

# PIANO ENERGETICO E AMBIENTALE DEL COMUNE DI PERUGIA

## III FASE - PIANO DEFINITIVO

### SCHEDA TECNICA A6)

### SVILUPPO DI FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI: BIOMASSE

#### STATO DELL'ARTE

##### Generalità

Con il termine "biomasse" si intendono sostanze di origine biologica in forma non fossile quali:

- materiali e residui di origine agricola e forestale;
- prodotti secondari e scarti dell'industria agro-alimentare;
- reflui di origine zootecnica;
- alghe e molte specie vegetali che vengono espressamente coltivate per essere destinate alla conversione energetica;
- vegetali utilizzati per la depurazione di liquami organici.

Tramite il processo di fotosintesi clorofilliana, i vegetali utilizzano l'apporto energetico dell'irraggiamento solare per convertire l'anidride carbonica atmosferica e l'acqua nelle complesse molecole di cui sono costituiti.

Le biomasse si possono considerare risorse primarie rinnovabili e quindi inesauribili nel tempo, purché vengano impiegate ad un ritmo complessivamente non superiore alle capacità di rinnovamento biologico.

Tra le varie tecnologie di conversione energetica delle biomasse alcune possono considerarsi giunte ad un livello di sviluppo tale da consentirne l'utilizzazione su scala industriale, altre necessitano invece di ulteriore sperimentazione al fine di aumentare i rendimenti e ridurre i costi di conversione energetica.

La *digestione anaerobica* è un processo di conversione di tipo biochimico, che avviene in assenza di ossigeno, consistente nella demolizione, ad opera di micro-organismi, 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 23000 kJ/Nm<sup>3</sup>. Il biogas così prodotto viene raccolto, essiccato, compresso ed immagazzinato e può essere utilizzato come combustibile per alimentare lo stesso processo di bioconversione, ovvero veicoli a gas o caldaie a gas per produrre calore e/o energia elettrica.

Al termine del processo di fermentazione si conservano integri nell'effluente 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 deiezioni animali, reflui civili, rifiuti alimentari e frazione organica dei rifiuti solidi urbani. Tuttavia, anche in discariche opportunamente attrezzate per la raccolta del biogas sviluppato, solo il 30÷40% 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, tutto il gas prodotto viene raccolto per essere usato come combustibile.

La *fermentazione alcolica* è un processo, di tipo micro-aerofilo, di trasformazione dei glucidi contenuti nelle produzioni vegetali in etanolo. L'etanolo risulta un prodotto utilizzabile anche nei motori a combustione interna (dual fuel), come riconosciuto fin dall'inizio della storia automobilistica. Se, però, l'iniziale ampia disponibilità ed il basso costo degli idrocarburi hanno contribuito ad 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 sia il carburante delle auto che il gasolio per i motori diesel; oggi, tra questi prodotti alternativi, quello che mostra il miglior compromesso tra prezzo, disponibilità e prestazioni è proprio l'etanolo, o più probabilmente il suo derivato ETBE (EtilTertioButilEtere), ottenuto combinando un idrocarburo petrolifero (l'isobutene) e l'etanolo.

La *digestione aerobica* consiste nella metabolizzazione delle sostanze organiche per opera di micro-organismi, 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 a fluido. In Europa viene utilizzato il processo di digestione aerobica termofila autoriscaldata (Autoheated Thermophilic Aerobic Digestion) per il trattamento delle acque di scarico. Più recentemente tale tecnologia si è diffusa anche in

## (segue stato dell'arte)

Canada e Stati Uniti. La *carbonizzazione* è un processo di tipo termochimico che consente la trasformazione delle molecole strutturate dei prodotti legnosi e cellulósici 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, all'aperto, o in storte, che offrono una maggior resa in carbone.

