

“COMBUSTIBILITA’ ED ACCRESCIMENTO DEL LEGNO”

Estratto dalla tesi di laurea in “Tecnologia del legno ed utilizzazione forestale”– a.a. 2000-2001 – Corso di laurea in “Scienze Forestali” v.o. – Facoltà di Agraria – Università della Basilicata.

Laureanda: Giovanna BOCHICCHIO

Relatore: Prof. Dott. Ing. Stefano QUARTULLI, docente di “Tecnologia del legno ed utilizzazione forestale”

Prove sperimentali eseguite presso il LABORATORIO DI CHIMICA del CENTRO STUDI ED ESPERIENZE ANTINCENDI.

Direttore del Laboratorio di Chimica:

Dott. Ing. Gioacchino GIOMI

Responsabile del Settore Reazione al Fuoco
e coordinatore delle prove sperimentali:

Dott. Ing. Cristina D’ANGELO

Componenti del Settore Reazione al Fuoco
Impegnati nelle prove sperimentali:

C.R. Renato MANDILE

C.R. Roberto SORO

A.A.L.T. Antonio CENTRA

“COMBUSTIBILITA’ E ACCRESIMENTO DEL LEGNO”

Comportamento del legno al fuoco in relazione agli anelli incrementali.

- Basso peso specifico unito ad un'elevata resistenza meccanica;
- Buon comportamento nei confronti delle sollecitazioni sismiche;
- Buon isolamento termico ed acustico.

Il legno è un materiale combustibile

Carbone o legna
da ardere

Materiale da
costruzione

Le strutture in legno, infatti, sia nella loro fase costruttiva che nella realizzazione e messa in opera, sono in ogni momento, vulnerabili e, se investite da una fonte di calore, diventano anche propagatrici d'incendio.

L'Unione Europea ha stabilito con la Direttiva 89/106

- Uno dei requisiti essenziali per i materiali impiegati nelle costruzioni, è la loro sicurezza in caso d'incendio;
- Sono richiesti materiali che si oppongono al propagarsi delle fiamme.

Per le strutture in legno, date le caratteristiche di questo materiale naturale, bisogna tenere ben presente, in caso d'incendio:

- Le modalità con le quali esso brucia, dall'innesco allo sviluppo della fiamma, fino allo spegnimento;
- In che modo esso alimenta e resiste al fuoco.

La resistenza del legno al fuoco:
periodo di tempo durante il quale un elemento costruttivo, sottoposto ad un attacco termico, può continuare ad esplicare con sicurezza le funzioni per le quali è stato calcolato ed impiegato

- La specie legnosa;
- Le caratteristiche anatomiche;
- Spessore degli anelli annuali;
- L'umidità, etc.

Al variare di essi variano tutte le caratteristiche fisiche e meccaniche del legno (Cividini, Giordano, Vidrich e al.) e poiché la relazione legno-calore è una caratteristica fisica, abbiamo pensato che anch'essa vari e abbiamo cercato delle relazioni tra le modalità di innesco e di avanzamento del processo di combustione e lo spessore degli anelli incrementali, mediante due prove di “Reazione al fuoco”, effettuate presso il CSE del CNVVF di Roma e previste nel D.M. del 26/6/1984.

Materiale : componente che può partecipare alla combustione in dipendenza della propria natura chimica e delle effettive condizioni di messa in opera per l'utilizzazione.

ACCRESCIMENTO E COMBUSTIBILITA'

- Fattori ambientali (disponibilità di acqua);
- Stazione (fertilità, esposizione, altitudine);
- Densità del popolamento;
- Malattie parassitarie, etc.



Il loro spessore condiziona una caratteristica fisica molto importante, la massa volumica (massa del legno per unità di volume); in particolare, nel legno di Conifere di medesima provenienza, con incrementi diversi, all'aumentare dell'ampiezza degli anelli, aumenta la porosità e diminuisce la massa volumica.

