

## Biomassa

### Introduzione

Nel 2015 le biomasse hanno coperto il 9,7% del fabbisogno di energia nel mondo (*International Energy Agency Key World Energy Statistics 2017*). La vegetazione che copre il nostro pianeta è un magazzino naturale di energia solare. La materia organica di cui è composta si chiama biomassa. Le biomasse si producono nel processo di fotosintesi, durante il quale l'anidride carbonica atmosferica e l'acqua del suolo si combinano per produrre zuccheri, amido, cellulosa, lignina, sostanze proteiche, grassi, ecc. Nei legami chimici di queste sostanze è immagazzinata la stessa energia solare che ha attivato la fotosintesi. In questo modo vengono fissate complessivamente circa  $2 \times 10^{11}$  tonnellate di carbonio all'anno, con un contenuto energetico dell'ordine di  $70 \times 10^3$  megatonnellate equivalenti di petrolio.

### Conoscere la biomassa

#### Che cos'è

La vegetazione che copre il nostro pianeta è un **magazzino naturale** di energia solare. La materia organica di cui è composta si chiama biomassa. Le biomasse si producono attraverso il processo di **fotosintesi clorofilliana**, durante il quale, grazie all'energia solare, l'anidride carbonica atmosferica e l'acqua del suolo si combinano per produrre gli zuccheri necessari per vivere. Nei legami chimici di queste sostanze è immagazzinata la stessa energia solare che ha attivato la fotosintesi. La fotosintesi è importantissima perché nutre la vita sulla Terra e perché asporta dall'atmosfera ben  $2 \times 10^{11}$  tonnellate di carbonio all'anno, con un contenuto energetico dell'ordine di 70 miliardi di tonnellate equivalenti di petrolio, ossia dieci volte il fabbisogno energetico mondiale annuo. Bruciando le biomasse, l'ossigeno atmosferico si combina con il carbonio in esse contenuto, mentre si liberano anidride carbonica e acqua e si produce calore. L'anidride carbonica torna nell'atmosfera e da qui è nuovamente disponibile ad essere re-immessa nel processo fotosintetico per produrre nuove biomasse. Le biomasse, dunque, sono una **risorsa rinnovabile**.

In campo energetico, il termine "biomassa" indica diversi prodotti di origine principalmente vegetale, e solo in misura minore animale, utilizzati per produrre energia: residui agricoli e forestali, scarti dell'industria del legno, come trucioli e segatura, "**coltivazioni energetiche**" (ovvero piante espressamente coltivate per scopi energetici), scarti delle aziende zootecniche e residui agro-alimentari (residui delle coltivazioni destinate all'alimentazione umana o animale come la paglia).

#### A cosa serve

La vegetazione che copre il nostro pianeta è un **magazzino naturale** di energia solare. La materia organica di cui è composta si chiama biomassa. Le biomasse si producono attraverso il processo di **fotosintesi clorofilliana**, durante il quale, grazie all'energia solare, l'anidride carbonica atmosferica e l'acqua del suolo si combinano per produrre gli zuccheri necessari per vivere. Nei legami chimici di queste sostanze è immagazzinata la stessa energia solare che ha attivato la fotosintesi. La fotosintesi è importantissima perché nutre la vita sulla Terra e perché asporta dall'atmosfera ben  $2 \times 10^{11}$  tonnellate di carbonio all'anno, con un contenuto energetico dell'ordine di 70 miliardi di tonnellate equivalenti di petrolio, ossia dieci volte il fabbisogno energetico mondiale annuo. Bruciando le biomasse, l'ossigeno atmosferico si combina con il carbonio in esse contenuto, mentre si liberano anidride carbonica e acqua e si produce calore. L'anidride carbonica torna nell'atmosfera e da qui è nuovamente disponibile ad essere re-immessa nel processo fotosintetico per produrre nuove biomasse. Le biomasse, dunque, sono una **risorsa rinnovabile**.

In campo energetico, il termine "biomassa" indica diversi prodotti di origine principalmente vegetale, e solo in misura minore animale, utilizzati per produrre energia: residui agricoli e forestali, scarti dell'industria del legno, come trucioli e segatura, "**coltivazioni energetiche**" (ovvero piante espressamente coltivate per scopi energetici), scarti delle aziende

zootecniche e residui agro-alimentari (residui delle coltivazioni destinate all'alimentazione umana o animale come la paglia).

## Dove si trova

Le biomasse sono una delle fonti rinnovabili maggiormente disponibili sul nostro pianeta. Nel 2014 le biomasse hanno coperto il 9,7% del fabbisogno di energia nel mondo (*International Energy Agency Key World Energy Statistics 2017*). Il loro impiego, però, non è diffuso in maniera omogenea. La biomassa svolge un ruolo in tutti e tre i principali settori dell'energia: calore (e raffreddamento), energia elettrica e trasporto.

