi e peculiarità diverse dalla grande produzione svizzera e estera ad elevate economie di scala.
Il diverso aspetto estetico e il mercato di nicchia a cui si rivolgono, fa sì che la produzione ticinese vada valorizzata per gli aspetti intrinseci e non riguardo ad una mera logica di costo e profittabilità economica.

Il calcolo elaborato e presentato di un esempio di travatura in legno incollato di castagno per una costruzione standard dimostra che vi siano i margini di guadagno necessari lungo tutta la filiera del legno (nello specifico dal proprietario boschivo alla carpenteria), e la possibilità per il cliente di migliorare le caratteristiche estetiche e il valore immobiliare della propria costruzione valorizzandola con un prodotto locale in castagno.

Le interviste con tre imprese di carpenteria volte a comprendere le opportunità di mercato di questo prodotto hanno confermato trattarsi di un prodotto che permette agli imprenditori di attuare una vendita attiva ai clienti che hanno una media disponibilità media a pagare, ma soprattutto desiderano un prodotto che valorizzi la loro casa e il territorio in cui si trovano.

Oltre ai risultati sopraelencati, non va dimenticato come un ulteriore esito di questo progetto siano le importanti competenze acquisite a livello di innovazione di prodotto, di processo e organizzative.
Il fatto di essere riusciti a coordinare varie persone ed attività locali, a portare avanti e terminare un complesso progetto di questo tipo, con la collaborazione di esperti a livello universitario, ha certamente contribuito ad arricchire il know-how della filiera del legno ticinese. Non dunque insegnamenti teorici in classe, ma attraverso processo di creazione di un nuovo prodotto che non ha eguali in quanto ad efficacia nell'apprendimento.

Infine, non poteva mancare l'aspetto comunicativo, sempre più essenziale in una Società che si basa sull'informazione. È proprio in questo contesto che si inseriscono le due parti conclusive del progetto: la piattaforma online del commercio del legno e la certificazione con un Marchio ufficiale.
La prima che aveva l'obiettivo di creare una piattaforma del commercio del legno che permettesse il contatto diretto tra gli imprenditori forestali ticinesi e gli attori interessati a questo materiale; gli sforzi profusi in questo contesto hanno portato all'implementazione della piattaforma svizzera per renderla utilizzabile anche a livello ticinese, e alla creazione di una piattaforma ex-novo a livello ticinese ("La borsa del legno").
La seconda parte del modulo conclusivo ha come obiettivo la creazione di una certificazione con il Marchio Ticino per i prodotti del legno ticinese. Questo importante tassello permette sia la riconoscibilità del prodotto indigeno, ma soprattutto rende snello e chiaro il processo di aggiudicazione delle commesse ad una precisa tipologia di provenienza, quella ticinese.

Introduzione

Nel 2015 federlegno.ch, l'associazione mantello che raggruppa gli operatori legati al tema e prodotto bosco-legno nella Svizzera Italiana, ha deciso di iniziare un importante progetto per la valorizzazione del legname frondifero ticinese.
Il ricavo nettamente inferiore per il legno frondifero d'energia rispetto al resinoso d'opera e il fatto che dell'ottimo legno frondifero venisse cippato e in seguito bruciato, hanno convinto federlegno.ch a investire risorse nella ricerca di una diversificazione qualitativa all'utilizzo del frondifero, che coinvolgesse tutti gli attori della filiera (impresari forestali, segherie, rivenditori, carpentieri, falegnami, architetti, associazioni di categoria, enti pubblici, Sezione Forestale, scuole professionali e universitarie).
Dopo una fase organizzativa, ha avuto inizio la prima parte di un progetto di valorizzazione del legno frondifero ticinese incentrata su un test di segagione del legname che andasse a verificarne la bontà qualitativa e l'economicità dello stesso, in collaborazione con la Sezione forestale, le associazioni professionali del settore del legno ed è stato possibile grazie ai finanziamenti provenienti dalla nuova politica regionale (NPR/filiera bosco-legno).

Con il raggiungimento degli obiettivi prefissati e sulla base delle riflessioni scaturite nella conclusione di questo primo progetto, federlegno.ch ha ritenuto opportuno pensare ad un nuovo progetto che potesse dare delle risposte ai nuovi quesiti emersi.

Ad inizio 2017 federlegno.ch ha indetto una riunione con alcuni operatori del settore per discutere di una possibile continuazione del progetto, che portasse avanti il discorso implementandolo su un prodotto finito. Non solamente semilavorati (tavole di castagno, come nella prima fase del progetto), ma un prodotto finito innovativo e locale che fosse vendibile sul mercato.

Dopo uno studio della realtà nazionale e del mercato dei prodotti lignei[1], si è constatato che il mercato dell'edilizia in legno rappresenta un segmento interessante sia a livello qualitativo, che a livello finanziario in termini di investimenti annui.
Per questo motivo la parte principale del secondo progetto è stata incentrata sulla produzione-test di travi incollate in frondifera ticinese (in particolare castagno, ma anche un mini-test con la robinia).

Accanto a questo test principale, per completare alcune esigenze legate alla valorizzazione e conoscenza del prodotto, si sono svolte le tre seguenti parti:

- La certificazione di provenienza Marchio Ticino,
- la piattaforma online di commercio nazionale del legname frondifero "Lignapool",
- la piattaforma online di commercio ticinese del legname "borsa del legno".

Questo documento finale di presentazione dei risultati è strutturato nel modo seguente: dopo l'introduzione, il capitolo con gli aspetti economici del progetto.
In seguito i due capitoli riguardanti il certificato di provenienza e la piattaforma di commercio del legname frondifero.
Il capitolo finale riprende le principali conclusioni del progetto e le proposte di sviluppi futuri.

[1] L'analisi di mercato e la relativa riflessione è prodotta in un capitolo di questo documento.

I Gli incollati di castagno, considerazioni economiche

In questo capitolo sono esposte le considerazioni economiche allo studio ed è suddiviso nelle seguenti sezioni:

- La quantità, la qualità e il prezzo del legname utilizzato per il test;
- Il prodotto e il mercato potenziale;
- L'innovazione incrementale di prodotto, processo e organizzazione;
- Indicazioni di prezzo per una promozione ottimale.

1. Quantità, qualità e prezzo del legname

In questo capitolo è presentata un'analisi della materia prima fornita (assi in castagno ticinese) per il test riguardante le travi di castagno incollate, della dimensione di 17x4.5 centimetri, con lunghezza da 2 a 4 metri.

Quantità e qualità della materia prima

La materia prima per il progetto è stata fornita dalle aziende Segheria Lombardi di Biasca e Involti SA di Arosio, da oltre mezzo secolo specializzate nella segagione e nel trattamento del legname di castagno locale.
Coerentemente con lo spirito del progetto, per il test, sono state ordinate delle assi prodotte con tronchi di qualità B/C/D.
Le tabelle seguenti riassumono la qualità e la quantità del legname fornito, così come le considerazioni in merito al lavoro svolto.

Tabella 1: Quantità e qualità di legname fornito inizialmente (tronchi, assi, mc)

TRONCHI				
Qualità	Involti	Lombardi	TOTALE	Distribuzione %
A	1	0	1	0.5%
B	18	32	50	26.9%
C	48	63	111	59.7%
D	14	10	24	12.9%
Totale	81	105	186	100%

ASSI				
A	9	0	9	0.6%
B	194	259	453	30.6%
C	363	491	854	57.6%
D	61	105	166	11.2%
Totale	627	855	1482	100%

METRI CUBI DI ASSI				
A	0,207	0,000	0,207	0.6%
B	4,649	6,364	11,013	31.8%
C	7,741	11,582	19,323	55.7%
D	1,574	2,563	4,136	11.9%
Totale	14,170	20,509	34,679	100%

Come si può osservare dalla tabella, sono stati segati complessivamente 186 tronchi di castagno, dei quali solo 1 di qualità A, il rimanente di qualità B, C e D.

