

Sistemi energetici

Biomasse



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

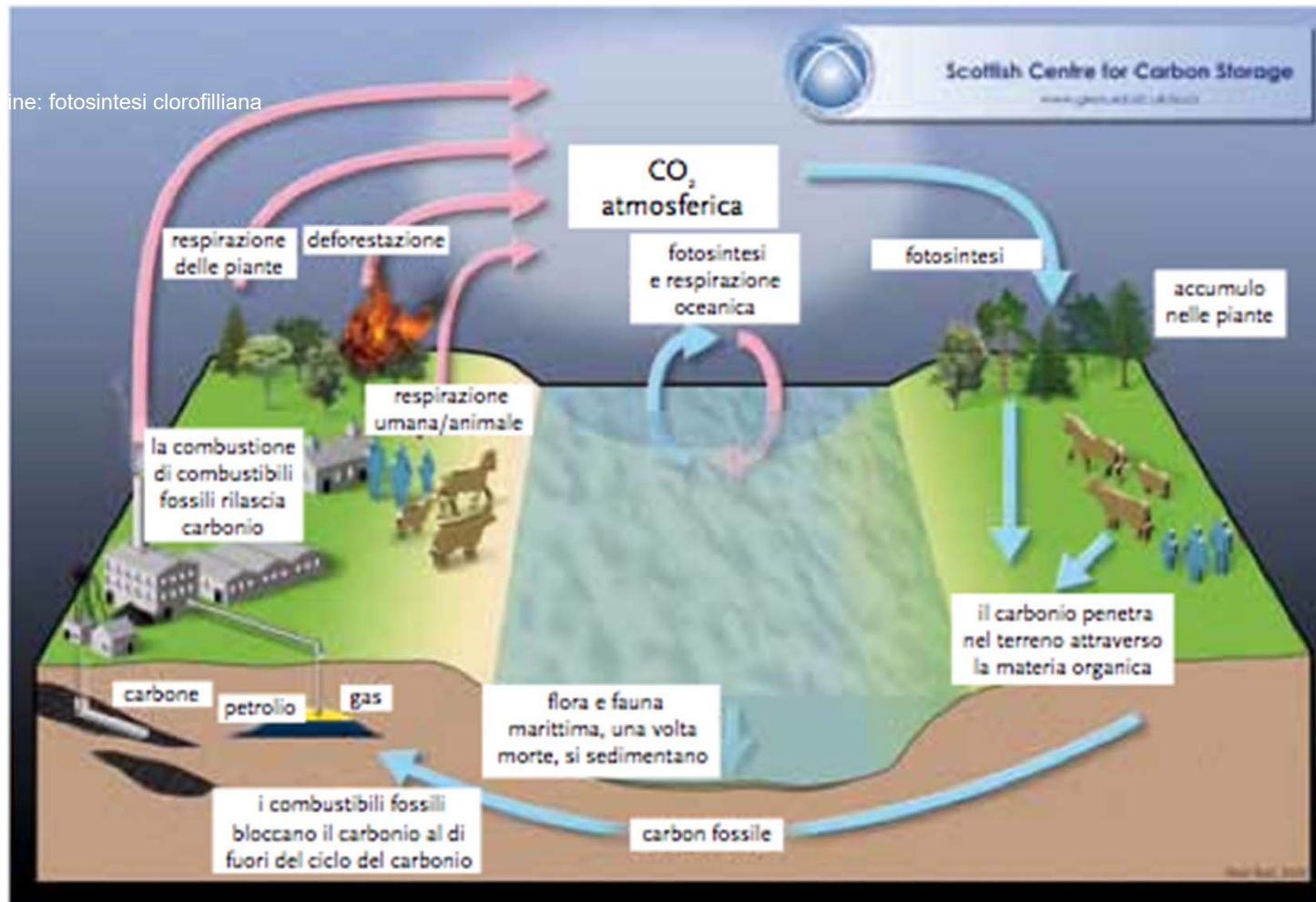
Biomasse: definizioni e caratteristiche

La biomassa è stata la prima fonte di energia utilizzata dall'uomo, ed è a tutt'oggi una delle più diffuse.

- **Biomassa (definizione):** ogni materiale di origine biologica (organica), quindi legato alla chimica del carbonio
- **Le biomasse sono una fonte rinnovabile:** devono essere escluse tutte le biomasse fossilizzate e i relativi derivati, che si ricostituiscono in tempi molto lunghi.
- **La biomassa** è dunque una sostanza organica derivante direttamente o indirettamente dalla fotosintesi clorofilliana, non in forma fossile.

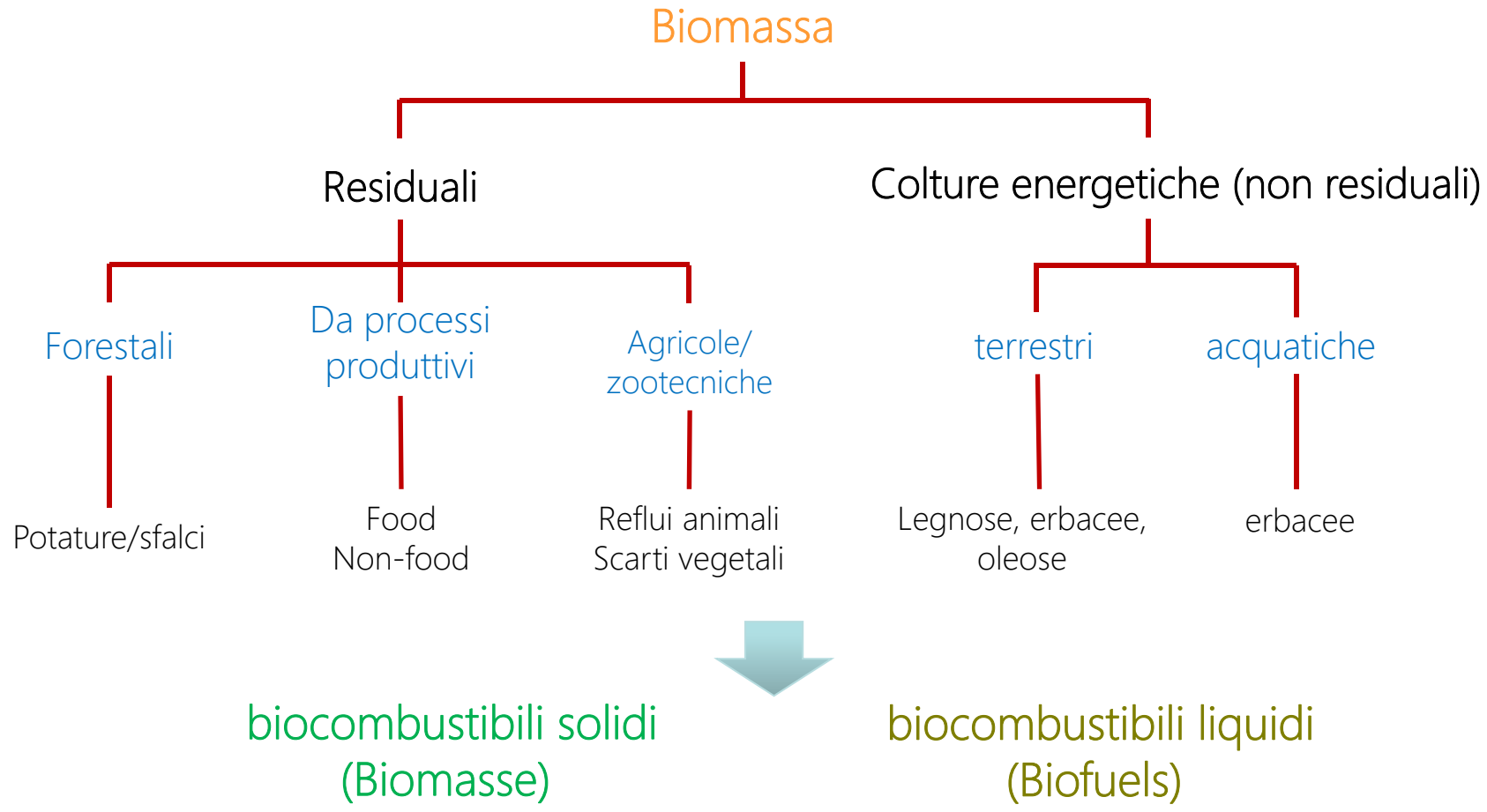
Anche la biomassa deriva dall'**accumulo dell'energia solare**: la fotosintesi clorofilliana avviene grazie all'azione dell'energia solare che raggiunge la Terra.

ne: fotosintesi clorofilliana



© 2008

Definizioni e caratteristiche



Definizioni e caratteristiche

Biomassa (DL 29/12/2003 n. 387): la parte biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali ed animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali ed urbani.

- **Colture energetiche:** alberi o cespugli appositamente coltivati a fini energetici (pioppo, eucaliptus, salice, mischantus, sorgo dolce, etc.);
- **Residui forestali:** frascome, ramaglie, fogliame e residui vari derivanti dalla manutenzione dei boschi;
- **Residui agricoli:** residui derivanti da fattorie e aziende agricole (paglia, bagassa, piante sradicate, potature, etc.);
- **Reflui zootecnici:** sostanza organica prodotta da allevamenti animali (letame, fanghi di lavaggio delle stalle, etc.);
- **Residui agroindustriali e dell'industria alimentare:** sostanze di scarto derivanti dai processi produttivi (sanse, vinacce, lolla di riso, gusci di nocciole e mandorle, etc.);
- **Rifiuti solidi urbani:** la sola parte organica;
- **Residui industriali,** urbani e altro: scarti legnosi provenienti da industrie di lavorazione del legno, dal legno urbano, reflui civili, etc.

Definizioni e caratteristiche

Classificazione

- Biomasse legnose

Residui agroforestali e industriali: ramaglie, patate, gusci, vinacce, sansa, noccioli,

- Biomasse erbacee

Colture energetiche: pioppo, salice, eucaliptus, canna comune, miscantus, cardo, girasole, colza...

- Biomasse acquatiche

Residui: paglia, tutoli di mais, buccette di pomodori, ...

Colture di alghe

- Reflui

Liquami bovini, suini, avicoli,

- FORSU



Definizioni e caratteristiche

Vantaggi

- ✓ Se gestite in maniera sostenibile, sono una **fonte rinnovabile**
- ✓ **contributo praticamente nullo all'aumento della concentrazione di CO₂ in atmosfera (ciclo a sommatoria nulla)**
- ✓ Disponibilità omogenea sul territorio
- ✓ **Buona ricaduta economica sul territorio** grazie alla possibile creazione di una filiera

Definizioni e caratteristiche

Svantaggi

- ✓ ***basso potere calorifico.***
- ✓ ***Necessaria un'elevata quantità di biomassa*** per grandi centrali: se la biomassa non è disponibile a filiera corta (rimanendo dunque sostenibile), la taglia dell'impianto deve essere limitata.
- ✓ Le ***emissioni di particolato*** più elevate rispetto ai combustibili tradizionali (in generale)
- ✓ ***Organizzazione e gestione più complessa degli impianti convenzionali.***
- ✓ Possibile incidenza sulle coltivazioni alimentari

Definizioni e caratteristiche

Caratteristiche delle biomasse: ampiamente variabili a causa della grande quantità di sostanze comprese in questa definizione.

Biomasse legnose ed erbacee: lignina 20-45%, cellulosa 30-45%, emicellulosa 25-35%.

Specie	Cellulosa	Emicellulosa	Lignina
Betulla scandinava	40,0	39,0	21,0
Legno morbido (media)	45,8	24,4	28,0
Legno duro (media)	45,2	31,3	21,7
Pino scandinavo	40,0	28,5	27,7
Corteccia d'albero	24,8	29,8	43,8
Bagassa	41,3	22,6	18,3
Noce di cocco (gusci)	36,3	25,1	28,7
Steli di granoturco	42,7	23,6	17,5
Sansa d'oliva	24,0	23,6	48,4
Paglia di grano	30,5	28,9	16,4
Sansa di riso	31,3	24,3	14,3
Paglia di riso	37,0	22,7	2,6

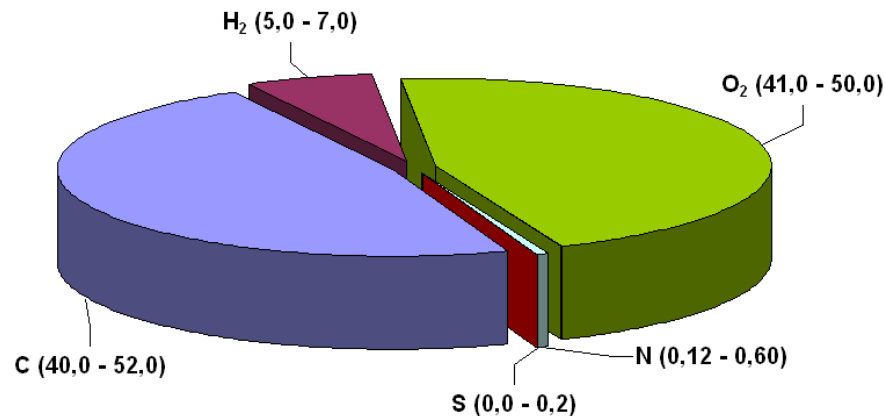
- **Cellulosa:** costituisce le microfibre che danno resistenza meccanica alle piante;
- **Emicellulosa:** tiene insieme le varie microfibre conferendogli un orientamento preferenziale, formando cioè le fibre più grandi normalmente visibili ad esempio nel legno spaccato;
- **Lignina:** funziona da collante tra le varie fibre e rinforza inoltre le difese della pianta contro l'attacco di funghi e altri agenti patogeni.

Definizioni e caratteristiche

Analisi elementare:

carbonio (40-52%), *ossigeno* (41-51%), *idrogeno* (5-7%), *azoto* e *zolfo*, presenti in percentuali che in genere non arrivano all'1%.

Sono presenti inoltre altri elementi quali *potassio* (K), *calcio* (Ca), e *altri*, che in genere rimangono nelle ceneri.



Umidità

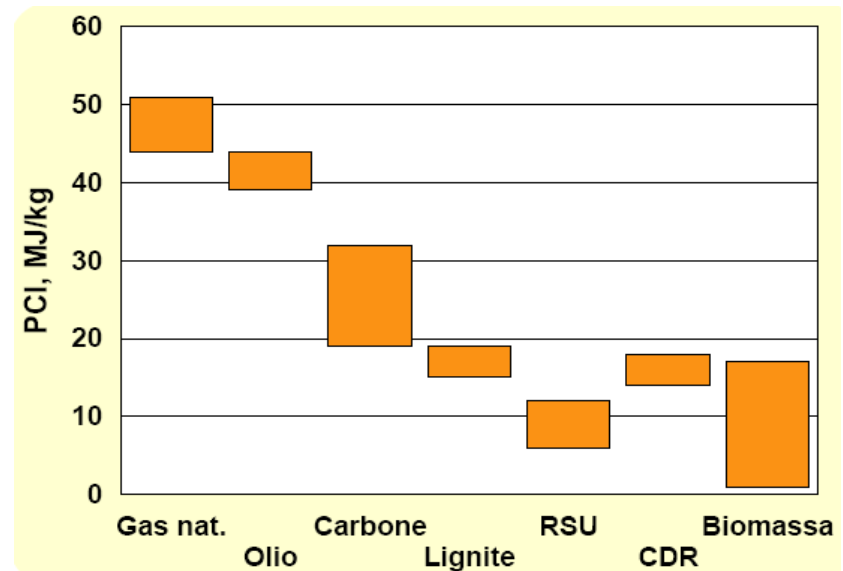
Esprime il *contenuto di umidità* o semplicemente l'*umidità*. Ogni biomassa contiene una certa quantità di acqua che viene espressa come percentuale in peso. Si può esprimere in due modi: sul tal quale e sul secco.

Definizioni e caratteristiche

Potere calorifico

- Rappresenta il contenuto energetico di un materiale, cioè la massima quantità di energia che se ne può estrarre.
- *Potere calorifico inferiore (PCI)*: quantità di energia contenuta in un materiale, al netto della quota assorbita dall'evaporazione dell'umidità e dalla produzione di acqua durante la combustione.

Il PCI delle biomasse è in genere più basso di quello dei combustibili fossili.

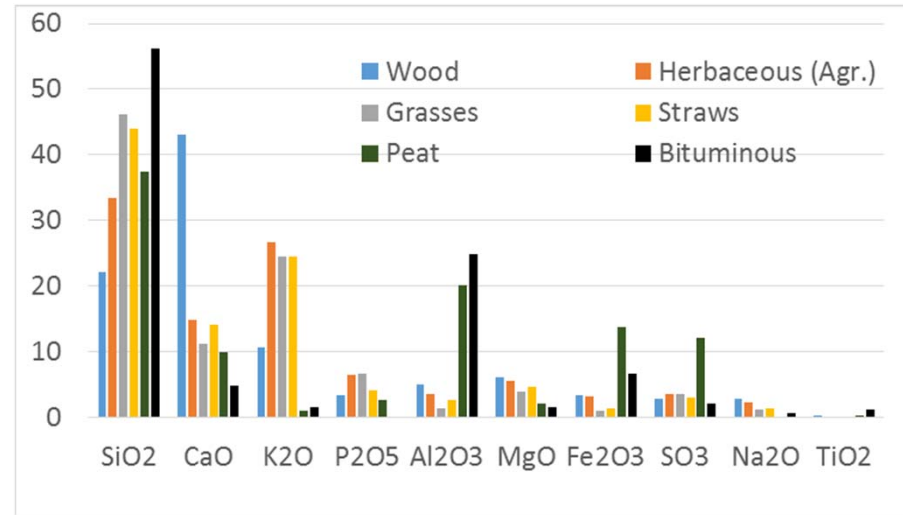


Una biomassa legnosa media appena tagliata (contenuto di umidità del 50% sul t.q.) ha un PCI di circa **8000 kJ/kg**.

Definizioni e caratteristiche

Contenuto e composizione delle ceneri

- Contenuto medio <2% in peso ma si arriva anche al 10%.
- Alte percentuali di cenere abbassano il PCI.
- Possibile influenza sulle prestazioni dei dispositivi di conversione utilizzati, per la presenza di ossidi di metalli alcalini e alcalino-terrosi (K, Si, Ca, ...).



Rapporto C/N

Può dare delle indicazioni su quale sia il processo di conversione energetica più adatto per un dato materiale.

