

INTRODUZIONE

Lo scopo di questo capitolo è introdurre il lettore nei concetti che stanno alla base del mondo delle centrali biomassa e biogas. Verranno introdotti i concetti di base per comprendere le tecnologie che stanno dietro al mondo delle biomasse e del biogas.

4.1 CENTRALI BIOMASSA

Una centrale biomassa è un particolare tipo di centrale per la produzione di energia elettrica che si basa sulla combustione della biomassa. Quindi, per prima cosa, è necessario definire cosa si intende per biomassa. Per **biomassa** si intende quel genere di sostanze di origine biologica in forma non fossile. Esempio di biomasse sono: scarti del legno, tagli forestali, paglia, eccetera. Per **bioenergia** si intende qualsiasi forma di energia prodotta dalle biomasse.

Le biomasse hanno due bacini di origine:

- Le foreste
- I territori

L'uso delle biomasse è legato a:

- **Combustione interna (diretta)** per la produzione di calore adibito al riscaldamento domestico
- Trasformazione in combustibili liquidi come, per esempio, la produzione di biodiesel.
- Produzione di biogas, tramite un processo noto come processo anaerobico con lo scopo di produrre energia e calore.

La figura che segue mostra, a grandi linee, la classificazione appena descritta in maniera un po' più semplice ed intuitiva.

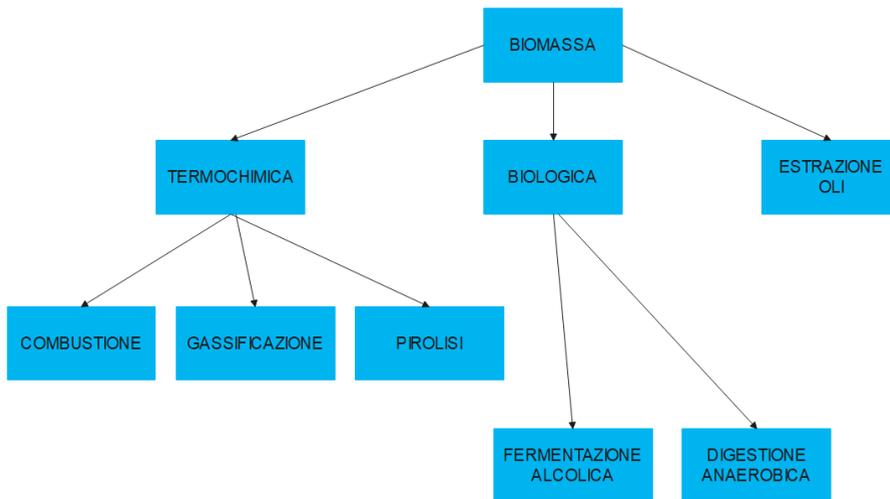


Figura 4.1: Classificazione dei processi legati alla biomassa

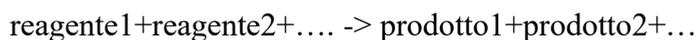
La biomassa è solitamente composta da:

- **Una parte secca**
- **Una parte umida**

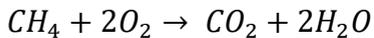
La parte secca è quella parte che si presta per la conversione in energia. Di seguito verranno approfonditi i concetti esposti nella figura 4.1.

4.2 IL PROCESSO DI COMBUSTIONE

In Chimica la combustione è quel processo per cui si ha l'ossidazione di una sostanza chiamata combustibile da parte di un'altra sostanza chiamata comburente (solitamente l'ossigeno presente nell'aria). In generale una reazione chimica è una trasformazione dove determinate sostanze dette reagenti si trasformano per formare dei prodotti. Di seguito viene mostrata una struttura basica di una reazione chimica:



Per esempio, la reazione di combustione del metano è la seguente:



Il **metano** è l'idrocarburo con la struttura più semplice, la cui formula chimica è la seguente:



Un **idrocarburo** è essenzialmente un composto chimico fatto essenzialmente da idrogeno (H) ed ossigeno (O_2). Il metano è un gas inodore, incolore, altamente infiammabile. In una reazione di combustione si sviluppa calore, radiazioni elettromagnetiche e radiazioni luminose.

La **gassificazione** è quel processo mediante il quale è possibile convertire i residui agro-forestali in un gas particolare chiamato **syngas**. Il syngas è un gas che può essere utilizzato per la produzione di energia elettrica nelle centrali a gas.