La segagione ha prodotto 1482 assi per un totale di 34,679 metri cubi, così come richiesto dalla direzione tecnica del progetto.
Complessivamente si nota come poco meno di un terzo è di qualità B, mentre che la qualità preponderante è la C (oltre la metà, ca. 55%).
Andando più nel dettaglio si vede come la distribuzione nelle varie qualità è diversa a dipendenza del fornitore. In particolare Involti ha fornito più qualità D e meno qualità B; Lombardi il contrario.
Se lo spirito del progetto era di testare tutte le qualità disponibili, è chiaro come ciò abbia richiesto un importante lavoro iniziale di cernita e una successiva attenzione per la qualità finale, che ha avuto un impatto sui costi di produzione. Questo maggior costo è dovuto soprattutto al test produttivo, che di conseguenza giustifica ampiamente l'esecuzione di un test con aiuti finanziari istituzionali.

Un'altra conseguenza del test con qualità medio-basse è lo scarto risultante da:

- **Test di verifica qualitativa iniziale (prima cernita):** tutte le assi sono state verificate manualmente da operatori del settore, in modo da eliminare quelle che già visivamente non avrebbero superato la fase di essiccatura. Se da una parte ciò ha avuto un impatto sui costi di lavorazione, dall'altra ha evitato di essiccare quelle con difetti palesi (ad esempio cipollatura) che sarebbero state eliminate comunque dopo l'essiccatura, andando così a ridurre il quantitativo da essiccare.
- **Test di scansione elettronica (seconda cernita):** questo secondo test eseguito dopo l'essiccatura in forno, del quale è possibile comprenderne le implicazioni leggendo la parte tecnica del progetto, ha permesso di scartare degli assi non idonei per la produzione di incollati.

Le quantità di assi e i metri cubi rimasti e utilizzabili per la produzione sono elencati nella tabella seguente. Complessivamente si è avuta una riduzione del 12,8% per quanto riguarda le assi, mentre i metri cubi hanno subito una riduzione del 6,4%. Ciò significa che sono state scartate soprattutto le assi piccole provenienti da tronchi di qualità bassa (cipollatura, nodi).
La diminuzione presentata nella colonna di destra della tabella è coerente e mostra una correlazione inversa rispetto alla qualità: se la qualità diminuisce e gli scarti aumentano; circa un quanto degli assi provenienti da tronchi D sono stati eliminati prima della produzione degli incollati.

Tabella 2: Quantità e qualità di legname utilizzabile per la produzione (tronchi, assi, mc)

ASSI					
Qualità	Involti	Lombardi	TOTALE	Distribuzione %	Diminuzione %
A	9	0	9	0,7%	0,0%
B	181	245	426	32,9%	-6,0%
C	352	383	735	56,8%	-13,9%
D	61	62	123	9,5%	-25,9%
Totale	603	690	1293	100%	-12,8%

METRI CUBI DI ASSI					
A	0,207	0,000	0,207	0,6%	0,0%
B	4,635	6,284	10,919	33,6%	-0,9%
C	7,718	10,261	17,979	55,4%	-7,0%
D	1,574	1,795	3,369	10,4%	-18,6%
Totale	14,133	18,340	32,473	100%	-6,4%

Figura 1: Assi di castagno presso Filippi SA Airolo

La tabella seguente presenta i costi suddivisi per fornitori di materia prima. L'aspetto più importante da tenere presente è che nei totali sono compresi la quota di lavoro proprio, e dunque il totale è maggiore delle colonne seguenti, dove il lavoro proprio è stato dedotto (-%).
La voce "***Trasporti div." riguarda prestazioni di trasporto eseguite da Involti anche per Lombardi e l'importo è stato dunque suddiviso tra i due fornitori.
La tabella è strutturata in due parti: **Fornitura** e **Costi Test**, con l'obiettivo di mostrare in modo chiaro quali sono stati i costi supplementari, ad esempio la marcatura oppure un taglio di prova, che riguardano espressamente il progetto e non ci sarebbero nel caso di una fornitura normale.

Tabella 3: Costi della fornitura di materia prima, per operatore e suddivisa per centri di costo

CHF	Involti	Involti (-%)	Lombardi	Lombardi (-%)	TOTALE	TOTALE (-%)
Legname + segagione	26'840	23'657	36'442	31'615	63'282	55'272
Trasporto Airolo	2'090	1'842	2'200	1'909	4'290	3'751
***Trasporti div.	1'760	1'551	1'760	1'527	3'520	3'078
FORNITURA	30'690	27'051	40'402	35'051	71'092	62'101
Costi test: prova taglio	480	423	500	434	980	857
Costi test: marcatura	2'560	2'256	4'400	3'817	6'960	6'074
COSTI TEST	3'040	2'679	4'900	4'251	7'940	6'931
TOTALE	33'730	29'730	45'302	39'302	79'032	69'032

La tabella seguente esplicita i costi al metro cubo per operatore, tenendo conto delle due tipologie di costo: fornitura e costi test.

Tabella 4: Costi al metro cubo degli assi forniti, suddivisi per fornitore e per totale

CHF	Involti	Involti -%	Lombardi	Lombardi -%	TOTALE	TOTALE -%
Costo solo fornitura	2'171	1'914	2'203	1'911	2'189	1'912
Costo totale (fornitura + test)	2'387	2'104	2'470	2'143	2'434	2'126

Il processo di lavoro svolto è tipico di un procedimento di ricerca e sviluppo, che implica la presenza di costi aggiuntivi, ma permette altresì di andare a verificare praticamente ogni singolo dettaglio di un procedimento che diventerà poi standard.

Non deve dunque meravigliare che da un confronto con un operatore del legno locale si è confermato il fatto che il costo finale della materia prima utilizzata nel test risulta superiore al prezzo di mercato comunemente contrattato. Questo aspetto ha un'implicazione positiva per quanto riguarda gli sviluppi futuri, in quanto la produzione vera e propria potrà beneficiare di prezzi migliori a quelli esposti nelle tabelle precedenti.

2. Prodotto e mercato potenziale

federlegno.ch, dopo aver promosso e terminato il primo modulo del progetto generale di "valorizzazione del legname frondifero ticinese", si è attivata per una logica continuazione del progetto che andasse nella direzione di testare e promuovere un prodotto finito.
In Ticino i boschi di frondifero rappresentano il 70% del totale con abbondante presenza di Castagno e in minori quantità di Robinia; questo ha stimolato federlegno.ch a proporre delle alternative tecniche all'uso del legname grezzo. La proposta di progetto andava dunque verso una possibile soluzione d'impiego del legno locale tramite la messa in opera di travature lamellari in Castagno e Robinia con un processo di lavorazione interamente ticinese, è stata accolta positivamente dagli attori coinvolti e dalle Autorità. A ciò ha fatto seguito una richiesta di progetto che prendesse lo spunto dal mercato del legno attuale e dalle potenzialità di sviluppo dello stesso riguardo alla tipologia del legno ticinese, in particolare il castagno e un minimo quantitativo di Robinia.

I prodotti del legno

Secondo la statistica della Sezione Forestale (SFor), nel 2015 sono stati esboscati 50'344 mc di legno frondifero; 49'165 mc dei quali è stato trasformato in legna da ardere (97,7%), 425 mc sono legname d'opera, mentre i rimanenti 754 mc sono legname per l'industria.
Il risultato più importante emerso dalla prima fase dello studio di valorizzazione del frondifero è stata la dimostrazione che esistono i presupposti per un utilizzo di maggior valore di una parte della legna attualmente destinata al riscaldamento, sia in termini qualitativi che economici.

