

Approfondimento

Il legno come combustibile

Le biomasse soddisfano circa il 15% degli usi energetici primari nel mondo; tra esse la più nota è il **legno**, il più antico combustibile utilizzato dall'uomo per il riscaldamento delle abitazioni e la cottura dei cibi. Solo 150 anni fa è iniziata la sua sostituzione, nel mondo occidentale, con il carbone.

Biomassa

Insieme degli organismi (vegetali o animali) e della materia da loro prodotta durante il ciclo di vita. Parte di tale materia può essere usata come fonte di energia:

- legno;
- rifiuti organici;
- lolla di riso;
- sansa di olive;
- gusci di nocciole e di altri frutti secchi;
- biogas;
- residui agricoli, forestali e agroindustriali.

L'interesse per il legno come combustibile è ripreso con le prime crisi petrolifere degli anni '70; l'innovazione tecnologica ha messo a disposizione nuove macchine e attrezzature per la raccolta e il trasporto e innovativi apparecchi termici alimentati a legna, caratterizzati da grande praticità d'uso (alcuni sono ad alimentazione automatica), elevata efficienza, basse emissioni inquinanti.

Il legno è un tessuto vegetale prodotto attraverso la fotosintesi da un vasto gruppo di piante superiori (alberi e arbusti): utilizzando l'energia luminosa prodotta dal sole, l'acqua, sali minerali presenti nel terreno e l'anidride carbonica (CO_2) presente nell'atmosfera, le piante verdi sono in grado di produrre nuova sostanza organica, liberando ossigeno (O_2) nell'atmosfera.

Per la pianta il legno svolge due funzioni essenziali:

- 1 sostenere e dare forma all'organismo;
- 2 garantire il trasporto della linfa all'interno della pianta.

Chimicamente è composto da:

- cellulosa per il 40-50%;
- lignina per il 20-30%;
- altre sostanze (carboidrati, grassi, tannini, sali minerali) per il 20-30%.

La **degradazione biologica** del legno è operata da organismi viventi (fun-

ghi, batteri ecc.) che estraggono dal legno l'energia che serve loro per vivere; con la degradazione il processo della fotosintesi si inverte: sono utilizzati ossigeno, anidride carbonica e sali minerali e viene emessa energia.

La **combustione** è un processo chimico che si svolge attraverso tre fasi:

- **essiccazione**: fino a temperature di 220 °C il calore assorbito provoca emissione di vapore acqueo, eliminando l'umidità presente nel legno; quanto più il legno è umido, tanta più energia sarà necessaria per l'essiccazione e tanto più basso risulterà il rendimento;
- **pirolisi**: tra i 220 °C e i 270 °C iniziano a formarsi aeriformi (gas e vapori) e carbonio solido; a 500 °C l'85% della massa si presenta sotto forma di composti volatili;
- **gassificazione e combustione**: oltre i 500 °C si ha l'ossidazione finale dei prodotti di decomposizione con liberazione di calore.

Diversi argomenti depongono a favore di un utilizzo del legno come fonte di energia:

- è una fonte di energia rinnovabile;
- presenta rischi pressoché nulli per l'ambiente durante la produzione, il trasporto e lo stoccaggio;
- produce, se la combustione è corretta, emissioni comparabili a quelle del gas naturale, ma senza contribuire all'effetto serra;
- diversifica l'approvvigionamento energetico e riduce la dipendenza dall'estero, valorizzando allo stesso tempo la produzione del legno, con possibili positive ripercussioni economiche e occupazionali.

La combustione del legno non contribuisce a far aumentare il contenuto di anidride carbonica in atmosfera, perché la CO₂ emessa nella combustione è compensata dalla quantità sottratta precedentemente all'atmosfera da parte delle piante, che hanno prodotto il legno attraverso la fotosintesi clorofilliana.

La cosiddetta *filiere legno-combustibile*, schematizzata qui a fianco, comprende le diverse fasi che vanno dalla produzione del legno come combustibile al suo utilizzo nel combustore.

La **depezzatura** consiste nelle operazioni di taglio, spaccatura, cippatura necessarie per ottenere le dimensioni adatte per utilizzare il legno come combustibile; le pezzature più utilizzate sono il tronchetto, la soluzione più diffusa, e il cippato è ottenuto dallo sminuzzamento del legno, solitamente fresco appena tagliato per ottenere scaglie (*chips*).

La forma più innovativa è il *legno in pellet*, cilindretti di piccolo diametro (< 1 cm) ricavati comprimendo la segatura essiccata; si ottiene un combustibile naturale a densità energetica (potere calorifico riferito al volume) circa doppia rispetto al legno. Il pellet è utilizzato come combustibile, in sostituzione dei ceppi di legno, per stufe di ultima generazione.

Il legno presenta un contenuto d'acqua elevato, variabile a seconda della specie; nella combustione però è importante utilizzare legno con bassa umidità (< 25-30% calcolato sulla massa umida), perciò si rende indispensabile una efficace **essiccazione** in un deposito stagionale.

Il valore energetico del legno viene espresso dal suo «potere calorifico»



definito come «la somma delle unità di energia termica che si liberano durante la combustione di un kg di legno».

Il potere calorifero può essere:

- 1 inferiore:** non tiene conto del calore che si libera quando il vapore acqueo prodotto durante la combustione si condensa in acqua allo stato liquido (calore latente di condensazione);
- 2 superiore:** tiene conto anche del calore di condensazione;
- 3 assoluto o relativo:** a seconda che la grandezza fisica a cui ci si riferisce sia il peso (quantità unitaria: kg) o il volume (quantità unitaria: m³);
- 4 teorico o effettivo:** a seconda che il materiale bruciato sia allo stato perfettamente anidro o viceversa contenga una certa umidità (da specificare, espressa in percentuale sul peso secco).

