

F.E.R. - Biomasse

NUOVE TECNOLOGIE PER LA VALORIZZAZIONE ENERGETICA DELLE BIOMASSE

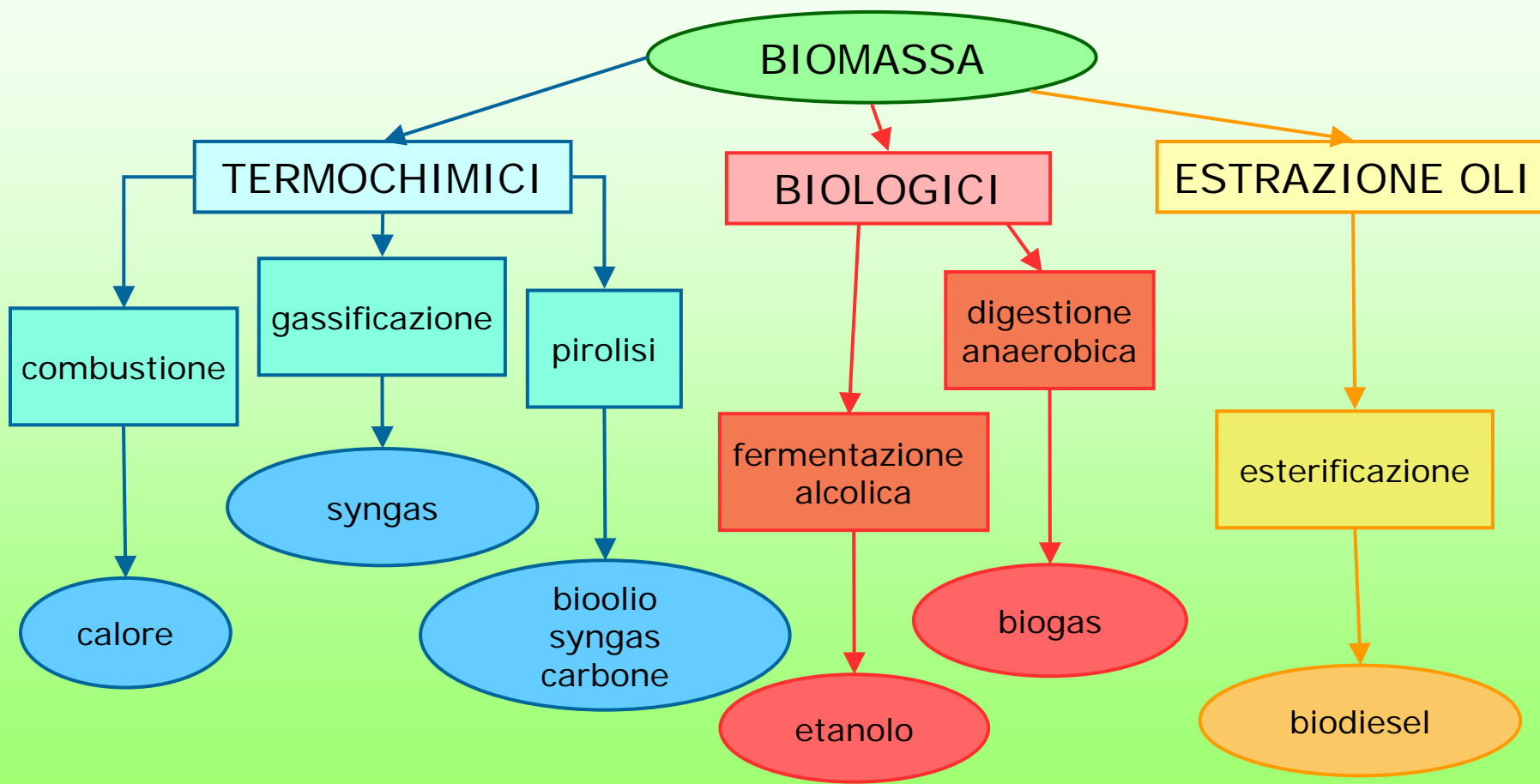
Ing. Giuseppe Fiorenza

ENEA - Centro Ricerche Trisaia

IL CENTRO RICERCHE ENEA TRISAIA



PROCESSI DI CONVERSIONE



PROCESSI TERMOCHIMICI: BIOMASSE UTILIZZABILI

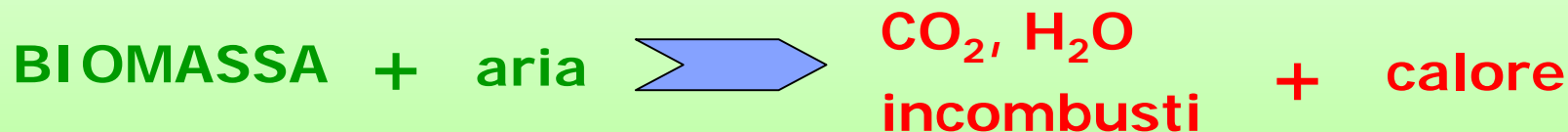
Prodotti e residui in cui il rapporto C/N abbia valori superiori a 30 ed il contenuto di umidità sia inferiore al 30%

Le biomasse più adatte a subire processi di conversione termochimica sono quindi:

- la legna e tutti i suoi derivati (segatura, trucioli, ecc.)
- i comuni sottoprodotti colturali di tipo lignocellulosico (paglia di cereali, residui di potatura della vite e dei fruttiferi, ecc.)
- alcuni scarti di lavorazione (gusci, noccioli, sansa di olive, ecc.)

COMBUSTIONE

Com'è noto è un processo fisico-chimico complesso per mezzo del quale si realizza la completa ossidazione dei composti carboniosi presenti nella biomassa



Trasformazione dell'energia chimica intrinseca
