

Impianti a Biocombustibili solidi per la produzione di energia termica

TIPOLOGIA DI IMPIANTO

Un impianto di produzione di energia termica a biocombustibili solidi si compone di **un** solo principale componente:

- **Caldaia per la produzione di acqua calda .**

Altri componenti che costituiscono l'impianto sono:

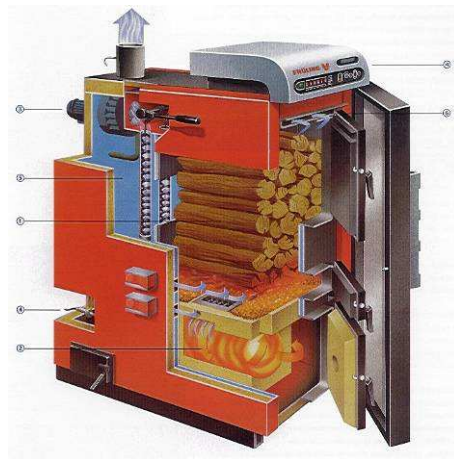
- Contenitore o apposito locale (silo) per lo stoccaggio del combustibile;
- Sistema di estrazione del combustibile dal silo;
- Complesso di trasporto e alimentazione del combustibile alla caldaia;
- Impianto di depurazione dei fumi, con eventuale connesso recupero di calore;
- Camino;
- Impianto di estrazione delle ceneri (opzionale, presente solo nei medi-grandi impianti);
- Quadro elettrico di comando e accessori;
- Sistemi di sicurezza ed eventuale accumulatore inerziale e bollitore per acqua sanitaria;
- Circuito di distribuzione del fluido termovettore (acqua calda) costituito da tubazioni coibentate e da adeguate pompe di circolazione.

Il generatore di calore (caldaia), in base alle dimensioni di impianto, può essere del tipo:

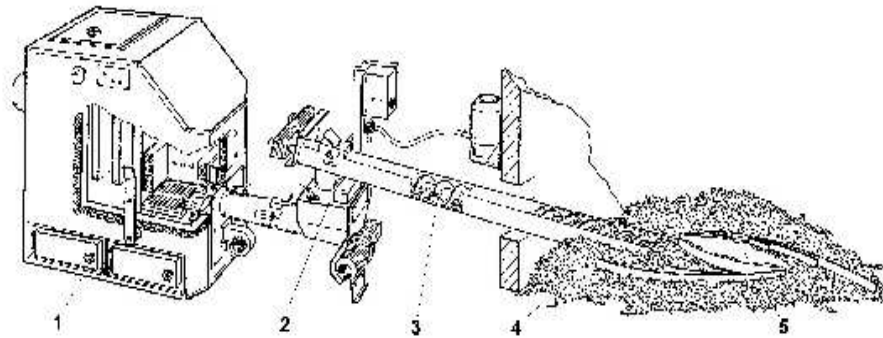
- a fiamma inversa per la legna da ardere;
- a griglia fissa per il cippato di legno ed il pellet.

Nelle figure che seguono si riportano gli schemi delle caldaie menzionate.

Caldaia a fiamma inversa (uso domestico individuale)



Caldaia a griglia fissa per cippato (uso domestico individuale, teleriscaldamento e/o medio/grandi utenti termici)



Caldaia a griglia fissa per pellet (uso domestico individuale)



Nonostante l'ormai affermata diffusione ed il continuo sviluppo di apparecchiature termiche a legna, a cippato ed a pellet, è oggi di fondamentale importanza insistere sul tema dell'efficienza di tali apparecchiature e della relativa filiera.

La biomassa legnosa è una risorsa energetica che, non essendo illimitata, deve essere utilizzata al meglio; inoltre si è visto che il suo costo è in qualche modo legato anche al prezzo delle fonti fossili.

Un suo utilizzo "economico" richiede pertanto applicazioni basate sulla massima efficienza di filiera, a partire dalle fasi di coltivazione, raccolta e trasporto della biomassa per finire alle fasi di uso finale (rendimento degli impianti, gestione delle utenze).

