

## **UTILIZZO ENERGETICO DELLA BIOMASSA**

**Aprile 2001**



**Directorate General  
for Energy and Transport**

# ASTER

Agenzia per lo Sviluppo  
Tecnologico dell'Emilia-Romagna

Rappresenta il luogo di incontro promosso dalla Regione Emilia Romagna tra i diversi soggetti che operano nel sistema regionale della Ricerca e dell'Innovazione, con particolare riferimento alle esigenze delle Piccole e Medie Imprese.

Due i principali obiettivi di ASTER:

- lo sviluppo dell'innovazione, del trasferimento tecnologico e delle strumentazioni di sostegno per le imprese, come elementi di competitività dell'intero sistema regionale;
- lo sviluppo del sistema e delle strutture della ricerca, della conoscenza e del trasferimento tecnologico, per migliorarne il rapporto con le imprese dando vita a una rete del trasferimento tecnologico in Emilia Romagna.

## CESEN

Costituita nel 1977, CESEN opera nei settori energia, industria, infrastrutture, acqua, trasporto e risorse naturali, all'interno dei quali fornisce servizi di consulenza, quali studi di fattibilità, di pre-investimento, sviluppo e gestione di progetti, assistenza tecnica, training. Lo staff permanente della società include qualificati esperti nelle discipline tecniche ed economiche e si avvale della collaborazione di specialisti esterni provenienti da organismi italiani e stranieri quali Università, Centri di Ricerca, società pubbliche e private.

CESEN opera sia a livello internazionale (per conto di Commissione Europea, BERS, Banca Mondiale, ecc.) sia a livello nazionale (per conto di Ministeri, Amministrazioni Regionali e Locali, Enti di Ricerca, Agenzie Governative ed Imprese Industriali).



L'Agenzia per l'Alta Tecnologia - CESVIT S.p.A. è presente sul territorio toscano dal 1986, con lo scopo di migliorare ed accelerare i processi di diffusione dell'innovazione e di trasferimento dei risultati della ricerca verso l'industria locale ed in particolare verso le piccole e medie imprese, attraverso l'informazione e la promozione di accordi di cooperazione di ricerca e di trasferimento tecnologico a livello locale ed europeo.

I servizi dell'Agenzia comprendono servizi tecnologici avanzati, progetti di innovazione e di ricerca, azioni di informazione, formazione e trasferimento di tecnologie, finanziamenti alla ricerca, promozione, progetti speciali.

-----  
*ASTER S.cons. a r.l., CESEN S.p.A. e CESVIT S.p.A. intendono valersi dei diritti stabiliti dalla Legge sulla proprietà letteraria, ma auspicano la massima diffusione dei risultati contenuti nel testo.*

*Per questo motivo si autorizza la diffusione e il riutilizzo dei dati riportati nel presente documento, sia totalmente che parzialmente, in qualsiasi forma, fatto salvo l'obbligo di citare sempre per esteso la fonte ASTER, CESEN, CESVIT e Commissione Europea DG TREN – Programma Energie – Progetto OPET”.*

*ASTER S.cons. a r.l., CESEN S.p.A. e CESVIT S.p.A. non assumono alcuna responsabilità per eventuali errori, omissioni o sostituzioni dei dati riportati nel Volume.*



## Indice

INDICE	1
RINGRAZIAMENTI	3
1. INTRODUZIONE	4
2. CONSIDERAZIONI GENERALI SUL POTENZIALE DELLE BIOMASSE	5
2.1 Premessa	5
2.2 Colture energetiche	6
2.3 Attuale utilizzazione delle biomasse in Italia	6
2.4 Prospettive delle biomasse nel contesto delle Fonti Rinnovabili	11
3. PRINCIPALI FORME DI CONVERSIONE ENERGETICA DELLE BIOMASSE	15
Processi termochimici	15
Processi biochimici	15
3.1. Processi biochimici	17
3.1.1. La digestione anaerobica	17
3.2. Processi termochimici	18
3.2.1. Combustione diretta	18
3.2.2. Pirolisi e gassificazione	19
3.3. Biocombustibili	20
3.4. Esempio di sfruttamento dei residui derivati da biomassa: pellets	21
4. CARATTERISTICHE DELLE TECNOLOGIE CHE UTILIZZANO BIOMASSE A FINI ENERGETICI	23
4.1. Tecnologie per la combustione	23
4.2. Tecnologie per la gassificazione	25
4.3. Caratteristiche generali degli impianti per pirolisi	26
5. ASPETTI AMBIENTALI E NORMATIVI	28
5.1. Principali sviluppi normativi	28
5.2. Vincoli ambientali	29
5.3. Aspetti ambientali derivanti dall'utilizzo delle biomasse	34



5.4. Valutazione impatto ambientale tramite LCA (Life Cycle Assessment)	35
6. UTILIZZO DI BIOMASSE IN ALCUNE REGIONI ITALIANE	43
6.1. Emilia Romagna	43
6.2. Liguria	49
6.3. Toscana	53
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	57



## Ringraziamenti

Si ringrazia per la disponibilità dimostrata e per avere fornito informazioni e materiali utili alla realizzazione del presente documento:

- ITABIA Italian Biomass Association
- Servizio Energia della Regione Emilia Romagna
- Assessorato Agricoltura Ambiente e Sviluppo Sostenibile della Regione Emilia Romagna
- Servizio Energia del Dipartimento Tutela dell'Ambiente ed Edilizia della Regione Liguria
- Servizio Energia della Regione Marche
- Servizio Energia della Regione Toscana
- Agenzia per il Risparmio Energetico di Ancona
- LEGNO.DOC snc
- ARSIA Agenzia Regionale per lo sviluppo e l'innovazione Agricolo-forestale
- CRPA Centro Ricerche Produzioni Animali di Reggio Emilia
- Francesco Durante Schiavone
- Fabio Signorini, laureando in Scienze Forestale presso l'Università di Firenze



## 1. Introduzione

Con il termine biomassa si designa ogni sostanza organica di origine vegetale o animale, da cui sia possibile ottenere energia, attraverso processi di tipo termochimico o biochimico.

Dette sostanze sono disponibili come prodotti diretti o residui del settore agricolo-forestale, come sottoprodotti o scarti dell'industria agro-alimentare, e come scarti della catena della distribuzione e dei consumi finali.

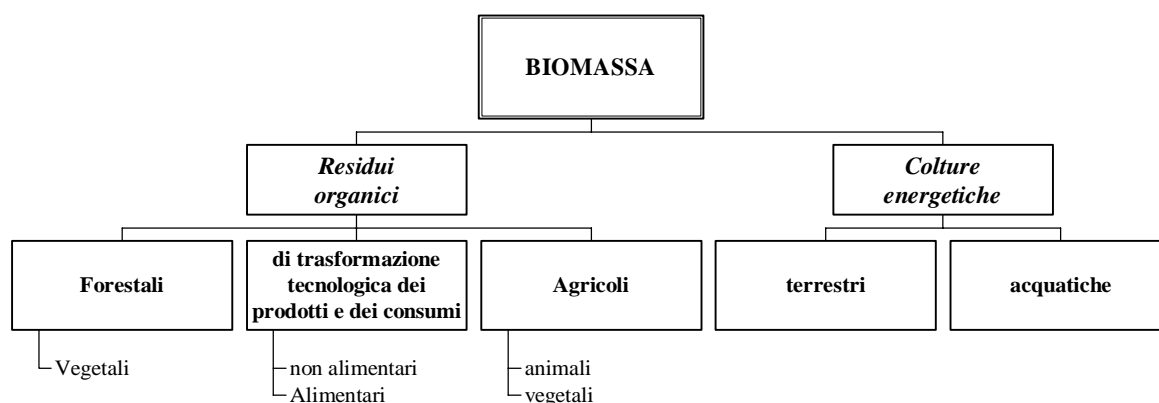
Prima di procedere è opportuno precisare che la conversione è solo uno degli aspetti di un problema più vasto, che investe, da un lato, la realtà presente o l'eventuale futuro ordinamento nel quale le biomasse si producono, e, dall'altro, le possibili utilizzazioni delle energie producibili. Con questo si evidenzia un circuito:

*produzione – raccolta – conversione – utilizzazione*

che va studiato in un contesto ottimale, e che presuppone iniziative ed interventi coordinati di largo respiro, in cui siano coinvolti il pubblico potere ed il mondo imprenditoriale.

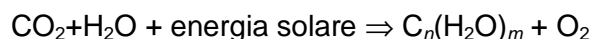
La figura riporta una schematizzazione dei vari tipi di biomasse.

Schema sintetico dei vari tipi di biomassa



Particolare interesse presentano le colture energetiche che presuppongono la selezione delle specie più adatte per essere utilizzate, a turni brevissimi (circa cinque anni), per produzione energetica esclusiva, al fine di massimizzare la resa energetica e minimizzare il ciclo produttivo.

La fotosintesi è il processo biologico mediante il quale le piante e le alghe trasformano la luce solare, l'acqua e l'anidride carbonica in carboidrati ed ossigeno, secondo la reazione:



Ciò si svolge con un meccanismo complesso e che coinvolge un grande numero di differenti proteine e pigmenti.

Solo la parte visibile dello spettro solare (circa il 45% del totale) interviene nella fotosintesi; un ulteriore 20% dell'energia si perde per fenomeni di riflessione o cattivo assorbimento dovuto alla densità del fogliame.



## 2. Considerazioni generali sul potenziale delle biomasse

### 2.1 Premessa

Lo sfruttamento delle biomasse, come contributo al soddisfacimento dei fabbisogni di energia sempre crescenti, presenta interessanti prospettive in tutto il mondo.

Purtroppo una piccola frazione dell'energia solare è fissata dalle specie vegetali, a causa della bassa efficienza del processo fotosintetico.

Un ulteriore ed importante fattore limitativo all'espansione dell'uso energetico delle biomasse è dato dalla necessità di garantire una sufficiente produzione di alimenti e di materiali industriali.

Mentre l'impiego di residui e di scarti dipende unicamente da valutazioni economiche (anche in comparazione con usi alternativi), il ricorso su larga scala a "colture energetiche" presuppone importanti decisioni di politica agricola e forestale. Conseguentemente il ruolo delle biomasse avrà caratteristiche ed incidenze diverse nei vari paesi, e nelle varie aree geografiche.

Come accennato, l'impiego energetico delle biomasse è strettamente legato da un lato alla disponibilità per molti versi stagionale e dall'altro all'alto costo di raccolta e trasporto. Infatti, mentre la domanda di energia è in genere distribuita durante tutto l'anno, la disponibilità di alcune tipologie di biomasse è concentrata in alcuni periodi dell'anno. Questo implica investimenti per lo stoccaggio e conservazione della sostanza organica.

Un'altra necessità degli impianti di trasformazione energetica di sottoprodotti agricoli è rappresentata dalla superficie territoriale di riferimento per la materia prima che deve essere sufficientemente estesa in modo da soddisfare i fabbisogni dell'impianto. Questo implica che il territorio da cui si attinge la materia prima presenti caratteristiche di produzione concentrate, al fine di contenere i costi di raccolta e trasporto all'impianto.

Quando si parla di impiego energetico delle biomasse occorre, anzitutto, definire la quota parte destinabile a questo uso, rispetto ad altri possibili, sempre nel quadro della competitività dei combustibili prodotti, e della disponibilità commerciale delle tecnologie di conversione.

Il ricorso alle biomasse per usi energetici è considerato economico quando siano soddisfatte le seguenti condizioni:

- non esistano altri impieghi più remunerativi,
- i prodotti della conversione siano economicamente competitivi, rispetto ad analoghi prodotti ottenibili da altre materie.

Infine è opportuno ricordare che con il termine biomassa si fa riferimento ad un insieme di sostanze originate con produzioni differenti. Infatti tale casistica comprende i residui delle produzioni agricole e della zootecnia (fanghi e deiezioni animali), gli scarti di alcune tipologie di industria (agro-alimentare, del legno, ecc.), residui o sottoprodotti del settore forestale e rifiuti solidi urbani.



## 2.2 Colture energetiche

Le colture energetiche sono coltivazioni specializzate per la produzione di biomassa ad uso energetico e possono riguardare sia specie legnose sia erbacee. Le coltivazioni energetiche erbacee a loro volta possono essere annuali, come il girasole, la colza, il sorgo da fibra, il kenaf oppure perenni, come la canna comune ed il miscanto.

Le coltivazioni energetiche legnose sono costituite da specie legnose selezionate per l'elevata resa in biomassa e per la capacità di ricrescita dopo il taglio; i boschi cedui tradizionali e le siepi alberate ne costituiscono un esempio.

Per quanto riguarda le caratteristiche qualitative della biomassa, si distinguono colture oleaginose (ad es. girasole, colza), alcooligene (sorgo zuccherino, barbabietola da zucchero, cereali), lignocellulosiche.