La biomassa nelle sue diverse forme - solida, liquida o gas - può essere bruciata direttamente per produrre calore per la cottura dei cibi e il riscaldamento nel settore residenziale attraverso un uso tradizionale della biomassa o mediante le moderne applicazioni. La biomassa può anche essere utilizzata su larga scala per riscaldare grandi edifici commerciali o nell'industria. L'uso tradizionale della biomassa per produrre calore avviene attraverso l'impiego di mezzi semplici e inefficienti, che bruciano biomassa legnosa, sotto forma di legna da ardere o carbone, o residui agricoli e letame. L'utilizzo di energia da biomassa nel 2016 è stimato pari a 46,4 EJ (1 esajoule (EJ) è pari a  $10^{18}$  joule), anche se è difficile quantificare il volume consumato data la natura informale della fornitura e l'incertezza sull'utilizzo di questi materiali.

Le biomasse tradizionali vengono impiegate principalmente nei Paesi in via di sviluppo (Africa, Sud America e Asia), dove questa fonte di energia copre dal 34% al 40% del fabbisogno energetico complessivo.

Le moderne tecnologie di produzione di energia termica da biomassa, d'altro canto, vengono utilizzate principalmente nei Paesi industrializzati, come ad esempio in Europa, in Asia e in Nord America.

Per quanto riguarda la produzione di energia elettrica, la capacità installata nel 2017 è aumentata del 7% rispetto al 2016, raggiungendo 106,4 GW, mentre la produzione è cresciuta dell'11%, arrivando a quota 555 TWh. I principali produttori di energia elettrica da biomassa sono la Cina (79,4 TWh), gli Stati Uniti (69 TWh), il Brasile (49 TWh), il Giappone (37 TWh) e l'India (32,5 TWh). In Italia, invece, nel 2016 sono stati prodotti 19,5 TWh di energia elettrica da biomassa: il contributo delle biomasse alla produzione nazionale di energia elettrica, quindi, è stato del 5,7%.

Infine, la produzione mondiale di biocarburanti è aumentata del 3% nel 2015, raggiungendo il valore record di 133 miliardi di litri prodotti. Il combustibile etanolo ha rappresentato il 74% del totale, il biodiesel il 22%, e l'olio vegetale idrogenato (HVO) il restante 4%. Nel 2015 la produzione globale di biocarburanti è stata dominata da Stati Uniti e Brasile - che insieme producono il 72% della produzione mondiale di biocarburanti - seguiti da Germania, Argentina e Indonesia.

(Fonte dati: *Renewables 2018, Global Status Report*)

## Un po' di storia

Il fuoco, indiscutibilmente la più importante invenzione nella storia dell'uomo, è stato scoperto grazie alla combustione accidentale del legno. Il fuoco ha illuminato, riscaldato, protetto e nutrito l'uomo per migliaia di anni. In poche parole ha favorito la nascita della civiltà. Il legno, peraltro, è rimasto ancora per molti secoli la materia prima più utilizzata, non solo per alimentare il fuoco, ma anche come materiale da costruzione. L'invenzione della macchina a vapore, ci ha consentito, poi, di ottenere energia meccanica dalla combustione del legno, mentre, fino al XVIII secolo il vento e l'acqua erano state le uniche forme di energia meccanica utilizzate, grazie ai mulini. Con la Rivoluzione Industriale, la risorsa legno cominciò a scarseggiare a causa delle massicce deforestazioni realizzate per produrre energia. L'uomo ha dovuto cercare fonti d'energia alternative, trovandole nel carbone e nel petrolio, un tempo abbondanti, anche se non rinnovabili. Solo di recente, i maggiori fabbisogni d'energia, le prospettive d'esaurimento dei carburanti fossili e l'inquinamento prodotto dalla loro combustione, hanno spinto l'uomo a "riscoprire" l'utilità del legno e delle biomasse come fonti energetiche.

## I processi biochimici

I **processi biochimici** funzionano grazie all'azione dei funghi e dei batteri che crescono nella biomassa in determinate condizioni di temperatura e umidità. Questi microrganismi digeriscono la materia organica liberando molecole di scarto (per loro), ma preziose per noi. Non tutta la biomassa va bene per questi processi: funghi e batteri non mangiano proprio di tutto ma esigono materiali organici ricchi di proteine e di acqua. Sono ottimi le alghe, gli scarti delle coltivazioni di patata e di barbabietola, i rifiuti alimentari e le deiezioni animali. I principali prodotti ottenibili con questi sistemi sono il **biogas**, il **bioetanolo**, **fertilizzanti** per l'agricoltura e **calore**. Il biogas è una miscela di gas costituita principalmente da metano (50-70%) e anidride carbonica che può essere impiegato per il riscaldamento o per far funzionare alcuni particolari impianti destinati alla produzione di energia elettrica. Il bioetanolo è un alcool che può essere usato per alimentare il motore delle automobili. Si ottiene dalla fermentazione degli zuccheri ricavati dalla barbabietola o dalla canna da zucchero. È un carburante di grande interesse perché è pulito ed economico. Nel 2014 sono stati prodotti 94 miliardi di litri di bioetanolo, soprattutto negli Stati Uniti e in Brasile. Un'altra interessante applicazione della biomassa è il riscaldamento degli allevamenti di bestiame e delle coltivazioni. La decomposizione dei prodotti di rifiuto, come il fogliame o le deiezioni degli animali, produce calore che può essere usato per riscaldare le serre e le stalle.