Quando questo rapporto risulta > 30 allora sarebbe meglio fare ricorso ai processi termochimici; se è <30 è meglio utilizzare quelli biochimici.

Definizioni e caratteristiche

Contenuto di sostanze volatili

Rappresentano il 70-90% del peso della biomassa. Vengono emesse dal solido a temperature relativamente basse (200-500° C) e molto rapidamente. Sono essenzialmente composte da gas combustibili (CO , H_2 , C_xH_y), CO_2 , vapore acqueo, e altre sostanze (catrami, sali, ecc.). La concentrazione delle varie specie dipende dalla temperatura.

Densità

Fisica

Densità propria del materiale che costituisce la biomassa:

Legno circa 700 – 900 kg/m^3



Apparente (massa volumica)

Densità del materiale considerando come viene stoccato. Unità di misura: kg/m^3sr , kg/m^3sra , kg/m^3 .

Legno cippato accatastato: 300 kg/m^3



Definizioni e caratteristiche

Fattori di conversione tra le principali grandezze energetiche

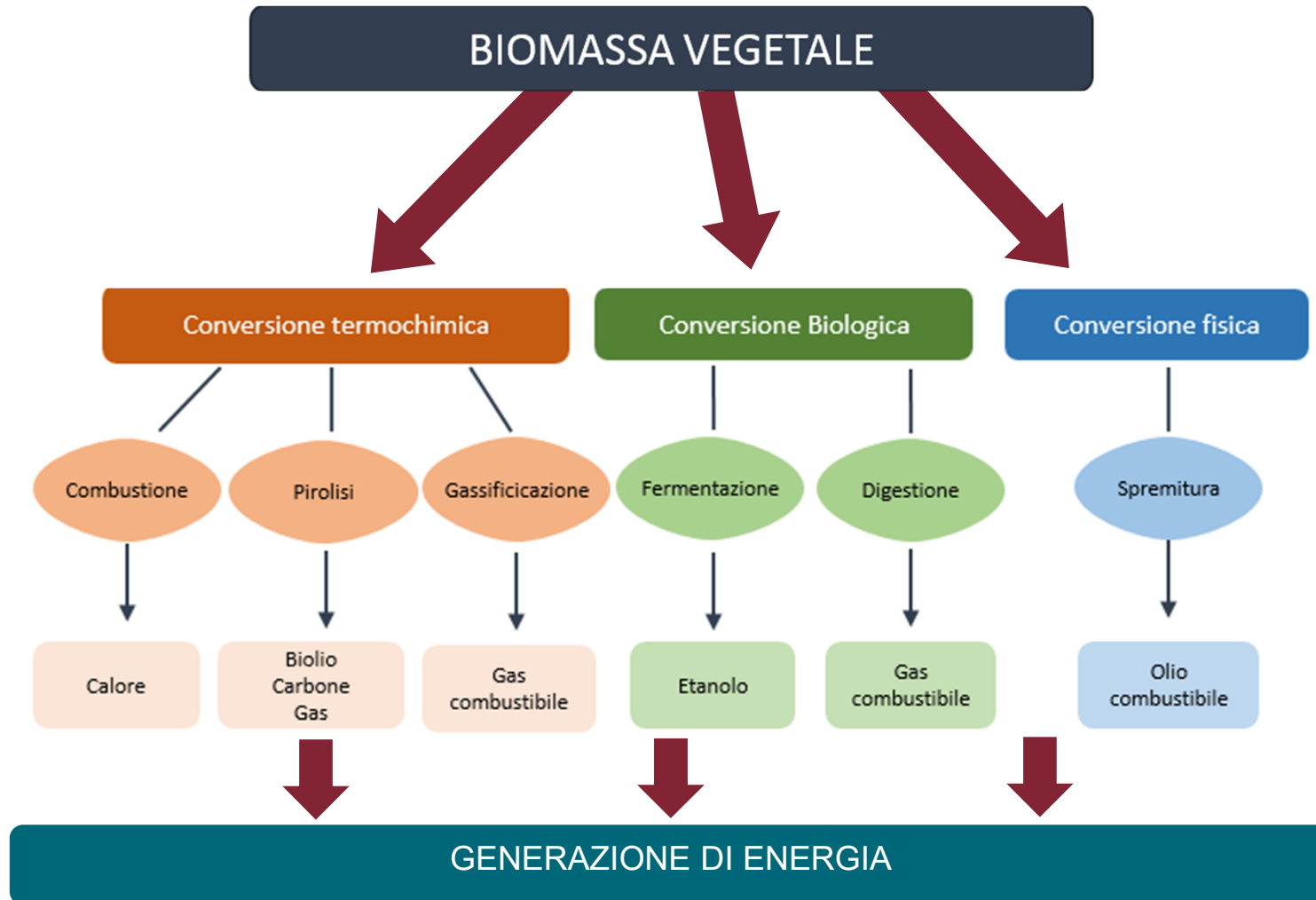
da \ a	J	Cal	tep (toe)	tec (tce)	boe	Wh	BTU	erg	eV
J	1	$2,39 \cdot 10^{-4}$	$0,023 \cdot 10^{-9}$	$0,034 \cdot 10^{-9}$	$0,16 \cdot 10^{-9}$	$2,78 \cdot 10^{-4}$	$0,94 \cdot 10^{-3}$	10^7	$6,24 \cdot 10^{18}$
Cal	$4,186 \cdot 10^3$	1	$0,092 \cdot 10^{-6}$	$0,142 \cdot 10^{-6}$	$0,68 \cdot 10^{-6}$	1,16	3,95	$4,186 \cdot 10^{10}$	$2,61 \cdot 10^{22}$
tep (toe)	$4,537 \cdot 10^{10}$	10^7	1	1,55	7,37	$1,26 \cdot 10^7$	$4,28 \cdot 10^7$	$4,537 \cdot 10^{16}$	$2,83 \cdot 10^{29}$
tec (tce)	$2,93 \cdot 10^{10}$	$7 \cdot 10^6$	0,645	1	4,74	$8,14 \cdot 10^6$	$2,76 \cdot 10^7$	$2,93 \cdot 10^{17}$	$1,83 \cdot 10^{29}$
boe	$6,17 \cdot 10^9$	$1,47 \cdot 10^6$	0,135	0,21	1	$1,71 \cdot 10^6$	$5,8 \cdot 10^6$	$6,17 \cdot 10^{16}$	$3,85 \cdot 10^{28}$
Wh	$3,6 \cdot 10^3$	0,86	$0,079 \cdot 10^{-6}$	$0,12 \cdot 10^{-6}$	$0,58 \cdot 10^{-6}$	1	3,4	$3,6 \cdot 10^{10}$	$2,24 \cdot 10^{22}$
BTU	$1,06 \cdot 10^3$	0,25	$0,023 \cdot 10^{-6}$	$0,036 \cdot 10^{-6}$	$0,171 \cdot 10^{-6}$	0,29	1	$1,06 \cdot 10^{10}$	$6,61 \cdot 10^{21}$
erg	10^{-7}	$2,38 \cdot 10^{-11}$	$0,022 \cdot 10^{-16}$	$0,034 \cdot 10^{-16}$	$0,16 \cdot 10^{-16}$	$2,77 \cdot 10^{-1}$	$0,94 \cdot 10^{-10}$	1	$6,24 \cdot 10^{11}$
eV	$1,6 \cdot 10^{-19}$	$3,83 \cdot 10^{-23}$	$3,68 \cdot 10^{-30}$	$5,44 \cdot 10^{-30}$	$2,56 \cdot 10^{-29}$	$4,45 \cdot 10^{-23}$	$1,5 \cdot 10^{-22}$	$1,6 \cdot 10^{-12}$	1

1 Cal = 10^3 cal = 1 kcal

Processi di conversione energetica



Processi di conversione



Processi di conversione

Scelta del processo di conversione

Sistemi termochimici

- Biomasse con elevato rapporto C/N (>30)
- Ridotto contenuto di umidità (< 45% sul tq)
- Sufficiente PCI (> 10000 kJ/kg_{ss})

Biomasse legnose, alcune biomasse erbacee, scarti di lavorazione,

Sistemi biochimici

- Ridotto rapporto C/N (<30)
- Elevato contenuto di umidità (>45% sul tq)

Reflui zootecnici, biomasse erbacee, biomasse acquatiche.

I processi per l'utilizzo energetico delle biomasse

Processi termochimici

I processi di conversione termochimica sono basati sull'azione del calore, che permette le reazioni chimiche necessarie a trasformare la materia in energia;

Processi biochimici

I processi di conversione biochimica consentono di ricavare energia attraverso reazioni chimiche dovute alla presenza di enzimi, funghi e altri microrganismi che si formano nella biomassa mantenuta in particolari condizioni.



I processi per l'utilizzo energetico delle biomasse

Rapporto C/N e umidità di diverse tipologie di biomasse

Tipo di biomassa	Rapporto C/N	Umidità (%)	Processo
Piante e residui legnosi e cellulosici	> 30	< 30	Combustione, carbonizzazione, gassificazione, pirolisi
Piante e residui amilacei	*	> 30	Idrolisi, fermentazione alcolica
Piante e residui zuccherini	*	15 ÷ 90	Fermentazione alcolica
Piante e residui fermentescibili	20 ÷ 30	> 30	Digestione anaerobica
Piante e residui oleaginosi	*	> 30	Estrazione d'olio
Deiezione animale	20 ÷ 30	70 ÷ 90	Digestione anaerobica
* per questa categoria il rapporto C/N può essere qualsiasi			

Combustione diretta

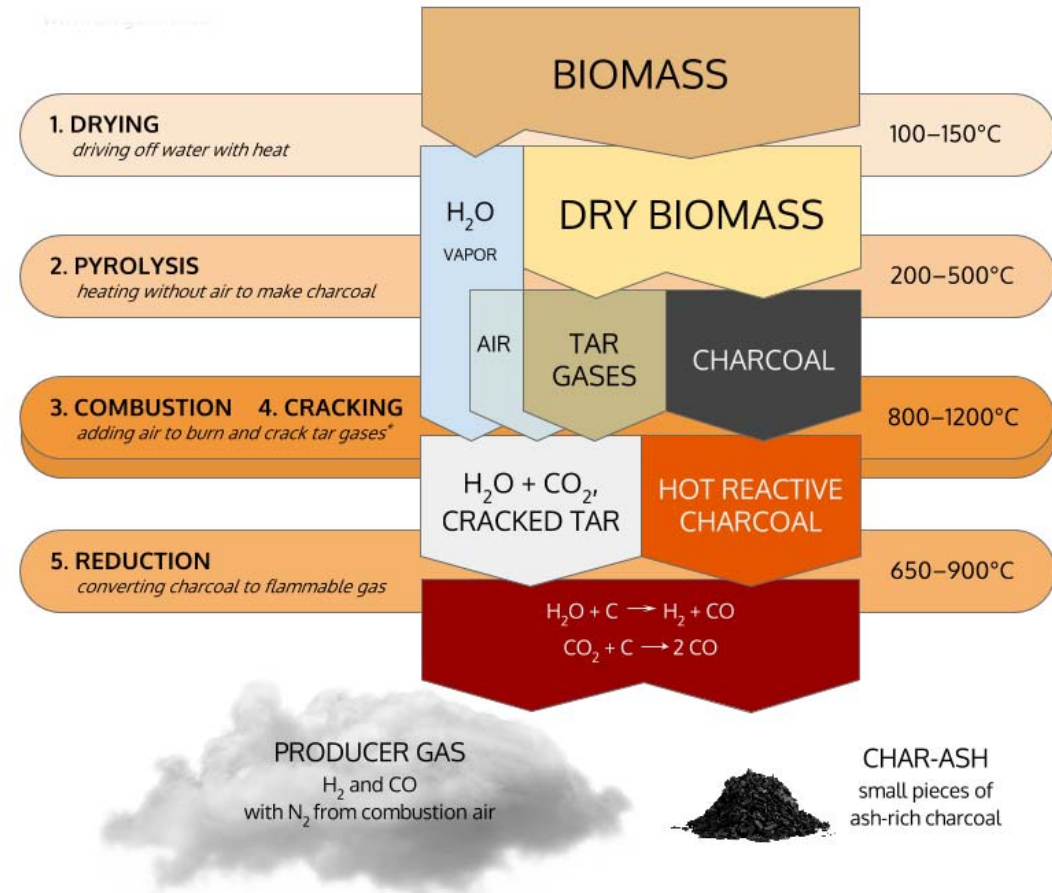


Combustione

Fasi della combustione

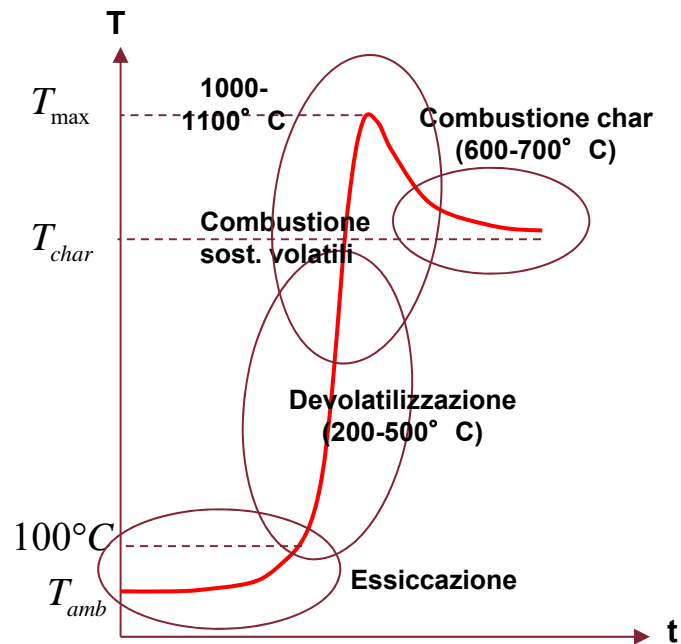
1. Riscaldamento
2. Essiccazione ($\approx 150^\circ \text{ C}$)
3. Devolatizzazione ($225-500^\circ \text{ C}$)
4. Combustione in fase gassosa ($T_i \approx 500-750^\circ \text{ C}$)
1. Combustione del residuo carbonioso

Temperatura raggiunta $800-1100^\circ \text{ C}$



* tar cracking is the breakdown of tar into H_2 , CO , and other flammable gases by exposure to high temperatures.

Combustione



La combustione parte dalla parte alta del letto di biomassa, dove la concentrazione di ossigeno raggiunge i valori ottimali, e poi si sposta verso il basso.

Combustione

Pezzatura del combustibile

Le biomasse più adatte alla combustione diretta sono quelle *legnose*.

- nei dispositivi domestici si utilizza legna da ardere (ciocchi);
- nelle caldaie più grandi si richiede una pezzatura più fine.

Cippato: legno in scaglie di dimensioni attorno ai 5-10 cm.



Combustione

Pellet: legno ridotto in dimensioni fini, essiccato e pressato in opportune macchine, per formare cilindretti di circa 1 cm di diametro e 2-5 cm di lunghezza.



Combustione

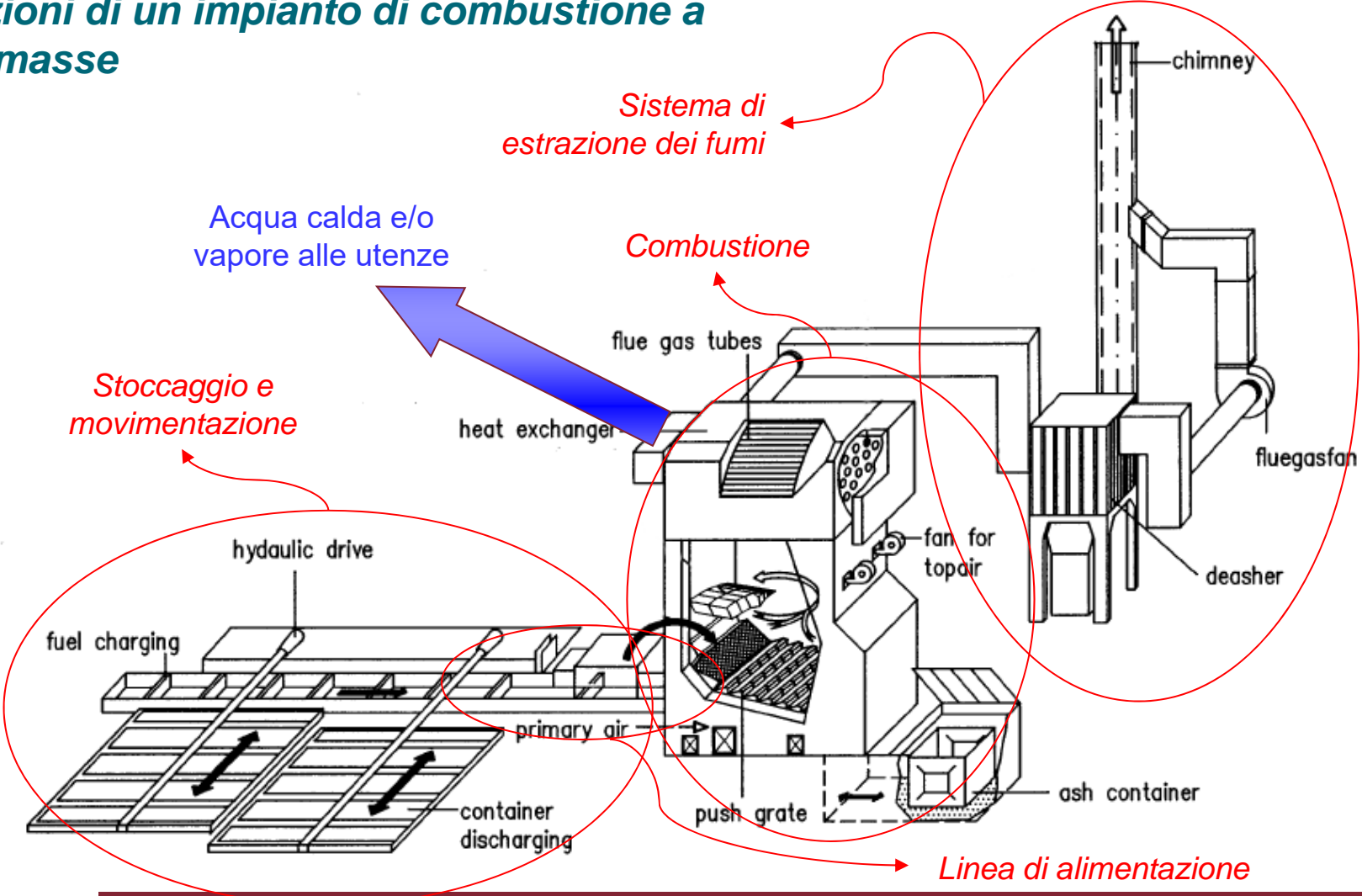
Segatura: risultato di lavorazioni meccaniche del legno.

