CLASSIFICAZIONE E VALORI CARATTERISTICI DI SEGATI DI CASTAGNO PER IMPIEGHI STRUTTURALI

Martino Negri[1], Marco Togni[2]
(1) CNR - ITL, Istituto per la Tecnologia del Legno, San Michele all'Adige (TN)
(2) IATF, Istituto di Assestamento e Tecnologia Forestale - Università di Firenze

Il lavoro è stato svolto dagli autori in parti uguali
[1] Dottore di Ricerca in Scienze del Legno, CNR - ITL Istituto per la Tecnologia del Legno, San Michele all'Adige (TN). Tel.0461 660203; fax 0461 650045; negri@itl.tn.cnr.it
[2] Dottore di Ricerca in Scienze del Legno, IATF, Istituto di Assestamento e Tecnologia Forestale - Università di Firenze. Tel. 055 30231275; fax 055 319179; uzielli@cesit1.it

Riassunto

In Italia il Castagno è un'importante specie legnosa. Il legno di Castagno proveniente da ceduo è particolarmente adatto (e tradizionalmente è stato molto utilizzato) per gli impieghi strutturali, ma poche sono le informazioni disponibili per un uso razionale ed in armonia con le normative europee.
Varie centinaia di travetti in dimensione d'impiego di differenti provenienze nazionali sono state sottoposte a prove meccaniche, seconda la norma ISO 8375 (UNI EN 408); analizzando le relazioni osservate tra le caratteristiche meccaniche e le dimensioni dei nodi, l'inclinazione della fibratura e la presenza di cipollatura, è stata messa a punto una Regola di classificazione a vista dei segati di Castagno per uso strutturale, che soddisfa le prescrizioni della norma europea UNI EN 518, e consente di ripartire i segati in Categorie. Per ogni Categoria sono stati derivati i valori caratteristici, in accordo con la UNI EN 384.
La ricerca è tuttora in corso, e - grazie ad un contratto di ricerca con l'ARSIA Toscana - viene estesa a vari popolamenti della Toscana.

Summary

Visual grading and derivation of characteristic values for Chestnut structural sawn timber
Sweet Chestnut (Castanea sativa) is an important hardwood species. The timber harvested from coppice forest is well suitable (and traditionally has been widely used) for structure, but few data are presently available for its use according to the recent European standards.
Several hundreds of full dimension specimens from various Italian stands were tested according to ISO 8375 (UNI EN 408). The analysis of relationship between mechanical properties and size of knots, slope of grain and occurrence of ring shake, led to a visual grading rule complying with UNI EN 518 standard, and capable of separating Chestnut sawn timber in appropriate grades. For each visual grade, characteristic values were derived according to UNI EN 384.
The work is still in progress and thanks to a research contract granted by ARSIA (Tuscan Regional Agency) is being developed with timber from several Tuscan Stands.

Introduzione

In Italia il Castagno è un'importante specie legnosa. Il legno di Castagno proveniente da ceduo è particolarmente adatto per gli impieghi strutturali, ma poche sono le informazioni disponibili per un uso razionale ed in armonia con le normative europee.

1 La specie legnosa

Il nome botanico del Castagno europeo è *Castanea sativa* Miller; il lemma Castagno deriva forse dal nome della città di Kastanis, località del Ponto, dove pare fosse abbondante (Plinio il Vecchio).

Il Castagno costituisce una fra le specie forestali più diffuse sul territorio nazionale; per quanto concerne i boschi governati a fustaia è stimato intorno a circa 300.000 ha, mentre i boschi cedui occupano una superficie totale di circa 493.000 ha, cui corrisponde una massa stimata di oltre 73 milioni di m^3. I cedui di Castagno occupano da soli il 22% della superficie forestale italiana governata a ceduo con ben 453.000 ha di proprietà privata (Inventario Forestale Nazionale, 1985).

Le attuali tipologie forestali si suddividono in due categorie distinte: castagneti da frutto e castagneti per la produzione di legno.

Per la produzione legnosa era molto diffuso in passato il governo a ceduo in tutte le sue varianti, che permetteva di ottenere assortimenti apprezzati per usi agricoli, in massima parte paleria. Attualmente si osserva una crisi nella produzione legnosa ove si assiste ad una sostenuta domanda di assortimenti di qualità superiore a quella che i cedui italiani sono in grado di fornire.

2 Fattori che influiscono sulle caratteristiche del legno in opera

I **nodi** sono parti di ramo incluse all'interno del tronco per l'accrescimento radiale dei tessuti del fusto. I rami vivi, morti o in una fase di intermedia di deperimento, inclusi nel fusto dall'accrescimento, determinano rispettivamente nodi aderenti, non aderenti o parzialmente aderenti. Il nodo rappresenta un punto critico per la resistenza del segato, soprattutto perché si verifica una deviazione di fibratura molto accentuata che - come specificato in seguito - è un fattore di indebolimento determinante. Il numero, la dimensione e la distribuzione dei nodi dipende, oltre che dalla specie legnosa, da numerosi fattori esterni: struttura del popolamento, interventi selvicolturali, condizioni climatiche, età della pianta, ecc. Conseguentemente tutti i segati presentano nodi diversi per distribuzione e numero.

Il nodo - presenza, dimensione e numero - è uno dei parametri più significativi per la caratterizzazione meccanica dei segati per uso strutturale.