PROGETTAZIONE DI UN IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

In sede di progetto il dimensionamento della caldaia è l'aspetto più delicato perché le caldaie a biomassa hanno dei costi di investimento, proporzionali alla potenza installata, molto più alti di quello delle caldaie tradizionali a combustibili fossili. D'altro canto una caldaia sottodimensionata rispetto alle reali esigenze non è sufficiente a soddisfare le richieste dell'utenza in particolare nei picchi di massima necessità.

La prima operazione da affrontare in sede progettuale è quindi una approfondita analisi dell'utenza, sia in termini di fabbisogno energetico effettivo sia in termini di distribuzione temporale di detto fabbisogno.

Le condizioni climatiche dell'utenza devono costituire la base di partenza di ogni progetto. Sono sintetizzabili come segue:

Dati climatici

- Quota media (s.l.m.)
- Temperatura minima invernale
- Zona climatica e relative prescrizioni D.P.R 412/93:
 - numero gradigiorno
 - periodo di riscaldamento (max. numero giorni)
 - max h/g ammesse

La temperatura interna normalmente prevista per utenze pubbliche e private è pari a 20°C. Da ciò consegue che la differenza tra temperatura interna e temperatura esterna (ΔT) è pari a:

- ΔT medio nell'arco della stagione invernale per determinare i consumi;
- ΔT massimo nel 20% dei giorni più freddi per determinare la potenza di caldaia.

LA DEFINIZIONE DELLE UTENZE

I principali aspetti da valutare ai fini della progettazione di un impianto di riscaldamento sono relativi ad una corretta definizione delle utenze:

1. *quali utenze è possibile / necessario riscaldare?*
2. *qual è il volume delle utenze da riscaldare?*
3. *qual è il loro coefficiente di dispersione?*

Il coefficiente di dispersione termica è un valore legato alle caratteristiche degli edifici, occorre considerare di esso il massimo valore ammissibile (DM 27/07/2005) in base alla zona climatica di appartenenza (D.P.R. 412/93) ed alle caratteristiche strutturali dell'edificio (es. rapporto tra superficie esterna e volume dell'edificio). L'applicazione del coefficiente deve essere ponderata per ogni edificio tenendo conto delle caratteristiche costruttive (stato attuale, materiali, finestrature, etc.), per giungere così a definire il fabbisogno termico effettivo, sulla base delle volumetrie di ciascun edificio.

DESCRIZIONE E DIMENSIONAMENTO DELLA CALDAIA

La somma dei fabbisogni effettivi (riscaldamento e acqua calda sanitaria) di tutte le utenze considerate porta a determinare la potenza lorda della caldaia di centrale, tenendo in dovuto conto i rendimenti di generazione e di distribuzione e la riduzione di potenza globale per la non contemporaneità di tutte le utenze.

La localizzazione della centrale dovrà minimizzare il percorso medio del calore indirizzato alle utenze attraverso la rete di tubazioni, e quindi la sua posizione dovrebbe essere il più possibile baricentrica rispetto al bacino d'utenza, senza comunque comportare problemi di impatto ambientale dovuti a traffico, rumore ed emissioni.

La rete di distribuzione è la parte in genere più costosa dell'impianto di teleriscaldamento: è costituita da un circuito principale di tubazioni coibentate dal quale si diramano i collegamenti con le varie utenze.

LA RETE DI DISTRIBUZIONE NEL CASO DI TELERISCALDAMENTO

Avendo individuato in prima approssimazione l'utenza, la sua localizzazione e la potenza da installare, occorre valutare se la lunghezza della rete è in un rapporto ragionevole con la potenza della caldaia. La rete non deve essere troppo lunga rispetto alla potenza e all'energia erogata, perché ciò sarebbe sconveniente dal punto di vista economico a causa di eccessive dispersioni termiche. Si può utilizzare il criterio secondo cui deve esservi almeno 1 kW di potenza d'allacciamento per metro lineare di condotta termica principale di mandata/ritorno (lunghezza del canale).

La rete di distribuzione è la parte in genere più costosa dell'impianto di teleriscaldamento ed è costituita da un circuito principale di tubazioni coibentate di andata e ritorno dell'acqua calda, dal quale si diramano i collegamenti con le varie utenze.

Nella figura sotto riportata appare uno schema figurativo di massima della rete:

Le tubazioni possono essere in acciaio o polietilene (HDPE), coibentate con schiuma di poliuretano espanso e protette esternamente con resina termoindurente. Trattandosi di tubazioni interrate occorre proteggere la parte superiore con uno strato di terreno da 40 cm a 60 cm, mentre la parte inferiore deve poggiare su sabbia ben costipata.