Alfine di delineare un segmento in cui concentrare gli sforzi di federlegno.ch si è iniziato catalogando i vari usi che già ne vengono fatti attualmente, indipendentemente dal tipo di legname (resinoso o frondifero).

1. Riscaldamento (legna da ardere, cippato)
2. Premunizioni, arginature (paleria)
3. Mobili e industria
4. Edilizia in legno (strutturale residenziale e commerciale nonché investimenti interni ed esterni).

Tutte le categorie sono tendenzialmente interessanti per la filiera, ma è chiaro come sia opportuno concentrarsi su un mercato che sappia valorizzare il frondifero e abbia uno sbocco potenziale nel prossimo futuro.

L'energia-legno (1.) è tuttora il principale utilizzo e deve certamente continuare a sussistere poiché si tratta di un vettore energetico sostenibile, che permetta di valorizzare tutto quanto non è possibile utilizzare a scopo industriale o d'opera. Di questa promozione se ne occupano già alcune associazioni attive nel settore (Svizzera-energia, AELSI, ecc.).

Per quanto riguarda la paleria per premunizioni naturali (2.), non si può parlare di un vero e proprio mercato, in quanto le stesse sono utilizzate per esigenze di protezione e sicurezza, promosse dall'Ente pubblico.

Il comparto dei mobili e industria (3.) è interessante per il valore aggiunto dato al legno e potrebbe essere incrementato con la sostituzione del legno estero attualmente utilizzato con il legno frondifero locale (km 0). Questa sostituzione ha dei limiti dati dal prezzo dei semiprodotti (tavolame) e implica un grosso lavoro di promozione, così come un impegno verso il prodotto locale sia da parte del consumatore e degli operatori, sia da parte degli Enti pubblici. Le potenzialità di questo segmento non sono attualmente conosciute. L'eventuale azione andrebbe probabilmente indirizzata e intrapresa sia con i rivenditori locali, sia con i falegnami.
Il mercato della vendita di mobili al dettaglio presenta una forte pressione concorrenziale da parte di grossi attori nazionali e internazionali, con i quali andrebbe studiata una campagna promozionale per riuscire ad entrare tra i loro fornitori.
Il comparto dell'edilizia in legno (4.) è quello che presenta i maggiori volumi di materiale. Attualmente gli elementi sono prodotti con essenze resinose, spesso di importazione, ma questo segmento rappresenta pure un grosso potenziale per il frondifero, visto che quest'ultimo attualmente si limita a pochi usi di rivestimento e scarso uso strutturale.

Il trend attuale con tassi importanti di crescita di questo comparto mostra come di primaria importanza siano le edificazioni in legno (case prefabbricate, ristrutturazioni, sopraedificazioni).

In Svizzera e in Ticino lo spazio edificabile si va vieppiù restringendo, sia a livello fisico, sia a livello di legislazione vigente (vedi ad esempio l'ultima modifica della LPT per la limitazione di nuove aree edificabili).

Una possibile soluzione per incrementare lo spazio costruibile è quella di incrementare gli indici edificatori, aumentando il numero di piani delle zone attualmente edificabili. L'associazione nazionale HolzbauSchweiz, nel rapporto annuale 2014/15, sottolinea come le difficoltà a livello di spazio potranno essere superate dal settore in quanto l'edilizia in legno è perfettamente in grado di superare queste limitazioni attraverso strategie intelligenti ("costruire nel costruito").

L'edilizia in legno, contrariamente alle costruzioni in cemento armato, si presta particolarmente bene a dar seguito alle nuove strategie intelligenti di intensificazione del costruito, in quanto i problemi legati alla statica della costruzione, soprattutto nel caso di sopraedificazioni di un certo volume e peso, sono agilmente superabili.

Attualmente le costruzioni sono prodotte in abete (resinoso), ma sembra che il legno di frondifera possa offrire caratteristiche persino migliori.

Questo segmento della carpenteria-edilizia sembra essere molto promettente anche alla luce di una prima analisi del comparto della costruzione di abitazioni ticinese e svizzero. I dati trovati in merito all'edilizia in legno confermano come questa tipologia edilizia siano promettenti e per questo motivo si è pensato di ricercare alcuni dati che potessero dare una prima conferma di questo trend e dei suoi possibili sviluppi.

Edilizia in legno (residenziale, commerciale, industriale ed amministrativa)

Prima di affrontare il discorso relativo all'edilizia in legno, è indicativo analizzare quanto sia il totale degli investimenti e delle costruzioni residenziali in Ticino ed in Svizzera, indipendentemente dal materiale utilizzato.

Come si può osservare dalla Tabella 5, gli investimenti abitativi ogni anno in Svizzera mediamente a circa 40 miliardi di franchi annui, mentre in Ticino presentano la considerevole cifra di 1,7 miliardi di franchi. Visti i volumi, si tratta di un mercato potenzialmente molto interessante, che può sicuramente portare una crescita del fatturato qualora si riuscisse a sostituire con il legno una parte di quanto viene solitamente edificato in cemento armato.

Tabella 5: Investimenti in stabili abitativi, pubblici e privati (milioni di CHF, a prezzi reali)

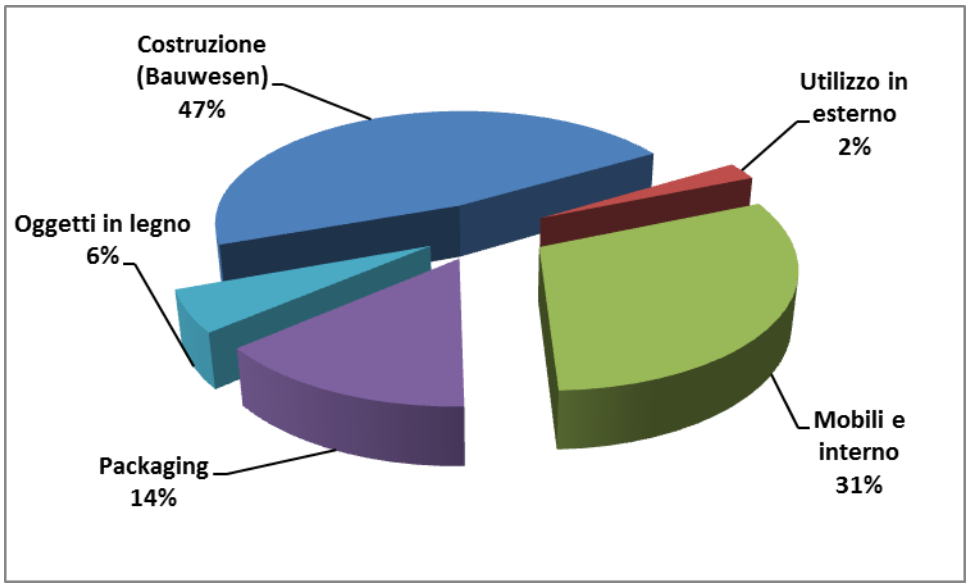
	Svizzera	Ticino
2012	36'614	1'710
2013	37'904	1'738
2014	38'974	1'853
2015	39'619	1'825
2016	40'083	1'747
2017	40'277	1'870
2018	39'805	1'773
2019	39'260	1'663

Fonte: Ufficio cantonale di statistica

Secondo la Lignum tra il 2009 e il 2014 le domande di costruzione per l'edilizia in legno in Svizzera sono aumentate del 73%.

Per riuscire a comprendere meglio cosa già si fa con il legno, anche nel campo della costruzione, è possibile consultare l'analisi del BAFU pubblicata nel 2012 (cifre 2009) sul tema dell'uso finale del legno in Svizzera (Holzendverbrauch Schweiz).