## I processi termochimici

Tutti sanno che per accendere ed alimentare il fuoco occorre un materiale che brucia che, in termini tecnici, si definisce **combustibile**. Il combustibile da solo non basta perché il fuoco esista, occorre un altro elemento: il **comburente**. Il più comune comburente è l'ossigeno che, in una reazione di combustione, ha la funzione di "ossidare" il combustibile con conseguente rilascio di energia sotto forma di calore e luce. Il fuoco, quindi, non è altro che la manifestazione visibile di una reazione chimica, la **combustione**, che avviene tra due sostanze diverse: il combustibile e il comburente. Esistono moltissime sostanze e materiali combustibili. In principio l'uomo bruciò il legno, successivamente il carbone. Oggi i combustibili più usati sono quelli fossili: petrolio, metano e carbone fossile.

La combustione è il metodo più antico per ottenere energia dalla biomassa. Gli antichi focolai, i camini e le stufe oggi sono stati sostituiti da moderne ed efficienti caldaie che riescono a sfruttare al meglio l'energia nascosta nel legno e nei suoi derivati. Se funghi e batteri prediligono le sostanze umide e proteiche, il fuoco si alimenta meglio con materiali asciutti e ricchi di cellulosa. La **cellulosa** è una molecola complessa, molto resistente e costituita da lunghe catene di glucosio, il più semplice degli zuccheri. I vegetali sono fatti di cellulosa e quindi lo sono anche il legno, le foglie, la carta e il cotone. Esistono vari sistemi per ottenere energia dal legno classificabili secondo la temperatura alla quale avviene la combustione e il tipo di trasformazione fisica e chimica che si ottiene. Per prima cosa bisogna precisare che questi sistemi funzionano con legname triturato. Le scaglie di legno, dette **chip**, possono essere utilizzate così come sono oppure compresse e compattate in blocchetti, il **pellet**. Questi mattoncini di legno aumentano l'efficienza delle caldaie e le rendono più pulite. Il legno, così trasformato, può essere bruciato ad altissime temperature (intorno a 1000°C) fino a ridurlo a una miscela di gas utili per muovere turbine e produrre energia elettrica. Bruciato a temperature inferiori (tra 400 e 800°C) il legno si separa in un sostanze gassose, liquide e solide. La componente solida, il carbone, si può ancora usare come combustibile mentre la parte liquida, l'olio pirolitico, può alimentare motori o essere la base per la sintesi di altri prodotti.

## Produzione di energia

### Biopower

Le tecnologie per ottenere energia (**biopower**) dai vari tipi di biomasse sono naturalmente diversi e diversi sono anche i prodotti energetici che si ottengono. Le tecnologie del biopower convertono i combustibili rinnovabili della biomassa in calore ed elettricità usando apparecchiature simili a quelle usate con combustibili fossili. Una vantaggiosa caratteristica della biomassa è la sua disponibilità rispetto alla domanda, in quanto essa è in grado di conservare intatta la sua energia fino al suo utilizzo. In sintesi, i processi di conversione in energia delle biomasse possono essere ricondotti a due grandi

categorie: processi termochimici e processi biochimici.

**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 e sono utilizzabili per i prodotti ed i residui cellulosici e legnosi in cui il rapporto C/N abbia valori superiori a 30 ed il contenuto di umidità non superi il 30%. Le biomasse più adatte a subire processi di conversione termochimica sono la legna e tutti i suoi derivati (segatura, trucioli, ecc.), i più comuni sottoprodotti colturali di tipo ligno-cellulosico (paglia di cereali, residui di potatura della vite e dei fruttiferi, ecc.) e taluni scarti di lavorazione (lolla, pula, gusci, noccioli, ecc.).

**Processi biochimici:** i processi di conversione biochimica permettono di ricavare energia per reazione chimica dovuta al contributo di enzimi, funghi e microrganismi, che si formano nella biomassa sotto particolari condizioni, e vengono impiegati per quelle biomasse in cui il rapporto carbonio/azoto 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 e alcuni scarti di lavorazione (borlande, acqua di vegetazione, ecc.), nonché alcune tipologie di reflui urbani ed industriali. Le tecnologie attualmente impiegate nel biopower sono: *cofiring*, pirolisi, gassificazione, combustione, sistemi "small-modular", digestione aerobica, digestione anaerobica e carbonizzazione.