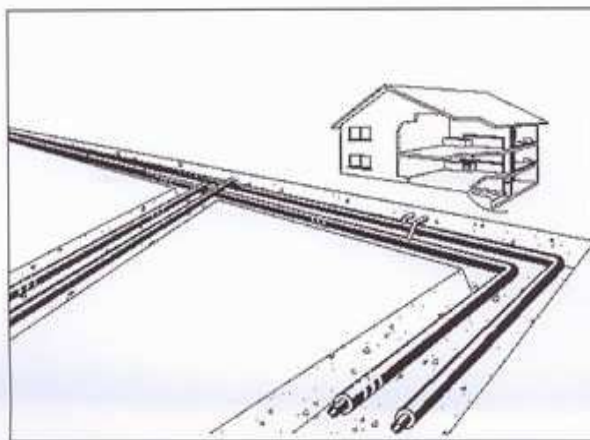


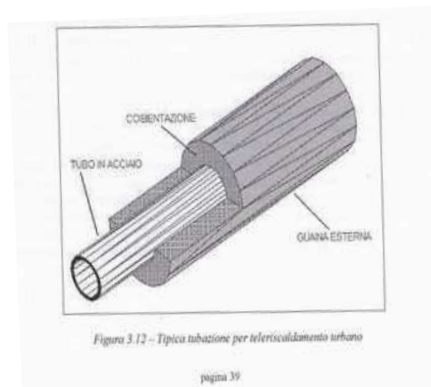
Figura 3.13 - Posa della rete di distribuzione

La rete maggiormente affidabile e più favorevole per nuove estensioni, scelta per questo progetto, è quella "ad anello", costituita da un circuito chiuso (sia sul percorso di andata che su quello di ritorno), con possibilità di alimentazione da entrambi i lati e con una conseguente più omogenea distribuzione della pressione.

La rete di tubazioni è alimentata da una stazione di pompaggio collegata alla caldaia: la pressione di esercizio dipende dai dislivelli e dallo sviluppo della rete e delle sue diramazioni.

Il diametro dei tubi dipende dalla potenza termica trasmessa, dalla differenza di temperatura tra la mandata ed il ritorno e dalla velocità dell'acqua che non deve di norma superare, nella rete principale, i 3 m/s.

<i>Mandata acqua</i>	90 C°
<i>Ritorno acqua</i>	65 C°
<i>Delta T</i>	25 C°
<i>Portata</i>	92 m ³ /h
<i>Diametro medio</i>	5 cm
<i>Diametro max</i>	9 cm



Le utenze sono collegate alla rete attraverso una serie di sottostazioni, situate come se fossero una caldaia centralizzata, all'interno dei diversi edifici, in locali tecnici, senza particolari esigenze di ventilazione o di sicurezza.

Nel caso di piccole utenze contigue, si installa un'unica sottostazione, con una breve rete secondaria di distribuzione alle abitazioni collegate.

Ogni sottostazione è composta da:

- *scambiatore di calore a piastre*
- *valvole di regolazione*
- *valvole di intercettazione*
- *impianto elettrico*
- *strumentazione di controllo e misura*
- *contacalorie differenziale*

Uno schema di sottostazione è il seguente.

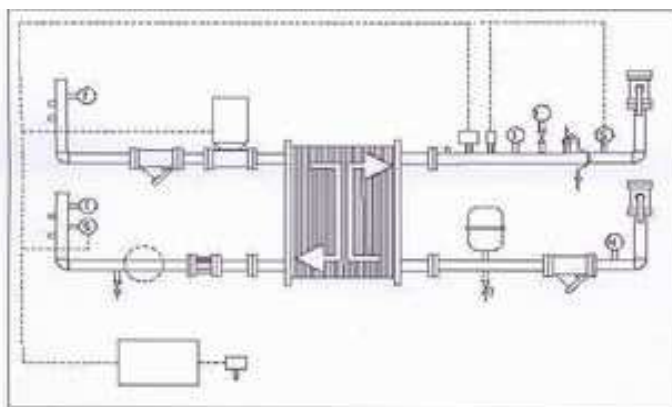


Fig. 3.14 - Schema di sottostazione di scambio termico

IL CENTRO DI STOCCAGGIO

Il centro di stoccaggio è un elemento fondamentale per garantire l'alimentazione e l'autonomia della caldaia in caso di disfunzioni nei trasporti e nei conferimenti della biomassa dai vari bacini di raccolta alla centrale.