Particolare interesse presentano le colture energetiche che presuppongono la selezione delle specie più adatte per essere utilizzate, a turni brevissimi (circa cinque anni), per produzione energetica esclusiva (Short Rotation Forestry, SRF).

Il problema della convenienza ad introdurre "colture energetiche" in determinate aree è piuttosto complesso e può essere riferito ad ipotesi come:

- superficie minima di 12.000 ha
- produzione superiore a 17 ÷ 25 t per ha
- coltivazione intensiva che può presupporre l'uso di fertilizzanti.

Anche nel caso di colture energetiche, la convenienza economica a produrre combustibili liquidi e gassosi dipende da accurate valutazioni dell'efficienza globale del sistema produzione-utilizzazione.

Occorre, infatti, determinare e conteggiare le perdite energetiche dei singoli passaggi: coltivazione, raccolta, trasporto, conversione/combustione.

## 2.3 Attuale utilizzazione delle biomasse in Italia

Complessivamente l'energia primaria equivalente prodotta da fonti rinnovabili in Italia è stimata nel 1999 di poco superiore ai 18 Mtep, con un incremento negli anni novanta inferiore al 10%. Se si considerano solo le fonti rinnovabili non tradizionali (escludendo l'idroelettrico, la geotermia e la legna da ardere), l'incremento risulta invece superiore al 50%.

La produzione imputabile allo sfruttamento di risorse derivanti da biomasse in senso generale nel 1999 è stimata essere poco meno del 40%.

Se si considerano solo le rinnovabili non tradizionali, le biomasse rappresentano comunque il 90% circa, con una grossa incidenza della legna e derivati (60%).



### Energia primaria equivalente prodotta da fonti rinnovabili (ktep)

	1993	1996	1999*
IDROELETTRICA (1)	9.114	9.248	9.979
EOLICA	1	7	89
SOLARE	8	10	13
GEOTERMIA	1020	1041	1182
RIFIUTI	215	134	382
LEGNA ED ASSIMILATI (2)	6.424	6.463	6.504
BIOCOMBUSTIBILI	0	45	80
BIOGAS	4	59	167
<b>TOTALE</b>	<b>16.786</b>	<b>17.007</b>	<b>18.396</b>

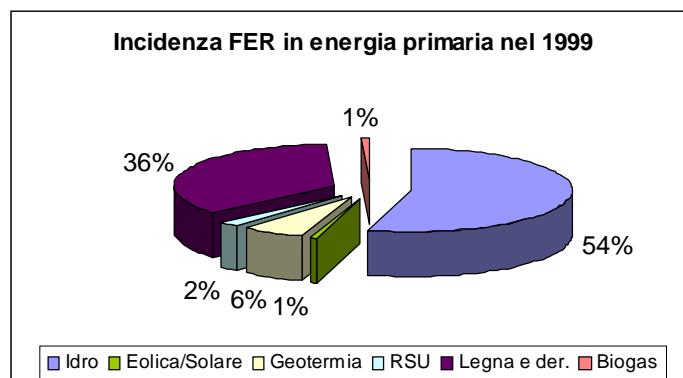
Di cui non tradizionali (3)	1235	1301	1818
-----------------------------	------	------	------

FONTE: La situazione energetico-ambientale del Paese - Rapporto 2000 - Enea  
\* Stime

1 - Solo elettricità da apporti naturali valutata a 2200 kcal/kWh

2 - Include risultato indagine ENEA sul consumo di legna da ardere nelle abitazioni

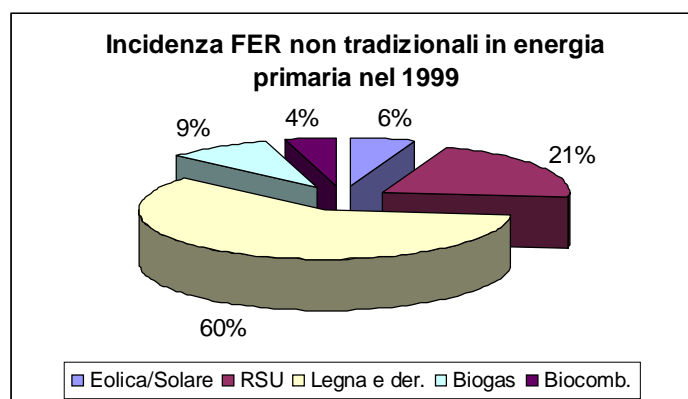
3 - Eolico, solare, rifiuti, legna (esclusa la legna da ardere), biocombustibili, biogas



Prendendo in considerazione l'utilizzo delle fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica emerge un'incidenza sulla produzione complessiva italiana intorno al 20% nel periodo considerato, con una crescita per le FER nel loro complesso del 7,5% nel quinquennio 1994-1999.

Tale crescita si differenzia per ciascuna fonte evidenziando la performance migliore per l'eolico anche se l'incidenza della stessa nel 1999 è comunque ancora inferiore all'1%, seguito da biogas e legna.

L'idroelettrico ha presentato la crescita più contenuta (1.6%) legata al fatto che tale risorsa è caratterizzata da un alto grado di utilizzazione del potenziale, dimostrato anche dal fatto che presenta un'incidenza superiore all'87%.



### Produzione di energia elettrica per fonte rinnovabile (GWh)

	1993	1996	1999
IDROELETTRICA	41.426	42.035	45.358
EOLICA	5	32.7	402.5
FOTOV.	2.0	5.0	6.3
GEOTERMIA	3.667	3.762	4.403
RIFIUTI	210	240	653
LEGNA E ASSIM.	26	157	587
BIOGAS	12,5	207	583
<b>TOTALE FER</b>	<b>45.349</b>	<b>46.439</b>	<b>51.992</b>
TOTALE FER NON TRAD.	256	642	2.231
<b>PROD. LORDA COMPLESSIVA</b>	<b>222.788</b>	<b>244.424</b>	<b>265.657</b>

*FONTE: La situazione energetico-ambientale del Paese - Rapporto 2000 - Enea*

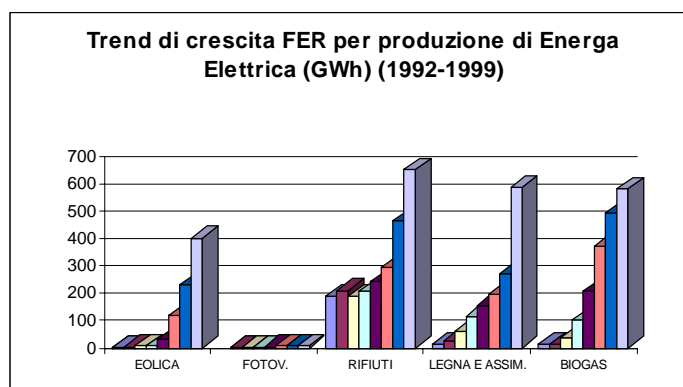
Se all'idroelettrico si aggiunge la produzione geotermoelettrica si raggiunge una quota superiore del 96% circa, mettendo in luce come le FER non tradizionali contribuiscono alla produzione complessiva in Italia con valori ancora modesti.

Nella produzione di calore l'utilizzo delle FER è stimato per il 1999 di poco superiore a 6,6 Mtep. Come si può notare l'incidenza della biomassa legnosa rappresenta la quasi totalità, mentre è ancora sottoutilizzata la potenzialità offerta dal solare.

### Energia primaria equivalente per produzione di calore con fonti rinnovabili (ktep)

	1993	1996	1999
SOLARE	6	7	9
GEOTERMIA	213	213	213
RIFIUTI	26	10	16
LEGNA ED ASSIMILATI	6.382	6.399	6.414
<b>TOTALE</b>	<b>6.627</b>	<b>6.629</b>	<b>6.652</b>

*Fonte: La situazione energetico-ambientale del Paese - Rapporto 2000 - Enea*



Considerando solo la biomassa legnosa emerge l'alta incidenza dell'utilizzo della legna da ardere valutata intorno al 5,4 Mtep. Quest'ultimo valore è frutto di un'indagine statistica sulle famiglie italiane promosso di recente dall'Enea, non evidenziato dalle statistiche ufficiali.

Tale utilizzo rappresenta l'83% circa del consumo totale di legna e derivati seguito dai residui di lavorazione utilizzati in impianti industriali per la produzione di calore (15% circa). Seppure nel complesso presentino ancora una bassa incidenza, l'utilizzo della biomassa negli impianti di teleriscaldamento (localizzati attualmente soprattutto nelle aree del nord Italia) e cogenerazione, nel quinquennio 1994-1999 essi hanno dimostrato un trend di crescita decisamente positivo che lascia presupporre una tipologia impiantistica di sicuro interesse per l'utilizzo della risorsa forestale in particolare.

Tale tipologia impiantistica, a differenza di analoghi impianti a combustibili tradizionali, è generalmente modesta (intorno agli 8 MWt e in alcuni casi piccoli impianti da qualche centinaio di kW).

Nella regione Alto Adige sono presenti le più significative realizzazioni, con gli impianti di dimensione più consistente e le tecnologie che sfruttano al meglio i residui prodotti dalle numerose segherie presenti nella zona.

#### **Consumo di energia da legna ed assimilati per tipo di applicazione (Ktep)**

	1993	1996	1999
Legna da ardere (stima da indagine campionaria ENEA - CIRM )	5417	5417	5417
Legna ed assimilati in impianti per teleriscaldamento	0	8	10
Legna ed assimilati in aziende per produzione di calore	946	946	946
Legna ed assimilati in impianti per generazione di elettricità (e calore) collegati alla rete elettrica	62	92	131
<b>Totale</b>	<b>6424</b>	<b>6463</b>	<b>6504</b>

*Fonte: La situazione energetico-ambientale del Paese - Rapporto 2000 - Enea*

Il calore recuperato da impianti di trattamento dei rifiuti ha contribuito nel 1999 con circa 15 Ktep e, nonostante le perplessità dimostrate dalle comunità locali sull'accettabilità di questa tipologia impiantistica, nel quinquennio 1994-1999 è stata raddoppiata la quantità di calore prodotta.

Come è noto gli anni novanta sono stati caratterizzati, per quanto riguarda gli incentivi alle FER ed assimilate, dalle leggi n. 9 e n. 10 del 1991 che hanno creato le premesse per il CIP 6/92. Degli oltre 8.000 MW proposti ed ammessi nell'ambito degli incentivi previsti, nel 1998 se ne stimavano ultimati intorno al 40%.

In base alle richieste presentate, circa 1200 MW elettrici fanno riferimento a biomasse e rifiuti nelle prime 6 graduatorie previste, ed altrettanti sarebbero previsti nelle successive tre graduatorie sospese. Di questi poco più della metà si basano sull'utilizzo di rifiuti e la restante parte da biomasse con diversi mix.

### **Potenza elettrica impianti delle graduatorie CIP 6/92 (Mwe)**

Fonte di energia	Graduatorie		
	1-6	7-9	Totale
Biogas	89,8	27,9	117,7
Biomasse	424,5	289,4	713,9
RSU	355,2	216,1	571,3
RDF	39,3	25,3	64,6
RSI	11,5	0,0	11,5
RIF (rifiuto diverso da RSU)	104,6	107,0	211,6
Biomasse/Biogas	5,0	0,0	5,0
Biomasse/RDF	14,3	0,0	14,3
Biomasse/RSU	24,3	82,0	106,3
Biomasse/RIF	0,0	50,0	50,0
Biomasse/RDF/RSU	19,6	20,0	39,6
Biomasse/RDF/RIF	0,0	100,0	100,0
Biomasse/RSU/RIF	0,0	91,0	91,0
RSU/RIF	3,9	34,4	38,3
RSU/RDF	108,4	40,0	148,4
RDF/RIF	0,0	45,0	45,0
RSU/RDF/RIF	0,0	90,0	90,0
<b>Totale biomasse e rifiuti</b>	<b>1200,4</b>	<b>1218,1</b>	<b>2418,5</b>
Idroelettrico	700,8	555,2	1256,0
Eolico	703,1	1494,1	2197,2
Eolico-fotovoltaico	12,6	5,2	17,8
Altri	209,8	84,4	294,2
<b>TOTALE</b>	<b>2826,7</b>	<b>3357,0</b>	<b>6183,7</b>

*Nota: sono esclusi gli impianti di potenza inferiore ad 1 MW elettrico*

*Fonte: Programma Nazionale Energia Rinnovabile da Biomasse, MIPAF*

## 2.4 Prospettive delle biomasse nel contesto delle Fonti Rinnovabili

La politica attuale in materia energetica, sia nazionale che comunitaria, si presenta complessivamente favorevole alle fonti rinnovabili. La loro promozione infatti è una priorità sia a livello di politica comunitaria che nazionale, legata soprattutto agli impegni in materia ambientale e alla sicurezza negli approvvigionamenti che sono fra i principali obiettivi delle politiche energetiche attuali.