Il syngas ha caratteristiche particolari. Infatti, esso è una miscela di idrogeno, metano, monossido di carbonio ed altri gas minori inerti come l'anidride carbonica (CO_2) e l'azoto (N).

La **pirolisi** invece è quel particolare processo che permette di ottenere dei combustibili liquidi più facilmente trasportabili. Pertanto, tale processo consente la decomposizione chimica della biomassa mediante trasformazione termochimica con apporto di calore a temperature comprese tra i 400°C e gli 800°C. La pirolisi avviene all'interno di una macchina chiamata **pirolizzatore**, in totale assenza di ossigeno. In realtà tramite la pirolisi è possibile generare, dal solido come combustibile, liquidi (olio di pirolisi) e gas (syngas). I tipi principali di pirolisi sono:

- **Pirolisi lenta**
- **Pirolisi convenzionale**
- **Pirolisi veloce**
- **Pirolisi super veloce**

Nella pirolisi lenta la biomassa si riscalda lentamente e le temperature si assestano tra i 300°C ed i 500°C. Un esempio di pirolisi lenta è la carbonizzazione della biomassa. Nella pirolisi convenzionale invece si hanno temperature di reazione minori di 600°C con riscaldamenti nell'ordine di 20°C/s come velocità di riscaldamento.

La pirolisi veloce invece ha temperature di lavoro attorno ai 500°C. La pirolisi veloce è caratterizzata da un rapido riscaldamento della biomassa in atmosfera inerte ad una temperatura di reazione tipicamente 450-500 ° C con un tempo di permanenza dei vapori pirolisi di <2 sec. Infine la pirolisi super veloce avviene a temperature superiori ai 650°C.

4.3 CENTRALE BIOMASSA-BIOGAS

I tipi di biomasse sono derivanti da:

- Scarti agro-alimentari
- Reflui domestici ed industriali

Per quanto riguarda gli scarti agricoli, un esempio è il legname di scarto. Si consideri, a titolo di esempio, il pellet. Il **pellet** è il risultato dell'estrusione degli scarti del legno. E' un tronchetto con un diametro che varia tra i 6 ed i 12 mm e con una altezza che varia tra i 12 mm ed i 18 mm.

Ci sono delle macchine particolari che permettono di creare pellet e si chiamano **macchine palletizzatrici** le quali effettuano la compressione degli scarti legnosi. Prima della compressione vi è eventualmente una fase di essiccazione degli scarti legnosi.

Per avere un buon combustibile occorre che il livello di umidità degli scarti legnosi non superi il 15%. I pellet possiedono un basso livello di umidità (attorno ai 6-10%) ed un basso tasso contenuto di ceneri (0,5%). E' possibile estrarre combustibile per le centrali biomassa sia naturalmente sia dalle **colture energetiche**. Le colture energetiche possono essere:

- **Colture oleaginose** -> colture di Colza, Girasoli,..
- **Colture alcoligene** -> colture di Zucchero, cereali

- **Colture lignocellulosiche** -> Pioppo, canna da zucchero

Per capire se una coltura conviene dal punto di vista energetico, è necessario quantificare le perdite energetiche derivanti da ognuno dei seguenti step:

- Coltivazione
- Raccolta
- Trasporto
- Conversione/Combustione

I tipi di terreni utili per le colture sono:

- **I terreni fertili**
- **I terreni utilizzati in passato**

Le **centrali a biomasse solide** sono impianti particolari che lavorano tramite **forno di combustione** e producono energia ricavata da **biomasse solide (legno, cippato, paglia)** per mezzo di una **turbina a vapore** accoppiata ad un **alternatore**.

Le **centrali a biomasse liquide** utilizzano **gruppi elettrogeni** ossia **motori accoppiati a generatori** e funzionano tramite **oli vegetali e biodiesel** attraverso cui producono energia rinnovabile.

Una **centrale biogas** invece è un impianto che produce energia elettrica e termica a partire da materiali organici di natura vegetale, come per esempio l'insilato di mais, da reflui animali, dai rifiuti organici, ma anche dalla depurazione delle acque. In poche parole, tutti questi materiali di origine naturale vengono immessi in una macchina chiamata pulper. Tale **pulper** altro non è che uno "spappolatore" ossia una macchina che tritura il tutto. In uscita al pulper si hanno dei fanghi (un miscuglio tritato di tutte le biomasse utilizzate come alimentazioni del pulper). Tali fanghi vengono sospinti in una condotta tramite apposite pompe verso dei grossi serbatoi chiamati **digestori anaerobici**. La figura seguente mostra un esempio di digestore anaerobico.