Normalmente è costituito da un vasto piazzale impermeabilizzato, con una parte pavimentata e coperta da una tettoia per proteggere la biomassa prima della sua alimentazione alla caldaia. Il centro è recintato e predisposto con adeguati mezzi antincendio, oltre ad essere dotato di un piccolo ufficio con pesa esterna.

Il centro è localizzato in una posizione ottimale rispetto sia alla logistica dei conferimenti della biomassa sia al sistema di alimentazione della caldaia. In genere è necessario prevedere un'area fuori dai centri abitati, attrezzata con un sistema basato su containers scarrabili per il combustibile cippato, che vengono caricati nel centro di stoccaggio e posizionati poi in centrale (vuoto per pieno), prossimi al silo finale ed alla coclea di alimentazione della caldaia. Ciascun container scarrabile è dotato di un sistema di avanzamento della biomassa cippata, in modo che lo scarico nel silo di centrale avvenga gradualmente e senza emissione di polveri e rumori.

E' in genere necessario garantire una sufficiente autonomia alla caldaia (90 giorni) , da cui consegue il dimensionamento dell'area da adibire a stoccaggio, valutando che i cumuli di biomassa combustibile non devono superare i 7 metri d'altezza, disposti in modo tale da consentire una facile movimentazione ed una sicura predisposizione antincendio.

Una parte della stessa area deve essere coperta da una tettoia, per permettere una migliore essiccazione naturale della biomassa immagazzinata. La tettoia, progettata a carichi di vento e di neve, deve essere dimensionata per conservare al coperto il combustibile per un periodo di 3 settimane prima della sua alimentazione in caldaia



CARATTERIZZAZIONE DEI COMBUSTIBILI LEGNOSI LEGNA DA ARDERE

Dopo l'abbattimento e la sramatura in bosco o in impianto, il legname è trasportato al piazzale di lavorazione dove subisce la riduzione a misura di impiego desiderata, ovvero squartoni (100 cm) e/o legna corta (25-33-50 cm). Le macchine utilizzate per la lavorazione della legna da ardere si distinguono in segalegna, spaccalegna e combinate.

Comunemente la legna in pezzi si misura in metri steri (ms), unità di misura che corrisponde al volume di 1 m³ di pezzi di legna accatastati in maniera ordinata, comprensivo degli interstizi vuoti.

La caratterizzazione della legna da ardere è definita dalla norma europea EN 14961-5.

Parametri indicativi della legna da ardere

Parametri indicativi	UM	Valore
Contenuto idrico (M)	%	20*
PCI (M20)	kWh/kg	4
	MJ/kg	14,4
Massa sterica (M20)	kg/ms	315-450

* pronta all'uso



Caratterizzazione della legna da ardere in base alla norma EN 14961-5

Classe	Unità	A1	A2	B	
NORMATIVA	Origine e fonte	Tronchi di conifera e latifolia*			
		1.1.3 1.2.1	1.1.1 1.1.3 1.1.4	1.1.1.1 1.1.3 1.1.4	
	Diametro, D	cm	D2 ≤ 2 D5 2 ≤ D ≤ 5 D10 5 ≤ D ≤ 10 D15 10 ≤ D ≤ 15 D15+ >15 (indicare valore reale)	D15 ≤ 15 D15+ > 15 (indicare valore reale)	
	Lunghezza, L	cm	L20 ≤ 20 L25 ≤ 25 33 50 100	L33 ≤ 33 L50 ≤ 50 L100 ≤ 100	L33 ≤ 33 L50 ≤ 50 L100 ≤ 100
	Contenuto idrico, M	w-% , tal quale	M20 ≤ 20 M25 ≤ 25		M25 ≤ 25 M35 ≤ 35
	Specie legnosa		Indicare		Indicare

* Codici di classificazione della provenienza del legno riportati nella norma EN 14961-1



Fattori di conversione volumetrica per la legna da ardere (con corteccia)

Fonte: H. Hartmann (2007)