Ramaglie: potature di alberi da frutto, manutenzione del verde urbano, manutenzione dei boschi, ecc. Di norma possono essere bruciate in grossi impianti, o ridotte a dimensioni più piccole per impianti di taglie inferiori



Combustione

Sezioni di un impianto di combustione a biomasse



I processi termochimici

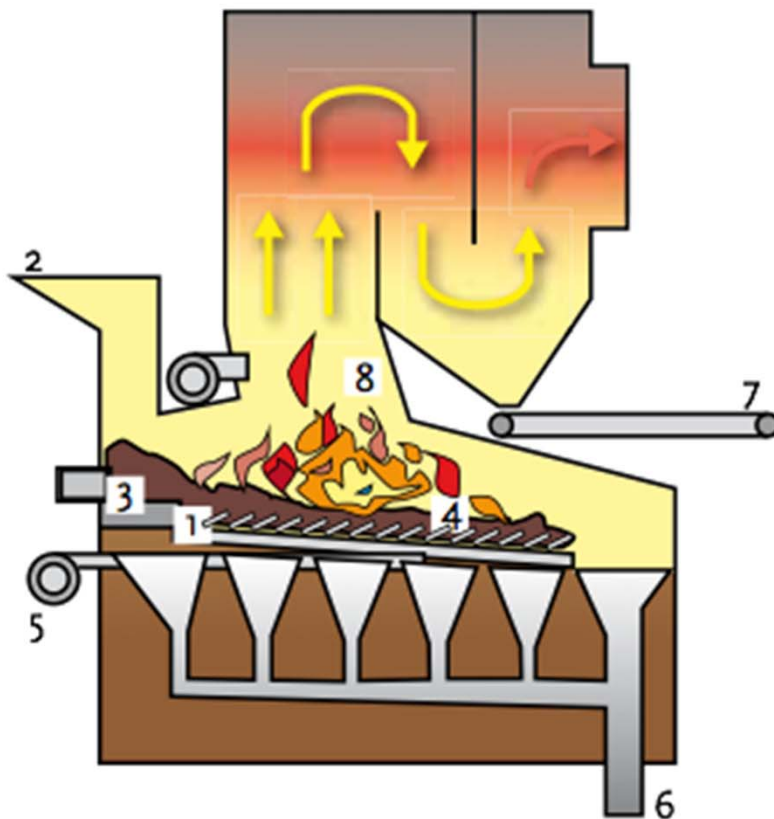
Caldaie a griglia

Nella caldaia a griglia la combustione viene realizzata in tre fasi:

1. la prima fase ha luogo sopra la griglia nella sua parte iniziale, dove avvengono l'essiccamento del combustibile, l'accensione e la combustione in fase solida;
2. la seconda fase di combustione ha la funzione di completare l'ossidazione delle sostanze volatili combustibili liberatesi per pirolisi dalle biomasse che avanzano sopra la griglia. Questa fase si verifica nella parte centrale e nella parte alta della camera di combustione;
3. l'ultima fase ha luogo sopra la griglia nella sua parte terminale, dove si realizza l'esaurimento della combustione dei residui solidi, cui segue la precipitazione delle scorie nella zona sottostante la griglia.

I processi termochimici

Forni a griglia

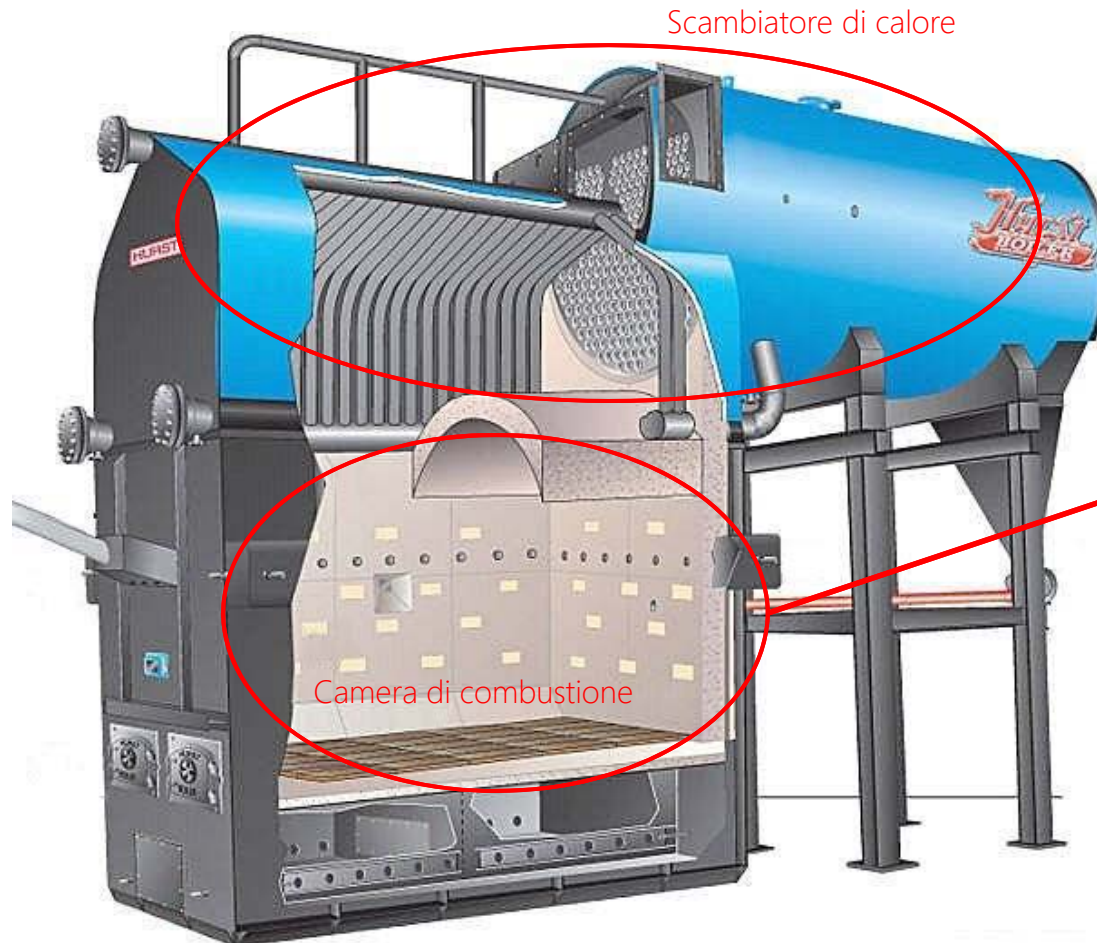


1. griglia
2. ingresso biomasse
3. inserimento aria
4. biomassa
5. sistema di movimentazione della griglia
6. uscita incombusti
7. uscita ceneri
8. camera di combustione

Schema di un forno a griglia

Combustione

Caldaie a griglia fissa



Vantaggi

- pezzatura del combustibile grossolana tecnologia ben conosciuta semplice



Problemi

- Incrostazioni della griglia
- combustione non regolare (pezzatura del combustibile, mescolamento con l'aria di combustione, umidità del combustibile, ...)
- emissioni inquinanti (incombusti, particolato, fuliggine)

Combustione

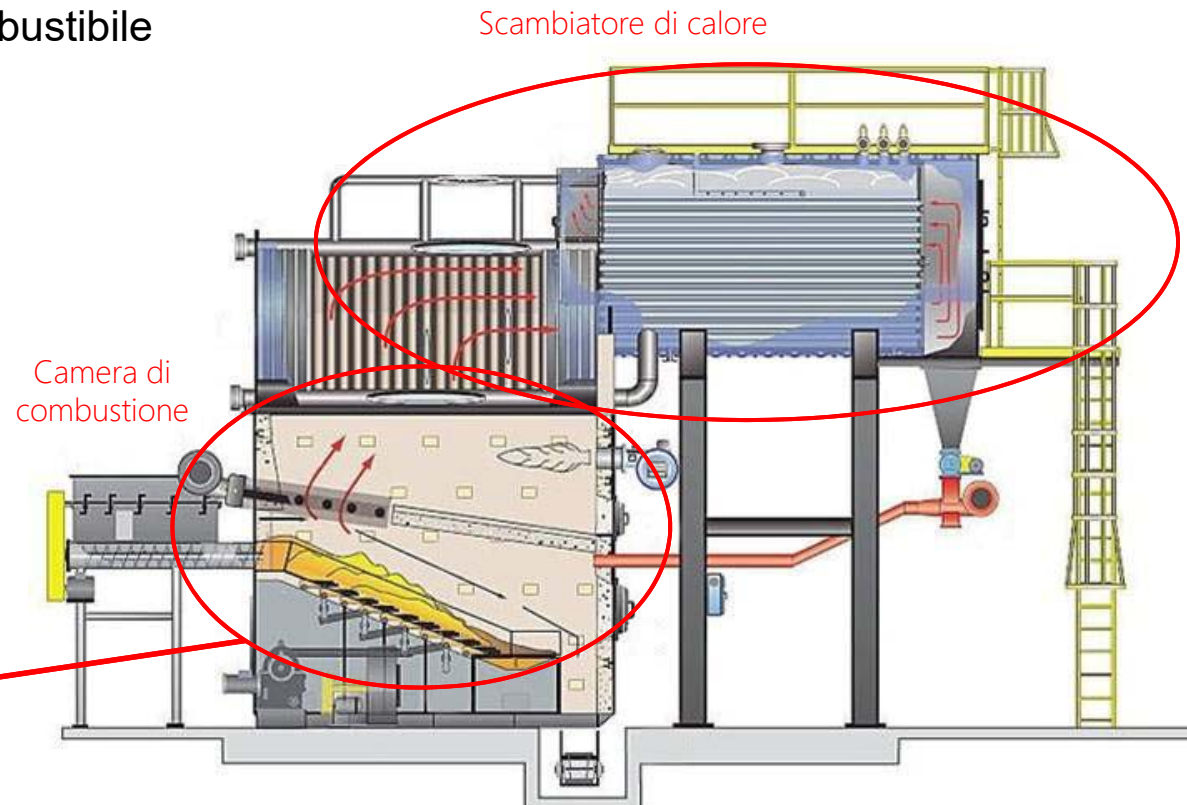
Caldaje a griglia mobile

Vantaggi

- Miglior mescolamento aria-combustibile
- Migliore combustione
- Minori emissioni di inquinanti

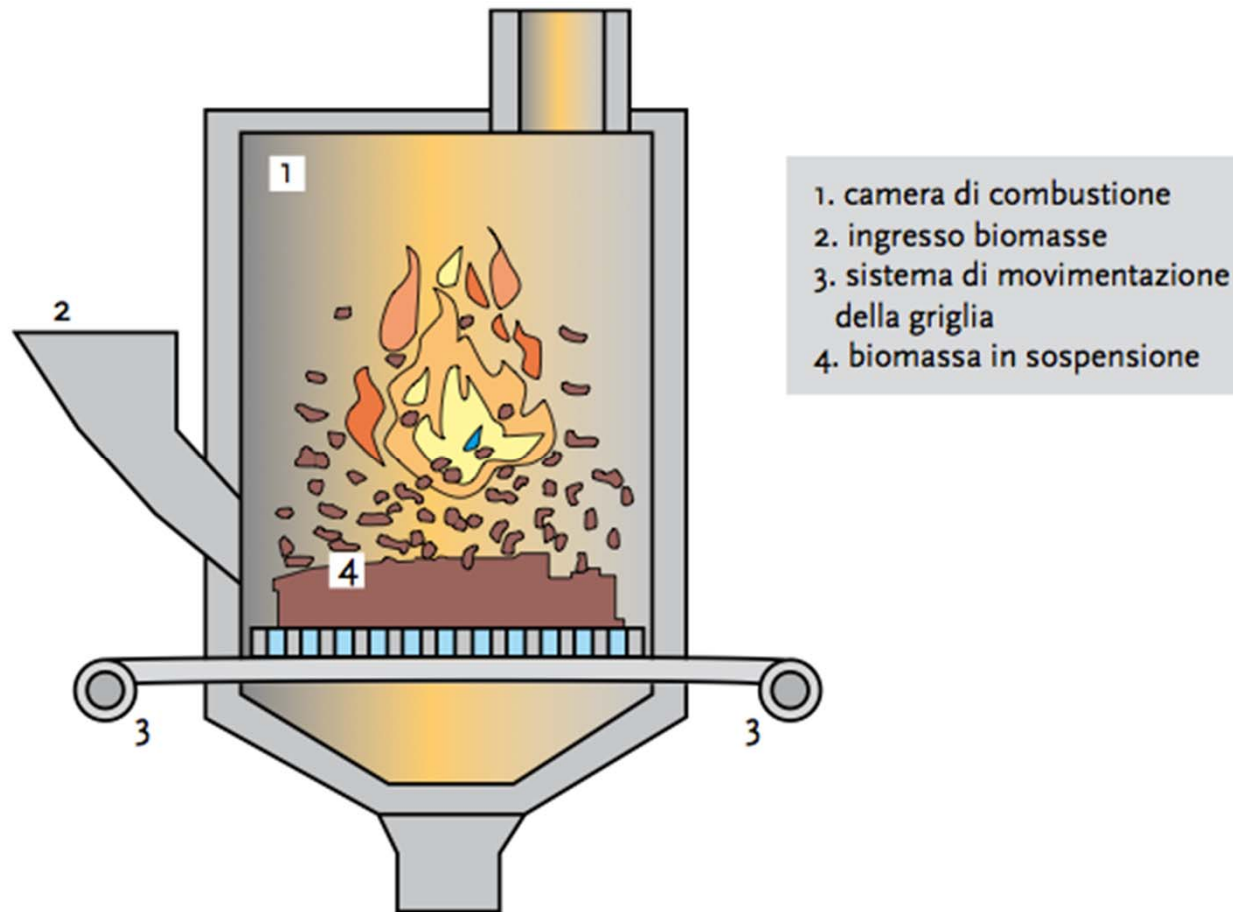
Problemi

- Dimensioni maggiori
- Più costose
- Progettazione e manutenzione più complicate



Combustione

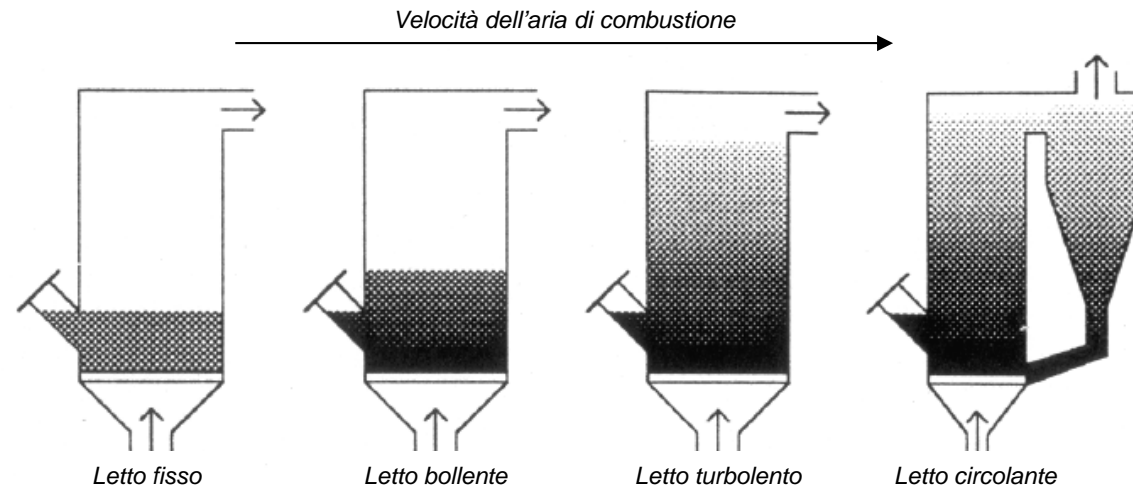
Forno a letto fluido



Combustione

Caldaiie a letto fluido

All'interno della camera di combustione c'è un letto di materiale inerte con cui il combustibile viene mescolato per azione dell'aria di combustione. Questa viene immessa al disotto del letto e a seconda della sua velocità, si hanno le diverse tipologie di fluidificazione del letto.