della biomassa in energia termica

COMBUSTIONE: PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA

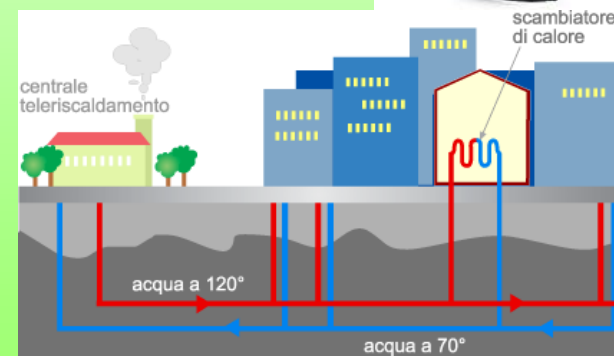
Generatori di calore di piccola taglia, quali caminetti, stufe, caldaie, etc. (potenze $< 150 \text{ kW}_t$):

- alimentabili con legna da ardere, legno cippato, pellet
- applicabili ad utenze domestiche o piccole utenze civili (edifici pubblici, alberghi, etc.)



Impianti termici (potenze fino a qualche MW_t):

- alimentati in genere con legno cippato
- utilizzabili per teleriscaldamento o grosse utenze civili



STATO DELL'ARTE

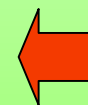
piccoli impianti



- ✓ Nuove normative nazionali e regionali (es. Piemonte, Lombardia) con limiti sempre più restrittivi sulle emissioni di particolato solido: fino a 30 mg/Nm³
- ✓ Sviluppo di apparecchi ad alta efficienza e basse emissioni
- ✓ Certificazione della qualità del combustibile (origine, contenuto di ceneri, etc.)
- ✓ Informazione corretta all'utente su combustibile, uso e manutenzione dell'apparecchio