Specie	legno tondo (m ³)	stanghe accatastate (msa)	spacconi 1 m accatastati (msa)	legna 33 cm accatastata (msa)	legna 33 cm riversata (msr)
Con rif. a 1 m ³ tondo con corteccia					
Faggio	1,00	1,70	1,98	1,61	2,38
Abete rosso		1,55	1,80	1,55	2,52
Con rif. a 1 ms stanghe accatastate					
Faggio	0,59	1,00	1,17	0,95	1,40
Abete rosso	0,65		1,16	1,00	1,63
Con rif. a 1 ms spacconi 1 m accatastati					
Faggio	0,50	0,86	1,00	0,81	1,20
Abete rosso	0,56	0,86		0,86	1,40
Con rif. a 1 ms legna 33 cm accatastata					
Faggio	0,62	1,05	1,23	1,00	1,48
Abete rosso	0,64	1,00	1,16		1,62
Con rif. a 1 msr legna 33 cm riversata					
Faggio	0,42	0,71	0,83	0,68	1,00
Abete rosso	0,40	0,62	0,72	0,62	

CARATTERIZZAZIONE DEI COMBUSTIBILI LEGNOSI CIPPATO

Il cippato è legno ridotto in scaglie tramite una macchina specificamente progettata, detta cippatrice, che può presentarsi fissa, semovente, carrellata, allestita su rimorchio o su autocarro o montata sull'attacco a tre punti del trattore. La macchina può essere dotata di motore autonomo o essere azionata dalla presa di potenza del trattore. In base all'organo di taglio le macchine possono essere classificate in: cippatrici a disco, cippatrici a tamburo e cippatrici a vite o coclea.



Tipologie di cippatrici suddivise per classi di potenza e produttività

Fonte: Cavalli *et al.* (2007)

Cippatrici	Potenza kW	Tempo di lavoro h/anno	Diametro lavorato cm	Produttività	
				t/ora	t/anno
Piccola	≈ 50	200	fino a 20	2,5	500
Media	50-110	300	fino a 30	7	2.100
Grande	> 130	600	> 30	15,5	9.300

Caratterizzazione del cippato in base alla norma EN 14961-4

Classe	Unità	A		B	
		1	2	1	2
NORMATIVA	Origine e fonte	<i>Biomassa legnosa non contaminata*</i>			
		1.1.1	1.1.1	1.1	1.2
		1.1.3	1.1.3	1.2.1	1.3
		1.2.1	1.2.1		
		1.1.4.3	1.1.4.3		
Dimensione o Pezzatura (da specificare)	P 16 P 45 P 63	<i>Frazione principale > 80% (massa)</i>	<i>Fraz. fine < 5%</i>	<i>Frazione grossa < 1%</i>	
		3,15 mm ≤ P ≤ 16 mm	< 1 mm	> 45 mm, tutto < 85 mm	
		3,15 mm ≤ P ≤ 45 mm	< 1 mm	> 63 mm	
		3,15 mm ≤ P ≤ 63 mm	< 1 mm	> 100 mm	
Contenuto idrico (M)	w-%	M10 ≤ 10 M25 ≤ 25	M35 ≤ 35	Specificare	
Ceneri (A)	w-% base secca	A1,0 ≤ 1,0	A1,5 ≤ 1,5	A3,0 ≤ 3,0	
PCI	MJ/kg	Q13,0 ≥ 13,0	Q11,0 ≥ 11,0	Specificare	
Densità apparente	kg/msr	BD150 ≥ 150 BD200 ≥ 200	BD150 ≥ 150 BD200 ≥ 200	Specificare	

* Codici di classificazione della provenienza del legno riportati nella norma EN 14961-1

Le principali caratteristiche qualitative del cippato di legno a uso energetico sono: pezzatura, contenuto idrico e ceneri.

La caratterizzazione del cippato viene definita sulla base della norma europea EN 14961-4.

Per produrre cippato di qualità si utilizzano: tronchi di conifera sramati, refili e sciaveri di conifera e latifoglia, tronchi di latifoglia con o senza rami e ramaglie di latifoglie, possibilmente con diametro minimo di 5 cm per limitare il contenuto di cenere, maggiormente presente nella corteccia.