## Gassificazione

Attualmente, in materia di biomasse, la cosiddetta "**gassificazione**", che è un processo termochimico, viene considerata una delle tecnologie più valide e promettenti ai fini della produzione di energia elettrica sia per quanto riguarda l'efficienza, sia per quanto riguarda l'impatto ambientale. Ogni impianto si suddivide in tre sezioni, dove avvengono altrettante fasi del processo produttivo: gassificazione, turbina a gas e ciclo termico. Durante la gassificazione, la biomassa ancora umida viene immessa in un essiccatore che fa evaporare l'acqua in eccesso. Una volta essiccata, la biomassa passa nel gassificatore dove viene trasformata in un gas sintetico composto da azoto molecolare (N<sub>2</sub>), vapore (H<sub>2</sub>O), monossido di carbonio (CO), anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), idrogeno molecolare (H<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e una piccola frazione di idrocarburi più pesanti. Successivamente il gas sintetico viene raffreddato, filtrato per eliminare le polveri e purificato da contaminanti (acido cianidrico, ammoniaca e acido cloridrico) e composti organici (fenoli e acidi grassi). Dopo essere stato compresso, esso è pronto per alimentare la turbina a gas dove verrà bruciato per riscaldare l'aria da inviare al ciclo termico. In quest'ultima sezione dell'impianto, una caldaia recupera il calore contenuto nell'aria proveniente dalla turbina a gas e produce vapore per una seconda turbina, questa volta "a vapore". Infine, quest'ultima alimenta un generatore di corrente elettrica.

## Cofing

Al fine di ottimizzare gli impianti a carbone, è possibile utilizzare la biomassa come combustibile complementare al carbone. Questa soluzione è sicuramente una delle più economiche fra le opzioni energetiche offerte dalle fonti rinnovabili. Il **cofiring** consiste nella sostituzione di una porzione di carbone con biomassa da utilizzare nella stessa caldaia dell'impianto preesistente. Ciò può essere fatto miscelando la biomassa con carbone prima che il combustibile venga introdotto nella caldaia o utilizzando alimentazioni separate per il carbone e la biomassa. In base al tipo di caldaia e al sistema di alimentazione impiegato, la biomassa può sostituire fino al 15% del carbone in questa operazione di *cofiring*.

## Pirolisi

La pirolisi è un processo di decomposizione termochimica di materiali organici ottenuto mediante l'applicazione di calore, a temperature comprese tra 400 e 800 gradi centigradi, in completa assenza di un agente ossidante, oppure con una ridottissima quantità di ossigeno (in questo ultimo caso il processo può essere descritto come una parziale gassificazione). I prodotti della pirolisi sono sia gassosi, sia liquidi, sia solidi, in proporzioni che dipendono dai metodi di

pirolisi (pirolisi veloce, lenta, o convenzionale) e dai parametri di reazione. Uno dei maggiori problemi legati alla produzione di energia basata sui prodotti della pirolisi è la qualità di detti prodotti, che non ha ancora raggiunto un livello sufficientemente adeguato con riferimento alle applicazioni, sia con turbine a gas sia con motori diesel. In prospettiva, anche con riferimento alle taglie degli impianti, i cicli combinati ad olio pirolitico appaiono i più promettenti, soprattutto in impianti di grande taglia, mentre motori a ciclo diesel, utilizzando prodotti di pirolisi, sembrano più adatti ad impianti di piccola potenzialità. La combustione diretta viene generalmente attuata in apparecchiature (**caldaie**) in cui avviene anche lo scambio di calore tra i gas di combustione ed i fluidi di processo (acqua, ecc.).

## Combustione

La combustione di prodotti e residui agricoli si attua con buoni rendimenti, se si utilizzano come combustibili sostanze ricche di glucidi strutturati (cellulosa e lignina) e con contenuti di acqua inferiori al 35%. I prodotti utilizzabili a tale scopo sono i seguenti: legname in tutte le sue forme, paglie di cereali, residui di raccolta di legumi secchi, residui di piante oleaginose (ricino, catramo, ecc.), residui di piante da fibra tessile (cotone, canapa, ecc.), residui legnosi di potatura di piante da frutto e di piante forestali, residui dell'industria agro – alimentare.

### Sistemi "small-modular"

Tali sistemi potrebbero potenzialmente soddisfare il fabbisogno energetico di oltre 2,5 miliardi di persone che sono sprovviste di energia elettrica. Tale potenzialità deriva dal fatto che la maggioranza di queste persone vive in aree dove sono disponibili grandi quantità di biomassa utilizzabile come combustibile. Uno *small system* con capacità di circa 5 megawatt potrebbe rappresentare un'ottima soluzione a livello di villaggio. Gli *small system* hanno un potenziale mercato anche nei Paesi industrializzati, in quanto potrebbero essere utilizzati come fornitura energetica complementare all'ordinaria rete elettrica. Rispetto ai sistemi a combustibile fossile, essi rappresentano una alternativa più accettabile dal punto di vista ambientale.