COMBUSTIBILITA' DEL LEGNO

*proprietà di ardere e di bruciare fino alla completa
consumazione*

- Carbonio, idrogeno e ossigeno;
- Riscaldamento, evaporazione, carbonizzazione e incenerimento;
- Si decompone (vapore acqueo, imbrunimento dei tessuti, produzione di CO_2) in seguito, a circa 260°C , brucia ma lentamente ($\lambda_L = 0.13 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$);
- Strato di carbone ($\lambda_C = 0.03 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$).

MODELLO MATEMATICO

- *DENSITA' MEDIA DEL LEGNO* -

(Pauschin e Zeew, 1980)

- $DE = c_1 V_t + c_2 V_r + c_3 V_c$

V_t = volume occupato dalle tracheidi

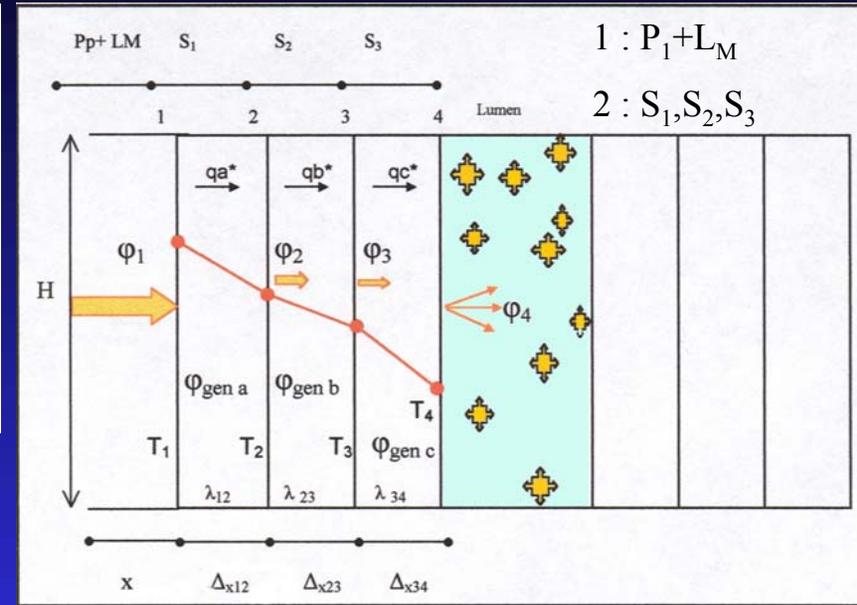
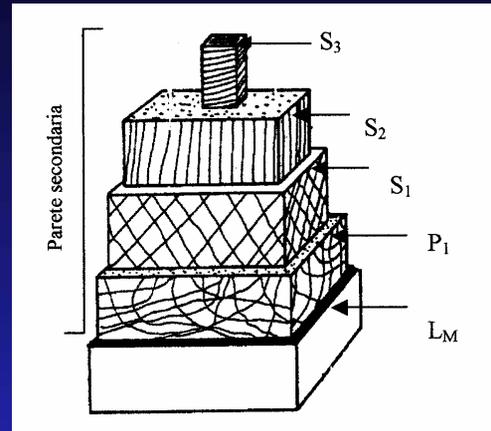
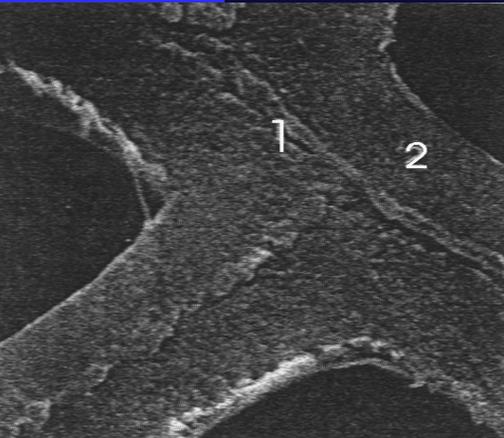
V_r = volume occupato dai raggi