Parametri indicativi del cippato

Parametri indicativi	UM	Valore
Contenuto idrico (M)	%	30*
PCI (M30)	kWh/kg	3,4
	MJ/kg	12,22
Massa sterica (M30)	kg/ms	223-328

* stagionato all'aria, adatto per essere stoccato nel silo chiuso.



Rapporti di conversione legno-legna-cippato Fonte: Jonas e Haneder (2005)

Assortimento	Legno tondo	Spacconi	Legna spaccata corta		Cippato	
			accatastata	riversata	fino (G30)	medio (G50)
	m ³	msa	msa	msr	msr	msr
1 m ³ tondo	1	1,4	1,2	2,0	2,5	3,0
1 msa spacconi 1 m	0,7	1	0,8	1,4	(1,75)	(2,1)
1 msa legna spaccata corta	0,85	1,2	1	1,7		
1 msr legna spaccata corta	0,5	0,7	0,6	1		
1 msr cippato di bosco fino (G30)	0,4	(0,55)			1	1,2
1 msr cippato di bosco medio (G50)	0,33	(0,5)			0,8	1

Una tonnellata di cippato G30 con M 35% corrisponde a circa 4 msr di cippato di abete rosso e a circa 3 msr di cippato di faggio.

CARATTERIZZAZIONE DEI COMBUSTIBILI LEGNOSI

PELLET

Il pellet è un combustibile densificato, generalmente di forma cilindrica, derivante da un processo industriale per il quale la materia prima viene trasformata in piccoli cilindri di diametro variabile da 6 a 8 mm e lunghezza compresa fra 5 e 40 mm.

Nel processo produttivo la materia prima viene immessa nella cavità di pellettatura dove viene forzata da un pressore rotante attraverso delle matrici forate, dette trafilie, comprimendola in pellet.

Il raggiungimento di elevate temperature determina il parziale rammollimento dei costituenti della matrice legnosa, in modo specifico della lignina, che fondendo funge da collante naturale.



Il pellet è utilizzato prevalentemente nelle stufe, quindi la sua qualità è un parametro essenziale.

LA SOLA MATERIA PRIMA PERMESSA PER LA PRODUZIONE DEL PELLETT È IL LEGNO VERGINE NON CONTAMINATO che abbia subito esclusivamente TRATTAMENTO MECCANICO (D.Lgs. n. 152/06).

La caratterizzazione del pellet viene definita sulla base della norma europea EN 14961-2.





L'unico sistema di attestazione della qualità presente in Italia è PELLET GOLD®. È un marchio volontario di garanzia di qualità del prodotto, sottoposto al vaglio di un comitato di attestazione composto da rappresentanti di associazioni dei consumatori, del mondo ambientalista, produttivo, dell'Università e del settore pubblico allargato.



Caratterizzazione del pellet: confronto fra la EN 14961-2 e lo schema Pellet Gold

Parametro	Unità	EN 14961-2 Classe A1	Pellet Gold
Contenuto idrico (M)	%su	≤ 10	< 10
Ceneri (A)	%ss	≤ 0,7	≤ 1
Durabilità Meccanica (DU)	%su	≥ 97,5	≥ 97,5
P.C.I. (Q)	MJ/kg	16,5 ≤ Q ≤ 19	≥ 16,9
Densità apparente, BD	kg/m ³	≥ 600	> 600
Azoto (N)	%ss	≤ 0,3	≤ 0,3
Zolfo (S)	%	≤ 0,03	< 0,05
Cloro (Cl)	%ss	≤ 0,02	< 0,03
Arsenico (As)	mg/kg ss	≤ 1	≤ 0,8
Cadmio (Cd)	mg/kg ss	≤ 0,5	< 0,5
Cromo (Cr)	mg/kg ss	≤ 10	< 8
Rame (Cu)	mg/kg ss	≤ 10	< 5
Piombo (Pb)	mg/kg ss	≤ 10	< 10
Mercurio (Hg)	mg/kg ss	≤ 0,1	< 0,05
Zinco (Zn)	mg/kg ss	≤ 100	< 100
Nickel (Ni)	mg/kg ss	≤ 10	-
Punto di fusione delle ceneri	°C	Indicare valore	-
Formaldeide (HCHO)	mg/100g	-	≤ 1,5
Radioattività	Bq/kg	-	≤ 6
Additivi*	%ss	≤ 2	≤ 2

* Tipo e quantità da dichiarare