- ✓ Esistenza di un'adeguata domanda per quantità e continuità della fornitura
- ✓ Per il teleriscaldamento necessità di ammortizzare il costo di realizzazione della rete di distribuzione (fino all'80% dell'investimento complessivo) con limitazione della fattibilità economica ai climi rigidi (almeno zona climatica D)

impianti termici medio- grandi



COMBUSTIONE: PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

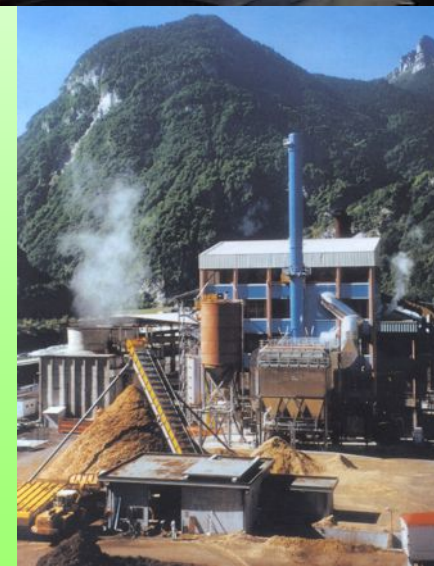
Per piccole potenze (500-1500 kW_e):

- caldaie abbinata a turbine ORC (Organic Rankine Cycle)
- alimentabili con legno cippato, residui agroforestali, etc.
- per aziende agroforestali, industrie del legno, etc.



Per medie potenze (3-50 Mw_e):

- combustione in caldaie a griglia mobile abbinata a turbine a vapore con rendimenti globali del 20-25%
- alimentabili con legno cippato, residui, scarti, etc.
- per produttori di energia elettrica, aziende elettriche municipalizzate, etc.



STATO DELL'ARTE

piccola potenza



- ✓ Rendimento elettrico globale limitato a circa il 15% per l'assenza di surriscaldamenti e l'utilizzo della caldaia ad olio diatermico con relativo scambio termico aggiuntivo
 - ✓ Sistemi di piccolissima taglia ancora non commerciali; disponibilità di biomassa richiesta allo stato attuale dell'ordine di 10^4 t/anno
 - ✓ Sistemi compatti, flessibili ed affidabili, ma con costi piuttosto alti: circa 5 k€ per kW_e per un ORC funzionante in cogenerazione
-
- ✓ Criticità di filiera: fabbisogno di circa 100.000 t/anno per un impianto da 10 MW_e con alto coefficiente di utilizzo
 - ✓ Fattore di utilizzo corrente piuttosto basso rispetto ai sistemi convenzionali (in media 6000 h/anno) per problemi tecnici e di disponibilità della materia prima
 - ✓ Complessità nell'individuazione dei siti ottimali e problemi legati all'accettazione da parte delle comunità locali

potenza medio- elevata



GASSIFICAZIONE

È un processo fisico-chimico complesso tramite il quale si realizza solo la parziale ossidazione dei composti carboniosi ad alta temperatura in presenza di aria, ossigeno, vapore d'acqua o un loro mix



Trasformazione di un combustibile solido in un combustibile gassoso i cui componenti combustibili sono essenzialmente CO, H₂, CH₄

VANTAGGI DELLA GASSIFICAZIONE

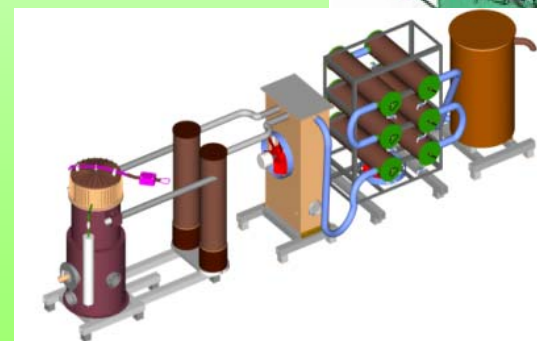
Introduce nel processo di conversione energetica delle biomasse un ulteriore rendimento (70-80%), ma la perdita di energia può essere compensata dai vantaggi offerti dal vettore gassoso:

- facilità di trasporto e distribuzione
- elevato rendimento di combustione
- emissioni più contenute
- possibilità di alimentare MCI (piccola potenza) o cicli combinati ad alta efficienza (potenze medio/elevate)
- utilizzazione in processi di sintesi

La ricerca è focalizzata sullo sviluppo di processi in grado di produrre un gas di alta qualità e sull'ottimizzazione dei sistemi di purificazione del gas

GASSIFICAZIONE: GENERAZIONE ELETTRICA DI PICCOLA TAGLIA

- gassificatori a letto fisso ad aria (in genere del tipo downdraft) abbinati a motori endotermici (MCI) a gas
- potenze a partire da poche decine di kW_e fino a 1 MW_e
- gas povero contenente oltre il 50% di N₂ con PCI di 4-6 MJ/Nm³
- rendimento elettrico relativamente alto, fino al 25%
- alimentabili con legno cippato, gusci ed altri residui, scarti della lavorazione del legno, etc.



STATO DELL'ARTE

È abbastanza matura dal punto di vista tecnico con costi di impianto anche contenuti in relazione alla taglia (3-4 k€ per kW_e installato)

PROBLEMATICHE DI SVILUPPO:

- ✓ Necessità di un alto livello di automazione (impianti standardizzati) per la diffusione commerciale
- ✓ Identificazione chiara delle biomasse utilizzabili come combustibile
- ✓ Garanzie da parte del costruttore sul fabbisogno di manutenzione e relativi costi e sul contratto di manutenzione fornito
- ✓ Verifica del funzionamento ai carichi parziali e dell'efficacia della sezione di pulizia del gas
- ✓ Dati precisi sui costi operativi della sezione di purificazione del gas e della manutenzione del gruppo di generazione
- ✓ Tecnologie ben testate per il generatore

GASSIFICAZIONE: GENERAZIONE ELETTRICA DI MEDIA POTENZA

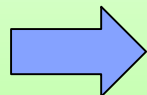
- gassificazione a letto fluido circolante o bollente (in particolare a vapore o ossigeno/vapore) abbinata a MCI o turbine a gas
- potenze da 1 a 10 MW_e
- gas di media qualità contenente fino al 40% di H₂ con PCI di 12-14 MJ/Nm³
- rendimento elettrico intorno al 25% ed in particolari configurazioni fino ad oltre il 30%
- tecnologie ancora in fase di sviluppo
- criticità di filiera e di identificazione dei siti simili a quelle esistenti per gli impianti di combustione di pari taglia ma con rendimenti più alti



PIROLISI

È un processo fisico-chimico complesso tramite il quale avviene la degradazione termica della biomassa in completa assenza di agenti ossidanti (aria, ossigeno)

Trasformazione
della biomassa in



frazione liquida (bio-olio)
frazione solida (carbone)
frazione gassosa (gas combustibile)

Le percentuali delle frazioni sono collegate alle condizioni di processo:

- pirolisi lenta (<600 °C) → più solidi fino al 30-40%
- pirolisi veloce (500-650 °C) → più gas fino al 80%
- flash pirolisi (700 °C) → liquidi fino al 60%

STATO DELL'ARTE

Riscuote attualmente grande interesse in particolare per la produzione di bio-oli o la generazione elettrica (pirolisi ad altissima temperatura), ma è ancora distante dalla maturità commerciale

PROBLEMATICHE DI SVILUPPO:

- ✓ arresto rapido del processo per bloccare le reazioni allo stadio desiderato
- ✓ fabbisogno termico
- ✓ problemi economici, legati all'affidabilità, alla scala ridotta, alla valorizzazione della frazione solida prodotta, ai materiali costruttivi
- ✓ instabilità, incompatibilità, acidità e definizione delle specifiche commerciali del bio-olio
- ✓ costi dei processi di stabilizzazione o di miglioramento della qualità necessari per l'olio