Il potere calorifico del legno dipende principalmente dal suo contenuto di acqua (umidità relativa) e relativamente poco dalla specie; con riferimento al potere calorifico superiore per legno secco in TABELLA 1 sono riportati i valori per alcune specie arboree.

TABELLA 1
Massa volumica e potere calorifico superiore per alcune specie arboree.

Specie arborea	Massa volumica in kg/m ³ (umidità residua 15%)	Potere calorifico superiore in kJ/kg del legno secco
Abete bianco	440	19 465
Abete rosso	450	20 331
Acerò Napoletano	740	19 285
Betulla	650	20 796
Carpino Nero	820	19 423
Castagno	580	19 251
Cerro	900	19 457
Cipresso	620	24 781
Douglasia	530	21 056
Faggio	750	19 327
Frassino	720	22 395
Larice	660	16 953
Ontano	540	18 209
Ontano Napoletano	530	19 674
Pioppo Nero	500	17 288
Pioppo Marittimo	630	20 729
Robinia	790	18 837
Roverella	880	19 385

Mediamente il potere calorifero del legno con 15% di umidità è stimabile sui 4,3 kWh/kg mentre quello del gasolio è di 10,00 kWh/l e quello del gas metano è di 9,5 kWh/m³; si può quindi valutare che approssimativamente con 2,3 kg di legno secco si sostituisce un litro di gasolio e 1 m³ di gas naturale.

TABELLA 2
Classificazione
delle specie arboree
in legno forte
e legno dolce.

Si distinguono specie *forti*, con legno duro e pesante, e specie *dolci*, con legno tenero e leggero con diversa densità (TABELLA 2).

Legno forte	Legno dolce
Acer	Conifere
Carpino	Pioppo
Cerro	Platano
Faggio	Salice
Frassino	Ontano
Fruttiferi	Tiglio
Gelso	
Leccio	
Noce	
Olivo	
Orniello	
Robinia	
Rovere	
Sughero	
Betulla	
Castagno	
Olmo	

Il generatore di calore a legna

In base alla loro potenza nominale, i generatori di calore a legna possono essere distinti in classi di grandezza: piccoli, medi e grandi. Nella classe dei piccoli generatori (potenza fino a 100 kW) è ancora possibile individuare la categoria dei generatori per uso monofamiliare con potenza nominale fino a 35 kW.

I più moderni garantiscono rendimento termico elevato (fino all'80-85%) e facilità di gestione; sono disponibili soluzioni che utilizzano combustibile in pezzature differenti: tronchetto, cippato o pellet.

I generatori di calore con potenze termiche nominali fino a 35 kW utilizzano l'acqua come fluido termovettore e sono utili per riscaldare locali con superfici indicativamente fino a 200-300 m², eventualmente con l'uso di un accumulatore termico; esistono sistemi ad aria calda, particolarmente adatti alle seconde case per la minor inerzia termica.

Il caricamento del legno nei generatori viene effettuato soprattutto manualmente utilizzando tronchetti di varia misura (30, 50, 70 cm); nel funzionamento con cippato e pellet il caricamento può essere meccanizzato, raggiungendo un'autonomia di alimentazione piuttosto elevata, anche fino a una settimana a piena potenza.

Il rendimento termico dei combustori innovativi è almeno il doppio rispetto a quello delle stufe tradizionali, grazie soprattutto a una combustione più completa, ottenuta con la separazione e regolazione fine dell'aria comburente, anche preriscaldata, in due flussi in modo da ossidare completamente anche la componente volatile del legno, che a 500 °C costituisce l'85% della massa.

La *sonda Lambda* è un dispositivo, presente nelle caldaie a tecnologia più avanzata, di regolazione della potenza e di ottimizzazione elettronica della combustione; l'intervento della sonda corregge con continuità l'apporto di

aria mantenendo la combustione ottimale in presenza di combustibile di qualità molto diverse.

L'adozione di un **accumulatore termico** nel circuito idraulico migliora il rendimento e la durata dell'impianto, ma anche il comfort della prestazione. Consiste in un serbatoio chiuso e coibentato, con una capacità da 500 a 2000 litri e ha la funzione di immagazzinare calore prodotto dal generatore nelle fasi in cui non è necessario all'utente, restituendolo in una fase successiva in risposta al bisogno. In questo modo si ottengono alcuni risultati positivi:

- si evita lo spreco di carburante dovuto a soste e riavviamenti del generatore, riducendo quindi il consumo di legno;
- la combustione viene mantenuta più costantemente nelle condizioni ottimali;
- si riducono le condense nel circuito dei fumi.

L'accumulatore termico rende possibile l'integrazione del riscaldamento a legna con quello ottenuto da pannelli solari, pompe di calore o altri sistemi alternativi.

Le emissioni

Le emissioni prodotte durante la combustione sono costituite da polveri e prodotti gassosi; i sistemi tradizionali a tronchetto presentano emissioni maggiori per quanto riguarda CO (monossido di carbonio), polveri e VOC (Componenti Organici Volatili). Relativamente alle emissioni di SO_x (ossidi di zolfo), l'olio combustibile e, a seguire, il gasolio si pongono tra i combustibili a maggior emissione.

Nonostante l'utilizzo di sistemi innovativi, la combustione del legno comporta, a parità di energia sviluppata, emissioni maggiori di quelle prodotte dall'utilizzo di combustibili fossili, eccezion fatta per gli SO_x e per la CO₂.

Negli apparecchi a focolare chiuso si realizza la *combustione secondaria* immettendo aria surriscaldata in posizioni opportune per bruciare i gas (anidride solforosa, benzopirene, monossido di carbonio ecc.) prodotti dalla combustione primaria; si ottiene una più elevata resa termica e si riducono residui e ceneri.