L'esempio mostra un digestore primario. I fanghi poi verranno inviati anche ad un digestore secondario. All'interno del serbatoio sono presenti dei miscelatori atti a mescolare i fanghi.

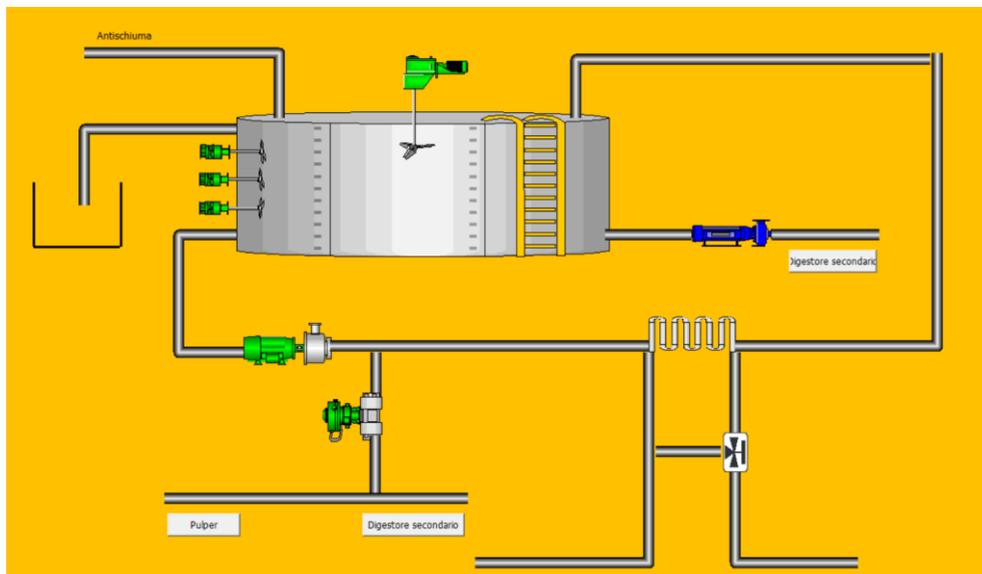


Figura 4.2: Digestore anaerobico

La figura seguente mostra un particolare del sistema di automazione legato alla parte di digestione anaerobica, ossia la retroazione. In poche parole, i fanghi vengono inviati ad uno scambiatore di calore per un ulteriore riscaldamento (**fase di miscelazione**, ossia i fanghi sono già stati caricati e stagnano nel digestore per circa 1 ora a 40 °C e, durante questo lasso di tempo, all'interno del digestore si ha la reazione tale per cui viene generato del biogas (principalmente metano ed altri gas minori) nella parte superiore del serbatoio). La fase di riscaldamento in realtà è una fase di mantenimento ad una determinata temperatura dei fanghi presenti nel serbatoio.

Ogni linea è dotata di una pompa che garantisce portata e pressione adeguate nella tubazione. Una volta generato biogas, esso viene mandato a delle torri di lavaggio in cui avviene il lavaggio del biogas con soda caustica e acqua addolcita. Questo viene fatto in quanto abbattere l'idrogeno solforato, un agente corrosivo per il motore cogenerativo. Una volta lavato il biogas

(tramite colonne di lavaggio dette **scrubbers**) esso viene inviato al motore cogenerativo per produrre energia elettrica e calore.