Nel Libro Bianco “Una politica energetica per l’Unione Europea” la Commissione si è impegnata a raddoppiare il contributo fornito dalle energie rinnovabili dall’attuale 6 al 12% al 2010. Tale incremento, se attuato, comporterebbe da solo una riduzione di 230-360 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> che rappresenta un valore superiore all’8% stabilito dal Protocollo di Kyoto.

Sulla base degli impegni sottoscritti nel protocollo di Kyoto, l’Italia ha sancito, con la delibera del CIPE 137 del 19 novembre 1998, le linee guida per le politiche e le misure di riduzione delle emissioni dei gas serra.

### Obiettivi di riduzione

Azioni	Mt CO2 2002	Mt CO2 2006	Mt CO2 2008- 2012
Aumento di efficienza del parco elettrico	-4/5	-10/12	-20/23
Riduzione dei consumi energetici nel settore dei trasporti	-4/6	-9/11	-18/21
Produzione di energia da fonti rinnovabili	-4/5	-7/9	-18/20
Riduzione dei consumi energetici nei settori industriale/abitativo/terziario	-6/7	-12/14	-24/29
Riduzione delle emissioni nei settori non energetici	-2	-7/9	-15/19
Assorbimento delle emissioni di CO2 dalle foreste	-	-	-(0,7)
<b>TOTALE</b>	<b>-20/25</b>	<b>-45/55</b>	<b>-95/112</b>

Fonte: deliberazione CIPE 19 Novembre 1998

In questo ambito si richiama:

- La realizzazione di un libro bianco nazionale per la valorizzazione energetica delle fonti rinnovabili, che recuperando i dati di base e le possibili opportunità tracciate nel libro verde, indichi, per ciascuna fonte rinnovabile, gli obiettivi da perseguire. Questo documento frutto della collaborazione fra l’Enea e vari organi ministeriali è stato approvato dal CIPE il 6 agosto 1999.
- L’attuazione di un “Programma nazionale di valorizzazione delle biomasse agricole e forestali” (PNVBAF) che detti criteri finalizzati, tra le altre cose, alla produzione di energia termica e/o elettrica da biomasse; all’impiego di energia da biomasse nei settori dei trasporti e del riscaldamento; alle coltivazioni destinate parzialmente o totalmente alla produzione di energia.
- L’elaborazione di provvedimenti legislativi in materia finanziaria volti alla creazione di fondi per attività di promozione, di ricerca, di sviluppo.



Sulla base di questo scenario favorevole alle fonti rinnovabili sono state fatte previsioni/obiettivi al 2010 sia per l'Italia e l'Europa che per il mondo.

Per quanto riguarda la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili è prevista/auspicata una crescita dei MW installati in Italia in modo da triplicare nel prossimo quindicennio gli attuali 3.000 MW.

In questo contesto assumono un ruolo significativo soprattutto l'eolico e la biomassa, mentre sarà più contenuto lo sviluppo del mini-idroelettrico e della geotermia, legati soprattutto alla disponibilità della risorsa.

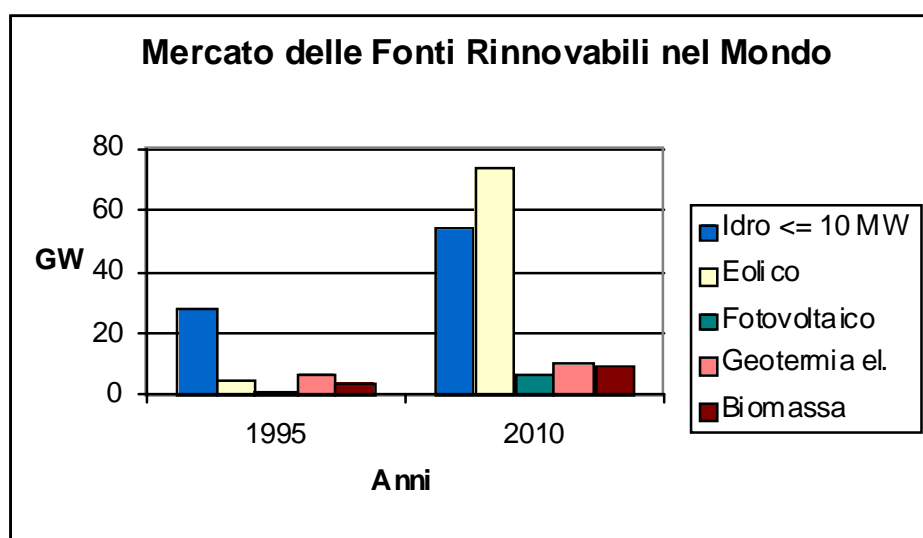
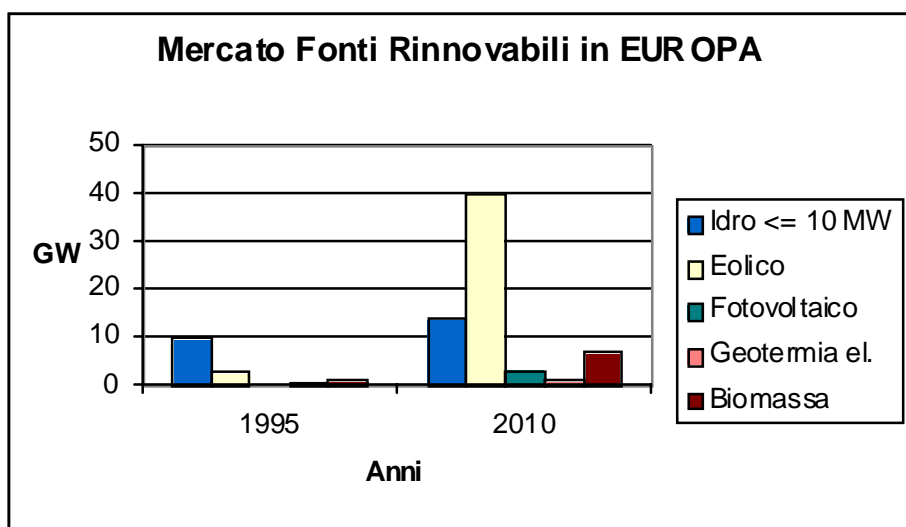
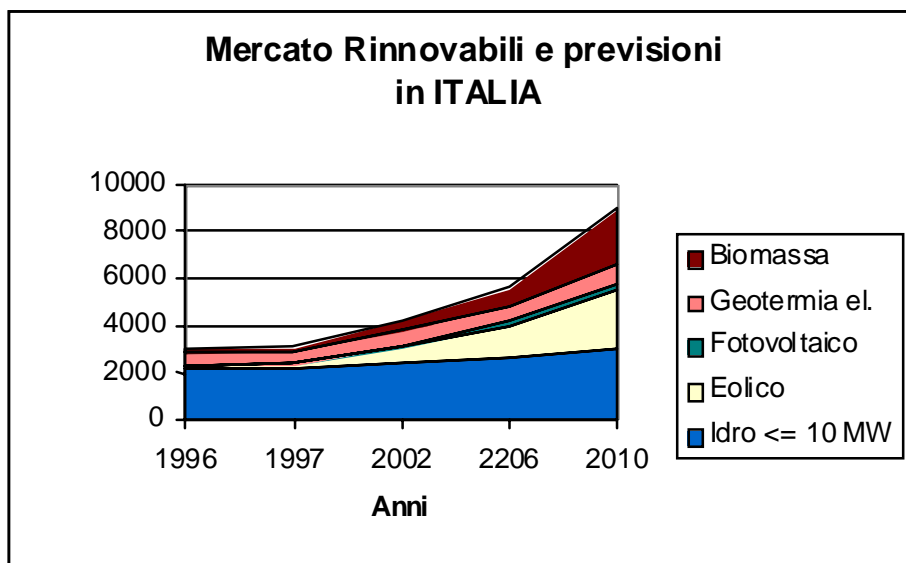
Situazione analoga presenta lo scenario a livello europeo, mentre a livello mondiale le risorse dell'idroelettrico sono considerate ancora in fase di sviluppo.

### Situazione di mercato delle rinnovabili e previsioni al 2010 (Potenza installata)

Tecnologia	<i>Italia (MWe)</i>				
	1996	1997	2002	2206	2010
Idro <= 10 MW	2159	2187	2400	2600	3000
Eolico	69,7	119	700	1400	2500
Fotovoltaico	15,8	16	25	100	300
Geotermia el.	512	559	650	700	800
Biomassa	171,9	192	380	800	2300

### Situazione di mercato delle rinnovabili e previsioni al 2010 (Potenza installata)

Tecnologia	<i>EU (GW)</i>		<i>Mondo (GW)</i>	
	1995	2010	1995	2010
Idro <= 10 MW	9,5	14	27,9	54,9
Eolico	2,5	40	4,8	73,7
Fotovoltaico	0,03	3	0,37	6
Geotermia el.	0,5	1	6,9	10,3
Biomassa	0,7	7	4	9





In relazione alle biomasse, il costo del kWh prodotto attualmente è stimato fra le 140-180 Lit/kWh. In particolare la materia prima (residui) presenta costi bassi se utilizzata sul posto di produzione, altrimenti occorre considerare il costo della logistica di raccolta, trasporto ed immagazzinamento. Impianti per la produzione di elettricità con turbina a vapore, della potenza fino ad una decina di MW elettrici costano intorno ai 3-5 milioni a kW<sub>e</sub>.

AL 2010 viene stimata una potenza installata pari a 2.500 MW<sub>e</sub> per impianti che usano legno e residui legnosi, biogas di discariche, fanghi e deiezioni animali.

Occorre tenere presente che nel breve termine solo gli usi termici risultano essere concorrenziali sul mercato dell'energia.

A livello dell'Unione Europea a fronte dei 22,5 TWh prodotti nel 1995 si prevede un potenziale livello di produzione pari a 230 TWh.

Dal punto di vista tecnico, l'elevato costo di investimento degli impianti e la loro bassa efficienza di conversione, unitamente alla opportunità di avere impianti molto versatili, pluricombustibili, costituiscono ulteriori ostacoli alla diffusione di questa fonte rinnovabile.

Il raggiungimento delle previsioni esposte in precedenza è fortemente legato, pertanto, ad iniziative di sostegno pubblico in quanto lo sviluppo delle fonti rinnovabili è limitato da fattori di vincolo o barriere collegate sia alla tecnologia che alla normativa più in generale.

L'Unione Europea appoggia da oltre un decennio la ricerca e lo sviluppo nel campo delle fonti rinnovabili nell'ambito dei programmi quadro di ricerca e sviluppo tecnologico.

Il V programma quadro di ricerca e sviluppo tecnologico, adottato dal Consiglio dell'UE, comprende tutti gli interventi dell'UE nel settore della ricerca per il periodo 1998-2002.

Circa 10.843 milioni di Euro di finanziamenti sono finalizzati a 4 programmi tematici comprendenti ciascuno azioni principali, attività generiche e un sostegno per le infrastrutture di ricerca.

Programmi tematici:

• <i>Qualità della vita</i>	2.413 milioni di euro	(22%)
• <i>Società dell'informazione</i>	3.600 milioni di euro	(33%)
• <i>Crescita competitiva e sostenibile</i>	2.705 milioni di euro	(25%)
• <b><i>Energia, ambiente e sviluppo sostenibile</i></b>	<b>2.125 milioni di euro</b>	<b>(20%)</b>

Quest'ultimo suddiviso in due distinti sottoprogrammi con budget proprio:

✓ <i>Ambiente e sviluppo sostenibile</i>	1.083 milioni di euro	(51%)
✓ <b><i>Energia</i></b>	<b>1.042 milioni di euro</b>	<b>(49%)</b>

Le azioni chiave del sottoprogramma energia sono:

✓ <i>Energia più pulita, incl. en. rinnovabile</i>	479 milioni di euro	(46%)
✓ <i>Energia economica ed efficiente</i>	547 milioni di euro	(52%)





### 3. Principali forme di conversione energetica delle biomasse

La conversione di biomasse in combustibili può essere ottenuta con diversi processi termochimici o biochimici.

#### *Processi termochimici*

La *combustione* diretta è il più antico e più semplice mezzo per lo sfruttamento energetico delle biomasse, adatta a sostanze abbastanza secche. I principali prodotti della combustione sono costituiti da anidride carbonica, vapore d'acqua, e ceneri.

Un altro processo importante è la *pirolisi*, che prevede il riscaldamento delle biomasse in assenza di aria, e che permette di ottenere prodotti liquidi, solidi e gassosi in proporzioni diverse, a seconda della temperatura alla quale si effettua il processo. La pirolisi avviene a bassi livelli di temperatura, che favoriscono la formazione dei combustibili liquidi e solidi. Se la temperatura è inferiore a 400-500°C, la pirolisi è definita *carbonizzazione*, e produce carbone di legna, combustibili gassosi, e combustibili liquidi (oli pesanti e leggeri). Quando la temperatura raggiunge i 1000°C si ha la *gassificazione* completa della biomassa.