Gli **anelli di accrescimento**. All'interno dell'anello si distinguono due zone differenti, una corrispondente al periodo primaverile - zona primaticcia caratterizzata da diametro dei vasi elevato e massa volumica bassa - l'altra corrispondente al periodo estivo - zona tardiva caratterizzata da vasi piccoli e **massa volumica** più elevata. Le proprietà meccaniche sono strettamente collegate alla massa volumica, che varia all'interno dell'anello.

Le **fessurazioni da ritiro** sono determinate dalla perdita di umidità del legno; la pianta vivente, dal momento dell'abbattimento sino al termine della stagionatura, perde progressivamente acqua sino a quando il legno non raggiunge un contenuto d'umidità in equilibrio con le condizioni termoigrometriche dell'ambiente in cui si trova. Perdendo acqua si verifica una contrazione volumetrica la cui entità non è costante nelle differenti direzioni anatomiche. La differenza di contrazione percentuale tra le direzioni tangenziale e radiale è causa delle caratteristiche fessurazioni da ritiro a "V". Sono una manifestazione perfettamente normale del legno stagionato e non rappresentano un significativo difetto per la resistenza del segato a meno che non siano passanti attraverso tutta la sezione, fenomeno che porterebbe all'indebolimento dell'elemento perché suddividerebbe il segato in due o più elementi di sezione minore, non coesi tra loro.

La **cipollatura** è un particolare tipo di fessurazione le cui cause non sono state ancora chiarite con soddisfacente precisione; si tratta di un distacco o anche solo di una zona di debolezza, secondo un piano tangenziale, di due anelli di accrescimento adiacenti. La cipollatura può rappresentare per i segati per uso strutturale un difetto grave, soprattutto se in combinazione con altri difetti e in particolare con altri tipi di fessurazioni, per esempio quelle radiali da ritiro. Un notevole indebolimento del segato è determinato da sistemi di più cipollature che rendono possibile lo scivolamento di parte della sezione del segato sulla sezione adiacente; la resistenza del segato è minore, poiché è assimilabile alla resistenza di elementi, di sezione inferiore a quella originale del segato, separati e giustapposti.

Per **fibratura** si intende la direzione prevalente dell'asse longitudinale delle cellule dei tessuti conduttori e di sostegno. La fibratura si definisce inclinata o deviata quando la sua direzione non è parallela all'asse longitudinale del segato; il legno, materiale anisotropo, presenta le migliori caratteristiche meccaniche di elasticità e di resistenza quando le cellule sono sollecitate in direzione parallela al proprio asse, mentre le prestazioni sono ridotte drasticamente per angoli differenti. La fibratura può essere deviata localmente dalla presenza di un nodo; la deviazione è tanto maggiore quanto maggiori sono le dimensioni del nodo stesso.

3 Classificazione del legno per usi strutturali

Le strutture in legno possono rappresentare una soluzione economica, affidabile, esteticamente apprezzabile; l'origine biologica del materiale e la sua intrinseca variabilità rendono tuttavia difficile la progettazione a causa di una scarsa cultura tecnica relativa a questo materiale. In altri paesi europei vi è una diffusa abitudine costruttiva che ha consolidato consuetudini, tecnologie e capacità. Parte di questo patrimonio conoscitivo è stato adottato in un corpo normativo fra tutti paesi europei, comprendente un codice di calcolo specifico e una serie di Norme accessorie; in alcuni di questi paesi rappresenta già

un sistema in grado di soddisfare le esigenze di calcolo dei progettisti, che possono utilizzare il legno alla stregua di altri materiali.

3.1 Prove su provini piccoli ed esenti da difetti

I dati delle caratteristiche meccaniche reperibili sulla letteratura italiana sino ad oggi hanno fatto esclusivo riferimento a prove effettuate su provini netti di piccole dimensioni; le caratteristiche così determinate vengono estese al pezzo intero, il quale presenta spesso delle anomalie o dei difetti tali da rendere i valori reali di elasticità e resistenza significativamente inferiori a quelli calcolati col metodo sopra esposto. Il progettista è quindi costretto ad applicare dei coefficienti di sicurezza estremamente elevati, che siano in grado di tenere conto delle numerose fonti di variabilità, naturalmente presenti nel legno. Così facendo tuttavia si percorre una via estremamente penalizzante nei confronti di specie o provenienze o gruppi di segati o addirittura dei singoli segati, dotati di buone caratteristiche meccaniche.

3.2 Le prove su membrature in dimensione d'impiego

La definizione delle caratteristiche di resistenza ed elasticità su provini in dimensione di impiego rappresenta senza dubbio l'approccio più indicato per un materiale dalle caratteristiche peculiari quale è il legno; a causa della presenza di fattori, difetti e anomalie, che possono pregiudicare significativamente le proprietà di singoli elementi, si sarebbe obbligati a penalizzare in maniera antieconomica i segati di buone prestazioni per non incorrere nel pericolo determinato dai segati di bassa qualità.

3.3 I sistemi basati sulle Classi di Resistenza

Il sistema proposto, quello delle **Classi di Resistenza**, assegna ciascun gruppo di segati, attraverso la combinazione di specie/provenienza/categoria, a una delle classi. La classe è caratterizzata da un "profilo" composto da una serie di valori caratteristici relativi a tutte le grandezze utili (resistenza ed elasticità a flessione, trazione e compressione ecc.).