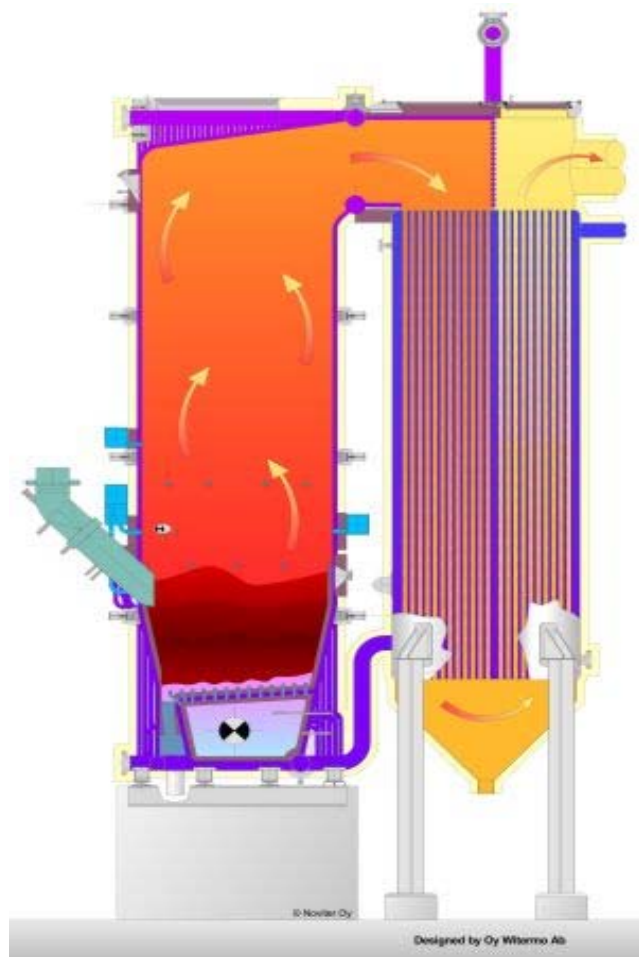


Vantaggi

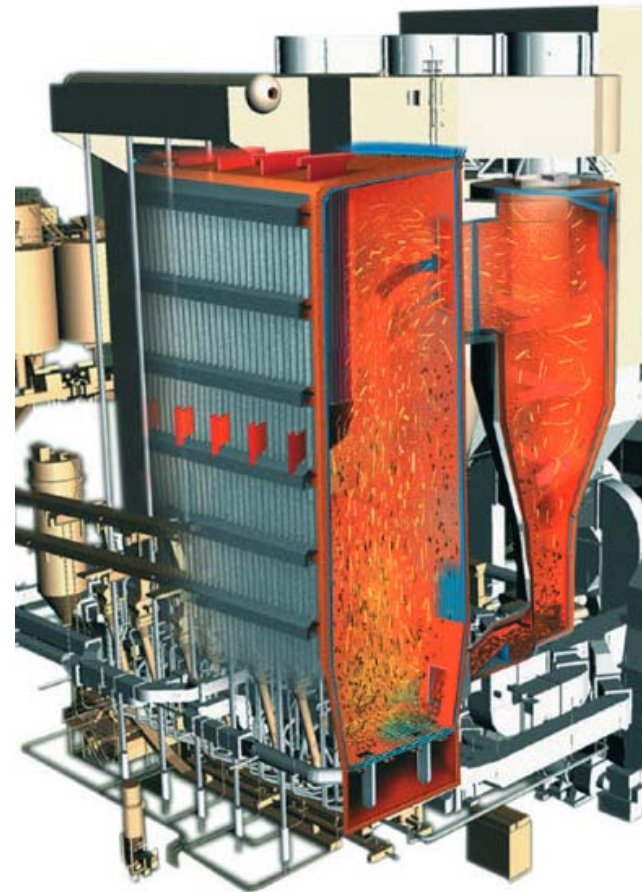
- temperatura uniforme (30% di biomassa)
- migliore combustione
- ampia pezzatura utilizzabile
- ampio range di umidità del combustibile

Svantaggi

- agglomerazione del letto
- usura delle superfici



Letto bollente



Letto circolante



Combustione

Caldaie a polverino

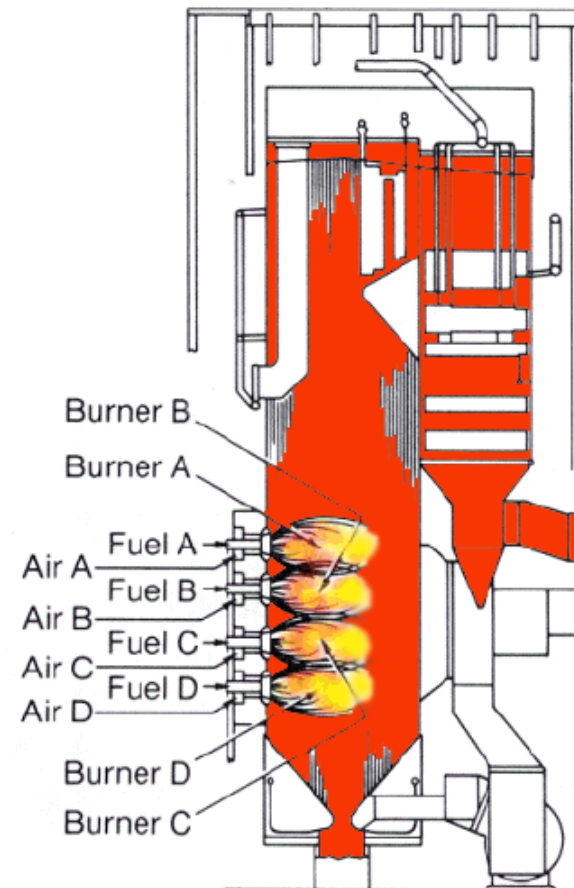
Molto utilizzate negli impianti a carbone di ultima generazione. Adatta per biomasse in polvere (segatura, paglia, ...)

Vantaggi

- ottimo miscelamento aria combustibile
- ottima combustione
- ridotte emissioni di inquinanti

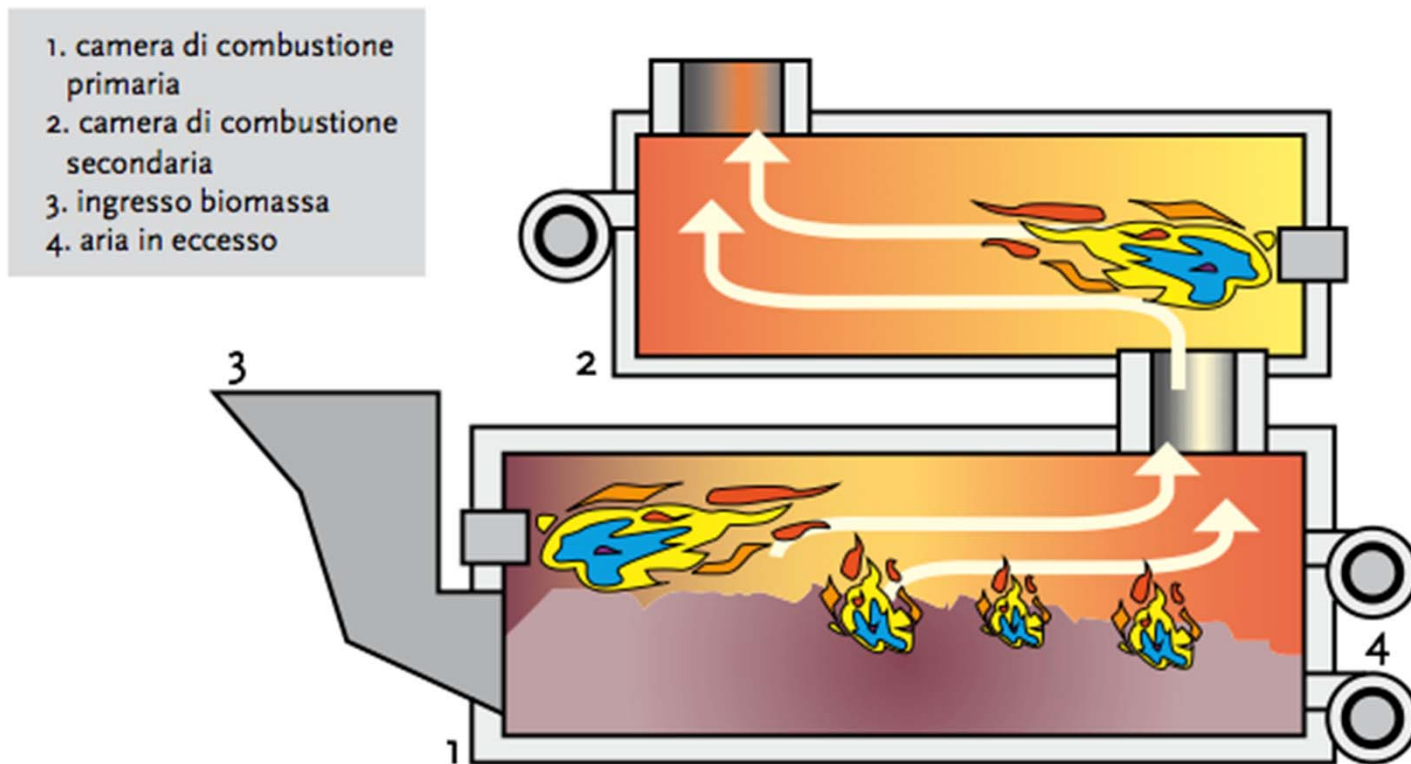
Svantaggi

- pezzatura molto fine della biomassa
- problemi nella movimentazione



I processi termochimici

Forni ad aria controllata



Impianto di riscaldamento a biomasse



Impianto di riscaldamento



Impianto di riscaldamento



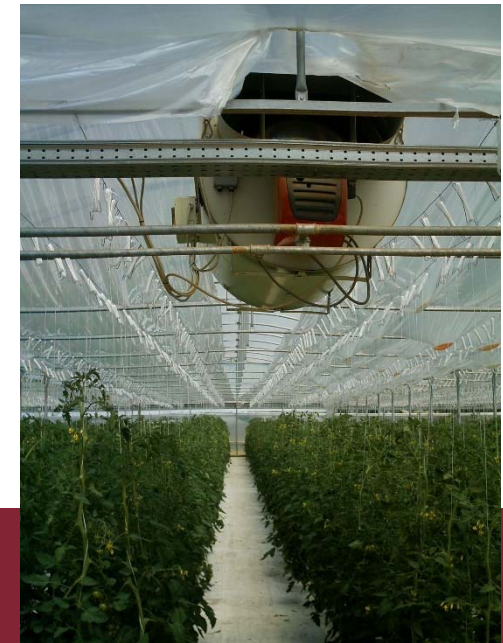
Centrale termica prefabbricata: impianto di riscaldamento di una serra di produzione

Impianto di riscaldamento



*Serra con riscaldamento
al bancale*

*Serra con riscaldamento
ambiente*



Impianto di riscaldamento

Griglia vuota



Caricamento griglia



Innesco combustione



Combustione avviata

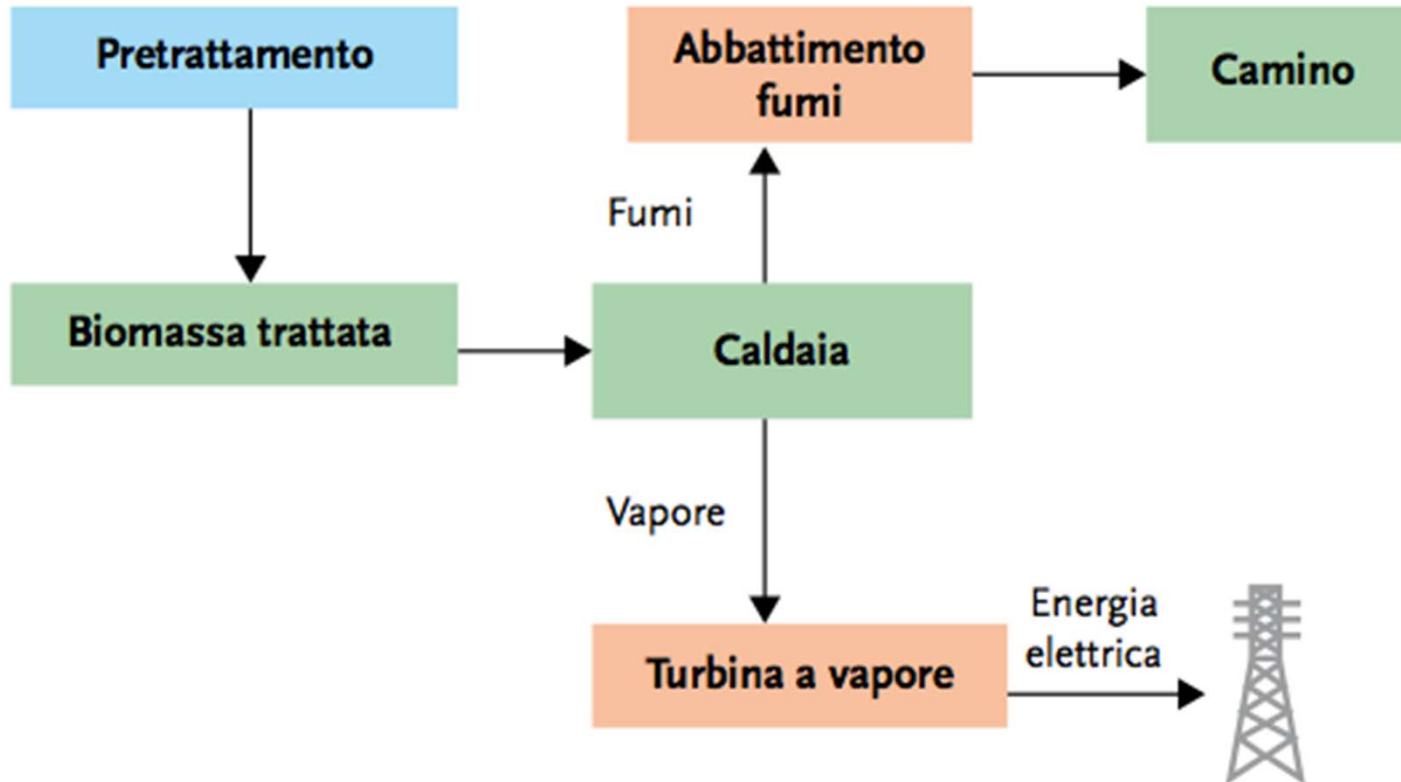


Accensione della caldaia



I processi termochimici

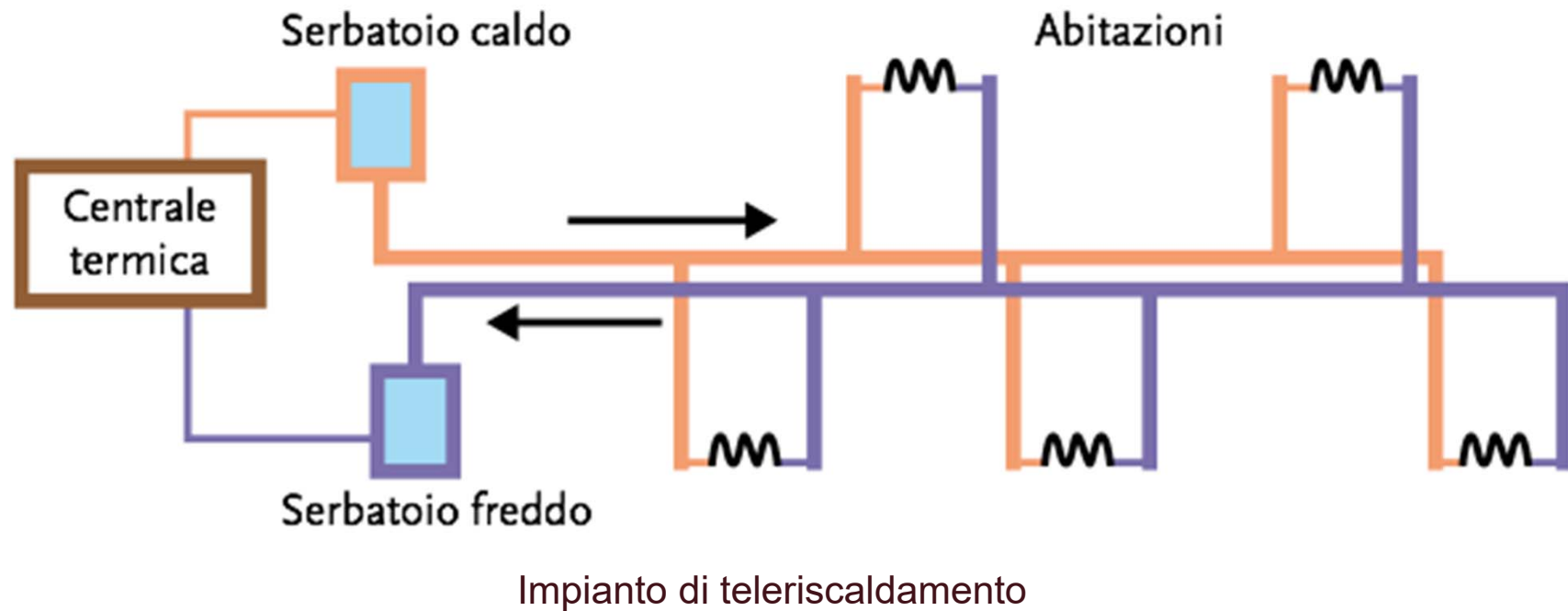
Produzione di energia elettrica e/o termica: impianti di grande taglia



Schema di una centrale con turbina a vapore

I processi termochimici

Produzione di energia elettrica e/o termica: impianti di grande taglia



Co-combustione



Co-combustione

Co-combustione

Combustione contemporanea di un combustibile primario e uno secondario in un impianto esistente.

MOTIVAZIONI: riduzione delle emissioni di gas serra, smaltimento di alcuni rifiuti, riduzione dei costi del combustibile, riduzione della dipendenza dal combustibile principale, ecc. Il fine ultimo non è quindi aumentare la capacità dell'impianto

COMBUSTIBILI SECONDARI: biomasse legnose, reflui civili e zootecnici, RSU, gas naturale, ecc.



Co-combustione

Differenze nella singole combustioni

- Devolatilizzazione a temperatura inferiore nelle biomasse (250° vs 450° C);
- Diverse sostanze emesse durante la devolatilizzazione (più idrocarburi nel carbone);
- PCI delle sostanze volatili del carbone circa doppio rispetto alle biomasse (31000 vs 15500 kJ/kg);
- Diversi contributi al calore di reazione forniti dalle varie fasi della combustione;
- Diversa composizione delle ceneri.

	Carbone	Biomasse
Densità (kg/m ³)	1100÷2300	100÷900
Umidità (%)	10	30
Ceneri	5,6	3
Sostanze volatili (%)	30	75
Carbonio fisso (%)	53	17
PCI (kJ/kg)	26500	15500
C (%)	55	48
H (%)	4	6
O (%)	23	45
N (%)	0,8	0,3
S (%)	0,4	0,01

Vantaggi

- Riduzione delle emissioni di CO₂, NO_x, SO_x;
- Riduzione del costo del combustibile;
- Possibilità di avviare una filiera;

Svantaggi

- Possibili problemi di pretrattamento della biomassa;
- Possibili problemi nell'alimentazione;
- Possibili problemi di sporcamiento/agglomerazione;
- Riduzione dell'autonomia energetica dell'impianto.