#### *Processi biochimici*

Tra questi è annoverata la *digestione anaerobica*, dovuta a particolari famiglie di microbi, in assenza di ossigeno. Il gas prodotto (biogas) è costituito principalmente da metano, anidride carbonica, idrocarburi saturi, e tracce di acido solfidrico. Si applica, con ottimi risultati, ai residui organici caratterizzati dal rapporto carbonio/azoto (C/N) compreso tra 16 e 30, e da una percentuale di umidità superiore al 50%, quali sono le deiezioni animali, e molti sottoprodotti di colture vegetali (mais, patate, pomodori, barbabietole, colture ortive).

A questa si possono aggiungere la *trasformazione idrolitica dei materiali cellulosici* di scarto in monomeri zuccherini, e successiva *fermentazione ad alcool etilico* (etanolo), ed altri prodotti chimici.

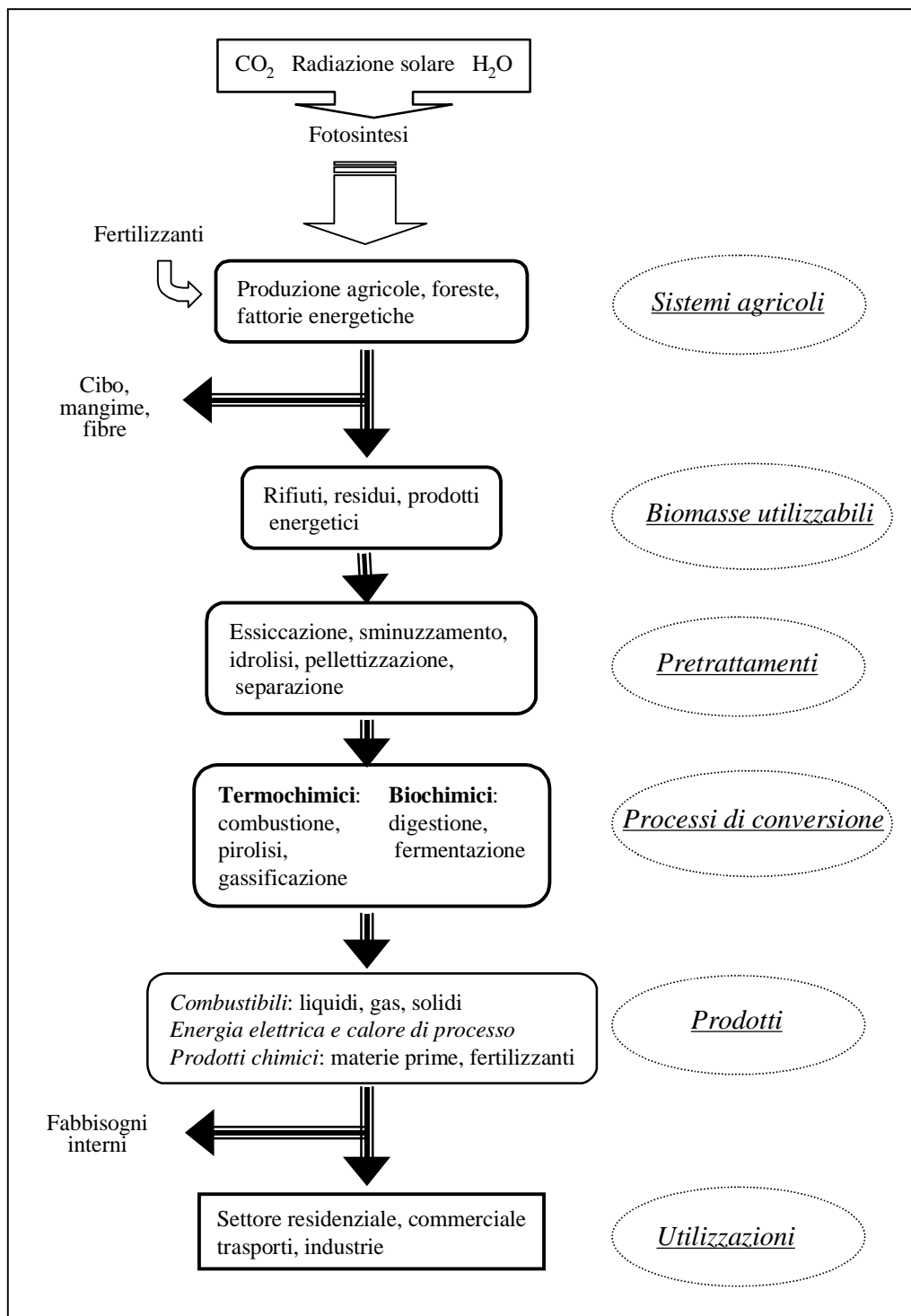
Altri processi come la digestione aerobica ed il compostaggio, richiamati per completare il quadro, non sono destinati alla produzione di energia. Infatti la *digestione aerobica* o *metabolizzazione* di sostanze organiche attraverso l'azione di microrganismi, che si sviluppano in presenza di ossigeno viene utilizzata prevalentemente per la depurazione di liquame e acque di scarto industriale. Il *compostaggio* o decomposizione biologica della materia organica, prevalentemente solida, in condizioni aerobiche, è utilizzato per la produzione di ammendanti agricoli.

Solitamente a monte di tutti i processi di conversione sono necessari opportuni pretrattamenti del materiale di base.

Questi possono comprendere lavaggio con acqua, essiccazione con mezzi meccanici (pressatura) o termici, riduzione in piccole dimensioni, densificazione (produzione di pellets, cubetti o formelle), separazione delle fibre (estrazione con solventi). I prodotti finali, a seconda dell'impiego, debbono, a loro volta, essere trattati: per separarli (ad es. dal substrato che non ha reagito, dai catalizzatori, dai microrganismi, dai solventi), per purificarli e per concentrarli. Si ricorre, a seconda dei casi, alla sedimentazione, alla filtrazione, alla centrifugazione, alla distillazione, all'assorbimento, alla estrazione con solventi, ecc.



Nella figura viene illustrato in sintesi un ciclo completo di produzione ed utilizzazione di biomasse.





## 3.1. Processi biochimici

### 3.1.1. La digestione anaerobica

La digestione anaerobica è un insieme di processi biologici mediante i quali le sostanze organiche possono essere "digerite" in un ambiente privo di ossigeno, arrivando alla produzione di gas combustibile e di fanghi humificati e mineralizzati, con migliorate caratteristiche fertilizzanti.

Il termine "mineralizzati" significa che il materiale presente non può essere ulteriormente degradato, mentre per "humificazione" si intende la trasformazione del materiale organico, originariamente putrescibile, in un prodotto metastabile ed innocuo, soggetto a decomposizione molto lenta.

Questi processi avvengono ad opera di una flora batterica di natura anaerobica, che può sussistere solo in ambiente privo di ossigeno. I batteri responsabili della fermentazione metanica sono saprofiti eterotrofi, che utilizzano come fonte di carbonio e di energia i composti organici.

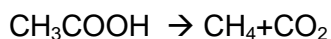
In relazione all'intervallo di temperatura in cui agiscono, i batteri sono suddivisi in:

- Psicrofili, quando agiscono a temperature inferiori a 25°C
- Mesofili, quando agiscono a temperature comprese tra i 25°C e 45°C
- Termofili, quando agiscono a temperature superiori a 45°C.

Tali batteri sono sempre presenti nella massa organica originale, si sviluppano rigogliosamente in ambiente chiuso, e trasformano i composti organici in CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, utilizzando gli enzimi come catalizzatori biologici. Gli enzimi sono molecole di natura proteica, sintetizzati dall'organismo stesso che li usa; possono essere di natura unicamente proteica, oppure costituiti da due parti, il coenzima, che è una molecola organica di origine vitaminica, e l'apoenzima, che è la parte propriamente proteica.

La digestione anaerobica è condotta in reattori (digestori), opportunamente concepiti per evitare il contatto tra la massa liquida in essi contenuta e l'ossigeno atmosferico. Si sviluppa in tre fasi successive:

1. idrolisi della cellulosa, delle proteine, dei lipidi e degli zuccheri e degli amminoacidi,
2. fase acidogenica con formazione di acidi grassi in particolare di acido acetico,
3. metanizzazione del prodotto della seconda fase; questo stadio metanogenico coinvolge una serie di metano-batteri, che completano la trasformazione in metano ed anidride carbonica degli acidi grassi (principalmente acetico), secondo la reazione seguente:



in cui un atomo di carbonio è l'accettore finale di idrogeno, e produce metano, mentre l'altro atomo va a costituire l'anidride carbonica.

I prodotti finali sono un gas combustibile con p.c.i. di 5300-5800 kcal/Nm<sup>3</sup>, un residuo liquido chiarificato, ed un fango inspessito.

Il gas prodotto è una miscela contenente il 65-70% di metano, il 30-35% di anidride carbonica, tracce di acido solfidrico, piccole percentuali di H<sub>2</sub>, CO, e di idrocarburi saturi.

Il surnatante (liquido chiarificato), può essere impiegato per la diluizione, se necessaria, della sostanza organica in ingresso al digestore, per l'allestimento di zone di lagunaggio adibite a colture energetiche, e per la fertirrigazione.



Il fango, la parte inspessita del digerito, quasi inodore e stabilizzata (sia umida che essiccata), può trovare impiego in agricoltura come fertilizzante, in quanto contiene azoto, fosforo e potassio, essenziali per un buon concime.

Per le conversioni di tipo biochimico risultano idonee le colture acquatiche, alcuni sottoprodotti colturali (foglie e steli di barbabietola, patata, ortive, ecc.), i reflui zootecnici ed alcuni scarti di lavorazione (acque di vegetazione dei frantoi, ecc.), nonché la biomassa organica eterogenea immagazzinata nelle discariche controllate.

## **3.2. Processi termochimici**

Tutti i processi termochimici iniziano con la pirolisi: ad essa possono seguire altre fasi, a seconda dei prodotti finali desiderati.

Durante la pirolisi, la olocellulosa e la lignina, (i principali componenti dei materiali ligno-cellulosici) danno origine a composti diversi.

La olocellulosa produce soprattutto sostanze volatili. Nella combustione diretta, esse, reagendo con l'ossigeno, sono bruciate completamente. Potrebbero essere, però, estratte come gas, o liquefatte. La lignina produce principalmente carbone di legna, unitamente a sostanze volatili. Il carbone può essere usato come tale, o ulteriormente trattato per ottenere sostanze gassose.

### **3.2.1. Combustione diretta**

La combustione diretta è stata, per molto tempo, l'unico mezzo per produrre calore ad uso domestico ed industriale.

Oggi la combustione interessa non solo la legna, ma anche gli scarti forestali, la paglia, i residui dell'industria del legno (segatura, trucioli), dell'industria agroalimentare (bagasse, gusci, noccioli, ecc.), ed i rifiuti solidi urbani.

In maniera più o meno accentuata tutti questi materiali presentano caratteristiche di dispersione nel territorio, di modesto valore unitario, di grandi volumi, e di discontinuità nel tempo. Ciò pone problemi non facili (in termini economici) di raccolta, di conservazione, di pretrattamento e di distribuzione (comuni, d'altra parte, a tutte le tecnologie di conversione).

Il processo di combustione permette la trasformazione dell'energia chimica intrinseca alla biomassa in energia termica, mediante una successione di reazioni chimico-fisiche. Quando la biomassa viene immessa in camera di combustione subisce inizialmente un'essiccazione, quindi, man mano che la temperatura aumenta si succedono processi di pirolisi, gassificazione e combustione.

Il risultato dei suddetti processi è la produzione di calore che viene recuperato mediante scambiatori di calore in cui si trasferisce l'energia termica ad altri fluidi vettori, quali aria o acqua. La quantità di energia termica fornita dalla biomassa è funzione del tipo utilizzato, della quantità di ceneri e del contenuto di umidità.



### 3.2.2. Pirolisi e gassificazione

Le sostanze organiche con piccolo tasso di umidità (minore del 50%) ed un alto tenore di carbonio, riferito all'azoto presente (rapporto C/N maggiore di 30) possono essere impiegate nel processo di pirolisi: ad esempio: il legno, la segatura, i trucioli, le foglie, la paglia, i residui di potatura, i cascami derivanti dalla pulitura del bosco, altri residui vegetali, i rifiuti solidi urbani e quelli industriali (gomma, plastica) a carattere organico.

La scelta del materiale da impiegare per l'alimentazione del reattore di pirolisi, è legata al prodotto finale desiderato.

La composizione del legno ha molta influenza sulle caratteristiche dei prodotti ottenuti: ad esempio, la cellulosa produce acido acetico, ma non alcool metilico, mentre la lignina origina principalmente quest'ultimo, oltre che prodotti solidi.