I sistemi di classificazione secondo la resistenza sono adottati in molti paesi per gli indubbi vantaggi che essi sono in grado di offrire; le classi di resistenza sono indipendenti dal sistema di classificazione, sono indipendenti dalla specie legnosa considerata, sono indipendenti dal tipo di prodotto finito, sono orientate alle prestazioni, sono semplici da utilizzare e, da ultimo, si dimostrano piuttosto affidabili. I sistemi di classificazione in classi di resistenza sono stati sviluppati assegnando per ogni classe il valore caratteristico delle principali proprietà: la resistenza, il modulo di elasticità e la massa volumica, con le proprietà secondarie assegnate di conseguenza.

Il sistema di Classi di Resistenza proposto dal Comitato Europeo di Normazione con la normativa EN 338 adottata dall'UNI con la sigla "UNI EN 338:1997", rappresenta uno degli elementi indispensabili per l'utilizzo dell'Eurocodice 5, che è un regolamento di calcolo per il progetto di strutture in legno. L'Eurocodice 5, così come gli altri Eurocodici, diventerà nel prossimo futuro diffuso strumento di calcolo.

3.4 Categorie

Categoria: con questo termine si intende l'insieme di segati di una specie, di una certa provenienza, con una certa combinazione e qualità di difetti, alla quale le prove sperimentali permettano di attribuire un certo profilo di valori caratteristici. Vengono

determinate attraverso una classificazione di tipo visuale attribuendo dei valori limite per ogni tipologia di difetto.

A causa della variabilità del tipo e qualità di legno disponibili, la varietà di impieghi finali e le dimensioni dei prodotti finiti delle industrie del legno, esistono molte differenti combinazioni di specie e classi di qualità con differenti caratteristiche di resistenza che rendono complicati il progetto e le specifiche delle costruzioni in legno.

Nell'ambito del sistema basato in Classi di Resistenza si raggruppano insieme le specie con caratteristiche di resistenza simili, rendendole intercambiabili. Ciò semplifica molto il lavoro del progettista permettendogli di limitarsi a specificare una data Classe di Resistenza e di utilizzare il valore caratteristico della classe indicata per i calcoli di progetto. Nel momento in cui il progettista affronta i calcoli di progetto non ha bisogno di conoscere i costi e la disponibilità del legno. Egli può semplicemente progettare utilizzando i valori di resistenza di una particolare classe e quindi specificarla. Può poi selezionare la migliore e più economica combinazione specie/provenienza/categoria. Si noti che è sempre possibile escludere l'utilizzo di certe specie che si ritengano non accettabili (per esempio a causa della durabilità).

4 Materiali e metodi

4.1 Campionamento

I campioni classificati e provati sono stati i seguenti:

- gruppo I N: segati 8 x 8 x 160 cm contenenti il midollo, numerosità 106;
- gruppo II N: segati 8 x 8 x 160 cm senza midollo, numerosità 64;
- gruppo III N: segati 12 x 8 x 240 cm, numerosità 58;
- gruppo I A: segati 8 x 8 x 160 cm, numerosità 250;
- gruppo II A: segati 12 x 5 x 240 cm, numerosità 184.

La localizzazione dell'area di prelievo dei toppi è risultata dall'esigenza di soddisfare necessità differenti: il popolamento doveva essere rappresentativo di boschi che non solo fossero idonei a fornire materiale per strutture ma che fossero anche normalmente utilizzati per questo scopo, e inoltre doveva possedere struttura, fertilità e vocazione produttiva rappresentativa dei cedui della zona.

I gruppi I N, II N e III N sono stati ottenuti prelevando materiale da un bosco governato a ceduo semplice, situato nel comune di Sutri (VT), di circa 40 ha di superficie, con turno di 18 anni; per i gruppi I A e II A sono stati utilizzati boschi situati nel sud della Toscana, in particolare da due boschi sul confine tra i comuni di Montieri (GR) e Radicondoli (SI), un bosco nel comune di Piancastagnaio (SI), tutti e tre governati a ceduo semplice, e un bosco ceduo in conversione nel comune di Castiglione della Pescaia (GR).

I toppi sono stati in parte lavorati da ditte del posto in parte trasportati presso la segheria della Comunità Montana del Casentino per la segagione.

4.2 Classificazione visuale

La lunga esperienza pratica e numerose prove sperimentali hanno permesso negli anni di valutare l'influenza dei difetti e delle anomalie del legno sulla resistenza meccanica dei segati. Partendo da questo principio sono state messe a punto in vari Paesi regole per classificare i segati basate sul rilievo visuale dei principali difetti. Per potere definire delle

regole per la valutazione a vista è stato necessario effettuare un attento rilievo dimensionale, qualitativo e grafico delle caratteristiche di forma e difettosità di ogni segato.

Si fa notare che per il legno di latifoglie vi è una limitata esperienza, del tutto assente poi per quanto riguarda il Castagno; al contrario per le conifere esiste gran copia di dati sperimentali provenienti dalla pratica comune, supportata da precise Norme in uso da anni in centro e Nord - Europa.