V_c = volume occupato dai canali resiniferi

c_1, c_2, c_3 = coeff. di densità di ciascun tessuto

TRACHEIDI

1. Maggiore frequenza;
2. Pareti pluristratificate e di diverso spessore.



Il flusso termico, secondo la legge di Fourier, trasferito per unità di superficie è proporzionale al gradiente normale di T, nella direzione del flusso termico:

$$\phi_1 = -\lambda_{12} A_{12} \frac{\partial T}{\partial x}$$

$$\phi_{gen a} = q^* A_{12} \Delta x_{12}$$

q^* = energia generata nell'unità di tempo, nell'unità di volume dell'elemento

$$\frac{dU}{dt} = \rho c A_{12} \frac{\partial T}{\partial t} dx$$

ρ = densità del materiale
 c = calore specifico

$$\frac{\phi}{A_{14}} = \frac{T_1 - T_4}{\frac{\Delta x_{12}}{\lambda_{12}} + \frac{\Delta x_{23}}{\lambda_{23}} + \frac{\Delta x_{34}}{\lambda_{34}}}$$

Flusso termico che attraversa l'intera parete è funzione delle temperature estreme raggiunte sulle pareti ed è inversamente proporzionale allo spessore delle stesse.

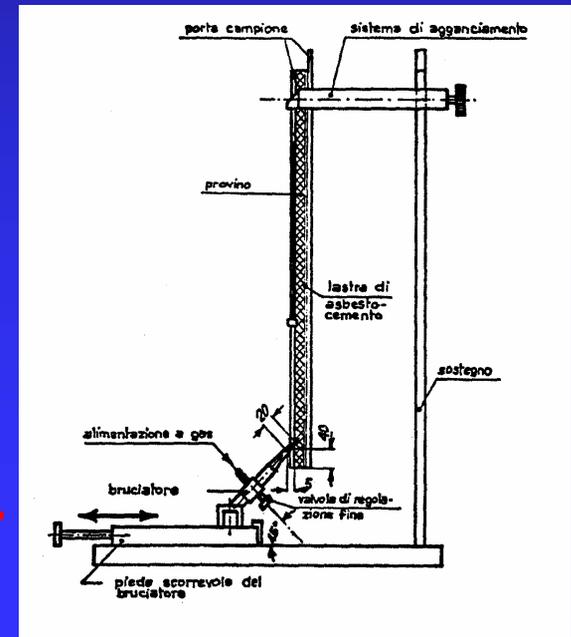
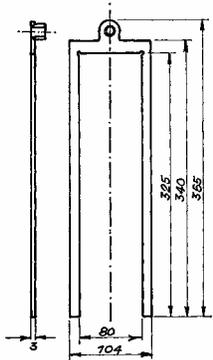


- Umidità percentuale (14.4%), lo spessore degli anelli incrementali e la massa volumica dei provini (Laboratorio di Tecnologia del Legno);
- **Metodo CSE RF 2/75 A** (Reazione al fuoco di materiali sospesi e suscettibili di essere investiti da una piccola fiamma su una sola faccia): fase iniziale di un incendio;
- **Metodo CSE RF 3/77** (Reazione al fuoco di materiali sottoposti all'azione di una fiamma d'innesco in presenza di calore radiante) : fase successiva a quella iniziale.

Metodo CSE RF 2/75 A (UNI 8457)

CAMERA DI COMBUSTIONE

- Frontalmente e sul lato destro vi sono due aperture;
- In alto vi sono un aspiratore e una valvola a farfalla;
- Griglia metallica.



La fiamma è stata applicata su 30 provini (10 per ogni tipo di incremento) dalle dimensioni 340x104 mm e altezza 5-10 mm, per un tempo di 30 secondi.