## Carbonizzazione

La carbonizzazione è un processo di tipo termochimico che consente la trasformazione delle molecole strutturate dei prodotti legnosi e celluloseici in carbone (carbone di legna o carbone vegetale), ottenuta mediante l'eliminazione dell'acqua e delle sostanze volatili dalla materia vegetale, per azione del calore nelle **carbonaie** (catasta di legna a forma di cono, coperta di terra, con un canale centrale di sfogo (**camino**), nella quale si provoca una combustione lenta del legno per trasformarlo in carbone), all'aperto, o in **storte** (contenitori a forma di fiasco dal collo lungo e ritorto), che offrono una maggior resa in carbone.

## Digestione anaerobica

La **digestione anaerobica** è un processo di conversione di tipo biochimico che avviene in **assenza di ossigeno** e consiste nella demolizione, ad opera di microrganismi, di sostanze organiche complesse (lipidi, protidi, glucidi) contenute nei vegetali e nei sottoprodotti di origine animale, che produce un gas (**biogas**) costituito per il 50-70% da metano e per la restante parte soprattutto da CO<sub>2</sub> ed avente un potere calorifico medio dell'ordine di 23.000 kilojoule al metro cubo. Il biogas così prodotto viene raccolto, essiccato, compresso ed immagazzinato e può essere utilizzato come combustibile per alimentare caldaie a gas per produrre calore (magari accoppiate a turbine per la produzione di energia elettrica), o centrali a ciclo combinato, o motori a combustione interna (adattati allo scopo a partire da motori navali a basso numero di giri). Al termine del processo di fermentazione nell'effluente si conservano integri i principali elementi nutritivi (azoto, fosforo, potassio), già presenti nella materia prima, favorendo così la mineralizzazione dell'azoto organico; l'effluente risulta in tal modo un ottimo fertilizzante. Gli impianti a digestione anaerobica possono essere alimentati mediante residui ad alto contenuto di umidità, quali le deiezioni animali, i reflui civili, i rifiuti alimentari e la frazione organica dei rifiuti solidi urbani. Tuttavia, anche in discariche opportunamente attrezzate per la raccolta del biogas sviluppato, solo il 40% circa del gas generato può essere raccolto, mentre la rimanente parte viene dispersa in atmosfera: poiché il metano, di cui è in gran parte costituito il biogas, è un gas serra con un effetto circa venti volte superiore a quello della CO<sub>2</sub>, le emissioni

in atmosfera di biogas non sono desiderabili; quando invece la decomposizione dei rifiuti organici è ottenuta mediante digestione anaerobica nei digestori (chiusi) degli appositi impianti, quasi tutto il gas prodotto viene raccolto ed usato come combustibile. Il recupero del biogas dalle discariche è un sistema adottato soprattutto in via sperimentale in vari paesi (l'Inghilterra ha sviluppato un efficiente sistema di recupero di biogas da discariche, sia per usi termici sia elettrici). In Svezia, poi, esistono distributori di biogas per rifornire le vetture con impianto a metano.

## Digestione aerobica

Consiste nella metabolizzazione delle sostanze organiche per opera di microrganismi, il cui sviluppo è condizionato dalla presenza di ossigeno. Questi batteri convertono sostanze complesse in altre più semplici, liberando CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O e producendo un elevato riscaldamento del substrato, proporzionale alla loro attività metabolica. Il calore prodotto può essere così trasferito all'esterno, mediante scambiatori di calore a fluido. In Europa viene utilizzato il processo di digestione aerobica per il trattamento delle acque di scarico. Più recentemente tale tecnologia si è diffusa anche in Canada e Stati Uniti.

## Impianti a biomassa

### Il teleriscaldamento

Un sistema di teleriscaldamento si compone di una rete di trasporto e di una centrale di produzione del calore, messi entrambi al servizio contemporaneamente di più edifici. La centrale di teleriscaldamento può utilizzare tecnologie cogenerative e/o fonti rinnovabili.

#### *Gli impianti*

Il calore che viene distribuito con i sistemi di teleriscaldamento urbano deriva da impianti a **produzione semplice** (solo calore) e a **produzione combinata** (calore + energia elettrica). Alla prima tipologia di impianti appartengono le caldaie per produzione di calore in forma di vapore, acqua calda, acqua surriscaldata, olio. Gli impianti a produzione combinata, invece, sono gli impianti di **cogenerazione** che nella pratica attuale possono essere alimentati da un ciclo a vapore con motori a combustione interna, con turbine a gas, a ciclo combinato. La rete di distribuzione è la parte più costosa dell'impianto di teleriscaldamento: si stima che il suo costo possa incidere sull'investimento complessivo per una quota compresa tra il 50% e l'80%. Il sistema di distribuzione può utilizzare diversi tipi di fluidi: la tendenza in Italia è quella di utilizzare acqua calda (80-90 gradi centigradi) o leggermente surriscaldata (110-120 gradi centigradi).