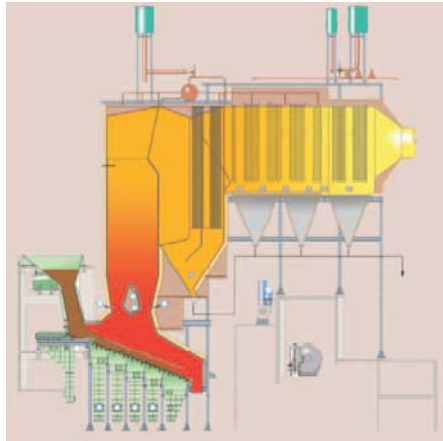
Co-combustione

CO-COMBUSTIONE



Co-combustione

CALDAIE A GRIGLIA



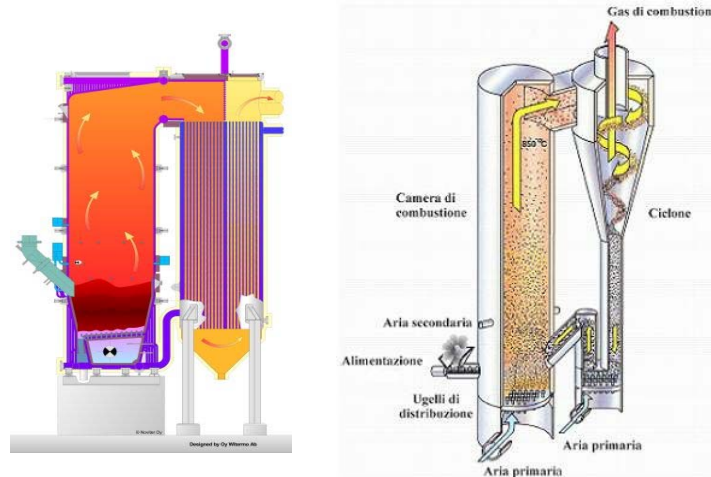
Ancora molto diffuse in Russia, Cina, India, Paesi ex-URSS.

In genere usate per potenze medie e basse.

Svantaggi: depositi sulla griglia, emissioni inquinanti, particolato, sollecitazioni termiche della griglia, combustione non ottimale.

Vantaggi: semplice, diversi combustibili, diverse pezzature.

CALDAIE LETTO FLUIDO



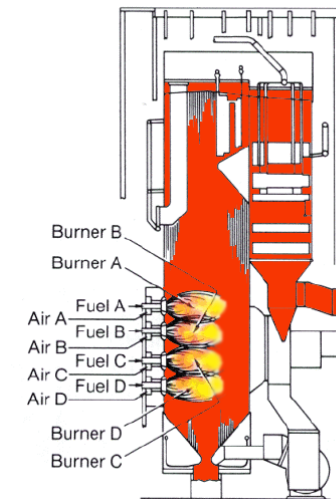
Diffuse in USA, Giappone, Cina, Francia, Germania, Svezia, Finlandia, India, ecc.

Il letto si trova a circa 850 ° C.

Svantaggi: agglomerazione del letto, usura delle superfici.

Vantaggi: flessibili a diversi combustibili, ridotte emissioni inquinanti, combustione migliore.

CALDAIE A POLVERINO

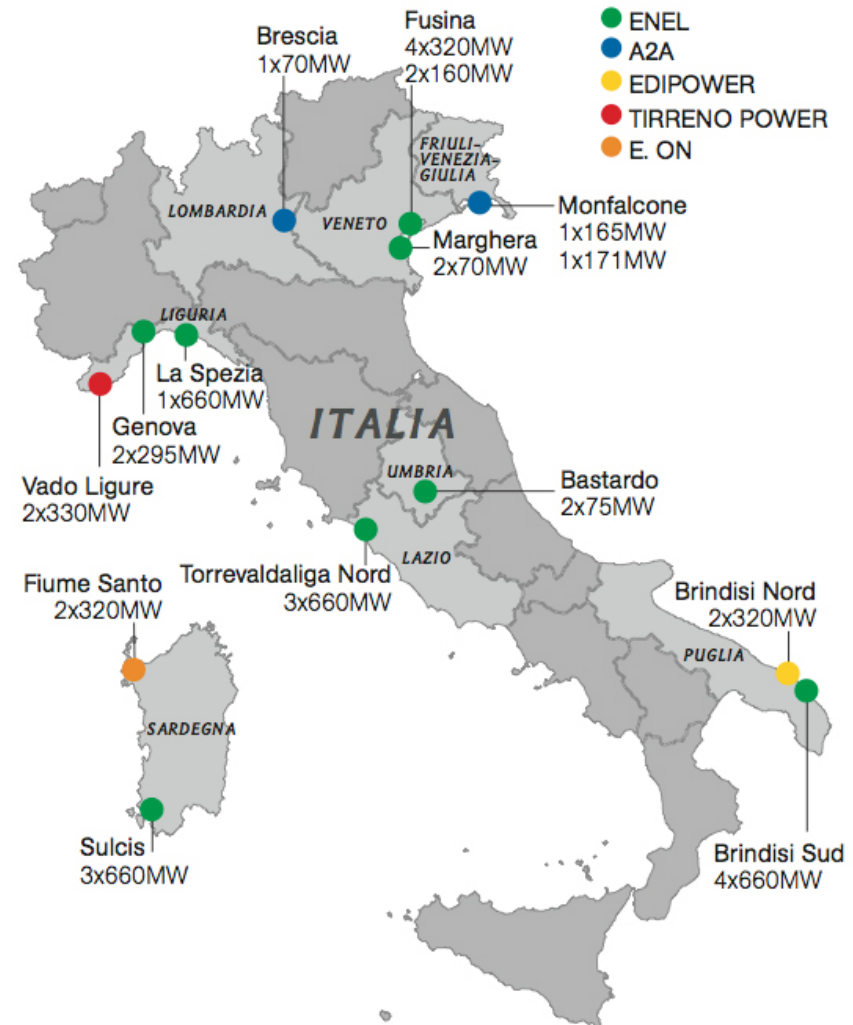


Attualmente le più comuni in impianti di potenza a carbone.

Svantaggi: combustibile polverizzato, emissioni di SO_x e NO_x.

Vantaggi: elevata efficienza di combustione, ridotte emissioni di CO e incombusti.

Co-combustione



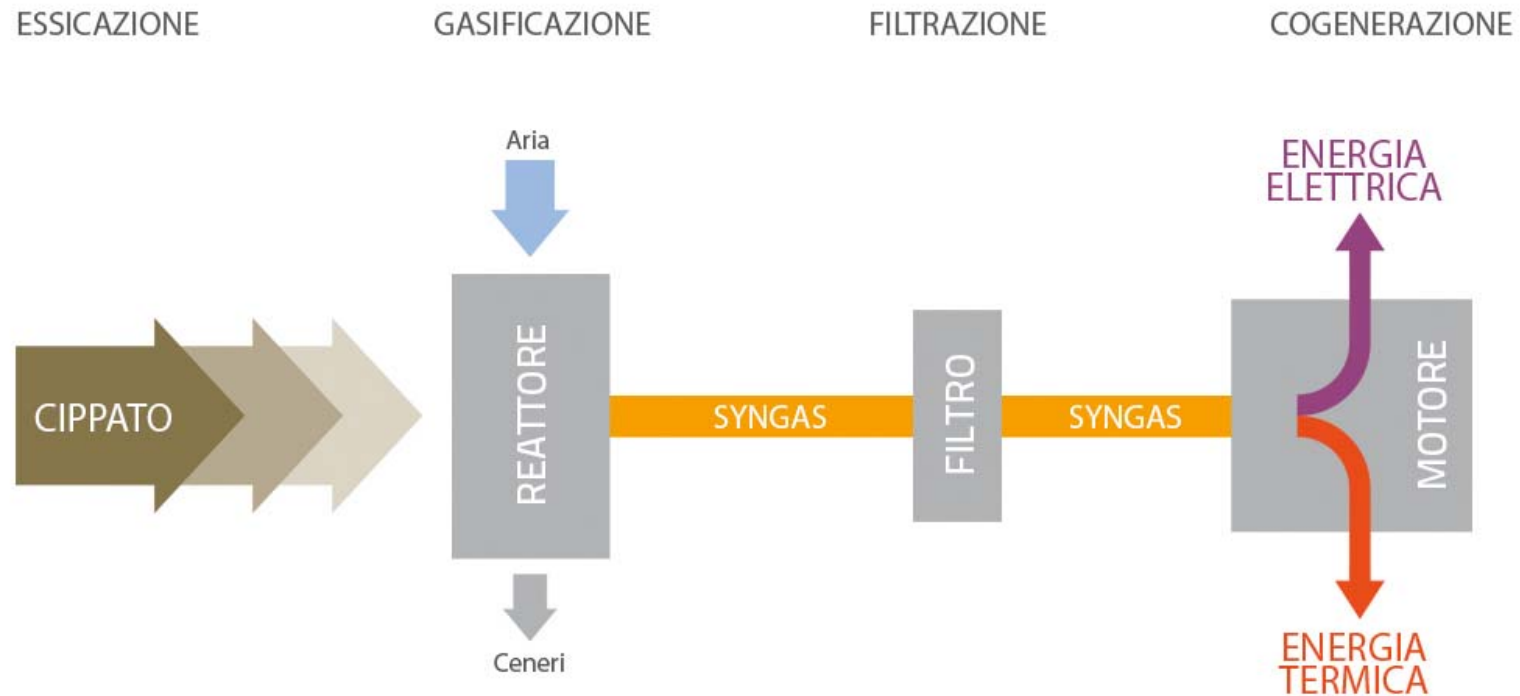
Centrali elettriche a carbone in Italia (National Geographic)

Gassificazione



Gassificazione

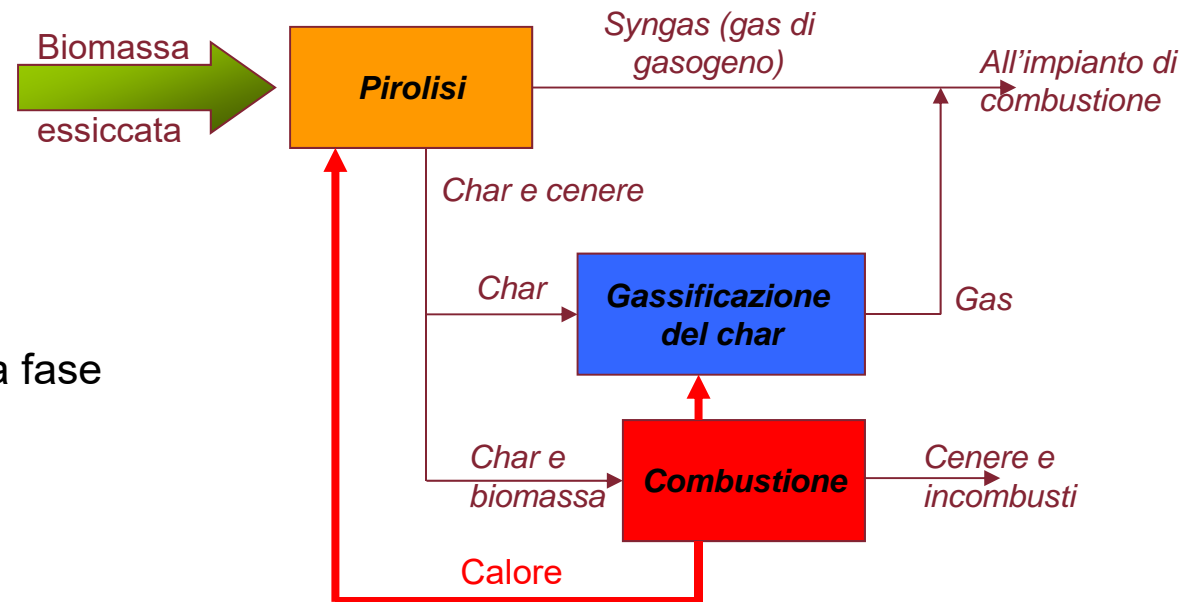
Processo di trasformazione termica di un combustibile solido in uno gassoso attraverso una parziale ossidazione (avviene in carenza di ossigeno). Le temperature di lavoro variano da 500 a 1000 ° C. Il gas prodotto può essere utilizzato in MCI, caldaie, e turbine a gas (depurato)



Gassificazione

Fasi della gassificazione

- Riscaldamento
- Essiccazione
- Devolatilizzazione
- Combustione (parziale) della fase gassosa-solida



Agente ossidante

aria, ossigeno puro, vapore acqueo. La scelta dell'uno o dell'altro influisce sul costo del processo e sulle caratteristiche del gas prodotto: i componenti principali sono gli stessi in tutti i casi (vapore acqueo, N_2 , H_2 , CO , CO_2 , e altri composti minori), ma le percentuali variano a seconda dell'ossidante utilizzato.

Gassificazione

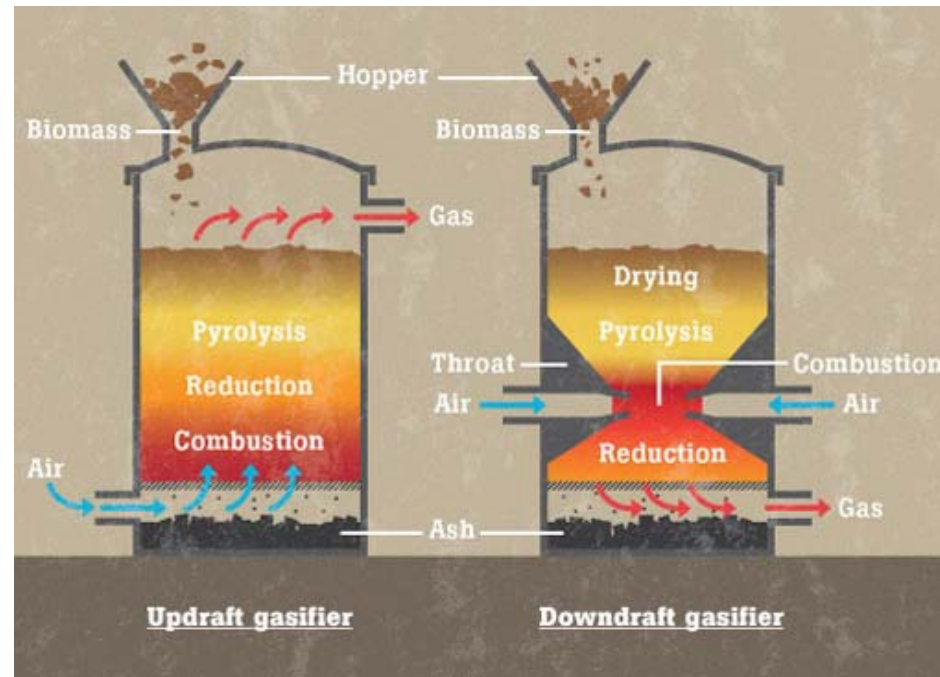
Gassificatori a letto fisso

La biomassa immessa nel dispositivo, posa su una griglia di sostegno.

Tipologie: *controcorrente* (updraft) ed *equicorrente* (downdraft). La differenza è data dalla direzione del combustibile rispetto a quella dei gas. La biomassa subisce in sequenza le varie fasi del processo.

Vantaggi

- utilizzo medie pezzature (fino a 10 cm);
- utilizzo di biomassa con alto contenuto di cenere;
- basso contenuto di polveri (controcorrente), o di tar (equicorrente).



Svantaggi

- scambio termico non ottimale;
- temperatura non uniforme;
- biomassa di dimensioni uniformi;
- possibile fusione delle ceneri;
- alto contenuto di tar (controcorrente), o di polveri (equicorrente).

Gassificazione

Gassificatori a letto fluido

Il letto è costituito dal combustibile e da *materiale inerte* (sabbia). La miscela viene rimescolata e resa fluida dall'agente ossidante iniettato al disotto del letto. La velocità del fluido identifica le diverse tipologie di gassificatori a letto fluido.

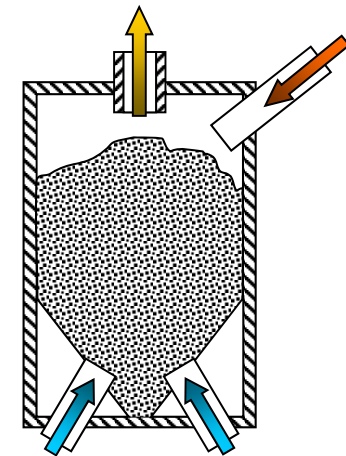
Tipologie: *letto fluido bollente* (velocità 1,0-2,0 m/s), e *letto fluido circolante* (velocità 5,0-6,0 m/s). Nei letti bollenti il mix combustibile-inerte viene sollevato fino ad un'altezza di circa 1-2 m: entro questo limite c'è un intimo mescolamento tra combustibile solido, letto inerte, e fase gassosa; al disopra esiste solo la fase gassosa e una piccola quantità di particelle leggere che vengono filtrate e reimmesse nel letto. Nel letto circolante invece il fluido trascina con se una grossa parte del letto, trasportandola attraverso tutta la caldaia.

Vantaggi

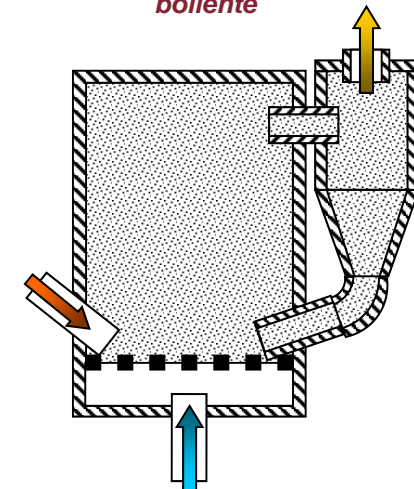
- buono scambio termico;
- ottima distribuzione di temperatura;
- facilità di avvio e spegnimento;
- grosse variazioni di qualità della biomassa;

Svantaggi

- pezzatura limitata (5 cm);
- alto contenuto di polveri;
- usura delle superfici;
- possibile defluidizzazione del letto.



A letto fluido bollente



A letto fluido circolante

I sistemi di pulizia del Syngas

Il particolato solido, composto essenzialmente da un mix di ceneri e di carbonella, può essere rimosso tramite:

- i cicloni;
- i filtri a barriera (a maniche, a candela ecc.);
- i precipitatori elettrostatici (poco usati in queste applicazioni);
- il lavaggio.

Digestione anaerobica



Digestione anaerobica

Processo biologico (effettuato da alcuni batteri) che, in assenza di ossigeno, trasforma la sostanza organica in gas.

Fasi: idrolisi (rottura delle grandi molecole quali la cellulosa, le proteine e i lipidi), acidificazione e fermentazione (di acidi volatili, CO_2 , e H_2), metanogenesi (trasformazione in metano dei prodotti della seconda fase, ad opera dei batteri metanigeni)

Composizione del biogas

CH_4	40-75%	O_2	0-2%
CO_2	25-55%	H_2	0-1%
H_2O	0-10%	NH_3	0-1%
N_2	0-5%	H_2S	0-1%

Condizioni standard:

Densità: 1,116 kg / m³;

PCI: 18.000 – 28.700 kJ / Nm³

Digestione anaerobica

Produzione di biogas

Microrganismi classificabili in base all'intervallo termico ottimale di crescita:

- psicrofili (temperature inferiori a 20 ° C);
- mesofili (temperature comprese tra i 20 e i 40 ° C);
- termofili (temperature superiori ai 45 ° C).