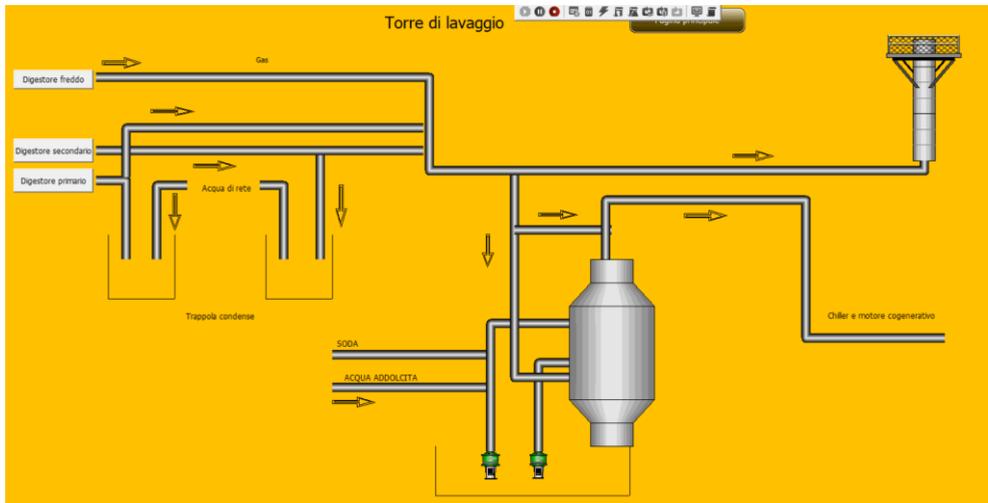


Figura 4.4: Torre di lavaggio

I **cogeneratori** sono formati da:

- **un motore primario**
- **un generatore**
- **un sistema di recupero termico**
- **interconnessioni elettriche.**

Il motore primario è un motore utilizzato per convertire il combustibile in energia meccanica

Il generatore converte l'energia meccanica in energia elettrica, mentre il sistema di recupero termico raccoglie e converte l'energia contenuta negli scarichi del motore primario, in energia termica utilizzabile. La figura seguente mostra un esempio di scrubber e torcia. La torcia viene utilizzata per "espellere" in atmosfera il gas in eccesso.



Figura 4.5: Torcia e colonna di lavaggio

La seguente figura mostra, in primo piano, un digestore anaerobico, e dietro in secondo piano un digestore freddo. Un **digestore freddo** è essenzialmente un serbatoio in cui avviene lo stoccaggio momentaneo dei fanghi. E' un digestore non agitato (non possiede i miscelatori) e non riscaldato. La digestione anaerobica è un complesso processo biologico nel quale, in assenza di ossigeno, la sostanza organica viene trasformata in biogas. Un primo gruppo di batteri dà il via al processo di degradazione, trasformando la sostanza organica in composti intermedi come, per esempio, l'idrogeno, l'acido acetico e l'anidride carbonica. Un secondo gruppo di batteri porta a termine il lavoro producendo il metano.

Il processo di produzione del biogas avviene all'interno di appositi "digestori", nei quali la biomassa introdotta (il cosiddetto "substrato") viene demolita in percentuali variabili tra il 40 e il 60%.

Il biogas ricavato dal processo di digestione è composto mediamente da:

- 50-80% metano
- 15-45% anidride carbonica

- 5% altri gas (soprattutto idrogeno e azoto)



Figura 4.6: Digestori

All'interno dei digestori, nella parte bassa sono presenti i fanghi mantenuti ad una temperatura di circa 40°C , nella parte alta sono presenti i vari gas. Nella parte superiore di un digestore è sempre presente una valvola di sfogo del gas in pressione, se la pressione all'interno del digestore supera un certo valore limite.

I fanghi in uscita dal digestore primario possono transitare in un secondo digestore oppure, se esausti, possono essere scaricati verso l'esterno (fase di scarico dei liquami tramite una opportuna valvola e pompa di scarico).



Figura 4.7: Piping nei dintorni dei digestori

Per concludere vediamo i vantaggi e gli svantaggi di tale tecnologia. Si parte, come di consueto, dai vantaggi.

VANTAGGI:

- **Fonte di energia pulita e inesauribile.**
- **Genera energia elettrica e calore.**
- **Garantisce l'autonomia energetica.**
- **Valorizza scarti e sottoprodotti.**

SVANTAGGI:

- **Cattivo odore (disagio per le popolazioni vicine)**
- **Per alimentare una centrale da 1MW, sono necessari almeno 300 ettari, superficie minima adottabile. Bisogna quindi avere a disposizione grandi quantità di terreni.**

4.4 I TERMOVALORIZZATORI

Il termovalorizzatore è un inceneritore ossia un impianto industriale atto ad incenerire, tramite combustione, dei rifiuti generando così calore che può essere utilizzato per produrre energia elettrica. Un termovalorizzatore funziona per steps:

- **Ricevimento, stoccaggio e movimentazione dei rifiuti**
- **Combustione dei rifiuti**
- **Trattamento dei fumi**
- **Invio dei fumi verso la ciminiera**

Prima di bruciare i rifiuti avviene una fase detta di **essiccazione** a temperature attorno ai 200°C. La completa combustione si ha a temperature che si aggirano attorno ai 1000°C-1500°C. con un quantitativo di aria abbondante ma non troppo elevata per ridurre il quantitativo di ceneri e consumare tutto il combustibile.