PROCESSI BIOCHIMICI: BIOMASSE UTILIZZABILI

Biomasse in cui il rapporto C/N sia inferiore a 30 e l'umidità alla raccolta superiore al 30%

Risultano idonei alla conversione biochimica:

- le colture acquatiche
- alcuni sottoprodotti colturali (foglie e steli di barbabietola, ortive, patata, ecc.)
- i reflui zootecnici
- alcuni scarti di lavorazione ed alcune tipologie di reflui urbani ed industriali

DIGESTIONE ANAEROBICA

È un processo biochimico che consiste nella demolizione delle sostanze organiche complesse (lipidi, protidi, glucidi) contenute nei vegetali e nei sottoprodotti animali in assenza di ossigeno ad opera di micro-organismi con la produzione di un gas costituito per il 50-70% da CH₄ e per il restante da CO₂

Trasformazione della biomassa in biogas che viene trattato (deidratazione, desolforizzazione), accumulato ed utilizzato come combustibile per la generazione elettrica

A seconda delle dimensioni dell'impianto il digestore può essere abbinato a:

- **motori a combustione interna**
- **caldaie a gas accoppiate a turbine**
- **centrali a ciclo combinato**

DIGESTIONE ANAEROBICA

La tecnologia è matura, ma le rese in biogas sono estremamente basse; trova interesse economico in presenza di una forte concentrazione della materia prima (ad es. allevamenti, industrie agro-alimentari)



Per impianti di generazione elettrica abbinati a motori endotermici a gas con potenze superiori al MW i costi si aggirano sui 3 k€ per kW_e

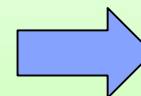
BIOMASSA	letame bovino	insilato di mais	scarti distillaz. mele	ulva
Contenuto Sostanza Secca (%)	11-25	32-36	2-4	10-20
Sostanza Organica (% S.S.)	65-85	86	94-95	55%
Resa in biogas (m ³ /t S.O.)	200-300	350-390	330	200-250

GENERAZIONE DISTRIBUITA

DEFINIZIONE:

generazione elettrica in unità di piccole dimensioni (da qualche decina di kW_e ad alcune decine di MW_e), destinata all'autoconsumo o alla cessione alla rete esterna

micro-generazione



$P_e < 1 \text{ MW}_e$

- ✓ Il dimensionamento dell'impianto in base alla disponibilità locale della biomassa ne consente l'impiego sostenibile dal punto di vista economico, energetico ed ambientale
- ✓ L'accorciamento della filiera energetica e la riduzione dei fabbisogni limitano l'impegno del territorio ed i relativi costi sociali
- ✓ La realizzazione di unità di dimensioni più limitate è in genere caratterizzata da tempi e costi di progettazione ed avviamento più ridotti e risulta più accettabile dalle comunità locali

COGENERAZIONE E TRIGENERAZIONE

Cogenerazione: produzione combinata di energia elettrica e calore che garantisca un significativo risparmio di energia rispetto alle produzioni separate (AEEG 42/2002)

Trigenerazione: produzione combinata di energia elettrica, termica e frigorifera, grazie all'utilizzo del calore generato per alimentare una macchina refrigerante termica ed allo scopo di allineare meglio domanda e offerta di energia termica

- ✓ Massimizzano la resa energetica complessiva dell'impianto fino ad oltre l'80% a fronte di un rendimento elettrico in genere non superiore al 25%
- ✓ Consentono di utilizzare il calore di scarto dei cicli di conversione (MCI, ORC) tipicamente utilizzati negli impianti di generazione elettrica a biomasse
- ✓ Offerta di biomassa residuale e domanda di energia termica sono in genere presenti in concomitanza (ad es. acqua calda per teleriscaldamento)
- ✓ Nel caso di micro-generazione la limitata quantità di energia termica prodotta trova più facilmente un mercato