- Tempo di post-combustione: tempo, espresso in secondi, che trascorre dal momento in cui si allontana la fiamma pilota fino al momento in cui la fiamma generata sul provino si estingue;
- Tempo di post-incandescenza: tempo, espresso in secondi, che trascorre dall'estinzione della fiamma sviluppata o , in assenza di questa, dall'allontanamento della fiamma pilota, fino alla scomparsa dell'incandescenza;
- Zona danneggiata: estensione massima in lunghezza, espressa in millimetri, della parte di provetta che risulta combusta o fusa o che presenta degradazione delle caratteristiche meccaniche;
- Gocciolamento: tendenza di un materiale a lasciar cadere gocce e/o parti distaccate durante e/o dopo l'azione della sorgente di calore.



| | Incrementi medi (cm) | Tempo medio di post-combustione (sec) | Tempo medio di post-incandescenza (sec) |
|-----------|----------------------|---------------------------------------|---|
| Is | 0,078 | 16,9 | 1,8 |
| Im | 0,245 | 31,6 | 3,4 |
| II | 0,4 | 40,4 | 8,2 |

| | Incrementi (cm) | Zona danneggiata media (mm) |
|-----------|-----------------|-----------------------------|
| Is | 0,078 | 62,8 |
| Im | 0,245 | 90,9 |
| Il | 0,4 | 72,8 |