Il processo di *gassificazione* consiste nell'ossidazione incompleta di una sostanza in ambiente ad elevata temperatura ( $900\div 1.000^{\circ}\text{C}$ ) per la produzione di un gas combustibile (detto gas di gasogeno) di basso potere calorifico inferiore, variabile tra i  $4000\text{ kJ/Nm}^3$ , nel caso più diffuso dei gassificatori ad aria ed i  $14000\text{ kJ/Nm}^3$ , nel caso dei gassificatori ad ossigeno. Valori intermedi ( $10000\text{ kJ/Nm}^3$ ) si ottengono nel caso di gassificatori a vapor d'acqua. I problemi connessi a questa tecnologia, ancora in fase di sperimentazione, si incontrano a valle del processo di gassificazione e sono legati principalmente al suo basso potere calorifico ed alle impurità presenti nel gas (polveri, catrami e metalli pesanti). L'utilizzazione del gas di gasogeno quale vettore energetico pone alcune limitazioni legate essenzialmente ai problemi connessi con il suo immagazzinamento e trasporto, causa il basso contenuto energetico per unità di volume. Ciò fa sì che risulti eccessivamente costoso il trasporto su lunghe distanze. Tali inconvenienti possono essere superati, trasformando il gas in alcool metilico ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), che può essere agevolmente utilizzato per l'azionamento di motori. Il *metanolo*, caratterizzato da un potere calorifico inferiore dell'ordine di  $21000\text{ kJ/kg}$ , può essere successivamente raffinato per ottenere benzina sintetica, con potere calorifico analogo a quello delle benzine tradizionali. La *pirolisi* è un processo di decomposizione termochimica di materiali organici, ottenuto mediante l'applicazione di calore, a temperature comprese tra  $400$  e  $800^{\circ}\text{C}$ , in completa assenza di un agente ossidante, oppure con una ridottissima quantità di ossigeno (in quest'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, olio diatermico, ecc.). 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: legname; paglie di cereali; residui di raccolta di legumi secchi, di piante oleaginose (ricino, catramo, ecc.) e di piante da fibra tessile (cotone, canapa, ecc.); residui legnosi di potatura di piante da frutto e di piante forestali; residui delle industrie agrarie; ecc. . Le caldaie a letto fluido rappresentano la tecnologia più sofisticata e dispendiosa che sta ricevendo, però, notevoli attenzioni in quanto permette il conseguimento di numerosi vantaggi quali la riduzione degli inquinanti e l'elevato rendimento di combustione. Gli *oli vegetali* possono essere estratti da piante oleaginose quali soia, colza, girasole, ecc. Caratteristica comune di tutte le oleaginose è quella di essere ricche di materie proteiche le quali, dopo l'estrazione dell'olio, sono impiegate nell'alimentazione animale sotto forma di pannelli. Le principali piante che si trovano in Europa sono la colza e il girasole (i principali Paesi produttori europei sono, per la colza, la Germania, la Francia, la Gran Bretagna e la Danimarca; per il girasole, la Francia, la Spagna e l'Italia); la coltivazione della soia, invece, si trova principalmente in America (Stati Uniti, Brasile e Argentina). Gli oli possono essere utilizzati come combustibili nello stato in cui vengono estratti oppure dopo esterificazione, ed il loro utilizzo ha destato ormai da tempo un notevole interesse, sia per la disponibilità di tecnologie semplici di trasformazione ed utilizzazione, sia perché consentono bilanci energetici accettabili.

## Produzione

In realtà le biomasse non sono illimitate quantitativamente, ma per ogni specie vegetale utilizzata la disponibilità trova un tetto nella superficie ad essa destinata, nonché in vincoli climatici ed ambientali che tendono a limitare in ogni regione le specie che possono crescere convenientemente ed economicamente.

L'impiego a fini energetici delle biomasse può essere vantaggioso quando queste si presentano concentrate nello spazio e disponibili con sufficiente continuità nell'arco dell'anno, mentre una eccessiva dispersione sul territorio ed una troppo concentrata stagionalità dei raccolti rendono più difficili ed onerosi la raccolta, il trasporto e lo stoccaggio. Allo stato attuale le biomasse utilizzate per scopi energetici in Italia provengono dal comparto agricolo, agro-industriale.

Nel nostro paese, nel corso del 2009, la potenza efficiente lorda degli impianti a biomasse è aumentata del 29,8% rispetto all'anno precedente e a fine anno risultavano installati impianti per una potenza totale di circa 2 GW; più del 60% del totale è costituito da impianti alimentati da biomasse solide e da rifiuti urbani, il resto, in percentuale più o meno uguale da impianti a biogas e da biocombustibili liquidi [1]

In Umbria, sempre a fine 2009, erano installati 12 impianti per una potenza complessiva di 27,7 MW [1].

## **(segue stato dell'arte)**

### **Costi**

Il costo unitario della potenza installata per impianti a biomasse è fortemente variabile a seconda del combustibile impiegato, del tipo di impianto realizzato e dell'uso finale dell'energia. Nel caso di produzione di energia elettrica, si può considerare un investimento iniziale variabile tra i 2000 e i 4000 Euro/kWe installato, a seconda della tecnologia impiegata, mentre nel caso di impiego per uso riscaldamento, il costo risulta esser ancor più fortemente variabile in funzione della tipologia di impianto.