Figura 2: Utilizzo del legno in Svizzera (distribuzione percentuale, 2009)[2]



Fonte: BAFU, BFH

Secondo il BAFU il legno utilizzato in Svizzera (cifre 2009) ammontava a 2'770'300 metri cubi. In una recente presentazione i ricercatori della Bernerfachhoschlule (BFH) di Bienne hanno aggiornato questo dato al 2012, anno nel quale il totale ammontava a 3'047'000 metri cubi. Se la crescita fosse lineare, la proiezione per il 2021 segnerebbe un quantitativo attorno ai 4 milioni di metri cubi.

Dal grafico appare come la quota di legno maggiore sia utilizzata nel comparto della costruzione (Bauwesen) rappresentando quasi la metà del totale con 1'430'000 mc (46,7%). Scomponendo questa cifra si osserva come ben due terzi siano impiegati nella costruzione strutturale (67%), mentre il 12% è impiegato per porte, finestre e scale, il 16% in usi sussidiari della costruzione (ponteggi, ecc.) e il rimanente 5% per infrastrutture (es. palizzate, ecc.).

Sulla base della proiezione per il 2021 e tenuto conto della dimensione del mercato ticinese rispetto a quello svizzero, si può ipotizzare che attualmente il legno utilizzato in Ticino per la costruzione sia approssimativamente 100'000 mc.

Questo grafico conferma l'interesse di questo segmento e richiederebbe un maggior approfondimento per comprendere esattamente quale siano gli usi attuali e le essenze che vengono impiegate in Svizzera e in Ticino. Al momento non esistono dati precisi che permettano una risposta in merito.

Secondo l'Ufficio federale di statistica negli ultimi anni in Svizzera sono state accettate annualmente circa 30'000 domande di costruzione, la metà per ristrutturazioni e sopraelevazioni di edifici. In totale sono state autorizzati circa 46'000 alloggi di cui 20'000 sono nuove edificazioni, mentre il rimanente sono ristrutturazioni o sopraelevazioni.

Il mercato ticinese rappresenta circa il 5% del totale e il numero degli alloggi negli anni 2010-2014 è cresciuto mediamente di circa 2'300 all'anno.

Sebbene non si conoscano precisamente i dati ticinesi, in uno studio della Bernerfachhoschlule[3] si precisa come in Svizzera la quota di ristrutturazioni o sopraelevazioni eseguite con il legno sia del 30%.

In Svizzera, già solo le ristrutturazioni in legno, sarebbero dunque circa 5'500 alloggi, mentre in Ticino ammonterebbero a circa 800 alloggi.

In Ticino, a detta degli operatori del settore, la quota di mercato del legno è molto inferiore a questo 30% e questa cifra segnala dunque un certo spazio di crescita per il settore del legno ticinese.

[2] BAFU (2012), Holzendverbrauch Schweiz.

[3] Birgit Neubauer (2015), Bauer mit Holz, Wo Wächst der Markt?, BFH

Queste cifre, benché parziali, confermano la potenzialità di questo segmento e l'opportunità per federlegno.ch di svolgere una seconda fase del progetto di valorizzazione e innovazione del legno ticinese di frondifera in cui viene testato il legno di castagno ticinese a livello statico-strutturale per la produzione di elementi incollati da utilizzare nella costruzione e poter così partecipare a questo mercato del rinnovo e della sopraelevazione edilizia.
Anche il progetto in corso presso il Politecnico federale di Zurigo (ETH), in cui si stanno svolgendo dei test su di un edificio sperimentale costruito con legno di frondifere (faggio e frassino), dimostra l'interesse e le potenzialità per questo tipo di essenze frondifere.

A livello svizzero il legno di frondifero è al momento oggetto di analisi e studi, in particolare il faggio; per questa essenza si stanno sviluppando prodotti e applicazioni innovative per l'edilizia. In questo modo si ottiene un migliore e più efficace sfruttamento delle risorse boschive con l'apertura di nuove possibilità edilizie attraverso un materiale ligneo di provenienza indigena con caratteristiche tecniche migliori del legno di abete. Alcuni produttori sono già attivi a livello individuale con prodotti specifici di questo tipo. Una normalizzazione a livello svizzero di questo tipo di prodotti è l'obiettivo degli sforzi e dei progetti attualmente in corso.
A livello ticinese la disponibilità di legno di frondifere con potenziale simile al faggio è da ascrivere al castagno, come ben dimostrato dalla prima fase di questo progetto.
Nei prossimi decenni, in considerazione dell'aumento della biodiversità in bosco, per l'edilizia in legno sarà importante saper utilizzare equamente sia il legname di conifera sia quello di frondifero.

La tipologia di materiali in legno incollati per l'edilizia è elevata e per orientarsi in questo comparto si è analizzata una tabella (v. allegati) che presenta le tipologie di legni incollati usati nell'industria e nell'edilizia.
Alcuni di questi prodotti hanno un basso prezzo, poco valore aggiunto e necessitano di volumi elevati e dunque non idonei ad essere prodotti in Svizzera, altri lo sono soprattutto nella Svizzera Francese e Tedesca. In Ticino l'unica produzione di prodotti incollati per l'edilizia è effettuata da Filippi SA ad Airolo, con la produzione di travi incollati, quasi esclusivamente in conifera, di medie-grandi dimensioni da utilizzare in carpenteria.

3. Innovazione incrementale di prodotto, processo e organizzazione

Questa nuova possibilità di impiego del legno di castagno ticinese per la produzione di incollati risponde alle esigenze del mercato e si inserisce in un'ottica di innovazione incrementale, ossia il tentativo di proporre un prodotto già esistente ma migliorandolo per quanto riguarda l'essenza con il quale è fabbricato.

In ogni progetto di innovazione vi è una fase iniziale di ricerca e sviluppo, svolta da Istituti tecnici, che possano produrre i risultati cercati in modo tecnicamente e scientificamente attendibile, in modo da poterli replicare e implementare a livello commerciale.
Qualora gli sforzi e l'investimento siano rilevanti, come in questo caso, e se ne possano trarre dei benefici per un intero settore economico, è opportuno che vi sia un intervento pubblico di supporto, affinché le conoscenze tecniche, tecnologiche e scientifiche per lo sfruttamento efficace del materiale siano poi messe a disposizione di tutti gli operatori.

L'investimento proposto in questo caso va confrontato con la possibile e potenziale entrata in questo importante mercato delle strutture in legno, alfine di edificare o ristrutturare con i legni ticinesi per eccellenza, ossia il castagno e la robinia.

Questa innovazione incrementale è anzitutto un'innovazione di prodotto, ma riguarda anche i processi di produzione e l'organizzazione, in quanto modifica le fasi di lavorazione svolte dalla filiera, andando a migliorare sia i processi di produzione che l'organizzazione dall'esbosco: l'impatto a livello di know-how è di conseguenza importante e riguarda buona parte degli attori del legno ticinese.
Questo progetto, oltre che a testare un prodotto che funga da traino per il rilancio del legno di frondifera, ha dunque il pregio di lavorare sui processi produttivi con l'obiettivo di raggiungere una migliore competitività del settore.

4. Un riscontro sul prodotto da parte delle imprese di carpenteria ticinesi

Come già affermato più volte il coinvolgimento degli attori della filiera è stato essenziale alla riuscita del progetto e per valutare il prodotto rispetto alle potenzialità di mercato ci si è rivolti ad alcuni carpentieri di riferimento.
In particolare se ne è parlato con i signori Aurelio Pagnamenta, già presidente dell'associazione di categoria, Omar Bernasconi, membro di comitato federlegno.ch, e il signor Lancetti, direttore della succursale Renggli di Ascona.

Di seguito verranno esposte le domande con le risposte in forma sintetica fornite dagli interlocutori.