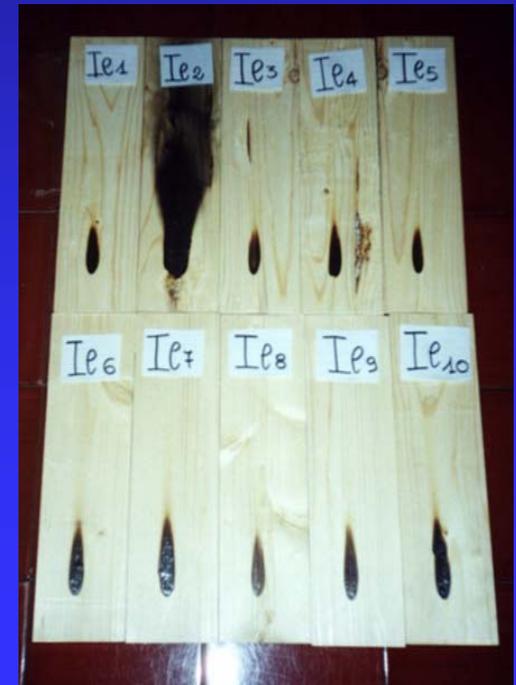
Is



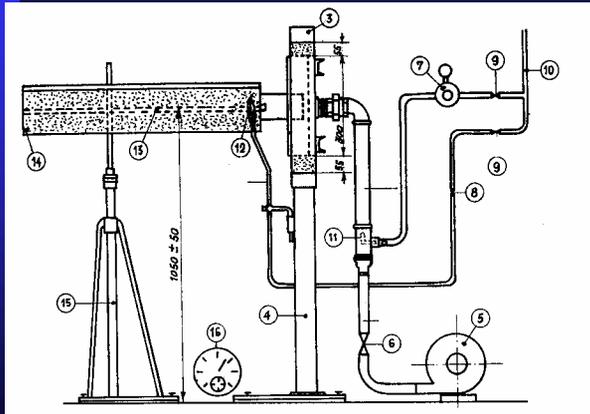
Im



Il

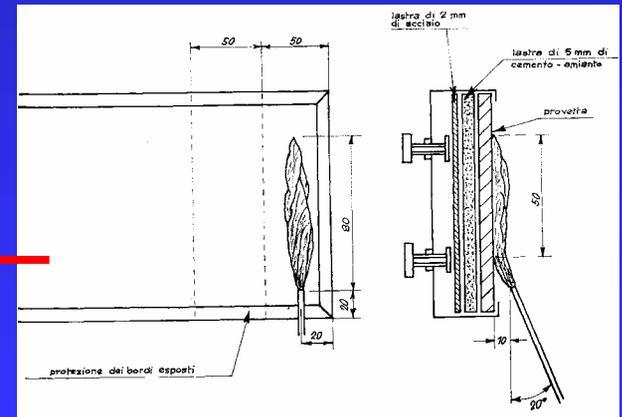
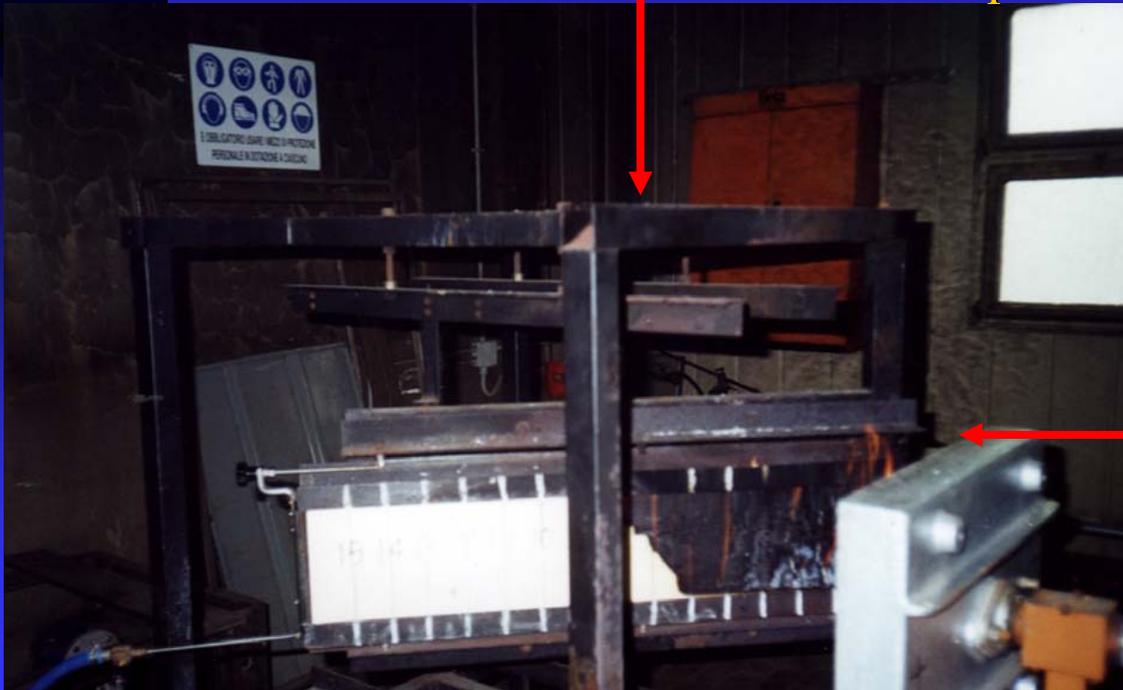


Metodo CSE RF 3/77 (UNI 9174)



PANNELLO RADIANTE-FIAMMA PILOTA

- Setto poroso, superficie radiante (300x450 mm);
- Portaprovetta: piastra d'acciaio;
- Fiamma pilota.



9 provette (3 per ogni tipo di incremento) dalle dimensioni di 800x155 mm e di altezza 5-10 mm, sistemate in posizione parete (a 45° rispetto al pannello), sono state esposte all'azione simultanea di una radiazione termica di 6.2 W/cm², prodotta dal pannello radiante e di una fiamma pilota di altezza 80 mm.

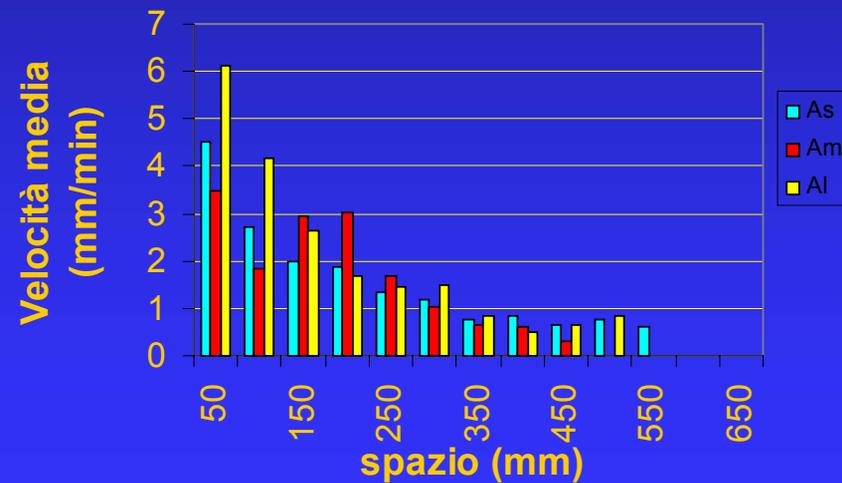
- Velocità di propagazione della fiamma: velocità di propagazione del fronte di fiamma lungo la superficie della provetta (mm/ min);
- Tempo di post-incandescenza: tempo, espresso in secondi che trascorre dall'estinzione della fiamma oltre i 300 mm fino alla scomparsa dell'incandescenza;
- Zona danneggiata: estensione massima in lunghezza, espressa in millimetri, compresa tra l'inizio della provetta e l'ultimo traguardo raggiunto dalla fiamma;
- Gocciolamento: distacco di parti o caduta di gocce.