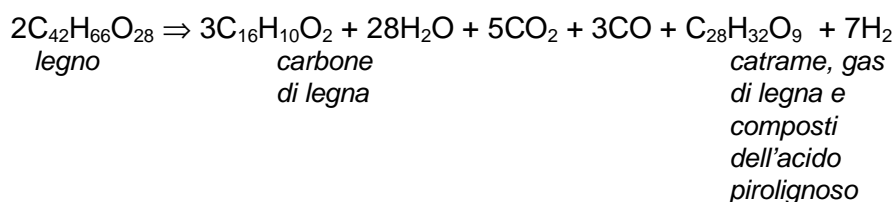
Qualora si voglia ottenere carbone di legna, è preferibile impiegare legno proveniente da piante sempreverdi. Se, invece, si richiede alcool metilico o acido acetico, si utilizzerà legno proveniente da piante a foglie caduche. Qualora, infine, si effettui la gassificazione si può ricorrere a qualunque tipo di biomassa

Il materiale di alimentazione, ed in particolare la legna, deve essere sottoposto ad un pre-trattamento di essiccazione e di sminuzzamento.

Il tasso di umidità ha un ruolo importante, poiché l'acqua richiede un elevato calore di vaporizzazione, e, quindi incide notevolmente sulla quantità di combustibile necessario per la distillazione.

Per un buon rendimento, il tasso di umidità non deve superare il 20%. Per raggiungere questo valore l'essiccazione può essere condotta per via naturale, lasciando la biomassa per un periodo opportuno a temperatura ambiente, oppure mediante l'impiego di forni, con apporto di calore ad una temperatura intorno ai 100°C, per evitare possibili accensioni del vegetale.

La pirolisi è un processo di decomposizione fisica e chimica di materiali organici, ottenuta riscaldando questi ultimi in assenza di aria. Nell'evolversi delle varie fasi si ottengono prodotti diversi, a seconda delle temperature raggiunte. Per valori sino a 400-500°C avviene la *carbonizzazione*, che origina carbone di legna, una miscela di gas (condensabili ed incondensabili), e composti liquidi (catrami, oli, ecc.), secondo la reazione:



Durante la carbonizzazione la produzione del carbone di legna corrisponde al 30-35% del materiale secco di partenza (il carbone di legna ha un contenuto di carbonio compreso nel campo 75÷85%, ed un potere calorifico di circa 6000/7000 kcal/kg); la produzione di gas è pari al 15÷20% della sostanza secca; i componenti liquidi rappresentano circa il 25%, e sono costituiti da catrami e dall'acido pirolignoso.

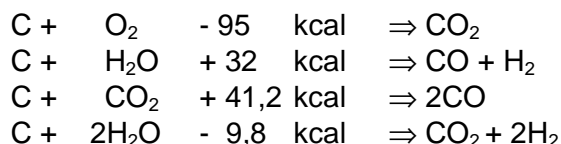
Per temperature superiori a 600°C e sino a 900-1000°C, si ha essenzialmente una produzione di gas, composto da H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> (quest'ultima in percentuali sempre più basse), e da idrocarburi: il potere calorifico è circa 3000 kcal/Nm<sup>3</sup>.

Quando il processo avviene in tempi molto brevi e ad elevate temperature, la pirolisi è denominata del tipo "flash".



Il carbone di legna e le altre sostanze solide possono essere portate alla completa gassificazione (con un piccolo scarto di ceneri) immettendo ossigeno od aria, in presenza di una certa quantità di acqua.

Tra il carbone di legna e gli agenti gassificanti avvengono le seguenti reazioni:



In questa fase si dissocia anche il catrame.

Quando per la gassificazione si usa aria, il bilancio globale dei materiali può essere così espresso: 1 kg di materia vegetale secca + 0,2 kg di acqua + 2 kg di aria (composta da 0,4 kg di O<sub>2</sub> + 1,6 kg di N<sub>2</sub>) = 3,1 kg di gas povero.

Il gas è composto essenzialmente da CO, H<sub>2</sub> ed N<sub>2</sub> (introdotto con l'aria), ed ha un potere calorifico di 1100/1800 kcal/Nm<sup>3</sup>. Ricorrendo, invece, all'ossigeno si otterrà un gas privo di N<sub>2</sub>, ed avente un potere calorifico di 3000 kcal/Nm<sup>3</sup>.

In questo caso, a parità di vegetale di partenza, la quantità di gas ottenuta è di soli 1,5 kg, in quanto è assente l'azoto.

Il combustibile gassoso ottenuto è utilizzabile in motori a combustione interna o in caldaie per la produzione di energia meccanica o termica ma anche in forni di produzione, per esempio, di cementi o laterizi.

### 3.3. Biocombustibili

Un ulteriore aspetto che riguarda le biomasse non ancora considerato riguarda i biocombustibili. La filiera dei biocombustibili bioetanolo e biodiesel riveste particolare attenzione in relazione alla individuazione di soluzioni praticabili per il contenimento dell'inquinamento causato dai combustibili fossili usati per il trasporto.

Il biodiesel deriva dalla transesterificazione degli oli vegetali effettuata con alcol metilico ed etilico. Ne deriva un combustibile simile al gasolio. Gli oli vegetali prodotti provengono da colture su terreni a set-aside di colza e girasole.

Il bioetanolo viene prodotto tramite processi di fermentazione e distillazione di materiali zuccherini o amidacei. La destinazione più considerata è il suo utilizzo nella sintesi dell'ETBE (etil-terbutil-etero), usato in miscela alle benzine come additivo ossigenato ed antidetonante in sostituzione del piombo tetraetile o degli idrocarburi aromatici.

A questo proposito il Programma Nazionale Biocombustibili (PROBIO) predisposto dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali rappresenta il primo strumento di attuazione operativa di programmi mirati. Il PROBIO è stato predisposto in ottemperanza all'art. 3 della legge 2.12.98 n. 423, *"Interventi strutturali e urgenti nel settore agricolo, agrumicolo e zootecnico"*. Tale articolo indica: *"Per avviare le azioni nazionali derivanti dall'applicazione delle determinazioni adottate dalla conferenza di Kyoto per la riduzione delle emissioni gassose, il Ministro per le Politiche agricole, d'intesa con la conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano, presenta al CIPE per l'approvazione un programma nazionale denominato "Biocombustibili". Per la realizzazione del predetto programma è autorizzata la spesa di lire 5 miliardi annue a decorrere dal 1999"*.



Il programma PROBIO non prevede interventi di sostegno “ordinario” al mondo produttivo ed è orientato verso l’attuazione di attività dimostrative/divulgative con una forte caratterizzazione territoriale.

Le tipologie di intervento sono strutturate su due livelli:

- centrale, coordinato direttamente dal MIPAF con il contributo di rappresentanti regionali;
- regionale, basato essenzialmente su “progetti dimostrativi regionali” in grado di ottimizzare l’impatto di PROBIO.

Fra le attività che fanno riferimento al livello centrale sono indicate il coordinamento e monitoraggio del programma, definizione di metodologie di raccolta, analisi e valutazione dei risultati, supporto tecnico scientifico, campagne informative e promozione.

Le attività di tipo dimostrativo sono gestite dalle Amministrazioni regionali e dalle Province Autonome che predispongono e presentano al MIPAF specifici programmi. Inoltre, a livello locale, viene evidenziato il supporto delle amministrazioni locali riguardo alla definizione di eventuali strutture locali e delle collaborazioni da attivare, l’organizzazione della raccolta di biomasse residue o di scarto da utilizzare come base per la produzione di biocombustibili, sviluppo della produzione di biocombustibili individuando quelli più confacenti alle specifiche caratteristiche del sistema agro-forestale e delle richieste di mercato.

La dotazione finanziaria del PROBIO ammonta a 5 miliardi di lire/anno per un triennio a partire dal 1999, di cui 4.5 miliardi alle Regioni.

### **3.4. Esempio di sfruttamento dei residui derivati da biomassa: pellets**

Il pellet è un’estrusione in continuo che viene suddivisa poi in tronchetti di differenti dimensioni (diametro da 6 a 12 mm altezza da 12 a 18 mm) idonei per l’alimentazione di stufe e caldaie. Si ottiene grazie all’azione di macchine pellettizzatrici che agiscono comprimendo residui legnosi di ridotte dimensioni, trucioli, segatura, corteccia, appartenenti a diverse specie legnose. La fase di compressione può essere preceduta, se necessario, da interventi di triturazione qualora il pezzame presenti dimensioni elevate, e di essiccazione. Questo per evitare che il materiale troppo umido possa essere soggetto a riscaldamento, di conseguenza perdere di sostanza, perdere in termini di massa e contemporaneamente dare origine a incrementi nell’emissione di polvere.

I pellets sono caratterizzati da un basso contenuto di umidità, 6-10%, così come un basso contenuto di ceneri, approssimativamente 0.5%. Peculiarità del pellet, che lo contraddistingue dal legno, è quella di presentare un volume praticamente costante. Questa sua caratteristica è conseguenza del processo di formazione; la compressione di materiale fine, infatti, porta alla realizzazione di un prodotto con porosità nettamente inferiore rispetto al legno. Il pellet ha un potere calorico inferiore di circa 4200 kcal/kg, nettamente superiore rispetto agli altri combustibili d’origine legnosa.

Queste proprietà contribuiscono ad evidenziare le qualità del prodotto dal punto di vista della commercializzazione e degli spazi necessari per lo stoccaggio.

Le caratteristiche sopra descritte, insieme alla disponibilità sul mercato di tecnologie per il suo utilizzo affidabili ed efficienti, fanno del prodotto una valida alternativa ai combustibili tradizionali. Infatti le modalità di utilizzo sono paragonabili a combustibili tradizionali come il gasolio in termini di stoccaggio, alimentazione, distribuzione ed automazione del processo di combustione.

In Europa la Svezia è il più grande produttore ed utilizzatore di questa tipologia di prodotto, che è comunque diffuso in molti altri paesi europei. In Italia l’utilizzo dei pellets è molto

contenuto anche se negli ultimi anni presenta un trend di crescita decisamente positivo. Infatti la produzione italiana è stimata intorno alle 500 tonnellate annue, decisamente non comparabile a paesi come la Svezia con produzione superiore alle 500.000 tonnellate, Danimarca (~ 150.000 ton.), Austria (~ 35.000 ton.). Attualmente in Italia si importano pellets soprattutto da Austria, Spagna e Romania.

Un aspetto importante che può influenzare le prospettive future di questo prodotto e non deludere le aspettative del mercato, è la necessità di opportune garanzie sulla qualità del prodotto, in quanto allo stato non esistono specifiche standard di riferimento. A questo scopo è necessario caratterizzare la qualità dei pellets dal punto di vista, ad esempio, di dimensione, umidità, densità, contenuto delle ceneri, potere calorifico, ecc.. In tal modo si garantisce all'utente finale uno standard qualitativo nella resa del prodotto. In questo senso stanno già lavorando sia il CTI che l'equivalente struttura della UE per garantire uno standard unificato a livello europeo.

In Svezia, che, come accennato, è il paese più avanzato nella produzione ed utilizzo di pellets, esiste una specifica classificazione (illustrata nella tabella seguente), prodotta dall'ente di certificazione preposto alla predisposizione della normativa per le proprietà ed i metodi di prova dei pellets. Tale ente esegue inoltre ispezioni presso i fornitori almeno una volta all'anno. Questo monitoraggio include una valutazione sulla conformità della qualità, incluso il campionamento dei pellets certificati.

Proprietà	Metodo di prova	Unità	Gruppo 1	Gruppo 2	Gruppo 3
Dimensione: diametro e lunghezza a magazzino del produttore	Misurazione di almeno 10 pellets combustibili scelti in modo casuale	mm	Al massimo 4 volte Ø	Al massimo 5 volte Ø	Al massimo 5 volte Ø
Densità	SS 18 71 78	kg/m <sup>3</sup>	≥ 600	≥ 500	≥ 500
Durata a magazzino del produttore	SS 18 71 80	Peso dei materiali fini <3mm, %	≤ 0,8	≤ 1,5	> 1,5
Potere calorifico netto (come dichiarato)	SS-ISO 1928	MJ/kg	≥ 16,9	≥ 16,9	≥ 15,1
		kWh/hg	≥ 4,7	≥ 4,7	≥ 4,2
Contenuto di ceneri	SS 18 71 71	% peso/peso della SS	≤ 0,7	≤ 1,5	> 1,5
Contenuto totale di umidità (come dichiarato)	SS 18 71 70	% peso/peso	≤ 10	≤ 10	≤ 12
Contenuto totale di zolfo	SS 18 71 77	% peso/peso della SS	≤ 0,08	≤ 0,08	Da dichiarare
Contenuto di additivi		% peso/peso della SS	Contenuto e tipo da dichiarare		
Cloruri	SS 18 71 85	% peso/peso della SS	≤ 0,03	≤ 0,03	Da dichiarare
Dissoluzione della cenere	SS 18 71 65 - ISO 540	°C	Temperatura iniziale (IT) da dichiarare		





## 4. Caratteristiche delle tecnologie che utilizzano biomasse a fini energetici

### 4.1. Tecnologie per la combustione

Tra i vari processi di utilizzazione energetica della biomassa, la combustione è senza dubbio la più antica e la più matura.