I costi di produzione dell'impianto (€/unità di energia prodotta) sono nella maggior parte dei casi fortemente dipendenti dal costo del combustibile (dal 30% al 80%), viceversa è in genere meno rilevante il costo di esercizio (dal 10% al 30%). Per quanto riguarda il costo dell'investimento, questo ha un peso, nella definizione del costo totale, più o meno rilevante a seconda dei casi (dal 10% al 70%) [2].

### **Legislazione**

Il Decreto Ronchi n. 401/99 istituisce fondi di aiuto per l'impiego a fini energetici di produzioni agricole ed un suo approfondimento classifica le biomasse residuali come combustibili rinnovabili e non più come rifiuti.

Il Programma Nazionale Biocombustibili (PROBIO) promuove iniziative di tipo pilota e l'analisi e diffusione dei risultati; ad esso si affianca la Delibera CIPE n. 137/98 che prevede la predisposizione di un Piano Nazionale di Valorizzazione delle Biomasse Agro-Forestali (PNVBAF).

## **PROSPETTIVE DI SVILUPPO**

### **Produzione**

Una intensa attività di studio e sperimentazione è in atto, allo scopo di individuare le colture che si adattano maggiormente alle diverse condizioni climatiche e che sono in grado di produrre quantitativi elevati di sostanza secca, nonché di studiare le tecniche di raccolta, trasporto e stoccaggio ottimali. Oltre alle foreste esistenti, si potrebbero ottenere nuove superfici boschive convenzionali, sfruttando una parte del territorio non destinato all'agricoltura perché troppo poco produttivo. Inoltre, potrebbero essere piantati boschi cedui e colture erbacee a precipuo uso energetico, riconvertendo parte dei terreni lasciati attualmente incolti nel rispetto delle direttive comunitarie emanate con riferimento al problema delle eccedenze agricole. Entro il 2010, in Italia, si prevede di avere 2300 MW elettrici prodotti da impianti alimentati a biomasse [3], con l'Umbria che ha come obiettivo l'installazione di 50 MWe [2].

### **Incentivi**

L'applicazione più interessante per la termovalorizzazione delle biomasse è senz'altro costituita dagli impianti di cogenerazione; la realizzazione di un impianto alimentato da biomasse per la produzione di energia elettrica, accompagnato dal recupero del calore prodotto, gode di tutti gli incentivi destinati agli impianti di cogenerazione. Inoltre, la Regione Umbria (B.U.R. n. 12 del 19/03/2003) aveva previsto contributi a fondo perduto destinati a soggetti privati, pari al 30% delle spese ammissibili per la realizzazione di impianti per la produzione e distribuzione di calore alimentati da biomasse.

## **RISVOLTI ENERGETICI, AMBIENTALI E SOCIO-ECONOMICI**

### **Tempo di ritorno dell'investimento**

Si può ipotizzare un funzionamento medio degli impianti di cogenerazione a biomassa pari a 4000 ore/anno, ovvero una produzione di 4 MWh/kWe installato [5], con un rendimento elettrico del 35% e un rendimento termico del 40%. Considerando la tariffa di vendita del calore equivalente alla combustione di metano ( $PCI = 9,6 \text{ kWh/m}^3$ ) a 0,50 euro/ $\text{m}^3$  [4] su una caldaia convenzionale con rendimento del 75%, si ottiene un ricavo annuo di 278 euro/kWe installato a cui va ad aggiungersi il ricavo dell'energia elettrica prodotta (72,00 euro/MWh) che ammonta a 288 euro/kWe; le entrate complessive ammontano dunque a 566,00 euro/kWe. Ipotizzando un valore medio dell'investimento pari a 1800 euro/kWe [3], i costi di produzione annui, comprensivi di gestione, manutenzione (3% dell'investimento) ed acquisto della biomassa (prezzo di acquisto e di stoccaggio pari a 0,14 euro/kg,  $PCI = 4,30 \text{ kWh/kg}$  [5]) sono pari a  $(54,00 + 372,09) = 426$  euro/kWe. Con tali dati, si ottiene un tempo di ritorno (payback time ovvero rapporto tra investimento e resa annua) di circa 13 anni. Per ciò che concerne le soluzioni con stufe e termocamini per riscaldamento domestico e caldaie di taglia adeguata per la produzione centralizzata di calore, i tempi di ritorno si abbassano a 8 anni [6].

