

Premessa

Questa ricerca ha come obbiettivo quello di informare gli utenti e i clienti di Segheria Praolini s.n.c. delle caratteristiche peculiari del legno termotrattato, cercando di dare una panoramica imparziale, veritiera e obbiettiva.

In caso di errori, richiesta di informazioni, ecc... potete scrivere alla mail segheria@praolini.it.

Storia del Trattamento termico del legno

Ricerche scientifiche sul legno termotrattato sono state fatte fin dal 1915 (Tiemann, 1915), ma le pubblicazioni scientifiche e di conseguenza la ricerca su questo tipo di materiale è incrementata molto a partire dagli anni 2000, insieme alle applicazioni commerciali. Il rinnovato interesse è dovuto alle proprietà che il materiale acquisisce, ossia maggior durabilità e stabilità. Questo rinnovato interesse è causato da una nuova sensibilità ambientale, dalla ricerca di nuove colorazioni e finiture e dalla minor manutenzione che il materiale garantisce. Nel

Durabilità

Durante il trattamento le caratteristiche chimico-fisiche del legno vengono alterate. L'emicellulosa presente nel legno, sostanza attaccabile dai funghi lignivori, viene degradata, togliendo a questi microrganismi il nutrimento necessario per il loro ciclo di vita. È stato dimostrato che i parametri che influenzano la resistenza sono:

- Temperatura: Più è alta la temperatura più aumenta la perdita di massa del legno e di conseguenza la durabilità ($200\text{ °C} \leq T_{\text{trattamento}} \leq 240\text{ °C}$)
- Tempo di trattamento: più è lungo il tempo di trattamento più aumenta la perdita di massa e di conseguenza la durabilità ($1\text{ h} \leq t_{\text{trattamento}} \leq 4\text{ h}$)

La durabilità è descritta dalla norma EN 350:2016. Diversi studi correlano la durabilità con la perdita di massa dei provini per classificarla.

Classe di durabilità	Descrizione	Perdita di massa percentuale [%]
DC1	Molto durabile	$M_L \leq 5$
DC2	Durabile	$5 \leq M_L \leq 10$
DC3	Moderatamente durabile	$10 \leq M_L \leq 15$
DC4	Poco durabile	$15 \leq M_L \leq 30$
DC5	Non durabile	$M_L \geq 30$

Attraverso una procedura descritta dalla normativa EN 113-2020 è possibile stabilire la durabilità del legno attraverso la perdita di massa alla fine del test. I provini vengono sottoposti ad attacco biologico utilizzando i parametri stabiliti da normativa. (Conti, 2022)



Figura: Prova di durabilità secondo normativa EN 113-2:2020, CATAS, Udine

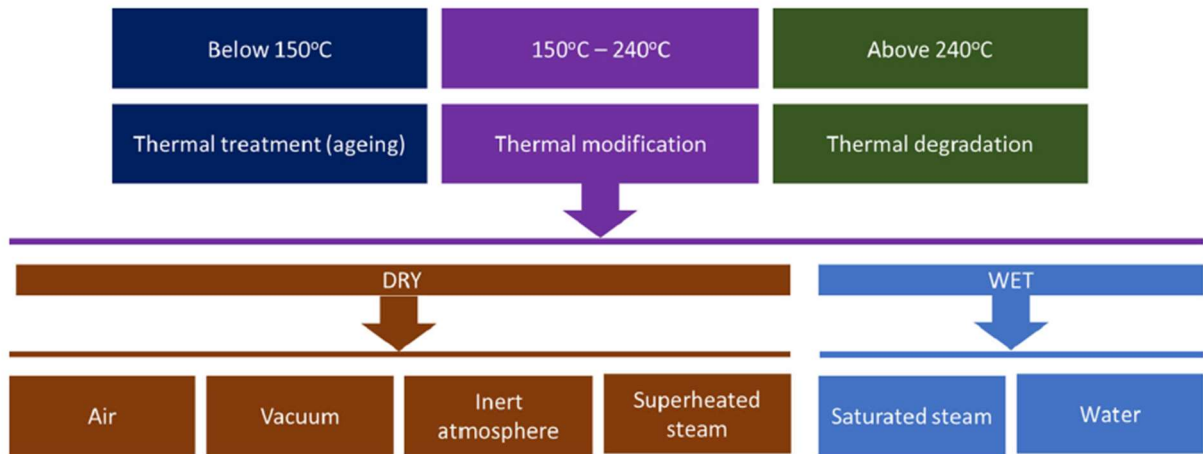
Le proprietà delle specie legnose ottengono un sensibile miglioramento in termini di durabilità, in funzione della specie legnosa e della temperatura di trattamento. La comunità scientifica riporta i seguenti dati (Conti, 2022):