4.2.1 Rilievo dei difetti

Le caratteristiche e i difetti sono stati rilevati come segue:

l'**ampiezza** media degli **anelli** è stata misurata secondo le raccomandazioni FAO-ECE, tracciando sulla sezione trasversale un segmento in direzione radiale, escludendo i 25 mm adiacenti al midollo, se presente. Determinata una lunghezza comprendente un numero di anelli intero, si esegue il rapporto tra il numero degli anelli e la lunghezza in mm;

gli **smussi** sono stati determinati in mm con la misurazione della proiezione dello smusso sui due lati del segato interessati;

le **deformazioni** sono state misurate con calibro a corsoio seguendo le modalità della FAO-ECE;

dei **nodi** è stato rilevato il diametro (Ø) perpendicolare all'asse longitudinale del segato. Non è stata fatta alcuna distinzione tra i nodi sani aderenti, sani non aderenti o marci poiché tali differenze non sono significative nei confronti della resistenza. Il parametro significativo è la deviazione di fibratura localizzata, indotta dalla presenza del nodo, ed è quindi collegata alle dimensioni dello stesso;

delle **fessurazioni radiali** è stata rilevata la lunghezza;

le **cipollature** sono state rilevate graficamente, attribuendo un giudizio qualitativo, senza che fosse possibile ottenere una misura numerica a causa di oggettive difficoltà di valutazione e della previsione dello sviluppo interno;

l'**inclinazione della fibratura** è stata individuata secondo le indicazioni FAO-ECE o mediante la misura dell'inclinazione delle fessurazioni da ritiro rispetto l'asse longitudinale del segato oppure attraverso un dispositivo a trascinamento manuale (*scribe*) che tramite l'incisione della superficie della faccia del segato permette di evidenziare una traccia, sotto la punta dello strumento, che indica la direzione generale della fibratura; è espressa in $mm \cdot m^{-1}$.

Oltre a quanto indicato sopra sono state segnate ed annotate tutte le caratteristiche e i difetti, individuati sui segati, che avrebbero potuto influire sulla resistenza (fessurazioni passanti da ritiro e da tensioni interne, calli cicatriziali, ecc.).

4.3 Classificazione per il Castagno

Sulla base dell'esperienza acquisita presso l'Istituto di Assestamento e Tecnologia Forestale nella classificazione dei segati per uso strutturale e in linea con la recente normativa sui requisiti per le norme di classificazione a vista secondo la resistenza (UNI EN 518:1997), sono state elaborate due proposte di classificazione, riportate in Tabella 1 e Tabella 1bis.

Per l'identificazione dei *valori critici* attribuiti ai diversi *parametri* presi in considerazione, per esempio il valore 'dimensione' per il parametro 'nodi', sono state effettuate diverse prove di derivazione dei valori caratteristici sino a convergere ai valori critici rivelatisi più efficaci. In questo modo è stato stabilito che i nodi con dimensioni

inferiori ad 1/4 della sezione considerata, non influenzavano in modo significativo le caratteristiche meccaniche. Analogamente è stato possibile determinare che i nodi di dimensione superiori ad ½ della sezione riducevano drasticamente le stesse caratteristiche. Pertanto per il parametro *nodi* sono stati utilizzati questi *valori critici* per determinare l'allocazione dei segati in Categorie differenti. Analogamente si è proceduto con la *deviazione di fibratura.*

La proposta di classificazione è stata applicata a due casi differenti:

1. ipotizzando di classificare il materiale in due Categorie denominate Categoria I e Categoria II, di cui alla Tabella 1;
2. ipotizzando di classificare il materiale in una sola Categoria denominata *Castagno Strutturale*, di cui alla Tabella 1bis. I requisiti minimi della Categoria Castagno Strutturale corrispondono alla Categoria II del precedente caso.

Tutti i segati le cui caratteristiche non rientrano nei requisiti minimi di Tabella 1 e di Tabella 1bis sono stati scartati.

Tabella 1 **criteri**	**Categoria I**	**Categoria II**
nodi (diametro del nodo diviso il lato del segato su cui si trova)	≤ 0.25	≤ 0.5
deviazione della fibratura	≤ 10 %	≤ 20 %
cipollatura leggera	non ammessa	ammessa
cipollatura grave	non ammessa	non ammessa
ampiezza media degli anelli	nessun limite	
fessurazioni da ritiro	ammesse	
carie e insetti	non ammessi	

Tabella 1 bis **criteri**	**Categoria Castagno Strutturale**
nodi (diametro del nodo diviso il lato del segato su cui si trova)	≤ 0.5
deviazione della fibratura	≤ 20 %
cipollatura leggera	ammessa
cipollatura grave	non ammessa
ampiezza media degli anelli	nessun limite
fessurazioni da ritiro	ammesse
carie e insetti	non ammessi

La quantificazione della cipollatura non è risultato un compito semplice: per tutti i criteri di classificazione è necessario fornire elementi precisi, che siano al tempo stesso efficaci e di rapido impiego da parte del classificatore. Le cipollature sono state distinte secondo due tipologie: di tipo grave, fortemente indebolenti il segato, e di tipo leggero che non influenzano le caratteristiche dei segati più degli altri difetti ammessi nelle Categorie.

Si è ritenuto di fornire le seguenti indicazioni, per materiale segato e stagionato:

- cipollatura grave: le fessurazioni si rilevano sulle sezioni longitudinali del segato (le 'fiammature' risultano fessurate) e/o sulle estremità, dove la somma degli angoli relativi agli archi tracciati dalle fessurazioni, è maggiore di 90°;

- cipollatura leggera: sulle sezioni longitudinali del segato non si rileva alcune traccia di fessurazione e la somma degli angoli relativi agli archi disegnati dalle fessurazioni su ciascuna estremità, risulta minore di 90°.

I segati che presentavano deformazioni (arcuatura, svergolamento ecc.) sono stati provati come tutti gli altri dato che "... la deformazione del legno non influisce direttamente sulla resistenza..." (UNI EN 518). E' chiaro che in sede di formulazione e proposta di una regola di classificazione, è necessario che il legno da costruzione venga soggetto ad alcune restrizioni riguardo tutti gli elementi che ne impediscono un uso corretto, comprese le deformazioni.