| | | |
|------------|------------|------------|
| As | Am | Al |
| 0,1 | 0,2 | 0,4 |



| | Tempo medio di raggiungimento dei traguardi (sec) | | | Velocità media (mm/min) | | |
|-----|---|------|-------|-------------------------|----------|----------|
| | As | Am | Al | As | Am | Al |
| 50 | 8 | 8,33 | 9,333 | 4,526 | 3,476667 | 6,11 |
| 100 | 14,7 | 16 | 11 | 2,703 | 1,83 | 4,173333 |
| 150 | 11,3 | 15 | 10 | 1,971 | 2,926667 | 2,636667 |
| 200 | 19,3 | 31 | 13,33 | 1,867 | 3,026667 | 1,686667 |
| 250 | 26 | 18 | 19 | 1,323 | 1,673333 | 1,47 |
| 300 | 27,3 | 19,7 | 31,33 | 1,197 | 1,023333 | 1,5 |
| 350 | 38,3 | 31 | 35,67 | 0,777 | 0,653333 | 0,84 |
| 400 | 42 | 49,7 | 35,33 | 0,837 | 0,61 | 0,49 |
| 450 | 79 | 79,3 | 73,33 | 0,66 | 0,29 | 0,66 |
| 500 | 60 | 120 | 109,3 | 0,75 | | 0,83 |
| 550 | 82,3 | 174 | 104 | 0,62 | | |
| 600 | 67 | | 60 | | | |
| 650 | 81 | | | | | |



■ Il tempo medio impiegato dalla fiamma per raggiungere il primo traguardo è stato maggiore nei provini con incrementi stretti;

■ La velocità media, nello stesso punto è stata maggiore in quelli con incrementi larghi;

■ La fiamma generata si è estinta prima sui provini con incrementi larghi e bassa massa volumica;

■ La zona danneggiata su essi è stata, quindi, di minore entità.

CONCLUSIONI

- *Il legno con anelli stretti e massa volumica superiore, sottoposto all'azione diretta di una fiamma, nella fase iniziale di un incendio, mostra maggiore resistenza al fuoco, poiché il tempo richiesto per l'innesco è maggiore rispetto agli incrementi larghi e anche l'estensione della zona combusta è inferiore.*
- *A processo inoltrato, invece, il legno con massa volumica inferiore, pur mostrando una maggiore velocità di propagazione della fiamma e pur richiedendo un tempo minore per l'innesco, è complessivamente meno vulnerabile, soprattutto se si fa riferimento alla minore durata della combustione su di esso.*

Bisogna considerare, in ultima analisi, che a differenza di strutture realizzate con altri materiali da costruzione, quelle in legno, in caso d'incendio, non mostrano cedimenti subitanei e repentini, proprio per la resistenza al passaggio del calore che mostra questo materiale, legata alla sua anisotropia.

Mi corre l'obbligo ricordare il basso valore del suo coefficiente di conducibilità termica $0.13 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$, rispetto a quello di altri materiali come : laterizi $0.7 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$, marmo $2.1 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$, calcestruzzo $1.2 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$, acciaio $45 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

Abbiamo condotto questo studio nella speranza di arrivare ad abbattere, almeno in parte, i preconcetti esistenti sul binomio legno-fuoco, senza però trascurare i pericoli reali connessi ad un incendio.