Specie legnosa	Nome scientifico	Durabilità pre-trattamento	Durabilità post-trattamento	Temperatura di trattamento
Abete rosso	Picea abies	4-5	3	190
			2	215
Frassino	Fraxinus excelsior	4	4	190
			1	215
Larice	Larix Decidua	4	1-2	215
Rovere	Quercus robur	2-4	1	205
Faggio	Fagus sylvatica	4-5	1	210

Tipi di trattamento e comparativa

La comunità scientifica (Hill, Altgen, & Rautkari, 2021) riporta l’esistenza di diversi tipi di trattamento, che possono essere classificati in due macrocategorie:

- Trattamento secco: rientrano in queste categorie il trattamento in aria, sottovuoti, in atmosfera inerte e con vapore surriscaldato
- Trattamento umido: rientrano in queste categorie il trattamento tramite vapore saturo e tramite acqua



Ricerche scientifiche (Hill, Altgen, & Rautkari, 2021) dimostrano alcune significative differenze tra i due tipi di trattamento:

- Stabilità dimensionale: I processi a secco rendono il materiale più stabile rispetto al trattamento termico umido
- Contenuto di umidità all’equilibrio igrometrico: I processi a secco garantiscono un contenuto di umidità all’equilibrio più basso rispetto ai cicli umidi, il che comporta, conseguentemente una maggiore durabilità del materiale. Un’umidità al di sopra del 20% all’interno del materiale attiva l’attacco biologico, di conseguenza più questo indicatore è basso più il legno potrà essere utilizzato in ambienti ad elevata umidità

Stabilità dimensionale

Il legno termomodificato ha una maggiore stabilità dimensionale, dovuta alla riduzione del contenuto di umidità all’equilibrio igrometrico. Questo cambiamento è dovuto alla riduzione dei gruppi idrossili dell’emicellulosa, all’aumento della cristallizzazione della cellulosa e alla reticolazione della lignina che ostacolano l’ingresso dell’acqua attraverso le pareti cellulari. Il materiale aumenta la sua idrofobicità e di conseguenza la sua stabilità. La comunità scientifica riporta un miglioramento dal 30 al 50 % della stabilità dimensionale *Tjeerdsma (1998) and Sailer et al. (2000)*

Il materiale, se sottoposto a molti cicli di esposizione all’acqua e asciugatura perde gradualmente la sua efficacia, ma continua ad avere delle performance migliori del materiale di partenza. Studi specifici riportano una riduzione delle performance del 24.5 % rispetto al materiale appena trattato dopo sei (Boonstra, Acker, Tjeerdsma, & Kegel, 2007) cicli di esposizione che comunque tende a stabilizzarsi se si perdura con le esposizioni (Čermák, et al., 2015)

Conduttività termica

Il legno termotrattato presenta una migliorata resistenza termica rispetto al materiale di base. La comunità scientifica (KOL & KESKİN, 2016) ha misurato secondo metodi statistici certificati la variazione di conduttività del legno termotrattato, dimostrando che la conduttività decresce con l’aumento della temperatura del trattamento termico. Vengono riportati in tabella i risultati dell’articolo scientifico (KOL & KESKİN, 2016):

Specie	Temperatura di trattamento	Densità $\frac{g}{cm^3}$	Contenuto di umidità %	Conduttività termica $\frac{W}{mK}$	Deviazione standard [–]	Variazione percentuale %
Abete	190	0.401	4.7	0.107	0.007	5.9

	212	0.398	3.7	0.101	0.003	10.9
	naturale	0.425	10.1	.114	0.013	0.0
Pino silvestre	190	0.442	4.5	0.116	0.009	2.2
	212	0.414	3.0	0.105	0.011	11.1
	Naturale	0.459	9.3	0.118	0.013	0.0
Frassino	190	0.658	3.7	0.148	0.005	9.8
	212	0.648	2.8	0.140	0.005	15.0
	naturale	0.660	6.5	0.164	0.023	0.0

Sostenibilità ambientale

Il legno termotrattato può e deve essere visto come un'alternativa ecosostenibile rispetto al trattamento chimico del legno, all'utilizzo di vernici ad alto impatto ambientale ed all'utilizzo di legni esotici. Verranno fatti dei confronti basati su articoli scientifici per comprendere meglio il vantaggio ambientale che questo materiale è in grado di offrire.