La ricerca è ancora in corso e solamente al termine di questa fase di studio sarà possibile proporre una Regola di classificazione completa, che soddisfi a tutti i requisiti indicati nella suddetta Norma di riferimento.

4.4 Determinazione delle principali caratteristiche meccaniche

Per la determinazione delle principali caratteristiche meccaniche per il legno in dimensione di impiego è stata utilizzata una nuova Norma, EN 408:1995, approntata dal Comitato Europeo di Normazione (CEN) e accolta dall'UNI (UNI EN 408:1997), basata sostanzialmente sulla ISO 8375, riconosciuta ed utilizzata dai laboratori di tutto il mondo.

Come prescritto dalla norma è stata eseguita la prova fondamentale per determinare le caratteristiche meccaniche, indispensabili per inserire i gruppi di segati nelle Classi di Resistenza come indicato in par. 3.3: la prova di *Flessione statica*

E' stata attuata applicando il carico in modo simmetrico sui due terzi della luce fra gli appoggi, per la determinazione del modulo elastico longitudinale (E_m), e per la determinazione della resistenza a flessione (f_m).

4.5 Determinazione delle principali caratteristiche fisiche

Il contenuto di **umidità** (U) dei segati è stato determinato secondo ISO 3130, su una porzione del segato interessante l'intera sezione trasversale, esente da nodi. Per le prove di resistenza ultima, la suddetta porzione è ricavata quanto più possibile vicino alla zona di rottura.

La **massa volumica** (ρ) dei segati è stata determinata seguendo il metodo unificato espresso in ISO 3131, per i segati dei gruppi I A e II A. Il metodo prescrive di utilizzare provini in dimensione 20 x 20 x 25 mm ricavati da una porzione del provino interessante l'intera sezione trasversale, esente da nodi.

Dato che per le prove di membrature in dimensione strutturale si ammette di non utilizzare la ISO 3131 - salvo poi correggere i valori ottenuti - per i gruppi I N, II N e III N la massa volumica è stata determinata utilizzando la massa e il volume dell'elemento in dimensione d'uso, mediante la relazione:

$$\rho = \frac{M}{bhl} \qquad 1$$

M: massa, in kg, del segato;

b, h, l: dimensioni reali, in m, rispettivamente base, altezza e lunghezza di ogni provino.

4.6 Derivazione dei valori caratteristici

Una volta ricavati i valori delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei provini di ogni campione, è necessario poter derivare dei valori sintetici e descrittivi; questi sono definiti **valori caratteristici**. Di seguito si forniscono i metodi per la determinazione dei valori caratteristici delle proprietà meccaniche e di massa volumica per i gruppi di segati, selezionati con metodi di classificazione visuale e/o metodi di classificazione a macchina.

Le metodologie descritte sono desunte dalla Norma UNI EN 384:1997. I valori delle proprietà meccaniche e di densità, determinati in accordo con questa Norma, sono utilizzabili per assegnare i segati alle classi di resistenza della Norma UNI EN 338.

Di seguito alcune definizioni utili:

valore caratteristico: valore che corrisponde ad un frattile di una distribuzione statistica relativa alla proprietà del legno in oggetto. Per le proprietà di resistenza e per la densità il frattile da adottare è il 5-percentile inferiore. Per il modulo di elasticità il valore caratteristico è rappresentato dal valore medio;

p-percentile: valore per il quale, in una distribuzione, la probabilità che si ottenga un valore minore è del *p* per cento.

5-percentile inferiore del campione

In ciascun campione un valore di 5-percentile inferiore è stato ottenuto dalla relazione:

$$f_{05} = f_r \qquad 2$$

f_r: il valore del 5-percentile inferiore dei dati, ottenuto elencando in ordine crescente, tutti i risultati di prova; in Nmm^{-2}. Il valore del 5-percentile inferiore è quel valore di prova rispetto al quale il 95% dei provini presenta valori più elevati.

Valore medio del campione

Per la determinazione dei valori caratteristici relativi alle caratteristiche elastiche la Norma UNI EN 384 fa riferimento al valore medio. Il valore medio del modulo di elasticità del campione $\overline{E}$ (in Nmm^{-2}) è stato ottenuto dalla relazione:

$$\overline{E} = (\Sigma E_i)/n \qquad 3$$

n: numero di provini del campione (numerosità del campione);
E_i: valore i-esimo del modulo di elasticità nel campo da 1 a n, in Nmm^{-2}.

Fattori di correzione

Il 5-percentile inferiore della resistenza a flessione statica è stato corretto e riportato alle dimensioni di riferimenti di 150 mm di altezza moltiplicandolo per:

$$k_h = (150/h)^{0,2} \qquad 4$$

h: altezza della sezione di provino sottoposto a flessione statica, in mm.

4.6.1 Modulo elastico

Il valore caratteristico $E_{0,\text{mean}}$ [kN/mm²], è stato calcolato mediante la relazione:

$$E_{0,\text{mean}} = \frac{\Sigma(\overline{E}_j \cdot n_i)}{\Sigma n_i} \qquad 5$$

n_j: numero di provini nel campione j;

$\overline{E}_j$: valore medio per il modulo elastico per il campione j, in kNmm^{-2}.