Il tempo di residenza in un digestore varia in funzione della quantità di materiale da trattare, del tipo di materiale e dalla temperatura di esercizio. Altro parametro particolarmente importante è il valore di pH.

Nel caso della digestione condotta con batteri mesofili il tempo di residenza è compreso tra i 15 e i 30 giorni

Digestione anaerobica

Biomasse utilizzabili

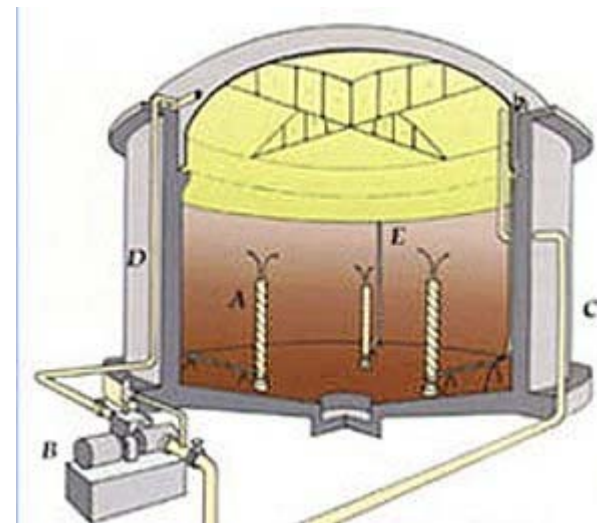
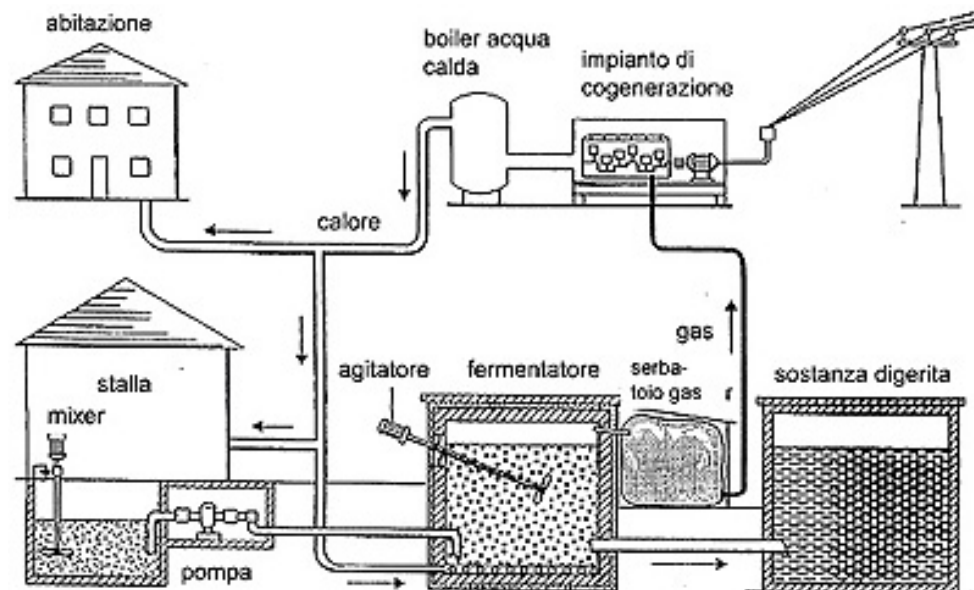
Stima delle quantità di biogas producibili con la fermentazione anaerobica a partire da diversi materiali residuali organici			
Tipo di materiale	Contenuto di s.s. (%)	Sost. Organica (% s.s.)	Resa di biogas m ³ /t sost. organica
Allevamenti			
liquame bovino	6-11	68-85	200-260
letame bovino	11-25	65-85	200-300
liquame suino	2,5-9,7	60-85	260-450
letame suino	20-25	75-90	450
liquame avicolo	10-29	75-77	200-400
letame avicolo	32,0-32,5	70-80	400
letame ovino	25-30	80	240-500
letame equino	28	75	200-400
Agricoltura			
insilato di mais	34	86	350-390
insilato d'erba	26-82	67-98	300-500
fieno	86-93	83-93	500
trifoglio	20	80	300-500
paglia	85-90	85-89	180-600
stocchi di mais	86	72	300-700
Agro-industria			
scarti distillaz. Mele	2,0-3,7	94-95	330
melasse	80	95	300
siero	4,3-6,5	80-92	330
scarti vegetali	5-20	76-90	350

Resa in biogas

Prodotto	Volume (m ³)	Peso (t)	Biogas (m ³)	Energia Elettrica (Kwh)	Energia Termica (Kwh)
liquame bovino	1	1	15	27	54
letame bovino	1	0,3	10,1	18	36
liquame suino	1	1	15,6	28	56
letame suino	1	0,3	23,5	42	84,6
liquame avicolo	1	1	44,5	80	160
letame avicolo	1	0,3	29,3	52	105
letame ovino	1	0,3	21,1	38	76
letame equino	1	0,3	18,9	34	68
insilato di mais	1	0,625	67,6	121	243
insilato d'erba	1	0,5	89	160	320
fieno	1	0,35	137,8	248	496
trifoglio	1	0,3	64	115	230
paglia	1	0,04	12	21	43
stocchi di mais	1	0,4	123,8	222	445
scarti mele	1	0,3	2,6	4,6	9,4
melasse	1	0,3	68,4	123	246
siero	1	1	15,3	28	56
scarti vegetali	1	0,4	14,5	26	52
buccetta di pomodori	1	0,4	29,8	53,6	107
scarti frantoi	1	0,5	357	642,6	1285
pastazzo di agrumi	1	0,3	36,8	65,8	131,7

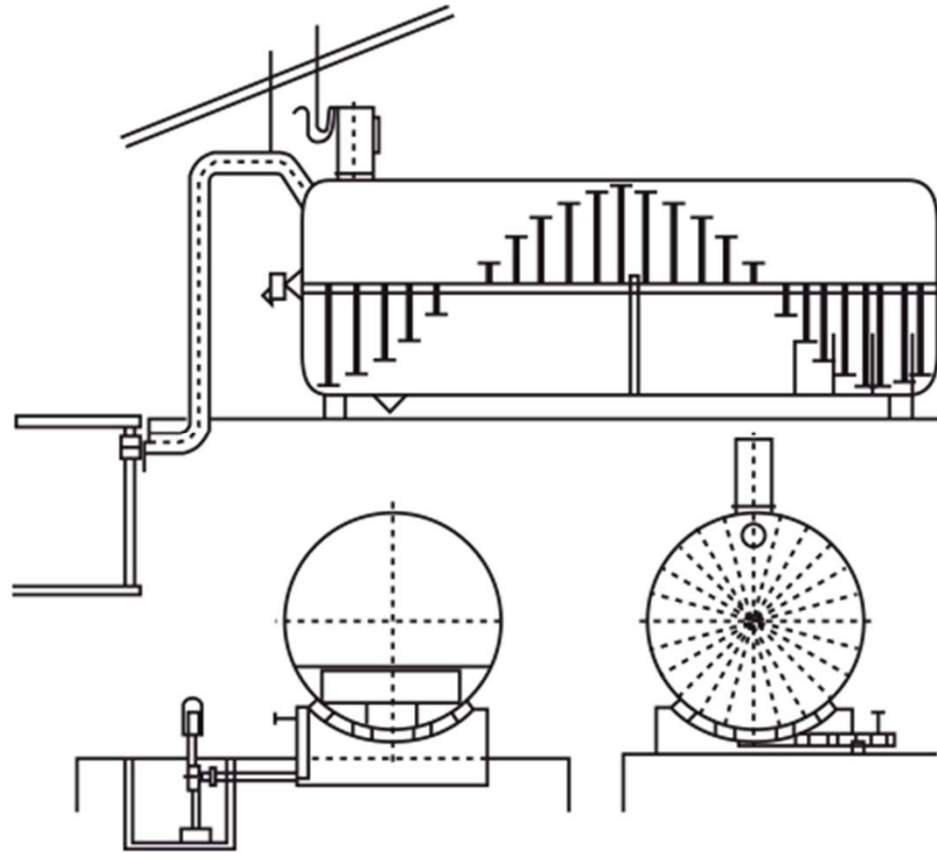
Digestione anaerobica

Impianti per la produzione di biogas



Digestione anaerobica

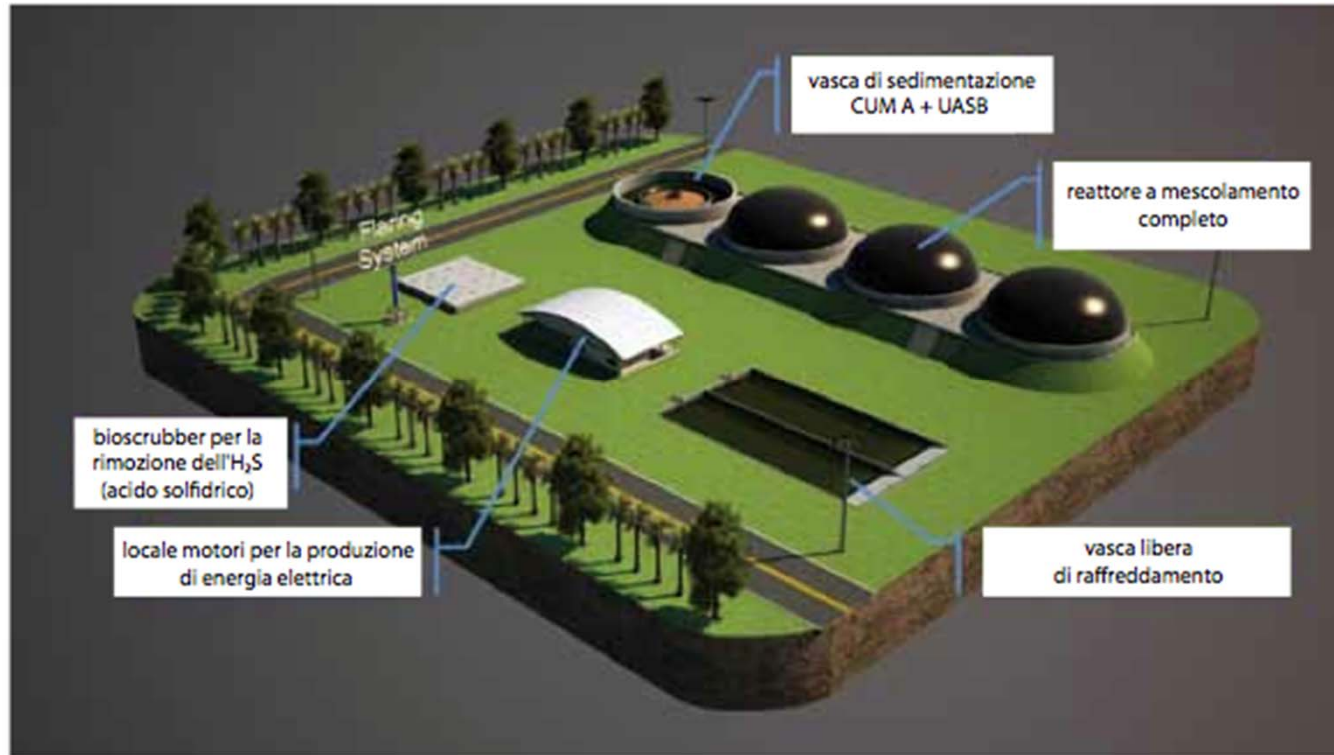
Impianti per la produzione di biogas



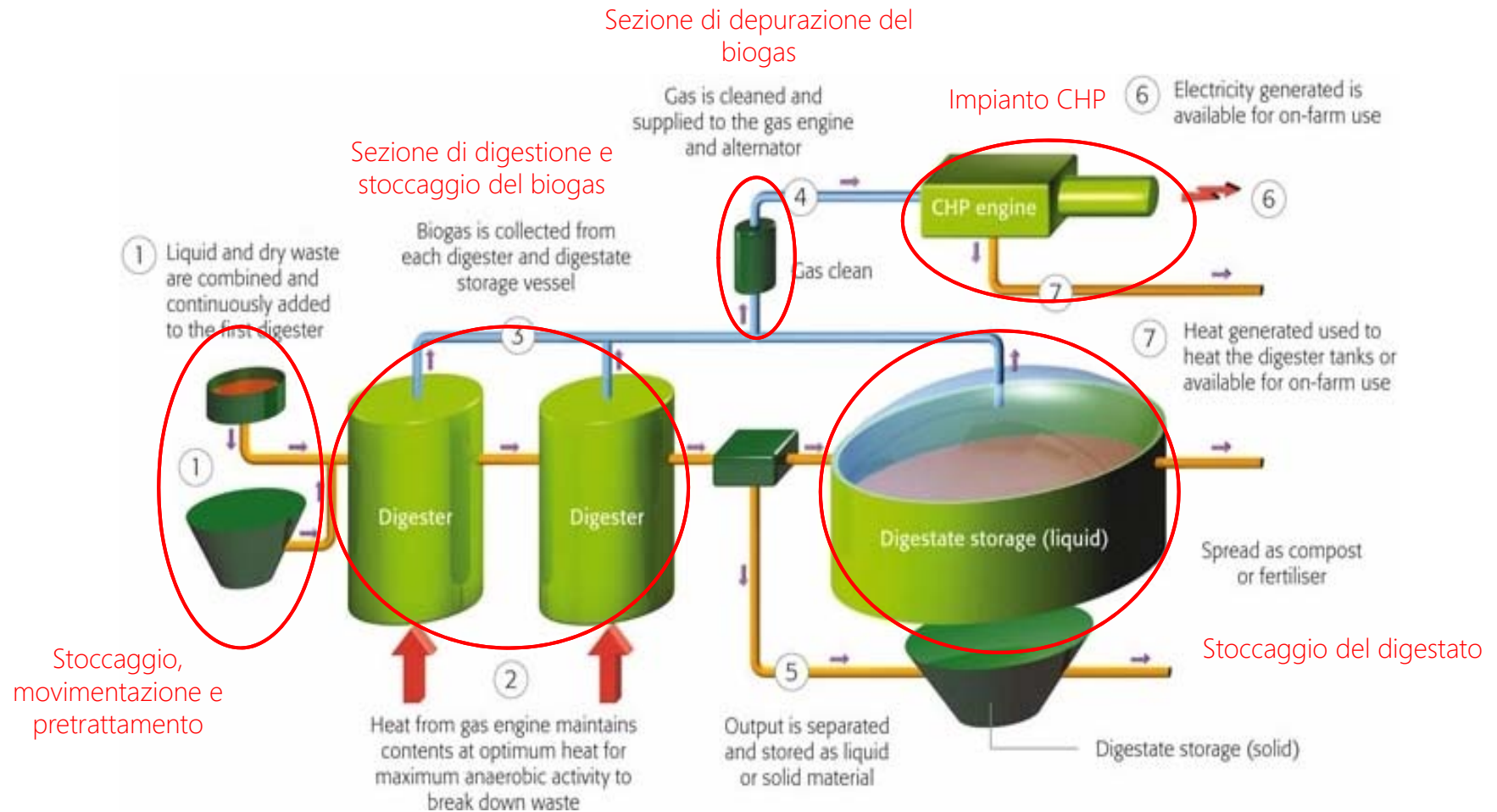
Digestore orizzontale

Digestione anaerobica

Impianti per la produzione di biogas



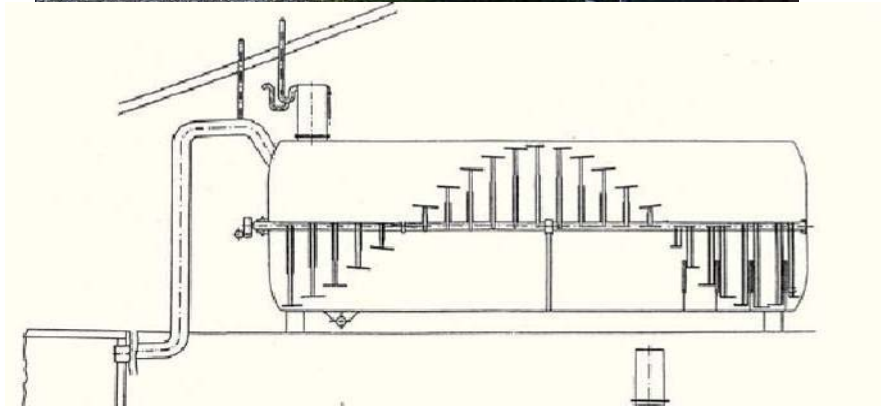
Digestione anaerobica



Digestione anaerobica

Digestore: orizzontale (150 m³) o verticale (1500 m³). Materiali: acciaio, cemento).

All'interno sono disposti i sistemi di miscelamento.



Digestione anaerobica

Tempi di produzione

In condizioni mesofile (25-40 ° C) i tempi di residenza sono di 14-30 gg; in condizioni termofile e stenotermofile (>40 ° C) sono di 12-16 gg, mentre in condizioni psicrofile (10-25 ° C) occorrono circa 30 e più gg.

Trattamenti del biogas

- Filtrazione: con filtri a ghiaia o sabbia, per eliminare i solidi sospesi (materiale organico, grassi, schiume,....);
- Deumidificazione: eliminazione del vapore presente nel biogas;
- Desolfurazione: eliminazione dei composti contenenti zolfo (iniezioni di aria; filtri a ossidi di ferro).

Dispositivi utilizzatori

- Motori a combustione interna;
- Microturbine a gas.

Digestato

Può essere utilizzato come fertilizzante, o per produrre compost.