In relazione al tipo di biomassa utilizzata quale combustibile, al contenuto di umidità presente e alla quantità di ceneri, il Potere Calorifico Inferiore (PCI) derivante dalla combustione varia nella gamma 10.500-19.000 kJ/kg.

Gli impianti che sfruttano la combustione di biomassa a scopi energetici possono essere suddivisi in due categorie:

1. Impianti per la produzione di energia termica eventualmente in cogenerazione, a partire da combustibile solido (generalmente <math><5-6 \text{ MW}\_t</math>);
2. Impianti per la produzione di energia elettrica eventualmente in cogenerazione a partire da combustibile solido o liquido (<math>2-15 \text{ MW}\_e</math>);

Gli impianti appartenenti alla prima categoria sono quelli che presentano, da un punto di vista tecnico ed economico, le migliori prestazioni generali, anche in termini di potenziale risparmio energetico.

Gli schemi impiantistici, per impianti inferiori a 0,5 MW, operano nella seguente maniera:

- combustione a fiamma inversa con alimentazione manuale del combustibile;
- combustione di tipo convenzionale (o ancora a fiamma inversa) con tramoggia di alimentazione e relativo bruciatore automatico.

Mentre per impianti superiori a 0,5 MW:

- accumulo di materiale ligno-cellulosico sminuzzato a tenori di umidità molto variabili;
- prelevamento automatico del combustibile dall'accumulo o carico di tramogge con mezzi gommati;
- introduzione del combustibile in caldaia in quantità dipendente dalla temperatura dei fumi e dell'acqua circolante nella caldaia stessa;
- introduzione di aria comburente per mantenere un prefissato tenore di ossigeno nei fumi;
- sistema d'abbattimento del particolato con cicloni.

Le principali problematiche inerenti l'utilizzo di questi impianti riguardano:

- l'approvvigionamento del combustibile in termini organizzativi;
- l'impegno economico richiesto dai sistemi di teleriscaldamento;
- la gestione degli impianti e della vendita del calore.

Gli impianti descritti, oltre che per la produzione di calore, si prestano anche per la generazione di elettricità in piccole taglie (circa pari al 15% della potenza termica) utilizzando la tecnologia del ciclo Rankine. Si può produrre elettricità sia impiegando turbine a vapore sia utilizzando macchine OCR con fluidi organici.

Quest'ultima soluzione si basa sull'impiego, come fluido intermedio, di olio diatermico alla temperatura nominale di 300°C e sulla produzione di acqua calda direttamente dall'olio o al condensatore della macchina OCR.

La categoria di impianti del secondo tipo ha avuto una certa spinta a seguito delle agevolazioni previste dalle Leggi 9 e 10/91 e dal provvedimento CIP 6/92. Tuttavia non è ancora chiara l'effettiva penetrabilità di queste soluzioni impiantistiche.



Le maggiori difficoltà derivano dai seguenti aspetti:

- problemi tecnologici che, sembra, interessino in pratica tutte le soluzioni impiantistiche che mirano ad elevate rese in energia elettrica;
- reperimento di biomassa a costi contenuti;
- bassa accettabilità da parte delle comunità;
- attuale scarsa stabilità del quadro normativo;
- difficoltà a trovare situazioni ove sia possibile, in termini di utenze, la cogenerazione.

Le diverse tecnologie di combustione della biomassa fanno riferimento a:

- combustione a griglia (fissa o mobile);
- combustione in sospensione;
- combustione a tamburo rotante;
- combustione a doppio stadio;
- combustione a letto fluido.

Nella *combustione a griglia* si distinguono i sistemi a griglia fissa che sono utilizzati per impianti di piccola taglia e i sistemi a griglia mobile utilizzati soprattutto in contesto industriale per la maggiore facilità di movimentazione, rimescolamento del combustibile e rimozione delle ceneri.

La *combustione in sospensione* è una tecnologia indicata nel caso di utilizzo di biomasse leggere e polverulenti quali lolla di riso, segatura, paglia, ecc.. La biomassa, inserita nella parte superiore del combustore, brucia mentre cade sulla griglia sottostante.

La *soluzione a tamburo rotante* viene utilizzata nelle applicazioni in cui il combustibile ha caratteristiche termo-fisiche molto povere e contiene elevati carichi inquinanti. Durante il processo, in conseguenza del rimescolamento continuo della biomassa dovuto alla rotazione del tamburo, la combustione avviene in maniera più completa con conseguente diminuzione degli incombusti.

La *tecnologia a doppio stadio* è quella in cui si verificano preliminarmente la gassificazione e la pirolisi in una prima camera. La completa combustione dei prodotti gassificati avviene in una seconda camera posta a valle che costituisce il corpo principale di trasferimento dell'energia al fluido vettore.

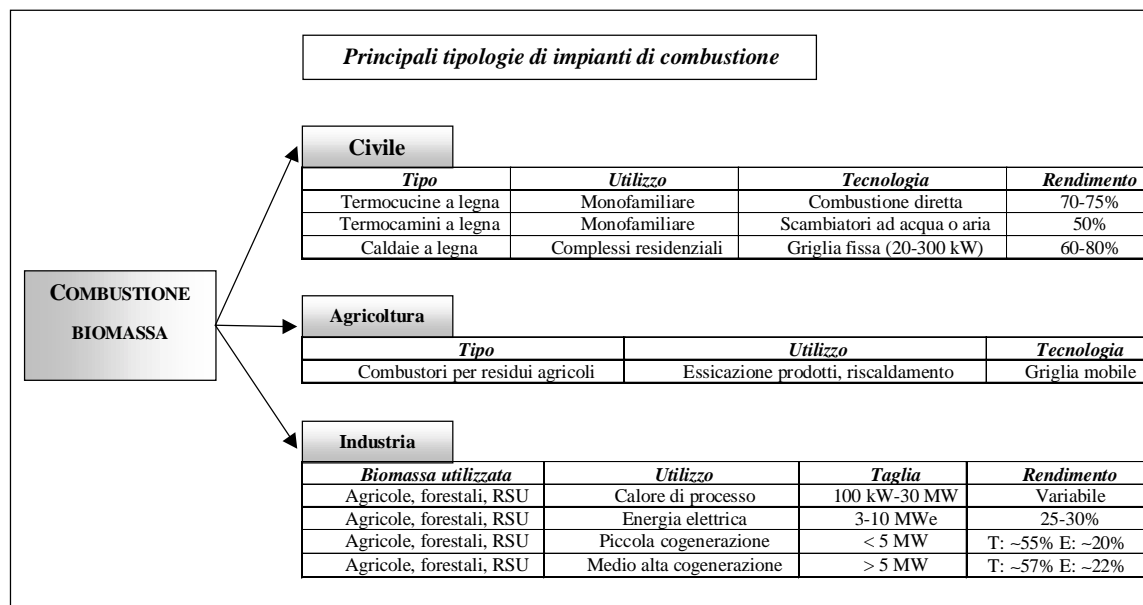
Con il *sistema a letto fluido* possono essere trattati vari tipi di biomassa, inclusi i materiali più "difficili" quali ligniti, torbe, RSU e fanghi, anche in presenza di un forte gradiente di umidità. La camera di combustione è parzialmente riempita con un materiale inerte (sabbia per esempio) che viene fluidificato dall'aria comburente in modo da costituire un letto bollente che viene recuperato e reimpresso in circolazione nella camera di combustione.

Tutte le apparecchiature sopra descritte puntano a recuperare il massimo calore sviluppato dal processo di combustione mediante una delle due modalità che seguono:

- in modo diretto tramite le pareti del dispositivo;
- in modo indiretto per mezzo di un fluido termovettore.

In entrambi i casi la sezione di recupero del calore costituisce un elemento fondamentale in fase di progettazione perché, oltre a consentire un adeguato recupero energetico, deve il più possibile abbattere la temperatura dei fumi di scarico per portarla ad un adeguato livello al trattamento.

I dispositivi di combustione presentano caratteristiche costruttive differenti a seconda del loro impiego, come illustrato nella figura seguente.



## 4.2. Tecnologie per la gassificazione

I dispositivi per la gassificazione hanno le stesse caratteristiche costruttive di quelli impiegati per la combustione a letto fisso o a letto fluido e si differenziano soltanto per pochi particolari costruttivi e di processo.

In genere il processo si articola in tre fasi:

- Essiccamento;
- Pirolisi;
- Processi ossido-riduttivi.

La biomassa, al suo ingresso nel sistema, viene liberata dal suo contenuto di umidità e successivamente trasformata in vapore d'acqua, anidride carbonica, sostanze catramose, idrocarburi e residui carboniosi; le sostanze volatili, procedendo dal basso verso l'alto, subiscono un successivo processo di trasformazione combinandosi con l'aria di gassificazione e formando il gas grezzo finale.

Nel bilancio generale di processo assumono rilevante importanza le seguenti variabili:

- portata oraria della biomassa;
- portata oraria dell'aria;
- temperatura del letto;
- contenuto di umidità della biomassa;
- tempo di residenza della biomassa e dei gas nel letto inerte.

A loro volta queste variabili sono influenzate dai parametri determinati per progettare un gasogeno a letto fluido:

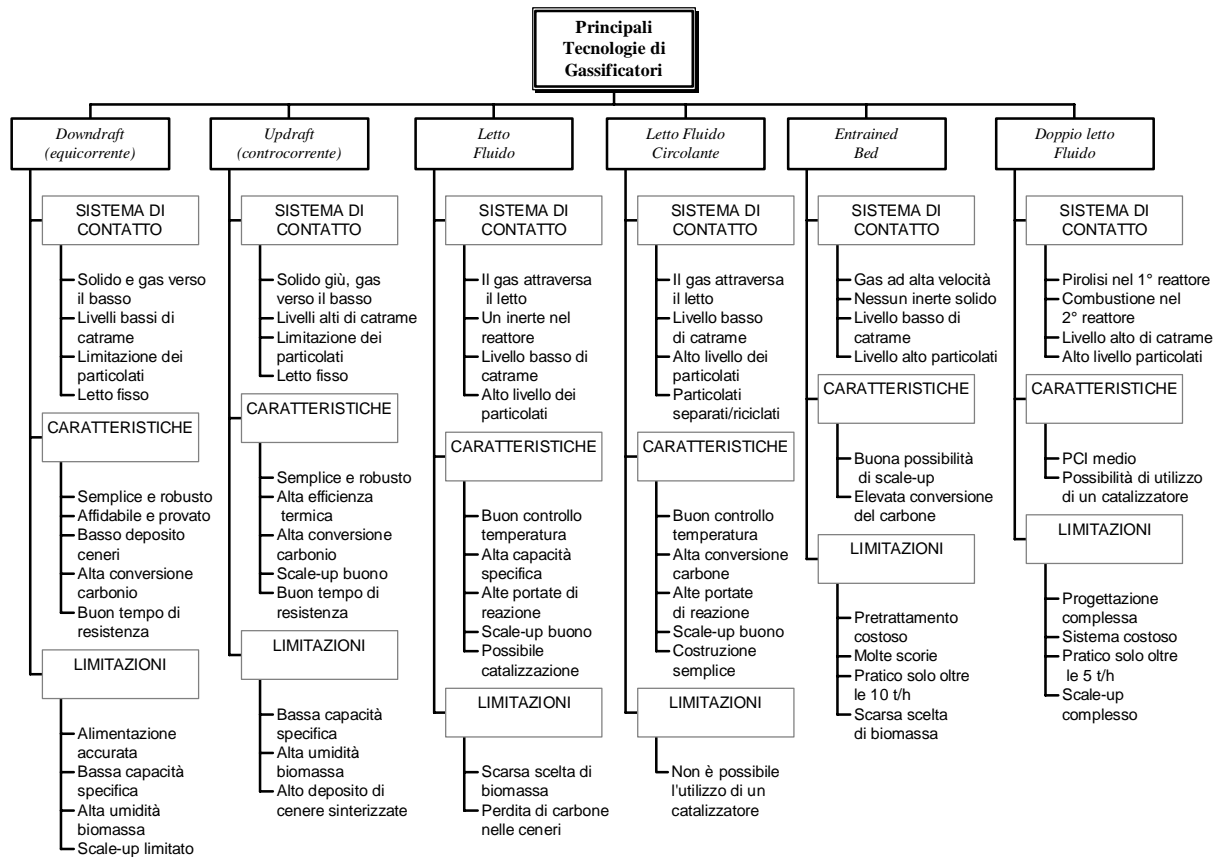
- granulometria ottimale del materiale inerte costituente il letto fluido;
- velocità minima del vettore utilizzato per la fluidificazione;
- altezza ottimale del letto;
- dimensioni del reattore e delle apparecchiature accessorie.