Quanto e quale prodotti incollati utilizzate?
Attualmente vengono utilizzati quasi esclusivamente prodotti incollati; il massiccio non incollato è utilizzato raramente e prevalentemente in esterno.
Oltre il 90% del materiale è abete, il resto larice, e un po' di rovere. Su richiesta del cliente e se non ci sono controindicazioni quali questioni statiche o piuttosto della fisica della costruzione, noi carpentieri siamo disposti ad inserire qualsiasi essenza.
L'uso del castagno è molto raro e utilizzato soprattutto per costruzioni rustiche, massicce e a vista.

Dove acquista la materia prima o i semilavorati?
In generale dai rivenditori locali quali Regusci o Somazzi, ma nel caso vi sia meno urgenza nella fornitura e posa, anche dalla Svizzera Interna. Il problema è spesso la tempistica e il vantaggio dei rivenditori è di avere in magazzino il materiale standard pronto per la fornitura.

Per le richieste in castagno, essendo un prodotto pregiato e particolare, vi è meno urgenza e il cliente e il committente sono più disposti ad aspettare.
La tempistica è essenziale in ogni lavoro ed è rilevante anche per il castagno; i tempi di attesa hanno dei costi e se il materiale non arriva entro un congruo termine, il cliente cambia prodotto. Per questo motivo sarebbe auspicabile pensare a una produzione standard da tenere in stock presso un rivenditore, che possa servire da showroom, come pure per ordinazioni.
A livello indicativo, il materiale standard è fornito da Somazzi in 2/3 giorni (tagliato su misura); per misure particolari sono necessarie due settimane. Presso la segheria Filippi bisogna contare su 7/10 giorni.

Quanto è determinante il prezzo del legno per l'aggiudicazione di un lavoro?
Se si prende l'esempio di un tetto (fornitura e montaggio), la parte maggiore del costo è dovuta al lavoro di montaggio (50-60%), il rimanente è relativo al materiale necessario; il costo del legno corrisponde a circa il 10% del totale. Una differenza dovuta al costo del legno potrebbe essere accettabile soprattutto se valorizza l'insieme della casa e si tratta di un lavoro a vista.
Evidentemente il castagno non è da confrontare con l'abete; si tratta semplicemente di un prodotto diverso; diverso sia a livello estetico che finanziario. Il problema è che attualmente il castagno non viene suggerito o proposto da parte dei committenti al cliente finale; questo è un aspetto da tenere presente e da migliorare. La diversità ma soprattutto il fatto di avere a disposizione un prodotto "nuovo" arricchisce la gamma in termini di possibilità edificatorie e dovrebbe essere maggiormente considerato.

Come vedere il futuro della carpenteria?
I carpentieri ci saranno sempre, ma tutto evolve molto in fretta e vi potrebbero essere dei cambiamenti importanti. Già ora alcune grosse aziende occupano sempre meno carpentieri e più falegnami, poiché vi è sempre meno lavorazione e sempre più materiale fornito pronto che va unicamente montato; tra l'altro la produzione potrebbe venire sempre più dall'estero. Oltre a ciò vi sono molti tetti piani con soletta in beton, che non richiedono carpenteria.
Non va però dimenticato che attualmente il settore legno cresce più in fretta dell'edilizia classica.

Quale concorrenza percepite maggiormente?
La maggior concorrenza è data dalle carpenterie ticinesi e anche qualcuna svizzera. Da non sottovalutare la concorrenza estera per quanto riguarda le case in legno chiavi in mano.
Per quanto riguarda le aziende dell'edilizia, gli operatori intervistati non la ritengono una concorrenza diretta, in quanto si basa su scelte diverse alla fonte.

Come vedere una collaborazione con l'edilizia classica?

La risposta a questa domanda si è divisa diametralmente tra due diversi approcci. Alcuni non considerano possibile una collaborazione in quanto ogni azienda ha il suo mercato e cura i propri interessi e di conseguenza vi sono scarse possibilità.
Altri operatori affermano che in un prossimo futuro si prospettano interessanti lavori di sopraelevazioni, per cui la collaborazione resta un tema molto attuale.

Per quale impiego vedreste bene gli incollati di castagno ticinese?
I carpentieri ribadiscono come si tratti di un'essenza pregiata e di nicchia, con un'ottima qualità strutturale ed estetica. Essendo di colore chiaro, il profano potrebbe confonderlo con altre essenze e questo non facilita la valorizzazione.
Il prezzo è almeno il doppio dell'abete e dunque andrebbe limitato a quegli usi a vista che valorizzano l'insieme della casa.
I prodotti a cui si potrebbe pensare sono:

- Solette interne a vista
- Colmo interno della casa a vista
- Balconi, terrazze o pensiline, in esterno
- Facciate ventilate
- Rifacimenti, sopraelevazioni, edifici multipiano, a partire da quando è stato risolto il problema fuoco.
- In generale ha un uso molto vasto, visto anche la possibilità ora di produrre degli incollati di castagno.

Chi potrebbero essere i destinatari (clienti) degli incollati di castagno ticinese?

- Il privato certamente è il target principale. Un privato che vuole costruire con un valore aggiunto e ha la flessibilità e la disponibilità a pagare per aggiungere della qualità e alla propria costruzione. Si tratta evidentemente di un mercato di nicchia e si potrebbe pensare anche a riattazioni o sopraelevazioni.
- Certamente una clientela affezionata al territorio con un budget importante a disposizione, ma che non deve necessariamente abitare in Ticino, quanto piuttosto al nord delle Alpi.
- L'ente pubblico, su indicazione vincolante della certificazione del legname di origine locale (Marchio Ticino o Legno Svizzero) inserita nel capitolato d'offerta.

Non vanno poi dimenticati quegli operatori (architetti, ingegneri, operatori immobiliari) che fanno consulenza ai clienti e hanno il potere di supportare le scelte dei clienti, siano essi privati o pubblici. È imprescindibile influire su questi centri decisionali.

Dalle interviste emergono delle interessanti possibilità di mercato per l'edilizia in legno e soprattutto per incollati di valore, quali quelli in castagno.
Evidentemente si tratta di un prodotto di nicchia, che va promosso, ma permette delle grosse soddisfazioni sia in termine economico che estetico.
Le difficoltà da superare riguardano anzitutto la fornitura, dove andrebbe completata la filiera, investendo in un'azienda che metta a disposizione il tavolame (segherie).
Ulteriori difficoltà riguardano la disponibilità di materiale finito, pronto in stock, in modo da ridurre i tempi di consegna ed avere a disposizione il materiale entro tempi simili alle travature di conifere.

Una ulteriore barriera da superare riguarda la conoscenza e la promozione di questo nuovo prodotto; in merito andrebbe implementata una campagna marketing che raggiunga i partner più importanti, ossia le università, gli architetti, i privati e non da ultimo l'ente pubblico.

5. Considerazioni legate al prezzo di vendita

Il costo di una materia prima locale, lavorata localmente in piccole quantità, presenta una struttura dei costi di produzione superiori ai prodotti standardizzati provenienti dall'estero, prodotti su larga scala.
In realtà, l'incollato di castagno ticinese è un prodotto diverso rispetto alla qualità standard utilizzata nelle costruzioni e pertanto va utilizzato e valorizzato in modo corretto.
Visto il suo aspetto estetico, è un prodotto che va utilizzato a vista, ma possiede anche ottime caratteristiche tecniche e può sostituire ogni altra essenza utilizzata correntemente.

In particolare ha i seguenti pregi:

- Arricchisce ogni costruzione, grazie al suo pregiato valore estetico;
- è un prodotto certificato con il Marchio Ticino;
- contribuisce allo sviluppo e al mantenimento dell'economia regionale;
- siccome l'esbosco è praticato con l'obiettivo di preservare il bosco ticinese, l'acquisto di questo prodotto favorisce il miglioramento e la sicurezza delle condizioni delle nostre foreste;
- è rispettoso dell'ambiente e contribuisce alla riduzione degli effetti del cambiamento climatico (km 0).