4.6.2 Resistenza

Il valore caratteristico della resistenza $f_{m,k}$ (in Nmm^{-2}) è stato calcolato mediante la relazione:

$$f_{m,k} = \bar{f}_{05} \; k_s \; k_v \qquad 6$$

$\bar{f}_{05}$: media del valore 5-percentile corretto (f_{05}) per ciascun campione, ponderato seconda la numerosità del campione stesso, in Nmm^{-2}; quando il valore più basso ($f_{m,min}$) dei campioni, moltiplicato per 1.2 fosse minore della media ponderata, allora il valore $\bar{f}_{05}$ si deve ricavare moltiplicando il valore più basso ($f_{m,min}$) per 1.2;

k_s: fattore di correzione relativo al numero e alla numerosità dei campioni;

k_v: fattore che considera la minor variabilità del valore di f_{05} nel caso della classificazione a macchina (k_v = 1.2) rispetto a quella visuale (k_v = 1).

4.6.3 Massa volumica

La massa volumica caratteristica ρ (in kg m^{-3}) è stata calcolata dalle misure di massa volumica dei provini.

Quando il contenuto di umidità è superiore al 12% la massa volumica è stata diminuita del 0.5% per ogni punto percentuale del contenuto di umidità oltre il valore di riferimento, mentre è stata aumentata dello 0.5% per ogni punto percentuale oltre il valore di riferimento.

Questo significa che sia il volume che il peso sono stati misurati al contenuto di umidità della prova. Il 5-percentile inferiore della densità del campione è stato calcolato mediante la relazione:

$$\rho_{05} = (\bar{\rho} - 1.65 \text{ s}) \qquad 7$$

$\bar{\rho}$: media della densità di tutti provini del campione, in kg m^{-3};

s: deviazione standard, in kg m^{-3}.

Quando la massa volumica è stata calcolata dal peso e dal volume del provino intero è stata riportata a valori comparabili con quelli di provini prismatici di piccole dimensioni ed esenti da difetti della ISO 3131, dividendo ciascun valore per 1.05.

La massa volumica caratteristica ρ_k è stata calcolata mediante la relazione:

$$\rho_k = \frac{\Sigma \rho_{05,j} \cdot n_j}{\Sigma n_j} \qquad 8$$

n_j: numero di provini del campione j;

$\rho_{05,j}$:valore del 5-percentile inferiore della densità per campione j, in kg m^{-3}.

5 Risultati

Per determinare quale fosse il sistema più razionale per classificare il Castagno in relazione alle normative di riferimento, i dati sono stati elaborati suddividendo l'insieme dei provini in campioni con caratteristiche differenti:

1. considerando il complesso dei provini senza alcuna classificazione del materiale;
2. classificando il materiale in tre insiemi: due corrispondenti alle due categorie, secondo la proposta di classificazione di cui alla Tabella 1, mentre il terzo insieme costituito dai segati scartati perché non rispondenti ai requisiti richiesti;
3. classificando il materiale in due soli insiemi: uno per il materiale accettato, raggruppato in una sola categoria corrispondente alla Categoria II (denominata *Castagno Strutturale*) della Tabella 1, mentre il secondo insieme rappresentato dai segati scartati.

Il numero dei campioni, la numerosità di ciascun campione e i coefficienti correttivi corrispondenti, in accordo con la procedura di derivazione adottata, sono riportati in Tabella 2.

Tabella 2	**nessuna selezione**	**Categoria I**	**Categoria II**	**Castagno Strutturale**
numero di campioni considerati	5	5	3	5
numerosità totale (Σn_j)	662	374	212	586
numero di provini del campione più piccolo (n_{min})	58	46	*34*	50
coeff. k_s funzione del numero di campioni e del campione più piccolo	1	1	0.89	1
coeff. k_v per tipo di classificazione	1	1	1	1

Poiché il sistema di calcolo prevede una penalizzazione per i campioni di piccole dimensioni, nel caso dell'adozione del sistema basato su due categorie visuali di segati accettati (Categoria I, Categoria II e segati scartati), i valori caratteristici della Categoria II risultano diminuiti a causa del coefficiente correttivo k_s (0,89), che dipende dal numero dei gruppi (in questo caso tre a causa della insufficiente numerosità di due gruppi di segati) e dalla quantità di provini del gruppo meno numeroso.

I valori caratteristici del Castagno di provenienza del Centro Italia (da cedui laziali e toscani) sono sintetizzati nelle Tabelle 3, 4 e 5 in funzione della base campionaria presa in considerazione.

	numero di segati	**resistenza caratteristica a flessione statica** $f_{m,k} = \bar{f}_{05} k_s k_v$ [Nmm^{-2}]	**mod. elastico medio parallelo alla fibratura** $E_{0,mean} = \Sigma \bar{E}_j n_j / \Sigma n_j$ [kNmm^{-2}]	**massa volumica caratteristica** $\rho_k = \Sigma \rho_{05\,j} n_j / \Sigma n_j$ [kg m^{-3}]
Castagno non classificato	662	32.2	12.0	0.497

Tabella 3 - Valori caratteristici del complesso dei provini in dimensione d'impiego senza alcuna selezione del materiale

In Tabella 3 sono riportati i valori caratteristici del complesso di tutti i provini in dimensione d'impiego, senza alcuna selezione del materiale.