A seconda della pressione di esercizio i gassificatori si distinguono in due tipologie:

- gassificatori atmosferici;
- gassificatori pressurizzati.

I gassificatori atmosferici hanno costi d'investimento più bassi soprattutto alle potenze inferiori e si adattano ad essere utilizzati nei MCI. Quelli pressurizzati sono più costosi per via di un sistema d'alimentazione più complesso e a parità di dimensioni richiedono un investimento maggiore ma l'efficienza che li caratterizza è più elevata.

La composizione del gas e il PCI non sono significativamente differenti nei due sistemi.



Fonte: Elaborazione su dati Enea

### 4.3. Caratteristiche generali degli impianti per pirolisi

Nell'ambito del processo di pirolisi le prestazioni sono determinate dai seguenti fattori:

- Temperatura finale di reazione;
- Velocità di riscaldamento della biomassa;
- Tempo di residenza del materiale alla temperatura di reazione;
- Dimensione e forma della biomassa trattata;
- Presenza di catalizzatori.

Le modalità più comuni di esecuzione del processo sono:

- La carbonizzazione;
- La pirolisi convenzionale;
- La fast pirolisi;
- La flash pirolisi.



La tabella sottostante ne riporta sinteticamente una descrizione.

<b>Tipologia</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Caratteristiche</b>
Carbonizzazione	300 - 500	Recupera solo frazione solida (carbone)
Pirolisi convenzionale	< 600	Tre frazioni in uguale proporzione
Fast pirolisi	500 - 650	Produzione al 70-80% di frazione liquida
Flash pirolisi	> 700	Produzione di 80% di frazione liquida



## 5. Aspetti ambientali e normativi

### 5.1. Principali sviluppi normativi

Ripercorrendo storicamente la politica energetica italiana in generale e lo sviluppo delle rinnovabili in particolare degli ultimi trent'anni ne emerge un radicale cambiamento. Infatti negli anni settanta, dopo la cosiddetta crisi petrolifera del '73, l'obiettivo primario era la sicurezza degli approvvigionamenti, ossia indipendenza energetica dall'estero e soprattutto diversificazione delle provenienze geopolitiche delle fonti energetiche al fine di garantirne la continuità. Infatti l'Italia non ha grosse disponibilità di risorse energetiche e dipende per la gran parte dalle importazioni.

Negli anni ottanta l'attenzione si è orientata verso lo sviluppo delle fonti rinnovabili e con il Piano Energetico Nazionale (PEN) del 1981 si inaugurò la politica di sostegno alle fonti energetiche rinnovabili. In questo decennio fra l'altro si è concretizzata la rinuncia al nucleare ed è aumentata sensibilmente la tendenza a ridurre una eventuale incompatibilità fra energia sviluppo e ambiente. La legge 308/82 è stata una diretta conseguenza del PEN81 con la quale si è cominciato a prevedere finanziamenti in conto capitale coinvolgendo nella gestione la regioni.

Con il PEN del 1988 si è cominciata a delineare la nuova politica energetica degli anni novanta caratterizzata da una maggiore attenzione verso l'ambiente. Gli obiettivi primari presi in considerazione nel PEN88 sono riconducibili principalmente al risparmio energetico, protezione dell'ambiente e della salute dell'uomo e sviluppo delle risorse nazionali.

L'impalcatura legislativa costruita per il raggiungimento di questi obiettivi è costituita principalmente da due leggi fondamentali:

- Legge 9/91 che contempla gli aspetti istituzionali, le centrali idroelettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione ed aspetti fiscali;
- Legge 10/91 che disciplina le norme in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.
- Delibera CIP 6 del 29 aprile 1992 pubblicata sulla gazzetta Ufficiale n. 109 del 12 maggio 1992 (in cui vengono fissati i prezzi dell'energia elettrica relativi a cessione, vettoriamento e produzione per conto dell'ENEL, parametri relativi allo scambio e condizioni tecniche generali per l'assimilabilità a fonte rinnovabile).

Gli anni novanta vedono un grosso cambiamento della politica energetica italiana che passa dal tipo "Command and Control" al sistema basato sulla liberalizzazione del mercato vincolata ad una chiara strategia ambientale, sulla scia anche degli avvenimenti internazionali e delle direttive comunitarie (Conferenza di Rio sui cambiamenti climatici del 1990, Protocollo di Kyoto 1997).

La politica attuale in materia energetica, sia nazionale che comunitaria, si presenta quindi complessivamente favorevole alle fonti rinnovabili (FR) con un ampio spazio di manovra per Regioni ed agli Enti Locali.

I nuovi punti di riferimento per quanto riguarda le fonti rinnovabili, soprattutto per la produzione di energia elettrica, sono:

- ◆ Autorità per l'energia elettrica e il gas istituita con la legge 481/95 con competenze in particolare sulle tariffe;
- ◆ Decreto Legislativo n. 79/99 "Attuazione della Direttiva europea 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica":



- ⇒ Precedenza nel dispacciamento all'elettricità prodotta da impianti con fonti rinnovabili (art. 3);
- ⇒ Obbligo all'acquisto di elettricità da fonti rinnovabili (2% dell'energia eccedente i 100 GWh a decorrere dall'anno 2001) (art. 11);
- ⇒ Priorità all'uso delle fonti rinnovabili nelle piccole reti isolate (art. 7).
- ◆ Legge 59/97 e decreto 112/98: delega, tra l'altro, agli Enti Locali le decisioni relative all'autorizzazione degli impianti di produzione di potenza inferiore ai 300 MW.
- ◆ Decreto MICA 11/11/99, Direttive per l'attuazione delle norme in materia di energia elettrica da fonte rinnovabili di cui ai commi 1,2 e 3 dell'articolo 11 del decreto legislativo 16 Marzo 1999, n. 79.

In virtù della "quota del 2%" viene a crearsi un mercato parallelo dell'energia elettrica da fonti rinnovabili, spostando in qualche modo gli incentivi dal "conto capitale" al kWh prodotto. Al fine di facilitare questo mercato viene introdotto il sistema dei "certificati verdi" emessi dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (GRTN) a favore dei produttori che ne fanno richiesta. Tali produttori potranno quindi vendere questi certificati ad un prezzo che assicuri un'adeguata remunerazione degli investimenti per la realizzazione degli impianti ai soggetti sottoposti all'obbligo di acquisto.

Essendo i certificati verdi slegati dalla tecnologia rinnovabile utilizzata, le fonti rinnovabili considerate più competitive saranno avvantaggiate. Inoltre incentivi in conto capitale potranno essere previsti a valere su fondi strutturali, come indicato nel DL 79/99.

## 5.2. Vincoli ambientali

Come riferimento generale va tenuto presente che un intervento per la produzione di calore e/o elettricità deve essere compatibile con gli strumenti di pianificazione e di programmazione vigenti e rispettare eventuali vincoli presenti sull'area (quali vincoli paesaggistici, naturalistici, storico-artistici, archeologici, idrogeologici, demaniali, di servitù pubbliche o di altre limitazioni alla proprietà). Nell'analizzare gli adempimenti necessari per la realizzazione di tali interventi, si possono individuare quattro principali categorie di vincoli legislativi e normativi che fanno riferimento a:

- Norme urbanistico-edilizie
- Norme per la sicurezza e l'igiene del lavoro
- Norme relative alla tutela dell'ambiente e della salute
- Norme in materia di utilizzo di fonti energetiche, produzione e cessione di energia.

Questi adempimenti comportano in genere il rilascio di nullaosta da parte di enti, amministrazioni centrali e periferiche della stato e degli enti locali.

In particolare per quanto riguarda gli aspetti ambientali tale tipologia di impianti deve comunque sottostare a diverse emanazioni normative a garanzia di un'elevata protezione dell'ambiente. Per ciò che concerne le emissioni in atmosfera il riferimento principale è il D.P.R. 24 Maggio 1988 n. 203 ed i suoi decreti applicativi, come D.M. Ambiente del 12 Luglio 1990.

Infatti tale decreto, riportante norme in materia di qualità dell'aria ai fini della protezione dell'ambiente e della salute, sottopone alla sua disciplina tutti gli impianti che possono emettere nell'atmosfera sostanze solide, liquide o gassose ritenute fonti di inquinamento atmosferico. In questo senso non è quindi un atto inerente esclusivamente installazioni dedite alla produzione di energia termica da biomassa. Sono riportati i valori limite della qualità dell'aria definiti come soglie massime di accettabilità delle concentrazioni e valori



guida di qualità dell'aria intesi come misure a lungo termine in materia di salute e salvaguardia ambientale in accordo con la migliore tecnologia disponibile attualmente.

Mentre con il DM 12 Luglio 1990 vengono stabilite:

- a) Le linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali, come definiti nel precedente DPR n. 203/88;
- b) i valori di emissione minimi e massimi per gli impianti esistenti;
- c) i metodi generali di campionamento, analisi e valutazione delle emissioni;
- d) i criteri temporali per l'adeguamento progressivo degli impianti esistenti;
- e) i criteri per l'utilizzazione di tecnologie disponibili per il controllo delle emissioni.

Inoltre con il decreto 16 Gennaio 1995 si stabiliscono le "norme tecniche per il riutilizzo in un ciclo di combustione per la produzione di energia dai residui derivanti da cicli di produzione o di consumo". Tale decreto oltre a classificare i residui vegetali derivanti da precedenti cicli di produzione e di consumo, riporta una serie di norme tecniche volte a definirne le modalità d'uso a fini energetici.

In particolare nel caso di residui della lavorazione del legno o affini trattati, esistono dei vincoli inerenti l'efficienza di combustione minima pari al 99% e le emissioni riferite ad un tenore di ossigeno dei fumi pari a 11% in volume.

Con il successivo D.P.C.M. del 2 Ottobre 1995 vengono indicate le caratteristiche merceologiche dei combustibili impiegabili in impianti di tipo industriale e civili.

L'art. 7 indica come combustibili per uso civile quelli "non inseriti in un ciclo di produzione industriale" e impiegati per climatizzare e/o riscaldare ambienti, per il riscaldamento di acqua, per cucine, lavaggio biancheria, forni da pane, mense. In relazione a ciò l'art. 08 oltre a elencare i combustibili tradizionali (GPL, metano, gasolio, kerosene, ecc.) segnala la legna, il carbone di legna e altresì, alle condizioni previste dal decreto del 16.01.1995, i residui di origine vegetale. Nello specifico, gli impianti termici descritti all'art. 7 destinati al riscaldamento e/o la climatizzazione di ambienti industriali e artigianali, possono avvalersi dei residui vegetali definiti dal decreto del 16.01.1995 solo se questi sono prodotti nello stesso luogo.

Infine, parlando di biomasse in generale e quindi di R.S.U. non si può non citare il Decreto legislativo n. 22 del 5 Maggio 1997 (Decreto Ronchi). Con l'introduzione di questo decreto recante norme di "attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CEE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio" si disciplina le modalità di gestione al fine di garantire una più ampia salvaguardia di tutti quegli elementi quali l'aria, l'acqua, il suolo, la fauna, e la flora, costituenti nel loro insieme l'ambiente, attraverso atti volti a promuovere forme di riciclaggio, di reimpiego, di utilizzazione come combustibile o altro mezzo per produrre energia.

In questo senso viene data una definizione del termine rifiuti, intendendo "qualsiasi sostanza od oggetto che rientra nelle categorie riportate nell'allegato I e di cui il detentore si disfi o abbia deciso o abbia l'obbligo di disfarsi".

La stessa direttiva impone la realizzazione di un catalogo europeo dei rifiuti (CER) che elenchi e contraddistingua con un codice numerato le varie tipologie di rifiuti.

Nello specifico, anche le biomasse residuali di seguito elencate, vengono classificate come rifiuti solidi urbani.

- 020103 scarti vegetali;
- 020107 residui derivanti dalla selvicoltura;
- 020301 fanghi derivanti da operazioni di lavaggio pulizia sbucciatura centrifugazione e separazione di componenti;
- 020303 residui da separazioni con solventi;
- 020304 scarti inutilizzati per il consumo o la trasformazione;





- 020701 rifiuti da operazioni di lavaggio, pulizia e macinazione della materia prima;
- 020704 scarti inutilizzati per il consumo o la trasformazione;
- 030101 scarti di corteccia e sughero;
- 030102 segatura a base di legno vergine e trattato;
- 030103 scarti di rasatura, taglio, impiallacciatura, legno deteriorato a base di legno vergine e trattato;
- 030301 corteccia
- 150103 imballaggi in legno
- 170201 legno da costruzioni e demolizioni
- 200107 legno da rifiuti solidi urbani ed assimilabili da commercio, industria ed istituzioni inclusi quelli della raccolta differenziata.