Considerate le ottime qualità del prodotto, lo stesso non è confrontabile con le travature di conifere utilizzate abitualmente e non ha senso confrontarlo nemmeno a livello economico (costi e prezzo di vendita). Per questo motivo si è deciso di portare un esempio relativo alla fornitura di travature di carpenteria per un tetto con misure che si ritrovano comunemente in molte delle edificazioni ticinesi.

<u>Un'idea di calcolazione per la travatura di un tetto standard</u>

A titolo di paragone, nella tabella di seguito è esposto un esempio di calcolazione di prezzo per una travatura in castagno di un tetto con dimensioni standard (ml 10 * 6x2); sono compresi i correntini, le radici e il colmo, mentre non sono incluse le perline a vista.
Secondo i calcoli commerciali eseguiti sulla base del test pratico, il prezzo di acquisto del carpentiere è di 3'500.-/mc. Il prezzo, essendo dedotto da un'unica produzione test, potrebbe essere ridotto qualora il processo produttivo fosse ottimizzato e presentasse volumi maggiori.

Come si può osservare la fornitura della travatura in castagno, pronta per il montaggio, ha un costo pari a 16'240 franchi.

Costo calcolato per la fornitura di travatura in castagno (ipotetico tetto di 6x10 metri)

travatura	pezzi	lunghezza cm	spessore cm	Altezza cm	cubatura	prezzo mc	TOTALE
correntini	30	600	10	16	2,88	3'500	10'080
travi laterali	2	1000	16	30	0,96	3'500	3'360
colmegna	1	1000	16	50	0,8	3'500	2'800
							CHF 16'240

Questo calcolo mostra come il costo aggiuntivo di una struttura in castagno ticinese è marginale rispetto al costo complessivo della costruzione, ma contribuisce a portare valore all'insieme poiché si tratta di un lavoro a vista. Questa indicazione basata su un esempio concreto mostra come vi siano i margini per proporre direttamente al cliente finale un prodotto ticinese ad un prezzo contenuto rispetto all'aumento di valore dato alla costruzione dagli incollati di castagno[4].
Questo caso presenta un esempio, ma nella realtà del commercio è data libertà al carpentiere di discutere direttamente con il produttore il prezzo per la fornitura del prodotto e dunque ottenere condizioni diversificate a seconda del rapporto commerciale esistente.

[4] Come precisato dai carpentieri intervistati durante l'analisi, il costo la travatura sul totale del tetto, corrisponde a circa il 10%. Ciò significa che l'utilizzo del castagno comporta un onere aggiuntivo marginale, pari a +4/7%.

Se l'essenza di castagno è di per sé un forte argomento di vendita dovuto alla produzione locale, il progetto delle travi incollati ha concretizzato questa volontà di valorizzare la produzione a km0 fornendo un prodotto utilizzabile in ogni tipo di costruzione.

II La certificazione di provenienza Marchio Ticino

Durante la fase di cooperazione con la LIGNUM per la messa in rete del marchio "LegnoSvizzero", federlegno.ch ha verificato di persona quali e quanto importanti fossero i compiti divulgativi tra le categorie professionali, di informazione, degli interventi di lobbying e dell'accettazione fra le Associazioni dei Consumatori.

L'obiettivo chiaro e condiviso è sempre stato: **rendere consapevole il consumatore dell'importanza della filiera del legno svizzera.**

In Ticino, durante i numerosi incontri che federlegno.ch ha promosso con gli imprenditori del legno, è spesso emersa la volontà di certificare la provenienza del prodotto Castagno e Robinia (senza però escludere a priori le altre tipologie); entrambe le essenze sono un'esclusività ticinese e questa condizione rende il Marchio Ticino un'opportunità unica, perfettamente complementare al più generico LegnoSvizzero. La presenza del Marchio Ticino è consolidata e riconosciuta da anni sul mercato nazionale e l'aggiunta del Castagno e della Robinia va a ulteriore garanzia dell'acquirente e dell'impresa orientata alla produzione indigena.

Il marchio Ticino e il marchio Legno Svizzero

<u>Lo sviluppo del progetto di marchio</u>

Il lavoro iniziato a suo tempo con l'Unione dei contadini Ticinesi, allora responsabili per il Marchio Ticino, è diventato parte integrante di questo progetto di valorizzazione del frondifero ticinese, ed è proseguito con la nuova organizzazione dei marchi regionali, che nel frattempo è stato ripreso dall'associazione Alpinavera.
Alpinavera è stata creata a seguito della riorganizzazione del Consiglio Federale sui marchi, quale associazione intercantonale, sostenuta da produttori agroalimentari artigianali e contadini dei cantoni Grigioni, Uri, Glarona e Ticino.
Alpinavera si impegna a favore della commercializzazione dei prodotti d'alpe, di montagna e di quelli regionali."
Di fatto questa associazione ha dei compiti abbastanza vasti che vanno dalla promozione dei prodotti, al sostegno di manifestazioni regionali tipiche, al co-branding su tutti i mezzi di comunicazione.

In merito al Marchio Ticino, il grosso lavoro svolto da parte di fedelegno.ch ha avuto l'obiettivo di creare delle condizioni ideali affinché gli imprenditori del legno ticinese fossero incentivati a certificarsi con il Marchio Ticino. A differenza del marchio "Legno svizzero", che certifica l'intera azienda, per il Marchio Ticino si è optata una certificazione per i prodotti. Questa maggiore flessibilità dovrebbe andare incontro alle esigenze delle imprese. Si auspica in particolare che in futuro questa certificazione di prodotto sia richiesta dai committenti privati come pure dagli enti pubblici nei capitolati per l'esecuzione di opere pubbliche.

La certificazione è una garanzia del prodotto locale e dovrebbe essere richiesta dal cliente o dal committente ai fornitori del legno in occasione di acquisti o investimenti.
Questo permetterà di raggiungere l'obiettivo di mantenimento di un'attività economica di prossimità attraverso una politica pubblica di investimenti locali, che porti ad una politica economica di impatto rilevante, con un sostenuto effetto moltiplicatore degli investimenti eseguiti.

III La piattaforma online nazionale "Lignapool" e la "borsa del legno" ticinese

Nell'ultimo decennio, ma ancor di più nell'ultimo anno, si sono visti fiorire progetti di commercializzazione dei prodotti locali attraverso le piattaforme online. Ciò che era nato a livello globale (Amazon, Ebay, ecc.) è vieppiù stato applicato anche a livello locale (es. Terranostra).

Anche il settore del legno non è rimasto inattivo e Lignum, l'associazione svizzera dell'economia del legno, ha promosso la propria piattaforma di commercio online *Lignapool*.
Anche federlegno.ch si è attivata e ha creato la piattaforma ticinese "Borsa del legno" http://borsa.federlegno.ch
.

Questa parte del progetto di valorizzazione ha l'obiettivo di implementare una piattaforma che sia specifica del legno, accessibile ai produttori locali, ma soprattutto promossa a livello nazionale.
La volontà è di espandere il mercato del prodotto locale oltre le frontiere cantonali, dando la possibilità alle (poche) segherie ancora presenti e agli imprenditori del legno ticinese, di accedere direttamente alla distribuzione. L'esiguo numero di segherie in Ticino e il fatto che le essenze ticinesi per eccellenza (castagno e robinia) siano una produzione di nicchia, ha chiaramente favorito i grossisti e rivenditori di materiale edile che hanno colmato parte della domanda con legname di provenienza estera.

Questa piattaforma permette in parte di bypassare questi rivenditori, ottenendo dei margini superiori e parallelamente avere un contatto diretto con l'acquirente, così da permettere una migliore consulenza e la promozione dei propri prodotti.