Trattamento termico e trattamento chimico

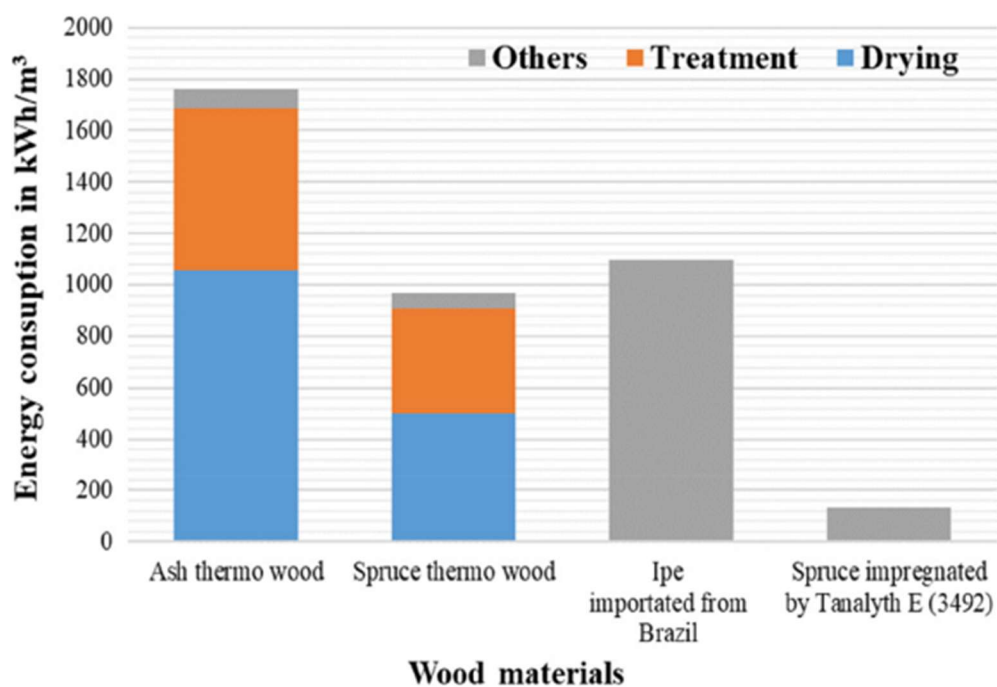
Il Legno può essere reso resistente agli attacchi biologi mediante l'utilizzo di prodotti biocidi come ad esempio arsenato di rame cromato (CCA), acido cromico e creosoto (Candelier & Dibdiakova, 2020). Sebbene questi prodotti siano molto validi per migliorare la durabilità del legno, sono tossici anche per l'uomo. E' stato dimostrato che questi prodotti permangono nell'ambiente anche alla fine del loro utilizzo come ad esempio:

Combustione del manufatto trattato: libera gas tossici e generale

Trasformazione in segatura e riutilizzo: Il materiale viene utilizzato per creare altri prodotti che possono essere a contatto continuativo con l'uomo (KOL & KESKİN, 2016)

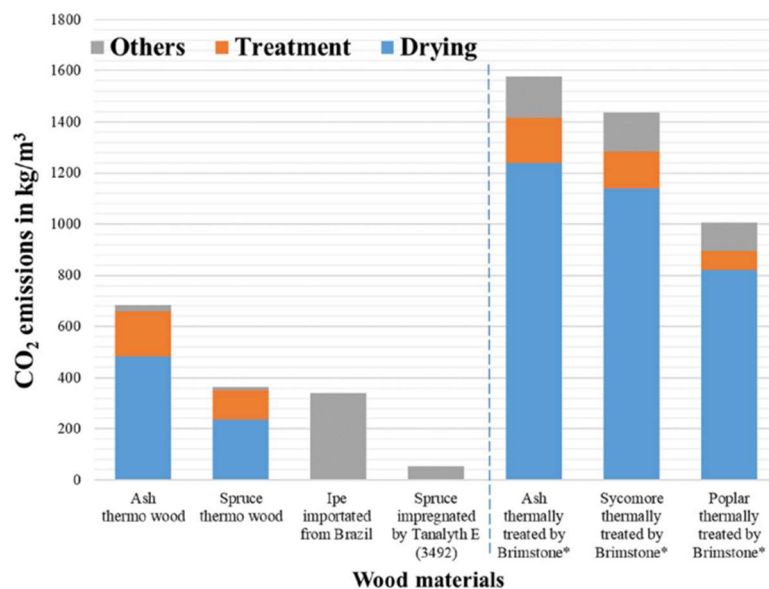
Per valutare l'impatto ambientale durante il ciclo di vita di un prodotto in legno termotrattato bisogna:

- Valutare la provenienza del materiale di base: il trattamento permette di utilizzare materiale locale invece di utilizzare legno esotico per avere la stessa durabilità
- Consumo energetico: il trattamento richiede un certo quantitativo di energia. Studi scientifici dimostrano che solo il 25% dell'energia totale durante il trattamento è utilizzata durante la fase ad alta temperatura, mentre il restante 75% è impiegata per l'essiccazione del legno. Il consumo totale dipende prevalentemente dall'umidità iniziale del legno trattato. Vengono riportati i consumi energetici del trattamento termico (Candelier & Dibdiakova, 2020):



In questa figura, vengono confrontate i consumi energetici su quattro casistiche: Frassino termotrattato, Abete termotrattato, Legno importato dal Brasile, legno trattato con impregnante biocida. Come si vede l'utilizzo di legname locale rende il trattamento competitivo con l'import da paesi esteri

Vengono riportate le emissioni di CO_2 per mc di materiale (Candelier & Dibdiakova, 2020):



In questa figura, vengono confrontate le emissioni di CO_2 su quattro casistiche: Frassino termotrattato, Abete termotrattato, Legno importato dal Brasile, legno trattato con impregnante biocida. Come si vede l'utilizzo di legname locale rende il trattamento competitivo con l'import da paesi esteri

Altre emissioni

Durante la pirolisi del legno si vengono a creare una grande quantità di composti, tra cui acido acetico, furfurolo, dimetilgliosale, idrossiacetone, toluene e diversi terpeni. Una frazione di queste emissioni è riconosciuta come pericolosa per la salute. Il nostro impianto, per annullare questa problematica dispone di uno speciale filtro ad acqua che permette di bloccare questa piccola percentuale di inquinanti.

Emissione di composti organici volatili

Il legno naturale emette naturalmente VOCs (terpeni, acido acetico, ecc). L'emissione di queste sostanze altera la qualità dell'aria in ambienti chiusi, specialmente se il legno viene utilizzato estensivamente come rivestimento interno. E' stato dimostrato che il legno termotrattato riduce le emissioni di composti volatili in quanto gran parte delle emissioni si hanno durante il processo di pirolisi