Digestione anaerobica

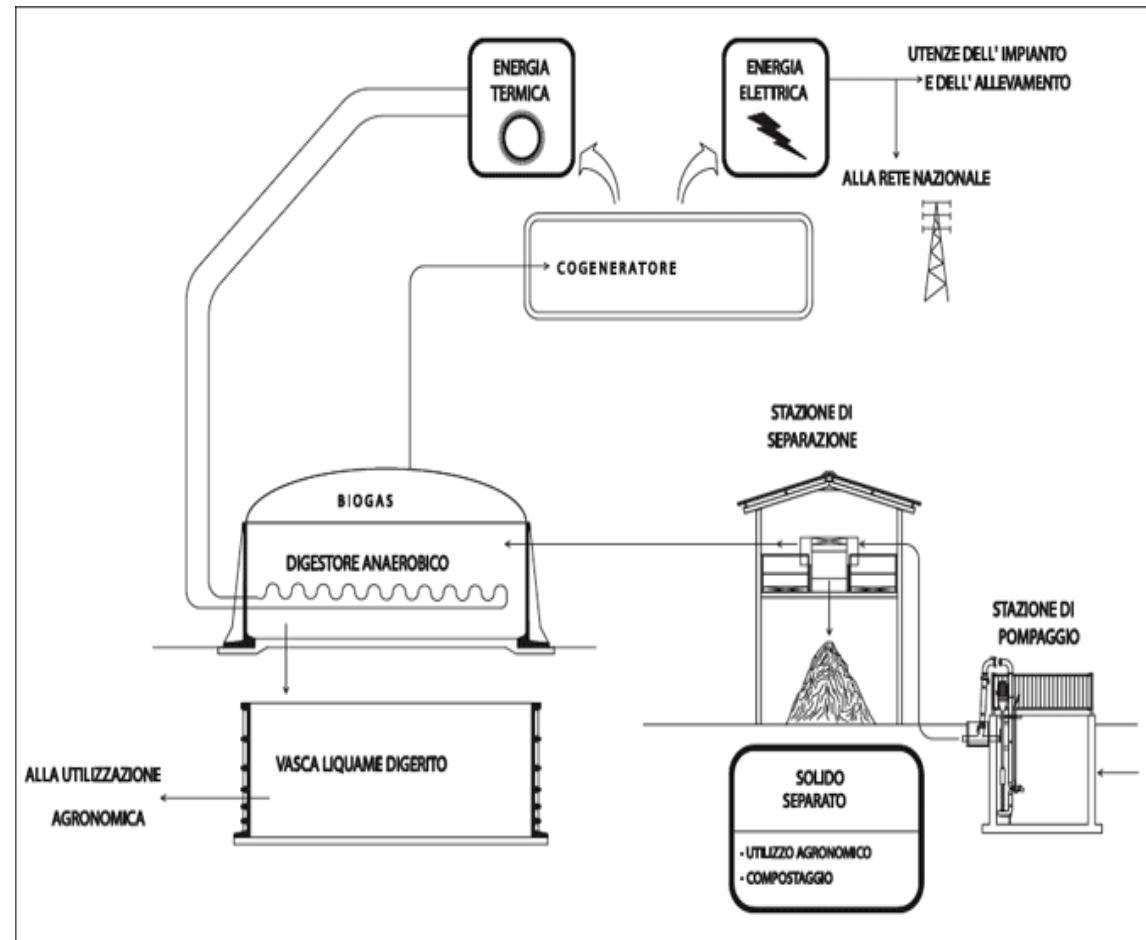
Processo continuo

- Digestore principale;
- Serbatoio di post digestione;

Il livello nel digestore è costante.

Il digestato può contenere sostanze non digerite, quindi il processo continua nel serbatoio di stoccaggio.

PER PICCOLI IMPIANTI



Digestione anaerobica

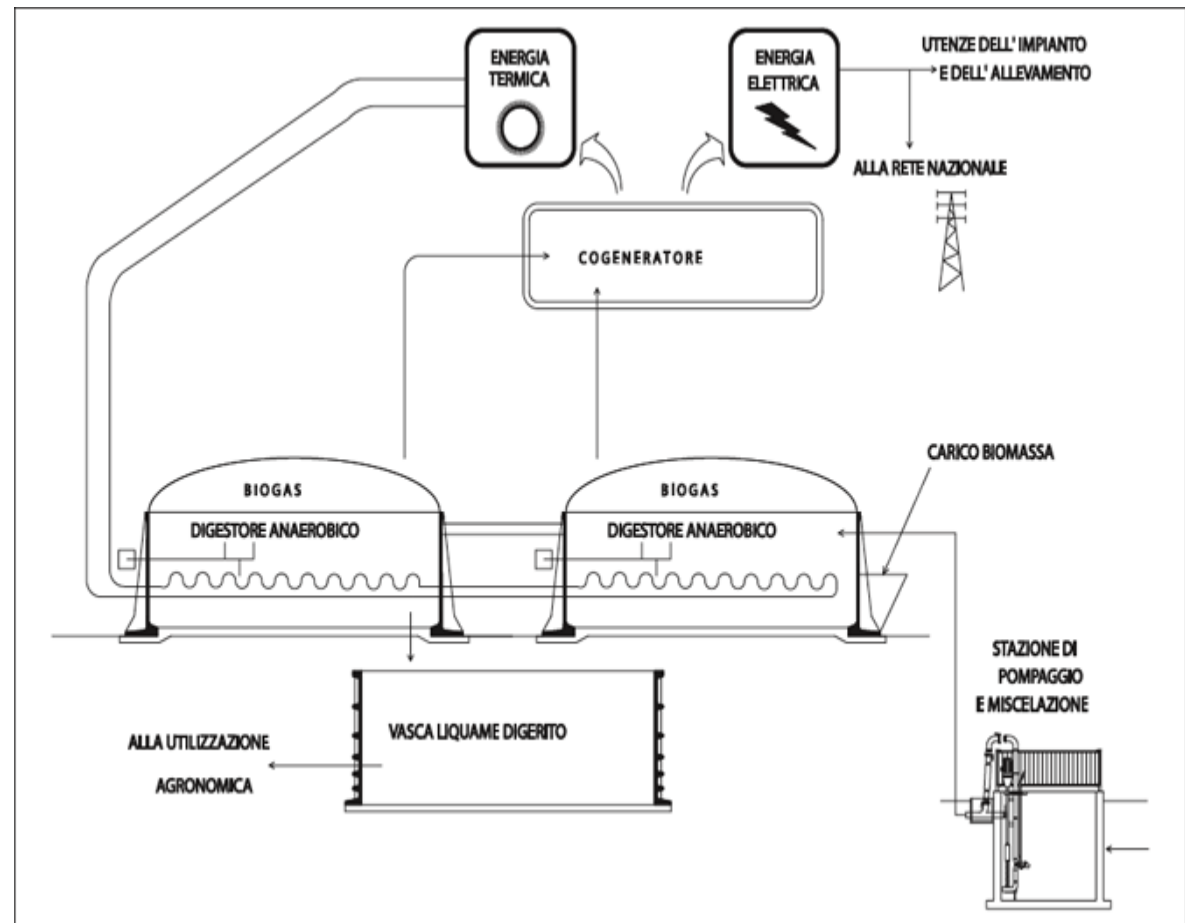
Processo discontinuo

- Digestore si riempie e si svuota completamente;
- Occorrono più digestori in parallelo;

Il livello nel digestore è costante.

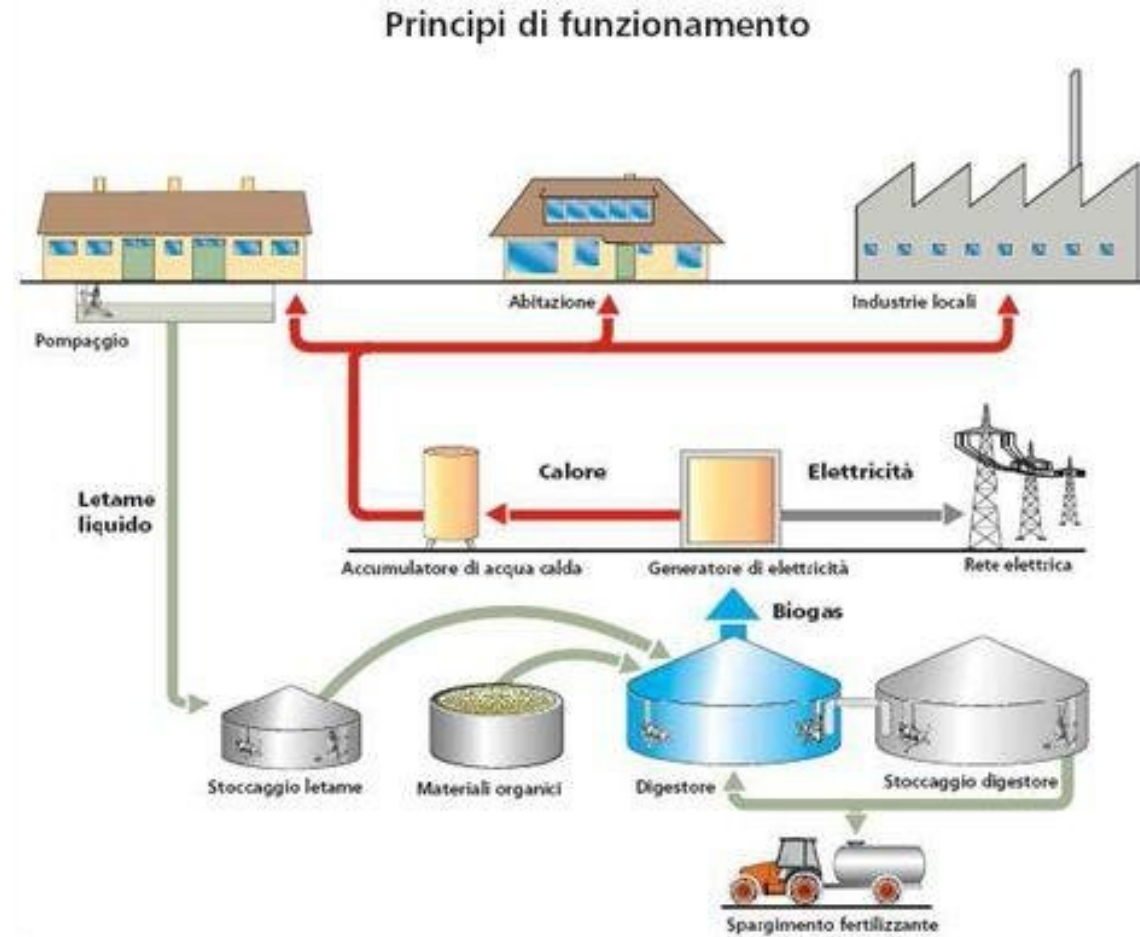
Il digestato può contenere sostanze non digerite, quindi il processo continua nel serbatoio di stoccaggio.

PER GRANDI IMPIANTI



Digestione anaerobica

Impianti per la produzione di biogas



Digestione anaerobica

Serbatoio biogas: raccolto sulla sommità del digestore.

Tipi: flottante, a membrana, fisso.

Formato da una serie di tre membrane: una separa il materiale in digestione dal gas; una separa il gas dalla camera d'aria; l'ultima delimita la camera d'aria.

Una centralina elettronica gonfia/sgonfia la camera d'aria in modo da mantenere il gas sempre alla stessa pressione.