La piattaforma online *Lignapool* della Lignum

L'Associazione Svizzera "Iniziativa per il Frondifero" con l'Associazione Svizzera dell'industria del Legno ha promosso la piattaforma online per il commercio del legno "LIGNAPOOL", alla quale federlegno.ch si è agganciata, traducendo in italiano il sito www.lignapool.ch. Questo progetto è supportato dai seguenti partners: Piano d'azione del legno dell'Ufficio federale dell'ambiente, Fondo di legno di Berna, Industria del legno Svizzera, Fondo di autofinanziamento del settore forestale e del legno svizzero, Foresta Svizzera.

La piattaforma *Lignapool*, si descrive come "una piattaforma che mette in mostra quanto prodotto dal settore del legname domestico e consente ai fornitori di legname segato svizzero, semilavorati, materiali e altri prodotti di legno di presentare il loro prodotto e acquisire nuovi canali di vendita. Lignapool.ch non è una piattaforma di trading, ma è utilizzata per la mediazione e l'avvio di business."

Come si può osservare dalla definizione, i prodotti sono molto variegati e coprono tutta la paletta della produzione del settore.

Attualmente sono iscritte a Lignapool oltre 90 aziende svizzere, di cui 2 ticinesi.

Lignapool, pagina iniziale con un'azienda ticinese

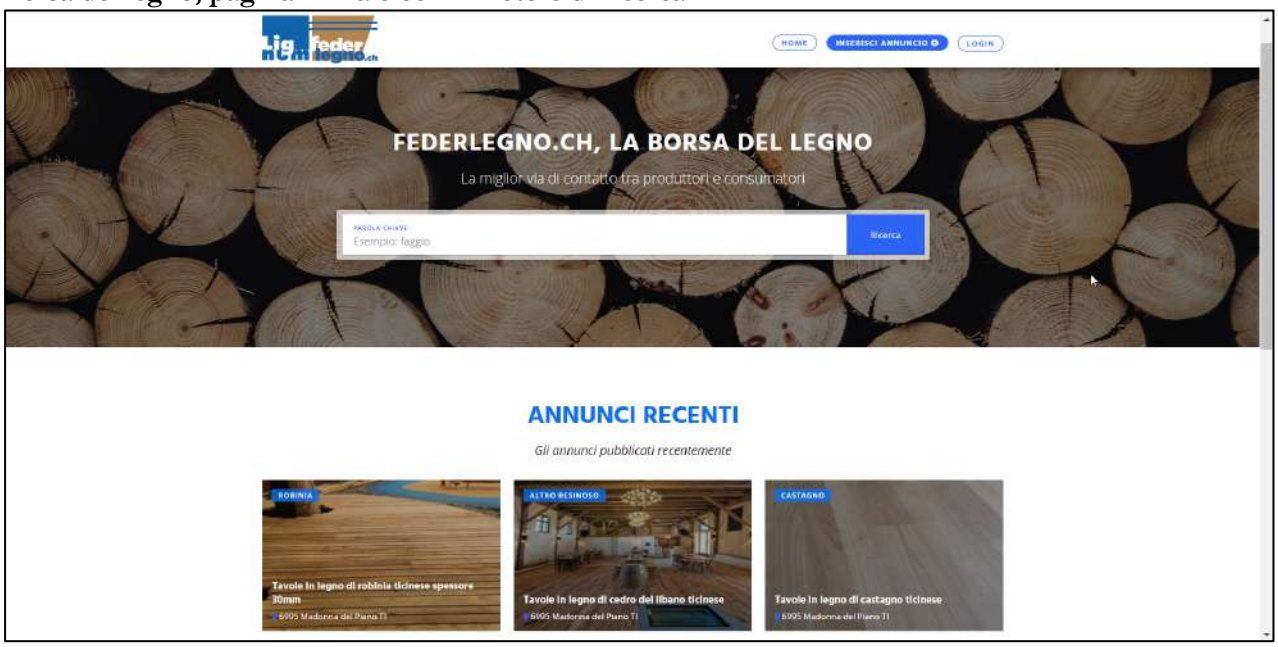
Lignapool, pagina con la descrizione dell'azienda e del prodotto

La piattaforma *"Borsa del legno"* di federlegno.ch

Federlegno.ch ha promosso e implementato una piattaforma locale di scambio di prodotti del legno. Se da una parte vi è una certa analogia con *Lignapool*, va sottolineato come sia stata semplificata la struttura e il contenuto si concentra strategicamente su pochi ma importanti segmenti della produzione lignea ticinese.

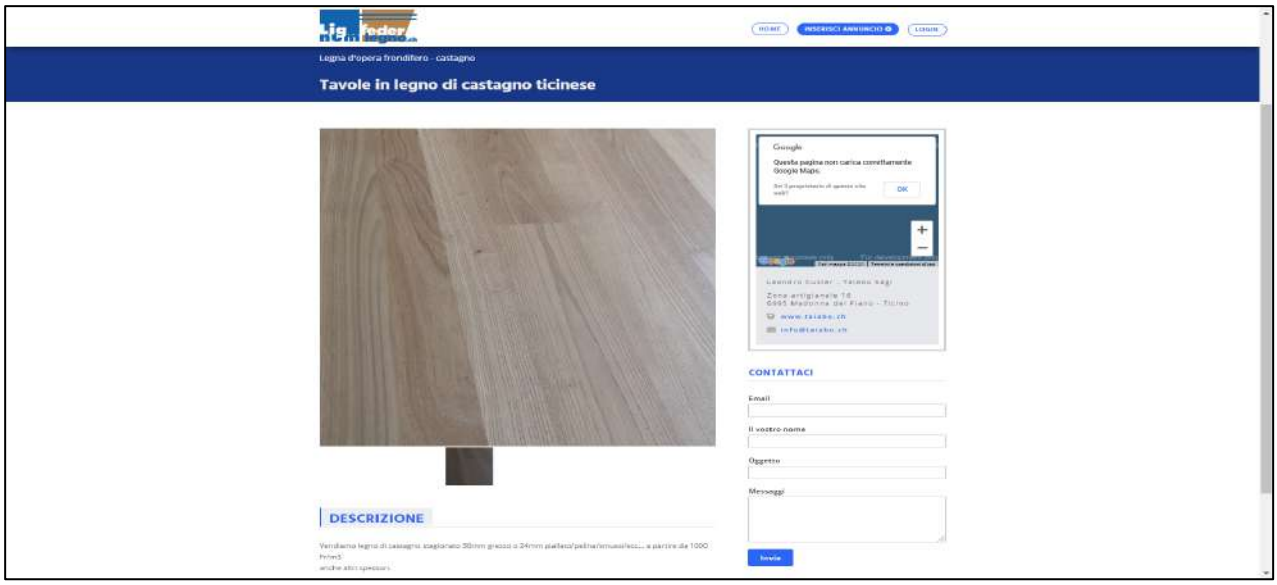
La borsa online è reperibile partendo dalla prima pagina del sito web di federlegno.ch oppure dal seguente indirizzo: http://borsa.federlegno.ch .

Borsa del legno, pagina iniziale con il motore di ricerca



Come si può osservare l'accento è posto sul prodotto e già sulla pagina principale vi sono delle *tiles* con il tipo di prodotto e un'indicazione del luogo di vendita.

La Borsa del legno non è una piattaforma di trading, ma permette al cliente il contatto diretto con il produttore; questa relazione è vera anche in senso inverso e dà al produttore l'accesso al mercato senza intermediari.



Come si può osservare nell'immagine precedente, cliccando sulla vetrinetta del prodotto, appaiono le informazioni importanti: una o più foto del prodotto con la descrizione ed il prezzo, le informazioni del venditore e un modulo di contatto diretto.
Questa piattaforma si inserisce all'interno del trend in atto, il quale permette di allargare il mercato facendo capo agli strumenti della comunicazione attraverso Internet. Se dalla parte degli imprenditori ticinesi questa possibilità è ancora poco utilizzata, certamente va fatto uno sforzo da parte di tutti affinché divenga uno degli strumenti correntemente utilizzati per migliorare le proprie vendite.
Questa piattaforma permetterà altresì di rilanciare anche i prodotti analizzati e testati sia durante il modulo 1 (assi di castagno provenienti da legname di media qualità) sia durante il modulo attuale (travi incollati di castagno).