Pertanto, la combustione è quel processo che permette di trasformare l'energia chimica in energia termica. La quantità di energia termica che si può produrre durante il processo di combustione dipende dal tipo di biomassa che si intende bruciare dalla quantità di ceneri prodotta e dal contenuto di umidità della biomassa stessa.

Le tecnologie di combustione possono essere:

- **A griglia fissa**
- **A griglia mobile**
- **In sospensione**

- **A tamburo rotante**
- **A doppio stadio in letto fluido**

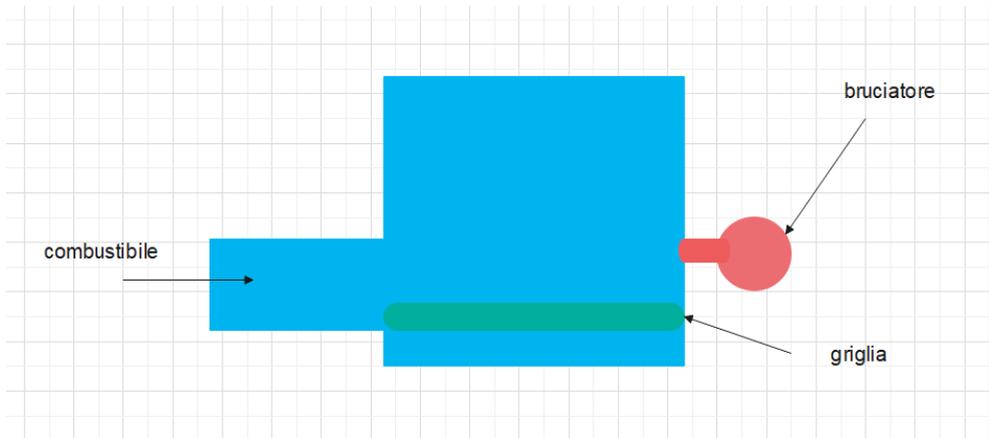


Figura 4.8: Camera di combustione

Per esempio, nel doppio stadio è presente prima una fase di gassificazione e pirolisi del materiale e successivamente vi è la fase di combustione. La fase di gassificazione è la fase di trasformazione della biomassa in un combustibile gassoso. Le fasi della gassificazione sono:

- **Essiccazione** -> per eliminare l'umidità
- **Pirolisi** -> (300°C-500°C) dove si ha la decomposizione termica del combustibile
- **Ossidazione** -> (700°C-1000°C)
- **Riduzione** -> (800°C-1100°C)

L'ossidazione permette ad una sostanza di perdere un elettrone e viceversa la riduzione fa acquistare un elettrone ad una determinata sostanza. Tali reazioni vengono chiamate reazioni **redox**.

La ruggine è un classico esempio di questo tipo di reazione, tipiche del ferro. Tornando alla gassificazione, essa avviene all'interno di un gassificatore.

Quando si vuole sfruttare l'energia delle biomasse si hanno due tipi di processo:

- Processi termochimici
- Processi biochimici

I primi basano il loro funzionamento sul calore. La gassificazione è un processo di questo tipo. La biomassa viene solitamente caratterizzata da:

- Un tasso di umidità
- Un rapporto carbonio/azoto

I processi termochimici vengono usati sulle biomasse con bassa percentuale di umidità. I processi biochimici invece si sfruttano laddove si ha un basso rapporto carbonio/azoto ed un tasso di umidità maggiore di 30%.

La figura seguente mostra un esempio di termovalorizzatore.



Figura 4.9: Termovalorizzatore

Di seguito viene mostrato un esempio di ragno utilizzato per raccogliere e/o movimentare dei rifiuti nelle aree di stoccaggio.



Figura 4.10: Esempio di ragno

Anche gli **RSU (Rifiuti Solidi Urbani)** vengono utilizzati come fonte di energia. Per quanto riguarda i rifiuti, su di essi è possibile:

- **Effettuare un riciclo**
- **Effettuare un riutilizzo**

Il **riciclo** si ha quando il rifiuto viene usato come materia prima per creare oggetti anche diversi da quelli di partenza, mentre il **riutilizzo** si ha quando il rifiuto viene utilizzato per creare oggetti della medesima natura di quello di partenza.

I materiali riciclabili sono:

- Legno
- Vetro
- Carta e cartone
- Alluminio
- Acciaio
- Tessuti
- Plastica
- Pneumatici