### **Impatto ambientale locale**

L'impiego energetico delle biomasse presenta una indiscutibile rilevanza ambientale: oltre agli effetti positivi sul contenimento dell'anidride carbonica in atmosfera, la loro utilizzazione rappresenta spesso una buona soluzione a problemi di eliminazione di rifiuti, specialmente se solidi.

### **(segue risvolti energetici, ambientali e socio-economici)**

Molte utilizzazioni, ai limiti della praticabilità se considerate esclusivamente sotto l'aspetto della resa energetica, possono così risultare interessanti o convenienti, se si considera anche il valore ambientale dell'intervento. Inoltre la possibilità di recuperare vaste aree marginali, oggi in stato di abbandono e di degrado, per lo sviluppo di colture destinate alla produzione di biomasse porterebbe ad innegabili vantaggi di tipo socio-economico. Le biomasse sono neutre per quanto attiene l'effetto serra poiché l'anidride carbonica prodotta durante la combustione viene riassorbita dalle piante stesse mediante il processo della fotosintesi clorofilliana. Il basso contenuto di zolfo e di altri inquinanti fa sì che, quando utilizzate in sostituzione di carbone e olio combustibile, le biomasse contribuiscano ad alleviare il fenomeno delle piogge acide. Per ciò che concerne l'impatto visivo, acustico ed elettromagnetico, valgono tutte le prescrizioni caratteristiche delle centrali termoelettriche tradizionali; è da sottolineare che la cogenerazione con grandi centrali accoppiata con il teleriscaldamento di aree urbane, seppure ideale per le biomasse, risulta di complessa realizzazione dal momento che tali soluzioni impiantistiche hanno un basso livello di accettabilità, sia per l'opinione pubblica che per oggettivi motivi di sicurezza, pertanto sono generalmente localizzate lontano dai centri urbani, rendendo più complicato l'allacciamento alle utenze termiche.

#### **Occupazione**

Si prevede la creazione di 9 posti di lavoro per ogni MWe installato; tale dato si traduce in circa 5 posti / Meuro investito [2].

## **ATTUABILITÀ NEL TERRITORIO COMUNALE**

Le tecnologie usate per lo sfruttamento delle biomasse si possono distinguere in:

1. stufe e termocamini per riscaldamento domestico;
2. caldaie di taglia adeguata per la produzione centralizzata di calore;
3. impianti per la produzione combinata di energia termica ed elettrica con relativa rete di teleriscaldamento.

Nel territorio comunale, l'uso della biomassa per impianti di sola produzione di calore è già avviato e non si presentano particolari limiti alla maturazione di tale soluzione (specialmente in ambito domestico), dal momento che l'approvvigionamento può avvenire anche da zone esterne al Comune di Perugia. Nel territorio comunale sono già attivi impianti di cogenerazione per lo sfruttamento del biogas: in corrispondenza della discarica di Pietramelina è attiva una centrale di potenzialità pari a 1 MW. La UMBRA ACQUE ricava e utilizza il biogas dagli impianti di depurazione di Genna (1.300 MWh/anno), Ponte Vallecceppi (300 MWh/anno), San Sisto (320 MWh/anno).

I dati regionali indicano la potenzialità di sfruttamento delle biomasse in cogenerazione pari a 50 MW elettrici; parallelamente l'utilizzo ai fini della produzione di solo calore può essere realizzata attraverso l'installazione di 100 MW termici. Tali valori, in rapporto alle superfici Comune/Regione (450/8500), si traducono nella possibilità per il Comune di realizzare impianti di cogenerazione a biomassa per 2,5 MW elettrici e di installare stufe e caldaie per complessivi 5,3 MW termici. Poiché per gli impianti di cogenerazione la produzione di energia unitaria annua è di circa 4 MWhe/kWe installato contemporaneamente a 4,5 MWht/kWe installato, la produzione di energia potrebbe essere circa pari a 10.000 MWh elettrici e 11.250 MWh termici all'anno; a tale dato va aggiunto il contributo relativo all'energia termica prodotta nelle stufe e caldaie (4 MWht/kWt) che risulta pari a 21.200 MWht; complessivamente si possono produrre 42.450 MWh all'anno.

Per ciò che concerne la produzione di energia elettrica in impianti di cogenerazione a biomassa, lo sviluppo può avvenire soprattutto nella realizzazione di impianti collegati a piccole reti di teleriscaldamento a servizio di utenze pubbliche quali ospedali, scuole, impianti sportivi, uffici pubblici, oltre che con sistemi di microcogenerazione.