#### *La distribuzione del calore*

Il sistema di distribuzione può essere diretto o indiretto. Nel primo caso, un unico circuito idraulico collega la centrale di produzione con il corpo scaldante (termosifone o piastra) dell'utente. Viceversa, nel secondo caso, sono presenti due circuiti separati, mantenuti in contatto attraverso uno scambiatore di calore. Il sistema diretto comporta un minore investimento e minori perdite di calore.

### Una soluzione ottimale

Tra gli utilizzi innovativi del gas naturale un ruolo di primo piano spetta alla cogenerazione, ovvero la **produzione combinata di energia elettrica e calore**. La cogenerazione è l'uso combinato di un'energia primaria, come il gas naturale, per produrre in sequenza il calore e l'elettricità. Il concetto è basato sul recupero e sull'uso dei residui di calore prodotti durante la generazione di elettricità che nelle altre centrali elettriche sarebbero perse, con conseguente riduzione dell'efficienza rispetto alla cogenerazione.

Ad esempio, un motore alimentato a metano produce elettricità e i fumi di scarico sono poi impiegati come fonte termica, ad esempio per riscaldare l'acqua. Vengono così prodotte in modo combinato energia elettrica ed energia termica che, se invece venissero prodotte da processi di produzione separati, richiederebbero quantità ben maggiori di energia primaria. Si tratta quindi di un processo che ottimizza l'impiego delle risorse energetiche con notevoli benefici economici

e ambientali.

Il gas naturale è il combustibile economicamente preferibile nelle applicazioni di cogenerazione industriale e commerciale, soprattutto a causa dei costi fissi e di gestione più bassi e perché è il combustibile fossile più pulito.

Una varietà di tecnologie di cogenerazione del gas naturale sono attualmente in uso, compreso le piccole unità preimballate che comprendono tutti i componenti necessari per un sistema di cogenerazione. Questi sistemi sono disponibili nei formati che variano da 2,2 chilowatt a diverse centinaia di megawatt. In questi casi si parla di microgenerazione, intendendo la produzione contemporanea e localizzata di energia termica e di energia elettrica.

Grazie allo sviluppo tecnologico di nuove e più efficienti turbine e macchine alimentate a gas naturale, la cogenerazione, un tempo sfruttata solo nella grande industria, sta oggi diffondendosi anche nella piccola e media industria e nel terziario. In particolare, i sistemi di cogenerazione rappresentano una soluzione efficace per ridurre i costi di energia elettrica e di riscaldamento nell'industria cartiera, farmaceutica, alimentare, tessile, nella raffinazione del petrolio, ed in alcune industrie petrolchimiche, così come negli ospedali, nelle università, negli hotel, nei centri di calcolo e nei centri commerciali.

## Limiti e vantaggi delle biomasse

L'uso delle biomasse come combustibili è vantaggioso per diversi motivi. Innanzitutto non incrementa la quantità globale di anidride carbonica presente nell'atmosfera. Il processo di combustione delle biomasse, infatti, libera tanta CO<sub>2</sub> quanta le piante ne assorbono nell'intero corso della loro vita.

Inoltre, l'utilizzo di biomasse quali residui forestali, agricoli e delle lavorazioni del legno, contribuisce a tenere puliti boschi e terreni e crea nuovi posti di lavoro. Ha quindi un positivo riflesso sull'occupazione che, soprattutto nelle zone rurali, si somma a una minore "dipendenza energetica" dai paesi produttori di combustibili fossili. Altri vantaggi consistono nella sua abbondanza, nella facilità di estrazione energetica, nel basso tenore di zolfo con la conseguenza di non contribuire alle piogge acide, nel fatto che il suo fine ciclo costituisce potenziale fertilizzante.

Le svariate tecnologie per ottenere energia da biomasse sono molto interessanti anche per il fatto che ottenere energia da questa fonte significa sfruttare materie prime che ora sono oggetto di inquinamento (discariche, fosse biologiche, boschi e terreni incolti e/o abbandonati ecc.); inoltre favorirebbe la convenienza a rimboschire a rotazione quelle superfici ora spoglie a tutto vantaggio della resistenza idrogeologica alle frane, il presidio e l'attività forestale permette inoltre una minor facilità dell'opera dei piromani.

Non si deve dimenticare, però, che anche lo sfruttamento delle biomasse ha un suo impatto ambientale. In alcuni casi l'uso della legna come combustibile, se non avviene seguendo un principio di sostenibilità (ovvero preoccupandosi di ricostituire il patrimonio di alberi tagliati), può portare alla progressiva deforestazione, processo attualmente in atto in alcune aree povere di risorse energetiche alternative.