In Tabella 4 sono riportati i valori caratteristici del Castagno classificato secondo le due categorie visuali di segati accettati (Categoria I e Categoria II) secondo le regole di cui alla Tabella 1; i segati che non ottemperano anche ad uno solo dei requisiti della Categoria inferiore sono stati scartati.

	numero di segati	**resistenza caratteristica a flessione statica** $f_{m,k} = \bar{f}_{05} k_s k_v$ [Nmm^{-2}]	**mod. elastico medio parallelo alla fibratura** $E_{0,mean} = \Sigma \bar{E}_j n_j / \Sigma n_j$ [kNmm^{-2}]	**massa volumica caratteristica** $\rho_k = \Sigma \rho_{05\,j} n_j / \Sigma n_j$ [kg m^{-3}]
Categoria I	370	41.3	12.8	0.495
Categoria II	212	30.5	11.0	0.501

Tabella 4 - Valori caratteristici del Castagno classificato secondo due Categorie visuali di segati, accettati secondo le regole di cui alla Tabella 1. I segati non rispondenti ai requisiti sono stati scartati

Infine in Tabella 5 sono riportati i valori caratteristici derivati dai campioni classificati secondo i requisiti della Categoria II. Tutti i segati accettati vengono compresi indistintamente in un'unica Categoria, denominata *Castagno Strutturale*. Come nel caso precedente i segati non rispondenti a tutti i requisiti tabellari sono stati scartati.

I valori caratteristici così derivati forniscono alcune indicazioni:

1. la suddivisione in due categorie visuali (Categoria I + Categoria II + segati scartati) fornisce risultati apparentemente contraddittori. Infatti la categoria migliore (I) risulta avere valori di resistenza ed elasticità notevolmente più elevati rispetto agli stessi valori derivati per il Castagno non classificato, mentre la Categoria II risulta penalizzata da

un valore inferiore; la causa della penalizzazione è da imputare al coefficiente correttivo k_s, dipendente dalla numerosità dei campioni;

2. la classificazione di una sola categoria (Castagno Strutturale) fornisce valori di elasticità e resistenza più elevati rispetto agli stessi valori derivati per il Castagno non classificato; tali valori, ovviamente, risultano inferiori a quelli della Categoria sopra descritta.

	dimensione del campione	**resistenza caratteristica a flessione statica** $f_{m,k} = \bar{f}_{05} k_s k_v$ [Nmm^{-2}]	**mod. elastico medio parallelo alla fibratura** $E_{0,mean} = \Sigma \bar{E}_j n_j / \Sigma n_j$ [kNmm^{-2}]	**massa volumica caratteristica** $\rho_k = \Sigma \rho_{05\,j} n_j / \Sigma n_j$ [kg m^{-3}]
Castagno Strutturale	586	36.2	12.2	0.497

Tabella 5 - Valori caratteristici del Castagno classificato secondo una sola Categoria visuale di segati accettati (Categoria Castagno Strutturale) secondo i requisiti della Categoria II della Tabella 1. I segati non rispondenti ai requisiti sono stati scartati

I dati ottenuti indicano che la classificazione visuale secondo la resistenza, proposta nel par. 4.3 può portare ad una buona selezione dei segati, sia che si opti per una classe unica, livellata verso il basso, sia che si scelgano le due classi.

I valori caratteristici derivati per le rispettive Categorie proposte sono collocati nelle Classi di Resistenza definite dalla norma UNI EN 338. In Tabella 6 sono riportate le Classi di Resistenza 'virtuali' ottenute trascurando volutamente uno dei parametri, e quelle 'reali', ottenute seguendo rigorosamente le procedure indicate dalle norme di riferimento.

Il fattore limitante nel caso dei segati di Castagno è risultata la massa volumica.

		Classificazione in due categorie		Classificazione in una categoria
	non classificato	Categoria I	Categoria II	Castagno Strutturale
Classe di Resistenza 'virtuale' (trascurato ρ)	D30	D40	D30	D35
Classe di Resistenza (secondo UNI EN 338)	*C30*	*C30*	*C24*	*C30*

Tabella 6 - I valori caratteristici del Castagno classificato e non, collocato nelle corrispondenti Classi di resistenza secondo la Norma UNI EN 338. I risultati variano drasticamente se si trascura il parametro 'massa volumica'

Trascurando volutamente il parametro 'massa volumica', si otterrebbero classi piuttosto elevate: il Castagno non classificato si collocherebbe nella classe D30; per la classificazione in due categorie (I e II) la Categoria migliore risulterebbe ascrivibile alla

Classe di Resistenza D40, mentre la Categoria II sarebbe collocata nel profilo D30, lo stesso del Castagno non classificato. Per la classificazione di una sola Categoria (Castagno Strutturale) la Classe di Resistenza corrispondente risulterebbe la D35, superiore a quella del Castagno non classificato.

In entrambi i casi si riuscirebbe a valorizzare adeguatamente il legno di Castagno per usi strutturali.

Tuttavia le procedure per determinare la Classe di Resistenza corrispondente alle proprietà di un tipo di legname, prevedono di prendere in considerazione, oltre alla resistenza ed elasticità, anche la messa volumica. Infatti questa proprietà è fortemente correlata con alcune proprietà meccaniche quali la durezza, la resistenza a compressione trasversale ed altre secondarie, ad esse connesse.

Seguendo quindi la corretta procedura di assegnazione alle Classi di Resistenza delle Categorie studiate, si ottengono i risultati riportati in Tabella 6 sotto la voce *Classi di Resistenza (secondo UNI EN 338).*

I valori di massa volumica del Castagno sono risultati piuttosto bassi, tali da non essere contemplati dalla Norma in oggetto, nella sezione relativa alle latifoglie. Il materiale studiato sarebbe quindi collocato in maniera atipica, nella sezione relativa alle conifere - dove non è previsto il Castagno - senza però ottenere una valida distribuzione nelle Classi di Resistenza e quindi annullando l'efficacia della classificazione visuale e, in definitiva, la possibilità di pervenire ad un appropriato uso strutturale di questa materia prima.