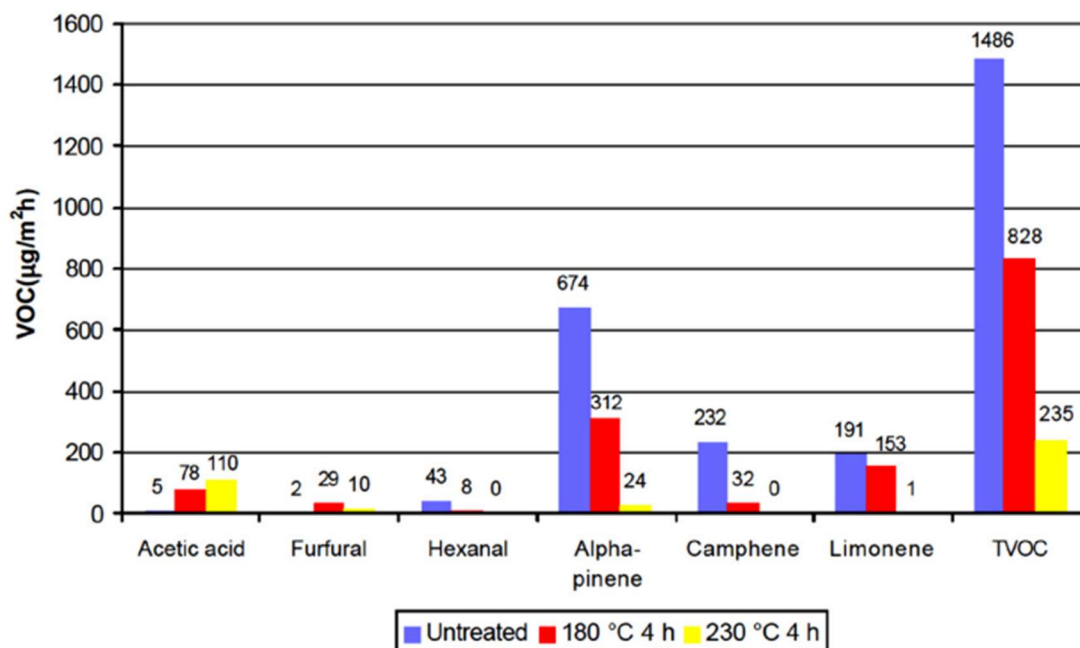


Table 5: Comparison of life cycle impacts of ACQ-treated wood and thermally-modified woods over a 25-year period, using the LTS and ReCiPe Midpoint (H) v. 1.00 method.

Impact category	Unit	ACQ-treated decking (landfilled)	Thermally modified decking (landfilled; % difference compared to ACQ-treated)	Thermally modified decking (incinerated; % difference compared to ACQ-treated)
Human health	DALY	1.1×10^{-3}	9.3×10^{-4} (-14.0%)	9.3×10^{-4} (-14.3%)
Resources	\$/kg	22.1	19.3 (-12.7%)	20.3 (-8.1%)
Cumulative energy demand	MJ	5.9×10^3	6.8×10^3 (15.0%)	7.1×10^3 (20.2%)
Climate change	kg CO ₂ eq.	382	358 (-6.30%)	337 (-11.8%)
Water use	m ³	3.8×10^3	6.7×10^3 (77.3%)	6.9×10^3 (82.6%)
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq.	2.3×10^{-4}	1.4×10^{-4} (-40.9%)	1.5×10^{-4} (-34.3%)
Ionizing radiation	kBq Co-60 eq.	7.0	19 (273%)	20.1 (288%)
Fine particulate matter formation	kg PM2.5 eq.	0.3	0.3 (-5.80%)	0.3 (-4.2%)
Terrestrial acidification	kg SO ₂ eq.	1.6	1.5 (-6.20%)	1.6 (-2.5%)
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB eq.	124	0.1 (-99.9%)	0.1(-99.9%)
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB eq.	30.8	9.29 (-69.8%)	17 (-44.8%)
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB eq.	38.6	12.4 (-67.9%)	21.3 (-44.8%)
Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB eq.	136	135 (-0.7%)	136 (0%)
Mineral resource scarcity	kg Cu eq.	1.8	0.7 (-58.5%)	0.7 (-62.9%)
Fossil resource scarcity	kg oil eq.	110	106 (-3.6%)	112 (1.8%)

The quantity which has been used for analysis was 30 m² of decking with each modified wood products.

Resistenza meccanica

Il legno termotrattato subisce una modificazione della sua struttura e della sua composizione. Il processo tende, in base alla temperatura di processo a rendere il materiale meno performante in termini di caratteristiche meccaniche. Vengono riportati i seguenti parametri per l'abete rosso (Boonstra, Acker, Tjeerdsma, & Kegel, 2007):

Proprietà	Unità di misura	Materiale non trattato	Materiale trattato
Contenuto di umidità	%	14	6
Densità	Kg/m^3	434	397
Resistenza a flessione	N/mm^2	57.2	39.3
Modulo elastico	N/mm^2	10669	11225

Le proprietà riportate sono frutto di un metodo di lavoro statistico. È da notare che il materiale trattato diventa più leggero di quasi il 10 % e il materiale diventa più rigido (Modulo elastico aumentato)

Lavorabilità

La lavorabilità è parametro difficilmente caratterizzabile. La ricerca scientifica è attiva anche su questo fronte tuttavia al giorno d'oggi non esistono ancora studi approfonditi sul tema. Segheria Praolini si è dunque attivata facendo delle prove di lavorabilità su campioni trattati attraverso il nostro processo termico.

Le prove sono state organizzate in modo da provare il materiale con alcune lavorazioni che vengono eseguite abitualmente nel settore della falegnameria e della carpenteria. In particolare:

Lavorazione giunto a pettine

Lavorazione perlina Maschio -Femmina

Lavorazione Tavolette di copertura

Resistenza alla penetrazione di chiodi e viti vicino al bordo

Rusticatura del legno

In ognuna di queste lavorazioni il materiale ha risposto positivamente, dando prova di buona lavorabilità e una posa semplice del materiale in opera

(Čermák, et al., 2015)