Attualmente gran parte dell'energia fornita dalle biomasse deriva dalla legna da ardere. Vi sono alcuni paesi del terzo mondo, soprattutto africani, dove più del 70% del fabbisogno energetico è coperto dalla combustione della legna, una risorsa che, a causa dell'eccessivo sfruttamento, in certe zone non può essere considerata rinnovabile.

Inoltre, la coltivazione intensiva di alcune piante finalizzata alla successiva produzione di energia (le cosiddette colture energetiche), oltre a richiedere ampie porzioni di territorio per ottenere quantità di combustibili significative (terreni che vengono sottratti all'attività agricola per produzione alimentare), può comportare l'utilizzo di fertilizzanti ed altre sostanze inquinanti del suolo e delle acque.

## Biocombustibili

### Produzione di biofuel

Il termine **biofuel** potrebbe riferirsi anche ai combustibili usati per la produzione di energia elettrica, ma in genere si riferisce ai combustibili liquidi impiegati nei mezzi di trasporto. I più comuni biofuel sono senza dubbio il **bioetanolo** sintetizzato dai carboidrati e il **biodiesel** (un estere) ottenuto da grassi e oli. Nonostante l'etanolo ottenuto dagli amidi e dagli zuccheri stia fornendo un buon contributo sotto il profilo energetico ed ambientale, in seguito verrà

esaminato l'etanolo prodotto da biomassa cellulosica come piante erbacee e legnose, residui agricoli e forestali e da grandi quantità di scarti urbani e industriali. Infatti, mentre gli amidi e gli zuccheri costituiscono un modesto quantitativo di materiale derivante dalle piante, la cellulosa e l'emicellulosa, che sono polimeri delle molecole dello zucchero, rappresentano la maggior parte della biomassa. I benefici legati ai biofuels derivano dal fatto di avere un impatto ambientale più contenuto rispetto ai derivati del petrolio e di usare materiali di scarto che solitamente non vengono utilizzati. Infine saranno brevemente analizzati altri due biofuel, il metanolo e i composti della benzina corretti.

## Bioetanolo

L'etanolo risulta un prodotto utilizzabile anche nei motori a combustione interna come riconosciuto fin dall'inizio della storia automobilistica. Se, però, l'iniziale ampia disponibilità ed il basso costo degli idrocarburi avevano impedito di affermare in modo molto rapido l'uso di essi come combustibili, dopo lo shock petrolifero del 1973 sono stati studiati numerosi altri prodotti per sostituire il carburante delle automobili (benzina e gasolio); oggi, tra questi prodotti alternativi, quello che mostra il miglior compromesso tra prezzo, disponibilità e prestazioni è proprio l'etanolo. La sintesi dell'etanolo da biomassa è articolata in quattro stadi:

- produzione della biomassa fissando la CO<sub>2</sub> atmosferica in carbonio organico
- conversione della biomassa in un'alimentazione utilizzabile per la fermentazione (di solito sotto forma di qualche zucchero) applicando uno dei molti processi tecnologici disponibili: tale conversione costituisce lo stadio che differenzia le varie soluzioni tecnologiche nella sintesi del bioetanolo
- fermentazione degli intermedi della biomassa usando **biocatalizzatori** (microrganismi come lievito e batteri) per ottenere etanolo in una soluzione poco concentrata: tale stadio può essere considerato come la più antica forma di biotecnologia sviluppata dall'uomo
- processando il prodotto della fermentazione si ottiene etanolo combustibile e sottoprodotti utilizzabili nella produzione di altri combustibili, composti chimici, calore ed energia elettrica

Questi ultimi processi, pur essendo tra loro diversi, prevedono come ultimo stadio di sintesi la fermentazione. La fermentazione alcolica è un processo che opera la trasformazione dei glucidi contenuti nelle produzioni vegetali in etanolo.

## Biodiesel

Gli oli vegetali, i grassi animali e i grassi da cucina riciclati possono essere trasformati in biodiesel usando una serie di tecnologie per realizzare in condizioni operative di bassa temperatura e pressione le reazioni chimiche che portano alla formazione di composti chiamati **esteri**. Gli esteri sono liquidi o solidi, solubili in solventi organici e hanno un odore gradevole. Questi sono poi trasformati in biodiesel e glicerina. La glicerina è un prodotto secondario, che può essere usato nella produzione di creme per le mani, pasta dentifricia e lubrificanti. Il biodiesel è utilizzabile direttamente poiché non richiede alcun tipo d'intervento sulla produzione dei sistemi che lo utilizzano (motori e bruciatori); esso è utilizzato nell'autotrazione (motori diesel) sia puro che miscelato con il normale gasolio e nel riscaldamento. L'uso del biodiesel diminuisce la dipendenza energetica dai combustibili fossili, riduce le emissioni dei gas serra e i rischi della salute dovuti all'inquinamento atmosferico; non è tossico ed è biodegradabile in 30 giorni. Il diesel mescolato al biodiesel triplica la sua biodegradabilità. Il biodiesel contiene tracce di zolfo, che rientrano tuttavia nei parametri previsti dall'*EPA (Environmental Protection Agency)* del 2006. E' sicuro da maneggiare e da trasportare; può essere stoccato negli stessi serbatoi del diesel e pompato con gli usuali mezzi tranne che nelle giornate fredde, durante le quali bisogna usare riscaldatori dei serbatoi o agitatori; è completamente miscibile col diesel e ciò lo rende un additivo molto flessibile. Il biodiesel, essendo un prodotto ossigenato, migliora il completamento della combustione, e la riduzione di emissioni inquinanti è proporzionale alla sua concentrazione nelle miscele. Uno svantaggio del biodiesel è l'**emissione di NO<sub>x</sub>**: la ricerca sta