6 Conclusioni

Il gruppo costituito da cinque campioni di segati di Castagno provenienti dalla zona del viterbese e dalla zona Sud della Toscana hanno dimostrato dei valori di elasticità e di resistenza a flessione statica piuttosto elevati.

La sua vocazione a materiale per uso strutturale, confermata dall'uso passato ed attuale nelle strutture portanti, nelle zone in cui è presente, è rafforzata anche da questi primi consistenti dati numerici.

L'insieme dei segati, raggruppati in maniera differente, non riesce però a trovare un profilo adatto alle sue caratteristiche fisico meccaniche, all'interno della Norma UNI EN 338. Si potrebbe asserire che la Norma in questione ha dei limiti intrinseci: dovendo fornire dei profili standard che possano andare bene per diverse combinazioni specie/provenienza/categoria è inevitabile che vi possano essere situazioni in cui i profili non combaciano con la combinazione da inserire, a svantaggio della specie classificata.

E' inammissibile però che la latifoglia in questione non possa trovare una posizione all'interno delle Classi previste per le latifoglie: questo potrebbe rivelare che i profili indicati dalle classi mal si conciliano con le caratteristiche di questa specie legnosa, cresciuta in ambiente mediterraneo.

Il parametro massa volumica, apparentemente svantaggioso per questa specie legnosa, potrebbe invece essere considerato come elemento positivo: a parità di caratteristiche meccaniche di altre specie legnose, la densità inferiore indica un alto rapporto prestazioni meccaniche/peso, a vantaggio della leggerezza degli elementi strutturali. Va comunque ricordato che la massa volumica ha una correlazione diretta anche con altre caratteristiche che vanno tenute nella dovuta considerazione.

La proposta di Classificazione visuale, ancora in fase preliminare, ha dimostrato una buona efficienza, consentendo una adeguata selezione dei segati secondo la resistenza.

I valori ammissibili attribuiti ai diversi parametri presi in considerazione (nodi e deviazione di fibratura), determinati effettuando prove successive di derivazione dei valori caratteristici, si sono rivelati piuttosto efficaci e di misurazione speditiva. Per i nodi, è stato stabilito che i valore critici determinanti l'allocazione del segato in una determinata Categoria (oppure nello scarto) sono le dimensioni pari ad 1/4 e ad ½ della sezione del segato. Per la deviazione di fibratura i valori scelti sono 10% e20%.

La cipollatura, difetto tipico della specie e molto temuto dagli utilizzatori, è stata distinta secondo due tipologie: di tipo grave, che indebolisce fortemente il segato, e di tipo leggero che non influenzano le caratteristiche dei segati più degli altri difetti ammissibili. Si sottolinea ritiene che dichiarare ammissibili le *cipollature leggere,* fornendo al tempo stesso una chiave di identificazione di facile utilizzazione pratica, rappresenti un elemento di novità; in tal modo si rende possibile l'utilizzazione di materiale che nella pratica comune sarebbe stato scartato.

La prosecuzione della ricerca consisterà nel condurre a termine la rimanente porzione di prove sperimentali su altre provenienze toscane di segati. L'ampliamento del campionamento, permetterà di attribuire i valori caratteristici al Castagno senza dover passare attraverso i fattori di correzione (che in un caso si sono dimostrati fortemente limitanti), grazie al grande numero di campioni ed alla elevata numerosità di ciascuno di essi. Gli strumenti di classificazione e le informazioni relative ai valori caratteristici e alle Classi di Resistenza del materiale provato consentiranno di giungere ad un uso più razionale ed in armonia con le normative europee, dei segati di Castagno per uso strutturale.

RINGRAZIAMENTI

Parte del lavoro è stato condotto nell'ambito di alcune Tesi svolte presso l'Istituto di Assestamento e Tecnologia Forestale ed in collaborazione con la segheria del Sig. L. Morucci, mentre la parte successiva è stata svolta nell'ambito del progetto: "*Valutazione qualitativa e valorizzazione del legname di Castagno e Douglasia prodotto in Toscana*" grazie alla collaborazione, tuttora in corso, tra I.A.T.F. - Università di Firenze e A.R.S.I.A. (Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricolo-forestale) Regione Toscana. Si ringraziano i Dott.ri R. Bellinelli, N. Capicciotti, F. Pomidoro e S. Passaleva per la collaborazione prestata.

BIBLIOGRAFIA

Negri. M. - *Chestnut timber for structural use - A study on grading methods: machine strength grading, ultrasounds and free vibrations*, Proceedings of First European Symposium on Nondestructive Evaluation of Wood, September 21-23, 1994, Sopron, Hungary

FAO-ECE - *ECE recommended standards for stress grading and finger - jointing of structural coniferous sawn timber,* 1987

UNI EN 338:1997 - *Legno strutturale - Classi di resistenza*

UNI EN 384:1997 - *Legno strutturale - Determinazione dei valori caratteristici delle proprietà meccaniche e della massa volumica*

UNI EN 408:1997 - *Strutture di legno - Legno massiccio e legno lamellare incollato - Determinazione di alcune proprietà fisiche e meccaniche*

UNI EN 518:1997 - *Legno strutturale - Classificazione - Requisiti per le norme di classificazione a vista secondo la resistenza*