FERMENTAZIONE ALCOLICA

È basata su un processo di idrolisi di substrati zuccherini o amidacei (barbabietola, canna, granella di cereali, etc.) mediante enzimi specifici che trasformano le catene lunghe (polisaccaridi) in zuccheri semplici e la successiva fermentazione con particolari lieviti, originando alcol etilico



Trasformazione della biomassa in un prodotto utilizzabile come carburante allo stato puro o sotto forma del suo etere, l'ETBE, nei normali motori a benzina

ESTERIFICAZIONE

È basata su una reazione, detta di trans-esterificazione, che determina la sostituzione dei componenti alcolici con alcool metilico (metanolo) in un olio vegetale, ottenuto dalla spremitura di semi oleaginosi (colza, soia, girasole, etc.), originando un olio combustibile



1 ton olio + 100 kg metanolo ⇒ 1 ton biodiesel + 100 kg glicerolo

Trasformazione della biomassa in un prodotto utilizzabile come carburante per autotrazione e come combustibile per riscaldamento

BIO-COMBUSTIBILI DI PRIMA GENERAZIONE

GROSSI PROBLEMI DI SOSTENIBILITÀ (es. biodiesel da soia e bioetanolo da cereali):

- ✓ economica (costi elevati, si sostengono solo grazie agli incentivi)
- ✓ energetica (energia necessaria alla produzione tra il 50-80% di quella ottenuta)
- ✓ ambientale (colture intensive, deforestazione in Paesi in via di sviluppo, etc.)
- ✓ sociale (competizione con usi alimentari, spinta alla concentrazione della proprietà, etc.)



BIO-COMBUSTIBILI DI SECONDA GENERAZIONE

- ⇒ Prodotti a partire da biomasse residuali lignocellulosiche o erbacee
- ⇒ Risposta ai problemi di natura energetica, ambientale, sociale sollevati dall'uso dei bio-carburanti di prima generazione
- ⇒ Ancora non competitivi dal punto di vista economico
- ⇒ Necessità di ulteriore messa a punto dei processi già ad un buon livello di sviluppo
- ⇒ Ricerca e sviluppo di nuovi processi

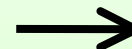


BIO-COMBUSTIBILI DI SECONDA GENERAZIONE: I PROCESSI

- pirolisi
- digestione anaerobica

idrolisi avanzata
e fermentazione

bio-etanolo
cellulosico



trattamento chimico o
termo-meccanico
(steam explosion)



Fischer-Tropsch
(FT) diesel



bio-dimetil etero
(Bio-DME)



gassificazione e
processo di
sintesi specifico

bio-metanolo



bio-idrogeno



SNG (gas naturale
sintetico)



CONCLUSIONI

- ❖ L'utilizzo termico delle biomasse è consolidato e conveniente per applicazioni specifiche (teleriscaldamento, stufe a pellets)
- ❖ La digestione anaerobica è economicamente fattibile in caso di adeguate caratteristiche e concentrazione della materia prima (allevamenti, industrie agro-alimentari)
- ❖ La gassificazione a letto fisso abbinata a MCI è la tecnologia più adatta alla generazione elettrica su scala molto piccola, ma occorrono garanzie sui costi di O&M
- ❖ La combustione resta la tecnologia più affidabile per la generazione elettrica su scala medio-grande ($> 10 \text{ MW}_e$) fatte salve le condizioni per un impiego sostenibile della biomassa
- ❖ I biocombustibili di prima generazione pongono grossi problemi di sostenibilità economica, energetica, ambientale e sociale; quelli di seconda generazione sono ancora in via di sviluppo

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!!!

Per ulteriori informazioni ...



Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente
Centro Ricerche TRISAIA

<http://www.enea.it>

<http://www.trisaia.enea.it>

giuseppe.fiorenza@trisaia.enea.it