IV Conclusioni alla parte economica

Il modulo 2 del progetto di valorizzazione del legname frondifero ticinese si è concentrato sulla creazione di un prodotto che fosse innovativo e avesse delle caratteristiche attrattive per il mercato dell'edilizia in legno.
Dopo uno studio delle varie possibilità offerte dalla realtà locale e nazionale, così come dal mercato e dai prodotti esistenti, federlegno,ch ha deciso di mettere in produzione le travi incollate di castagno.

L'innovazione introdotta riguarda il prodotto, come pure il processo e l'organizzazione. Siccome la sperimentazione tecnica, eseguita da un team universitario coadiuvato dagli operatori locali, si è svolta completamente in Ticino, si può affermare che uno dei primi obiettivi raggiunti è stata la crescita del know-how della filiera del legno ticinese.

Per quanto riguarda gli aspetti di mercato, si è operata una scelta di prodotto dopo aver analizzato quali fossero i segmenti maggiormente in crescita che, malgrado restassero di nicchia, potessero dare uno sviluppo commerciale al prodotto.
La carpenteria in legno è certamente il settore che ha un futuro non solo nelle edificazioni nuove, ma soprattutto nelle ristrutturazioni e nelle sopraelevazioni. Il legno di castagno, oltre che non essere da meno strutturalmente ai resinosi, ha un plusvalore a livello estetico che lo rende unico.

Per quanto riguarda gli aspetti economici, come era stato ipotizzato, la produzione di nicchia e i volumi ridotti portano a costi superiori rispetto al prodotto standard resinoso. Di fatto non si tratta di un prodotto standard,

ma di un prodotto che valorizza la costruzione nel suo insieme e va dunque ricercato il cliente che abbia la disponibilità ad assumersi maggiori costi, peraltro limitati, per ottenere un risultato migliore.
Gli incollati di castagno sono dunque un prodotto diverso dai resinosi e aprono nuove possibilità agli architetti e ai carpentieri affinché possano proporre un prodotto nuovo, ticinese.

Le ultime due parti del modulo, la piattaforma online del legno e il Marchio Ticino, vanno a colmare le lacune nel campo dell'informazione e del commercio, che oggigiorno fa sempre più capo a internet; nella odierna società dell'informazione sono degli strumenti necessari.

Anche gli incollati di castagno necessitano ora di uno sforzo promozionale per portare a conoscenza di questo nuovo prodotto i potenziali interessati: architetti, carpentieri, clienti, Università, enti pubblici.
Il successo di un buon prodotto dipende anche dalla comunicazione e il prossimo passo dovrà andare in questa direzione.
Il mercato è evidentemente quello svizzero, nel quale vi sono le persone che rispondono alle esigenze per diventare clientela potenziale: amore per i prodotti ticinesi, disponibilità a pagare, attenzione per l'ambiente, rispettosi e desiderosi di sostenere l'economia locale.

Per fare ciò si potrebbe pensare ad un progetto di sopraelevazione in un luogo in cui vi sia un'eco mediatica importante, ad esempio il centro di Zurigo, Lucerna, Berna, Basilea o Losanna.
Questo importante sforzo promozionale dovrebbe essere accompagnato da visite guidate da parte degli operatori del settore legno svizzero, così come da studenti universitari e responsabili logistici pubblici.
Non dunque solo mera teoria, ma un'idea applicata praticamente che permetta a tutti gli attori coinvolti di beneficiare di un momento di crescita, promosso dagli attori del legno ticinese.

V Documentazione consultata

federlegno.ch (2016), Il progetto di valorizzazione del legname ticinese di frondifere, Modulo 1: Il test di segagione del legname frondifero ticinese, Rivera.

BAFU (2014), Analyse und Synthese der Wertschöpfungskette Wals und Holz in der Schweiz, Berner Fachhochschule, Bern.

BAFU (2015), Grundlagen zum Marktpotential für verklebte Laubholzprodukte mit Fokus Buchen-Brettschichtholz, Berner Fachhochschule, Bern.

Birgit Neubauer-Letsch (2015), Bauen mit Holz, wo wächst der Markt?, Berner Fachhochschule, Bern.

VI Allegati

1. Sondaggio intervista ai carpentieri

1. Azienda	. . . . .
2. Numero di collaboratori	
3. Lavori svolti	☐ Carpenteria e copertura tetti
	☐ Lattoneria edile
	☐ Rivestimenti soffitti e facciate
	☐ Scale esterne e interne
	☐ Isolazioni foniche e acustiche
	☐ Lavori interni di qualsiasi genere
	☐ Case modulari
	☐ Chalet prefabbricati
	☐ Consulenza tecnica
	☐ Altro
4. Quanto e quale prodotti incollati utilizzate? (mc/franchi)	
5. Dove acquista la materia prima o i semilavorati?	
6. Quanto il prezzo del legno determina il fatto di ricevere il lavoro o meno?	
7. Quanto influisce il costo del lavoro sul totale?	
8. Futuro della Carpenteria?	
9. Quale concorrenza percepite maggiormente? ?	….. Altre aziende di carpenteria ticinesi
	….. Altre aziende di carpenteria svizzere
	….. Altre aziende di carpenteria estere
	….. Altre aziende dell'edilizia (cemento)
	….. Altro . . . . .
10. Come vedere una collaborazione con l'edilizia classica? Con quali scopi?	
11. Incollati di castagno ticinese. Per quale impiego vedreste bene questo prodotto ticinese?	
12. Chi potrebbero essere i destinatari (clienti) degli incollati di castagno ticinese?	

2. Tipologia di incollati presenti sul mercato

Questa lista è stata ripresa da un interessante rapporto del BAFU in collaborazione con la BFH di Berna[5] ed è servito come spunto per avere un *overview* sulla gamma di prodotti incollati, in modo da comprendere quale fosse opportuno sviluppare con il legno di castagno indigeno.

Prodotto	Immagine del prodotto	Produttori in Ticino	Produttori in Svizzera	Fattibilità in castagno
Travetti massiccio [KHV Konstruktionvollholz]		Sì	Sì	Sì
Travetti incollati a 2/3 strati [Duo/ Trio Balken]		1	Sì	Sì
Travi incollate [BSH Brettschichtholz]		1	Sì	SI, PROGETTO FEDER-LEGNO
Travi incollate incrociate [Kreuzverleimte Balken]		--	Sì	Sì
Travi incollate rotonde [BSH Rundsäulen]		--	Sì	Sì
XLAM – legno lamellare incrociato [CLT - Cross Laminated Timber]		No	Sì	Sì
Pannelli multistrato impiallacciato [Tischlerplatten, Stabsperrholz]		No	Sì	Sì
Pannello multistrati [Sperrholz]		No	Sì	Sì

[5] BAFU (2015), Grundlagen zum Marktpotential für verklebte Laubholzprodukte mit Fokus Buchen-Brettschichtholz, Berner Fachhochschule, Bern.

Pannelli truciolati laminati [LSL Laminated Strand Lumber]		No	**	**
OSB Oriented Strand Board		No	**	**
Travetti truciolati laminati [Stegträger]		No	**	**

** Si tratta di prodotti a largo uso, che necessitano di grossi volumi di produzione, andando a riutilizzare scarti o semiprodotti di bassa qualità, con un prezzo finale basso. Per gli elevati grossi volumi necessari e i bassi costi, non si prestano favorevolmente ad una produzione in Svizzera.