Nel territorio comunale, se da un lato appaiono di difficile realizzazione reti di teleriscaldamento per il centro storico e le prime periferie, a causa dell'orografia accidentata e della forte antropizzazione, dall'altro sono proponibili applicazioni per le zone industriali ed artigianali e per le nuove lottizzazioni in aree pressoché pianeggianti e possibilmente vicine alle zone di captazione delle biomasse.

L'Amministrazione Comunale è intenzionata ad incentivare l'uso domestico dei generatori di calore a biomassa; potenzialmente, nel territorio del Comune di Perugia. Dall'andamento negli anni 2005-2009 dei consumi di legna da ardere per riscaldamento ed uso domestico riportato nel Capitolo 2 del PEAC [7], si può utilizzare una retta di regressione lineare per ottenere i consumi stimati al 2020 (fig. 1).

## (segue attuabilità nel territorio comunale)

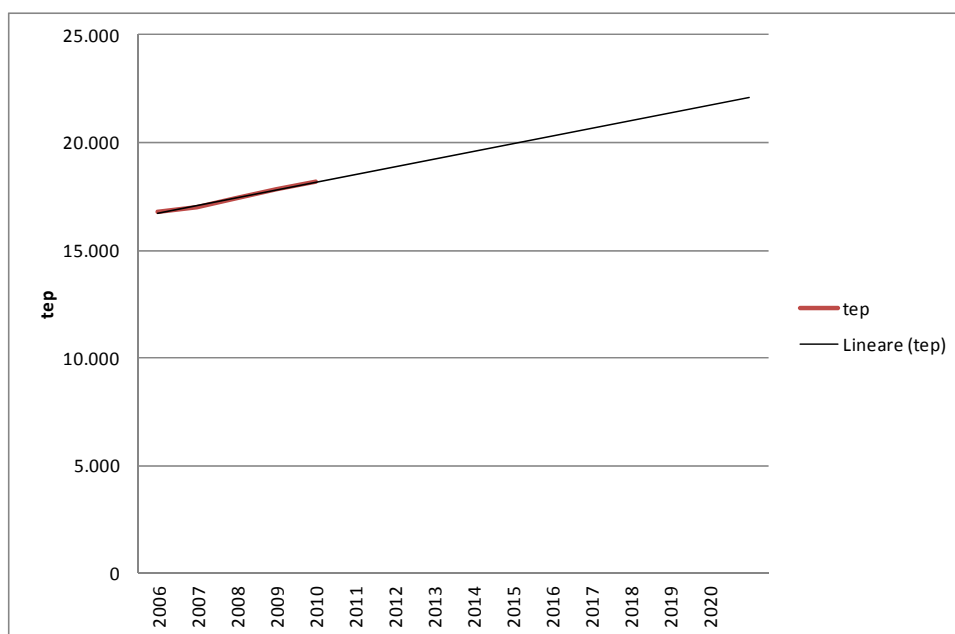


Fig. 1: previsioni per l'andamento futuro dei consumi per la legna da ardere.

Il dato fornisce un valore pari a 22.121 tep, ossia 256.603 MWh/anno, con un incremento rispetto al 2010 di circa 41.900 MWh. Ipotizzando un rendimento dei camini a focolare aperto pari al 25% [8], per ogni kWh di legna utilizzata si evitano le emissioni di un generatore costruito con tecnologie all'avanguardia, pari a circa  $186 \times 0,25 = 46,5 \text{ gCO}_{2\text{eq}}$ .

## NOTE

Si vedano anche le schede A5, B8 e B9.

### Riferimenti

- [1]. GSE, Rapporto statistico sulle biomasse – 2009;
- [2]. Rapporto ERSE ( ENEA – RICERCA SUL SISTEMA ELETTRICO) *“Analisi dei costi di produzione degli impianti termoelettrici alimentati a biomassa”*, Febbraio 2010;
- [2] ISRIM: "Studio di piano energetico regionale per l'Umbria", settembre 2000;
- [3] Governo italiano: "Libro bianco per la valorizzazione energetica delle fonti rinnovabili", aprile 1999.
- [4] Provincia Di Torino: "Programma Energetico Provinciale".
- [5] M. Fiala, W. Mebane, G. Riva: Energia da biomasse", La Termotecnica, dicembre 1994;
- [6] ISES Italia: "Il sole a trecentosessantagradi, settembre 2003" (sito internet: [www.ilsolea360gradi.it](http://www.ilsolea360gradi.it));
- [7] Piano Energetico-Ambientale del Comune di Perugia 2012.