concentrando gli sforzi per mitigare il problema. Le prestazioni dei motori che utilizzano biodiesel puro, però, diminuiscono dell'8-15% rispetto al diesel tradizionale, a causa dei diversi contenuti energetici. Per risolvere i problemi sopra citati si usa una miscela di diesel e biodiesel al 20%. Una miscela di biodiesel, etanolo (fino al 15% in volume) e un additivo (per aiutare le due sostanze a mescolarsi) è chiamata **e-diesel**. La miscela si prepara con un mescolamento a spruzzo, un processo che non richiede apparecchiature particolari e controllo della temperatura. L'e-diesel riduce molto le emissioni di particolati dovuti al diesel tradizionale.

## Bioproduct

Qualunque composto sintetizzabile dai combustibili fossili può essere ugualmente prodotto dalla biomassa. Questi bioproducti (**bioproduct**) sono realizzati pertanto da fonti energetiche rinnovabili e di solito la loro produzione necessita di quantitativi energetici inferiori rispetto ai loro omologhi basati sul petrolio. I ricercatori hanno accertato che i processi utilizzati per produrre biofuel, possono essere combinati per ottenere antigelo, materie plastiche, colla, dolcificanti artificiali e pasta dentifricia. Altri reagenti per ottenere bioproduct sono il monossido di carbonio e l'idrogeno. Essi si formano in abbondanza nel riscaldamento della biomassa con la presenza di ossigeno. Questa miscela monossido di carbonio - idrogeno è nota come **gas di biosintesi**, da cui sono sintetizzati materie plastiche e acidi indispensabili nella produzione di pellicole fotografiche, fibre tessili e sintetiche. Quando la biomassa è riscaldata in assenza di ossigeno si forma l'**olio di pirolisi**, da cui è estraibile il **fenolo**, intermedio usato nella produzione di adesivi per il legno, stampi di plastica e schiuma isolante.

## Metanolo

Noto anche come **alcol del legno**, il metanolo è prodotto di solito dal gas naturale, ma può essere altresì sintetizzato dalla biomassa. Il processo più diffuso è la gassificazione della biomassa, che consiste nel vaporizzare la biomassa ad alta temperatura, rimuovere le impurità dal gas caldo e farlo passare su un catalizzatore, che provvede alla sua conversione in metanolo. I composti della benzina corretti e prodotti dalla biomassa fungono da additivi dei carburanti per ridurre le emissioni inquinanti.

## Il dilemma delle biomasse

Oggi vi è grande interesse verso l'utilizzo delle biomasse per la produzione di biocombustibili, che possono essere usati insieme ai combustibili fossili o possono addirittura sostituirli. Vi sono però alcuni aspetti che vanno considerati e che rendono discutibile il loro impiego su vasta scala:

- Per produrre biocombustibili è necessaria una grande quantità di energia, che viene impiegata per la produzione dei fertilizzanti, per arare il terreno, per raccogliere e trasportare le biomasse, per trasformarle nei prodotti finiti e così via. Questa energia deriva normalmente dai combustibili fossili: molti studiosi hanno calcolato che l'energia immessa per la produzione di alcuni biocombustibili sia superiore a quella che si ricava dal loro utilizzo.
- L'utilizzo di combustibili fossili per fornire l'energia necessaria alla coltivazione e produzione di biocombustibili comporta emissioni di anidride carbonica. Spesso l'utilizzo dei biocombustibili fa aumentare, anziché ridurre, le emissioni di CO<sub>2</sub>: ciò è dovuto non solo a quanto detto prima, ma anche al disboscamento delle foreste per far spazio alle coltivazioni energetiche, come sta accadendo in Sud America.
- Per ottenere grandi quantità di biocombustibili sono necessarie vaste estensioni di terreno ed enormi quantità di acqua per l'irrigazione.
- La coltivazione estensiva a scopi energetici può portare alla distruzione di preziosi ecosistemi necessari per mantenere l'equilibrio della biosfera, come le foreste pluviali.

- In un mondo in cui centinaia di milioni di persone soffrono la fame, è moralmente discutibile coltivare prodotti per “alimentare” i mezzi di trasporto di altri esseri umani.