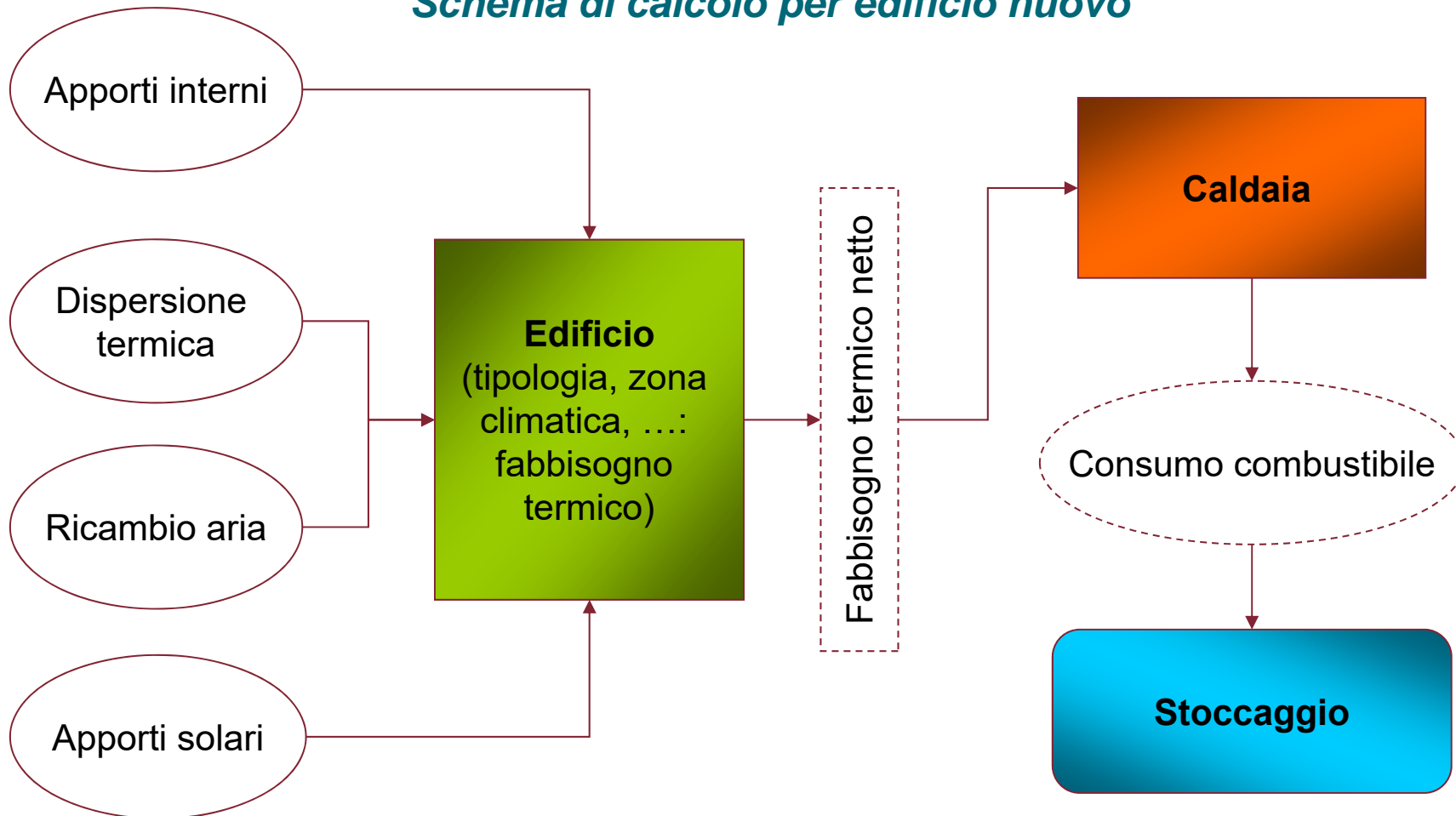


Impianto di riscaldamento a cippato: dimensionamento di massima



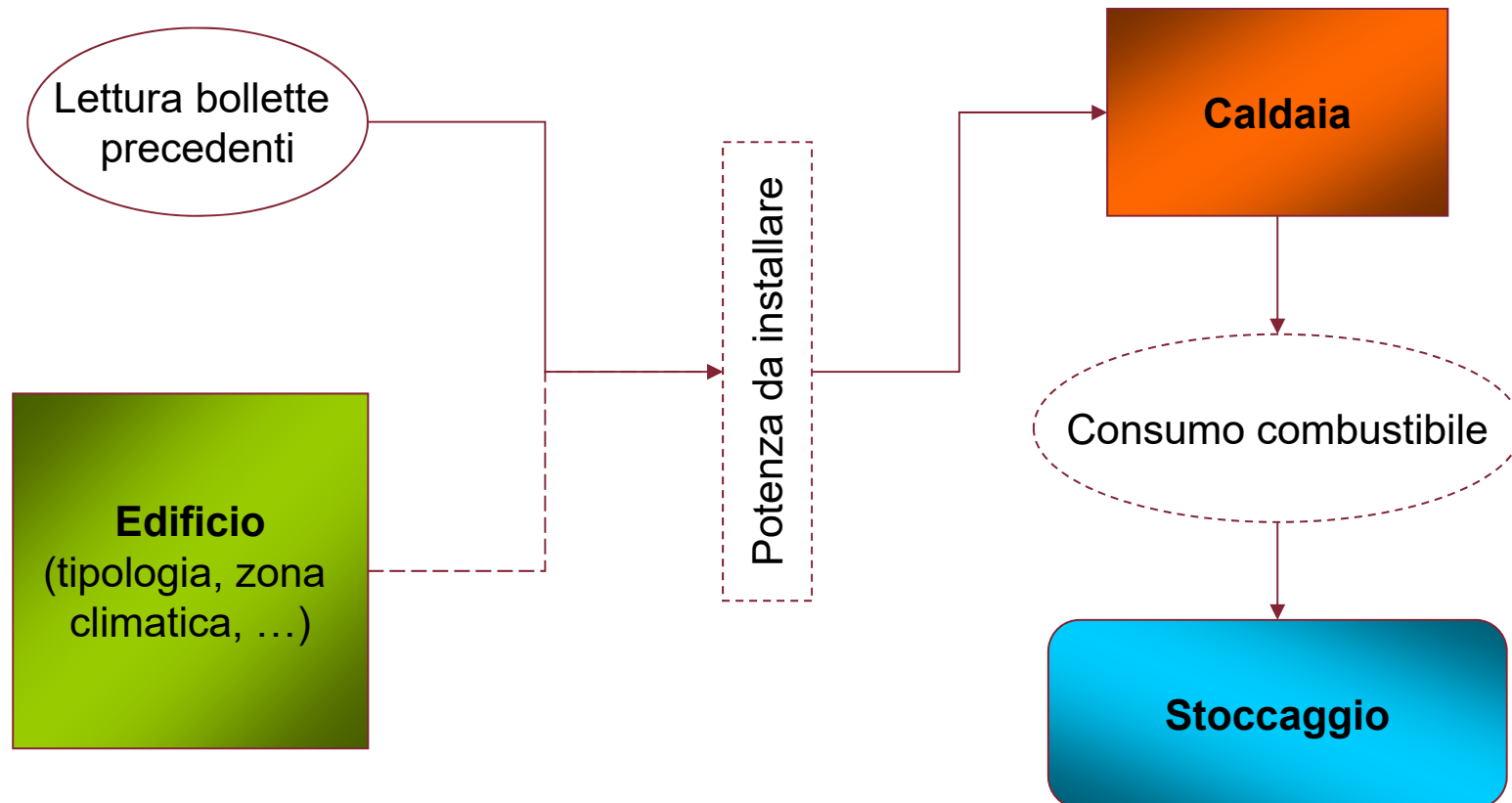
Riscaldamento a cippato

Schema di calcolo per edificio nuovo



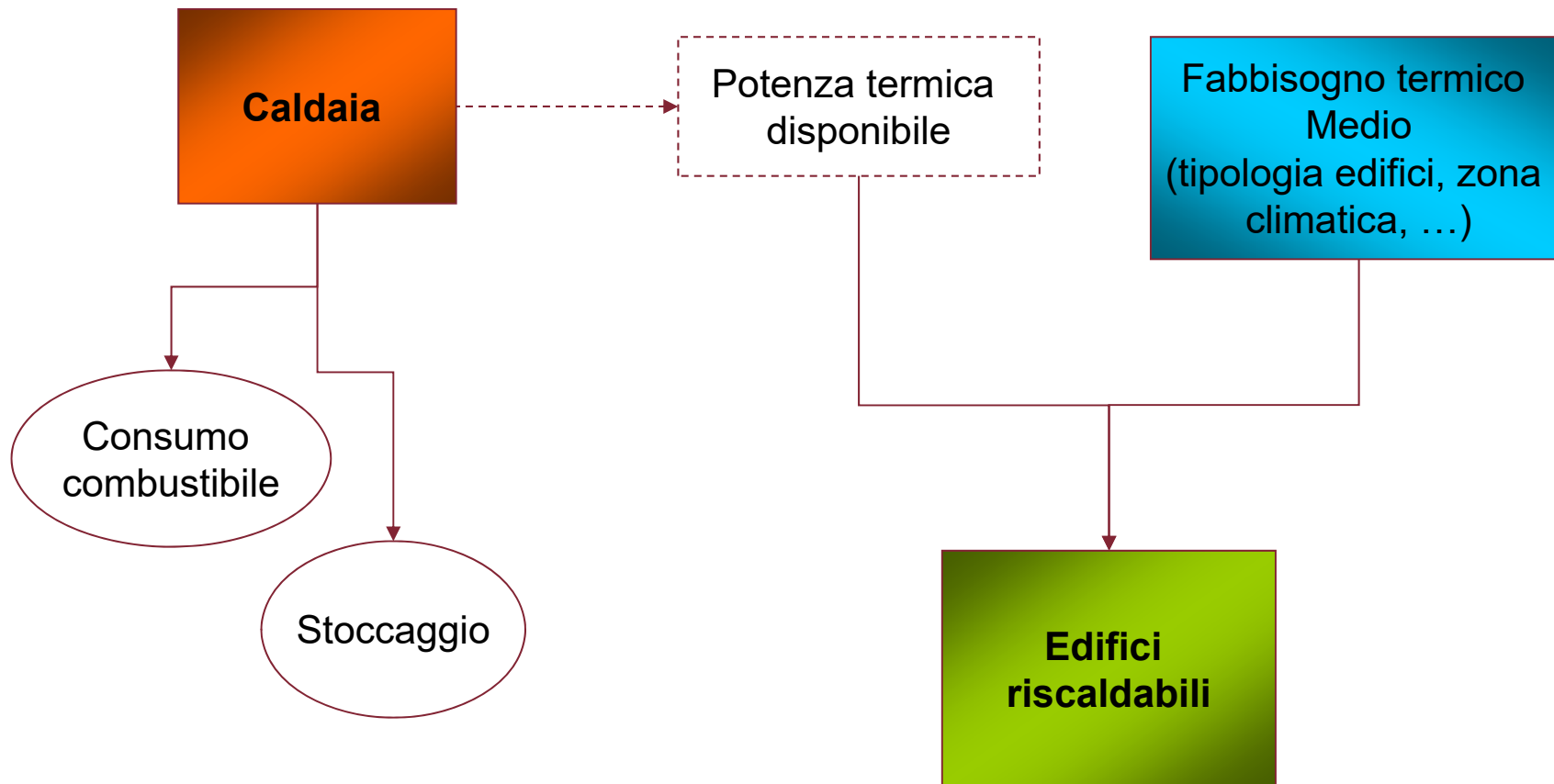
Riscaldamento a cippato

Schema di calcolo per sostituzione caldaia



Riscaldamento a cippato

Schema di calcolo per potenza della caldaia (limite di investimento)



I biocombustibili

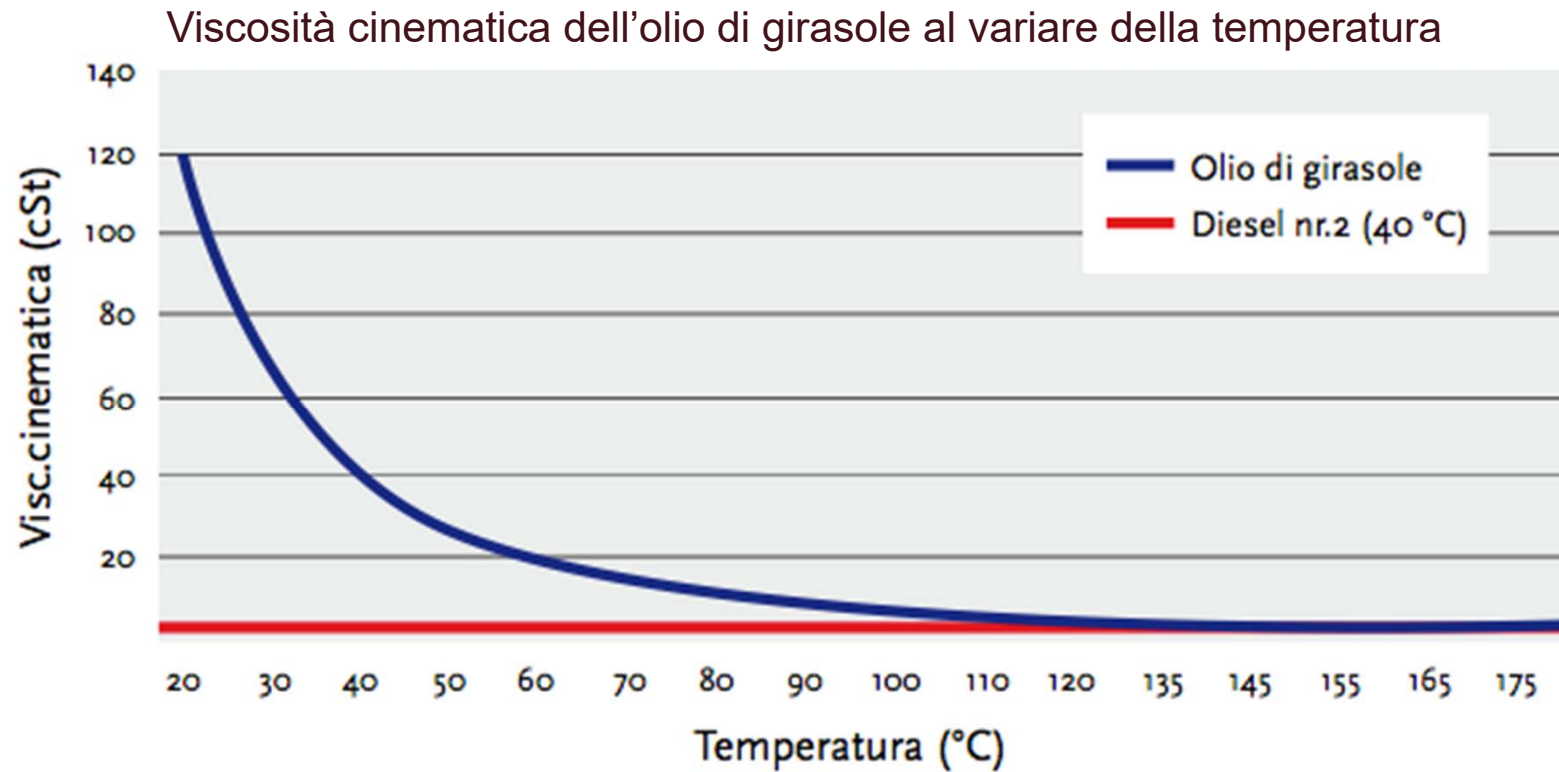
I semi oleosi: oli vegetali liquidi e solidi

Le materie prime per la produzione di oli per generazione di energia sono:

- semi oleaginosi: colza, girasole, lino ecc.;
- frutti oleaginosi: arachide, palma ecc.;
- grassi e oli di origine animale;
- oli esausti: olio fritto ecc.

I biocombustibili

Caratteristiche chimico-fisiche degli oli vegetali



l'olio viene scaldato per far diminuire la viscosità che provoca problemi di stress meccanico

I biocombustibili

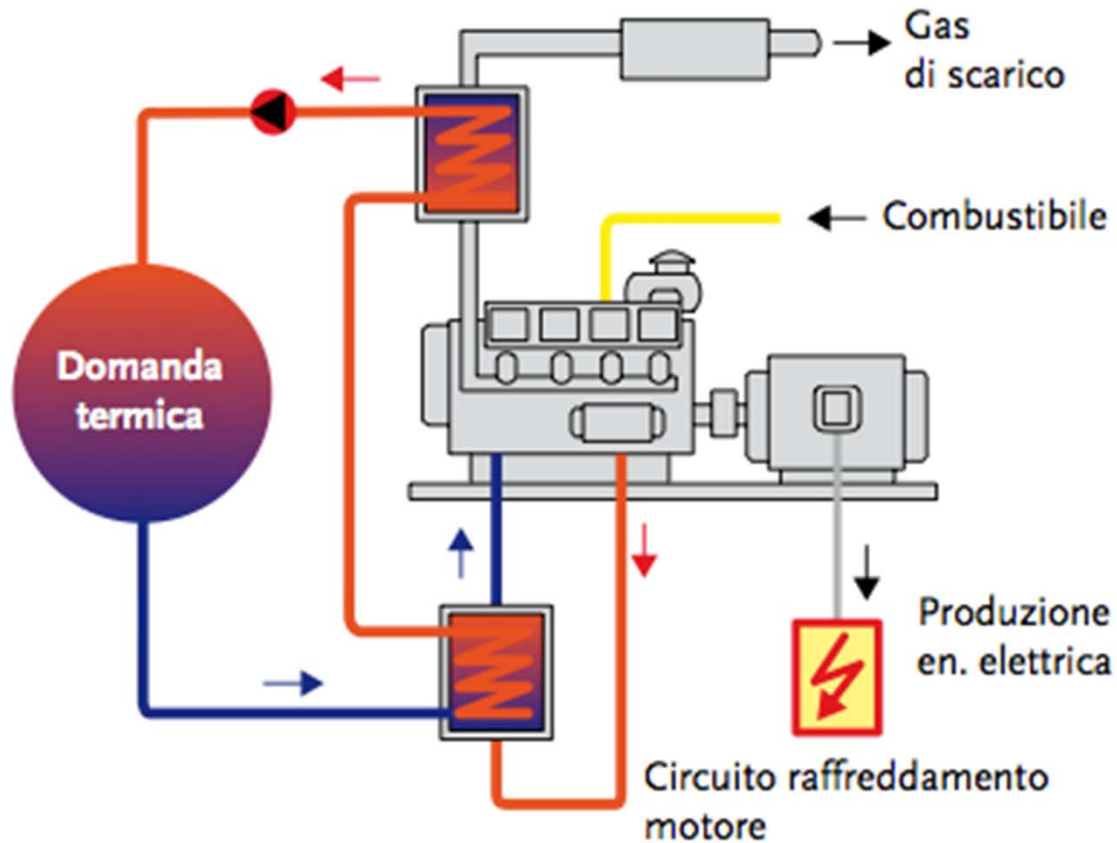
Tecnologie di conversione



Cogeneratore di piccola taglia per utenze condominiali

I biocombustibili

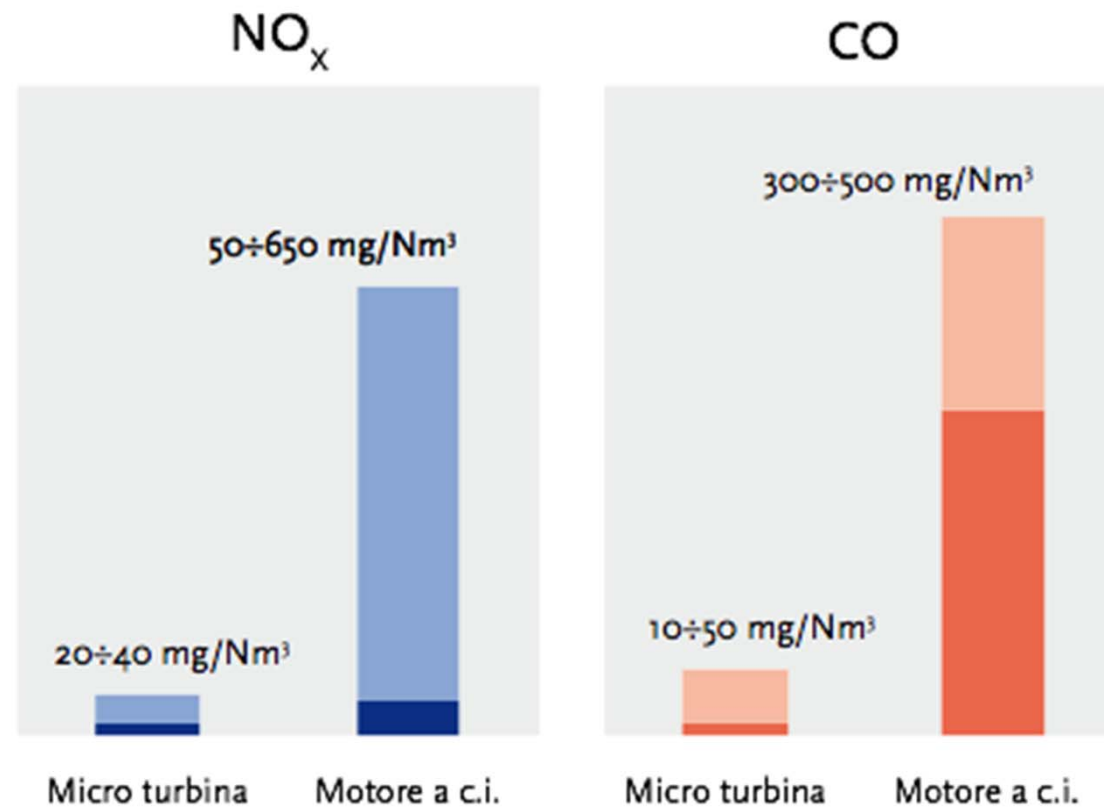
Tecnologie di conversione: sistemi di generazione di piccola taglia



Schema cogenerativo con MCI

I biocombustibili

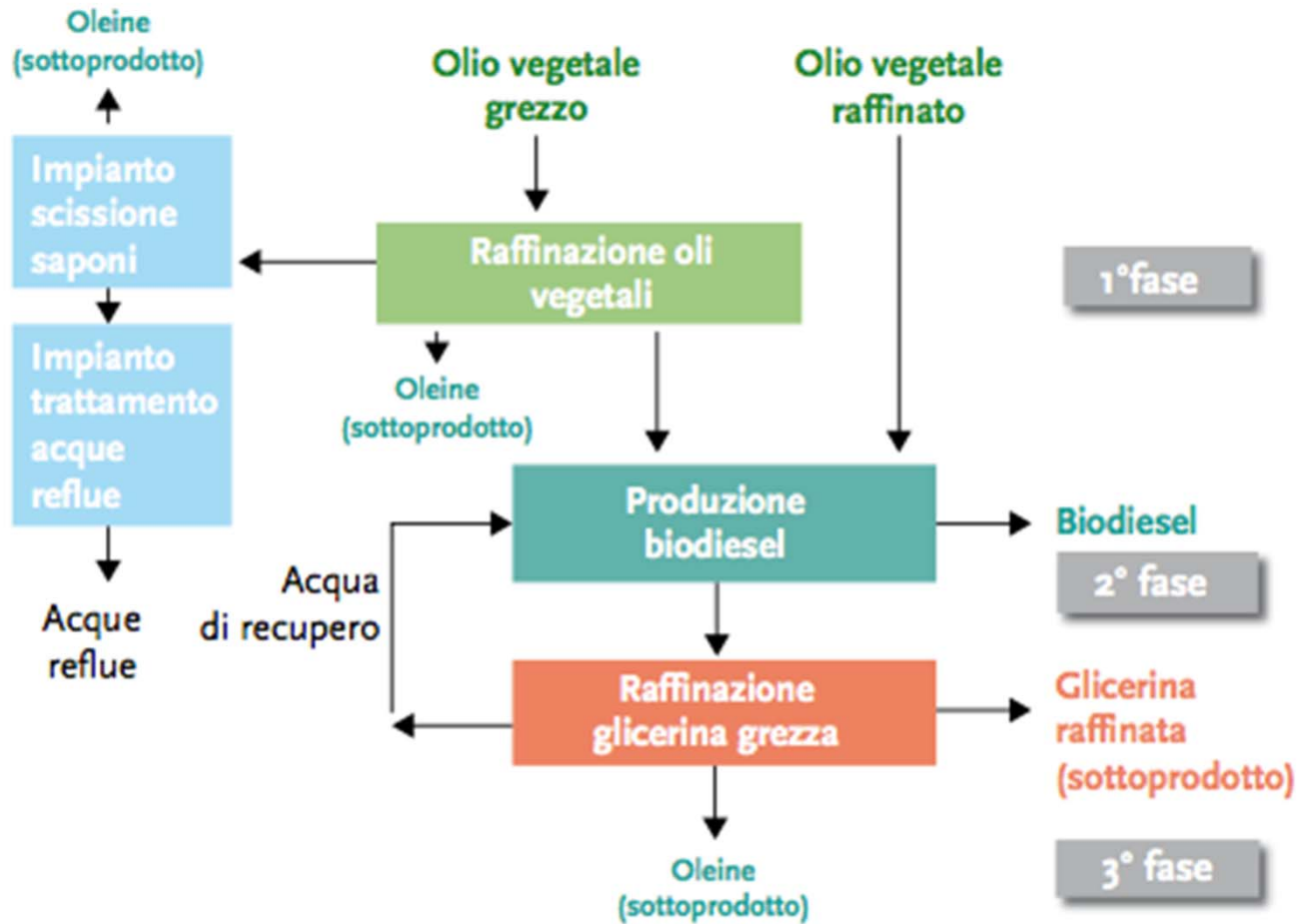
Tecnologie di conversione: sistemi di generazione di piccola taglia



Confronto tra le emissioni di un MCI e quelle di una microturbina

I biocombustibili

I biocarburanti



Processo produttivo del biodiesel

I biocombustibili

I biocarburanti

Principali fasi della produzione di **bioetanolo**