Il decreto Ronchi e il successivo D.M. 05.02.98 hanno fatto proprio questo elenco dei rifiuti, e, senza vagliare le possibili considerazioni successive alla definizione di rifiuti, ha uguagliato le biomasse residuali a rifiuti solidi urbani portando così all'introduzione di una restrittiva normativa nel campo delle possibili utilizzazioni delle biomasse e a una profonda correzione dei provvedimenti in precedenza nominati.

In particolare ha stabilito che:

- i materiali provenienti da attività agricole, forestali e di prima lavorazione di prodotti agroalimentari (contraddistinti dal binomio 02), possano essere impiegati in processi di combustione volti alla produzione di energia solo nel caso in cui ci si avvalga di impianti di potenza termica nominale non inferiore a 0,5 MW.
- i materiali contraddistinti dai codici rimanenti ottenuti da processi di 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> lavorazione del legno, della carta e del sughero possano essere utilizzati, qualora vergini, in impianti di potenza termica nominale non inferiore a 0,5 MW; al contrario se trattati, esclusivamente in impianti con potenza superiore a 1 MW.
- gli impianti siano dotati di:
  - a) bruciatore pilota a combustibile gassoso o liquido;
  - b) alimentazione automatica del combustibile;
  - c) regolazione automatica del rapporto aria/combustibile anche nelle fasi di avviamento;
  - d) controllo continuo del CO del O<sub>2</sub> e della temperatura nell'effluente gassoso;
  - e) controllo in continuo per NO<sub>x</sub> HCl HF SO<sub>2</sub> carbonio organico totale COT e polvere totale nel caso in cui vengano superati i 6 MW.
- siano introdotti severi limiti di emissione.

Nella tabella seguente vengono sintetizzati i principali riferimenti normativi legati all'ambiente per la gran parte descritti in precedenza.



NORMATIVA	ARGOMENTO	TIPO D'INTERESSE
DPR 203 del 1988	Questo decreto è la norma principe del pacchetto Tognoli-Ruffolo : "Attuazione delle dir. CEE 80/779, 82/884, 84/360, 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali ai sensi dell'art. 15 della legge 183 del 1987. (Dir. 80/779, 82/884, 84/360, 85/203	Aggiorna il DPCM del 1983 con norme concernenti la qualità dell'aria, revisiona la normativa relativa agli impianti industriali. Stabilisce i valori guida per la prevenzione ambientale e sanitaria. si applica a tutto il territorio nazionale e non solo in certe zone, pertanto questo decreto ha comportato anche una decisa revisione della normativa relativa agli impianti termici e industriali in genere.
D.M. Ambiente 8 Maggio 1989	"Limitazione delle emissioni nell'atmosfera di taluni inquinanti originati dai grandi impianti di combustione" (Dir. 88/609/CEE).	Si tratta di limiti all'anidride solforosa, ossidi di azoto e particelle sospese derivanti da grandi impianti di combustione.
D.M. Ambiente, Industria, Sanità 24 Giugno 1989	"Accordo procedimentale in ordine alle autorizzazioni per le centrali termoelettriche, in esercizio o in costruzione, previste dall'art. 17 del DPR 24 Maggio 1988 n°203 in materia di inquinamento prodotto dagli impianti industriali"	
D.P.C.M. 21 Luglio 1989	"Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni, ai sensi dell'art.9 della Legge 8 Luglio 1986 n°349 per l'attuazione e l'interpretazione del DPR 203 del 1988 (Dir. 84/360/CEE)".	Fissa gli indirizzi e le procedure per il rilascio, da parte delle regioni, di autorizzazioni per i nuovi impianti industriali, subordinato all'impiego della migliore tecnologia disponibile che non comporti costi eccessivi.
D.M. Ambiente 12 Luglio 1990	"Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione".	vengono stabiliti limiti alle emissioni per ben 289 inquinanti compresi quelli emessi da impianti dell'ENEL. Per le imprese con più impianti il decreto prevede specifici criteri temporali di adeguamento fino al completamento degli interventi di risanamento entro il 2002.
D.M. Ambiente 10 Aprile 1991	"Accordo procedimentale in ordine alle autorizzazioni per la costruzione e l'esercizio delle centrali termoelettriche (comprese quelle con turbogas) con potenza termica inferiore a trecento MW previsti dal l'art. 17 del DPR 24 Maggio 1988 n°203 in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali".	Questa norma riprende quella del 1990 sui limiti di emissioni di inquinanti derivanti da impianti industriali, stabilendo limiti molto più ristretti per i nuovi impianti.
D.M. Ambiente 20 Maggio 1991	"Criteri per l'elaborazione dei piani regionali per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria"	



NORMATIVA	ARGOMENTO	TIPO D'INTERESSE
D.M. Ambiente del 29 Settembre 1994	"Norme tecniche per il riutilizzo come fonte di energia dei residui derivanti da cicli di produzione o di consumo";	Classifica i prodotti recuperabili con valenza energetica, definisce le caratteristiche generali dei cicli di trattamento, le tecnologie da usare i valori limite delle emissioni di inquinanti in aria
D.M. del 16 Gennaio 1995	Sul recupero energetico. E le norme tecniche sui residui di produzione.	
D.P.C.M. 2 Ottobre 1995	"...in relazione ai piani regionali di risanamento e di tutela della qualità dell'aria".	Al titolo III rende più severo le caratteristiche dei combustibili e degli impianti di combustione nelle aree particolarmente vulnerabili, individuate in base ai piani regionali di risanamento e di tutela della qualità dell'aria.
Decreto Legislativo n. 22 del 5 Febbraio 1997	"Attuazione delle Direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CEE sugli imballaggi e sui rifiuti da imballaggio".	Questo decreto, il decreto Ronchi dal nome del Ministro dell'Ambiente che lo ha proposto, mette in primo piano la prevenzione della produzione di rifiuti e il recupero degli stessi (art.3, 4) facendo risaltare il fatto che l'uso principale dei rifiuti deve essere come combustibile o come altro mezzo per produrre energia, anche se con tutte le cautele.
D.M. Ambiente n. 503 del 19 Novembre 1997	"Regolamento recante norme per l'attuazione delle direttive 89/369/CEE e 89/429/CEE concernenti la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani e la disciplina delle emissioni e delle condizioni di combustione degli impianti di incenerimento di rifiuti urbani, di rifiuti speciali non pericolosi, nonché di taluni rifiuti sanitari"	Cosiddetto decreto Ronchi-BIS.
DM Ambiente del 5 Febbraio 1998	"Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 Febbraio 1997 n. 22".	Sulle norme tecniche generali per il recupero di materia dai rifiuti non pericolosi.

Fonte: Programma Nazionale Energia Rinnovabile da Biomasse, MIPAF



### 5.3. Aspetti ambientali derivanti dall'utilizzo delle biomasse

L'uso delle biomasse in sostituzione dei tradizionali combustibili (es. gasolio, metano) comporta importanti benefici ambientali come la sensibile riduzione della CO<sub>2</sub> immessa nell'atmosfera; in particolare gli impianti termici a biomassa, rispetto a quelli a gasolio, permettono una riduzione della CO<sub>2</sub> pari a circa 0,772 kg per Wh<sub>e</sub> sostituito e pari a circa 0,33 kg per kWh<sub>t</sub> sostituito. Inoltre le biomasse sono praticamente esenti da zolfo (0,01-0,15 %) e da cloro (0,01-0,1%).

I principali gas inquinanti nei fumi di un tipico impianto a biomassa sono i composti dell'azoto, dell'ossido di carbonio, degli idrocarburi incombusti, delle sostanze derivate dall'acido cloridrico e delle polveri, secondo le concentrazioni illustrate in tabella.

#### **Concentrazione dei gas inquinanti nei fumi di un tipico impianto alimentato a biomassa (residui legnosi)**

Sostanza	Limiti [mg/mc]
Polveri	< 100
Anidride solforosa SO <sub>2</sub>	< 15
Ossidi di Azoto (NO <sub>x</sub> )	< 100
Ossido di Carbonio (CO)	< 100
Composti organici	< 150
Ammoniaca	< 5
Cloro-Fluoro	< 6

*Fonte Progetto U.E. SORTE "Utilizzazione energetica di biomassa agro-forestale". Anno 1997*

I composti azotati sono gli NO<sub>x</sub> e gli N<sub>2</sub>O che risultano nocivi per la salute dell'uomo poiché provocano un aumento dell'effetto serra e favoriscono la distruzione dell'ozono. La percentuale di azoto nei vegetali è in genere bassa (0,1-1,1%). La formazione di questi composti azotati è favorita in larga parte dalla alta temperatura di combustione in caldaia (temperatura della fiamma) che ossida l'azoto atmosferico contenuto nell'aria di combustione. Le emissioni possono variare da 25 a 140 mg/MJt - (25 mg/MJt = 1,5 mg di NO<sub>x</sub>/kg di combustibile).

Gli ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>) sono dovuti all'ossidazione dello zolfo totale contenuto nel combustibile (le emissioni possono variare da 0,1 a 30-40 mg/MJt).

Il monossido di carbonio (CO) è dovuto ad una incompleta combustione della biomassa per insufficiente ossigeno nell'aria di combustione o per tempi brevi di permanenza in camera di combustione (la quantità di emissioni può variare da 0,1 a 3 mg/MJt in impianti ben controllati e tecnicamente validi).

Gli idrocarburi incombusti sono costituiti da prodotti non completamente ossidati e la loro formazione dipende da una combustione incompleta. Anche in questo caso è necessaria una corretta regolazione dell'aria immessa in camera di combustione per contenere queste emissioni che, in genere, sono molto contenute (1 mg ogni kg di combustibile).



I composti del cloro (acido cloridrico, cloruro di ammonio, di calcio e potassio), sono presenti in piccolissima parte (circa 0,5 mg/kg); il fenomeno va in ogni caso tenuto sotto controllo.

La riduzione di questi inquinanti, variabile anche in rapporto alle caratteristiche fisico chimiche della biomassa impiegata, può essere attuata attraverso una razionale progettazione e gestione degli impianti termici, dove particolare cura andrà rivolta alla regolazione della quantità di aria di combustione immessa in caldaia, al mantenimento di una giusta temperatura di combustione ed al tempo di combustione.

Il particolato solido è costituito per lo più da cenere, fuliggine e inquinanti organici formatisi, anche in questo caso, da fenomeni di combustione incompleta ed è emesso all'esterno attraverso il trascinarsi da parte dei fumi.

Queste particelle di particolato, che possono assorbire sostanze più o meno nocive quali i residui della combustione, sono emesse in quantità variabili da poche decine di mg/kg di combustibile a qualche centinaio di mg/kg. Sono necessari pertanto opportuni sistemi di filtraggio dei fumi come:

- **la camera a gravità**; il principio di funzionamento è la precipitazione delle particelle per gravità. Permette l'abbattimento di particelle di dimensioni comprese fra 50 e 10  $\mu\text{m}$ , in relazione alla loro densità (concentrazione nei fumi);
- **il ciclone centrifugo**; il principio di funzionamento è basato sulla forza centrifuga che tende a separare il particolato dal gas. La sua efficienza di abbattimento è del 90% circa per particelle con diametro superiore a 25  $\mu\text{m}$  e del 60% circa per particelle con diametro superiore a 6  $\mu\text{m}$ . Sistemi avanzati multiciclonici permettono l'abbattimento di particelle con diametro inferiore 3-5  $\mu\text{m}$ .
- **i filtri porosi**; diffusi sono quelli a manica (filtri in tessuto) che possono raggiungere l'efficienza del 99% per particelle con diametro inferiore a 1  $\mu\text{m}$ ; hanno elevate perdite di carico, richiedono frequenti pulizie e non possono essere usati per fumi con temperatura superiore a 250°;
- **i filtri elettrostatici**; il principio di funzionamento si basa sull'attrazione da parte di elettrodi di polarità opposta di particelle cariche. Hanno un'alta efficienza di raccolta (90-95% per particelle con diametro pari o superiore a 1  $\mu\text{m}$ ), elevata capacità di trattamento volumetrico, bassi consumi di energia, basse perdite di carico. Operano ad alte temperature, sono ingombranti e costosi.

#### 5.4. Valutazione impatto ambientale tramite LCA (Life Cycle Assessment)

Le biomasse di origine vegetale sono considerate neutre per quanto attiene l'effetto serra poiché l'anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) rilasciata durante la combustione viene riassorbita dalle piante stesse mediante il processo di fotosintesi. Il basso contenuto di zolfo e di altri inquinanti fa sì che, quanto utilizzate in sostituzione di carbone o di olio combustibile, le biomasse contribuiscano ad alleviare il fenomeno delle piogge acide.

Essendo comunque impianti di tipo industriale, come indicato nel paragrafo precedente, devono sottostare alla valutazione di impatto sul territorio per quanto attiene gli aspetti paesaggistici, ecologici ed acustici per cui è richiesto apposito studio per ciascuna tipologia impiantistica.

Da tener comunque presente che esiste l'obbligo della Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) per gli impianti di combustione con potenza termica superiore a 300 MW (art. 1 DPCM 10/8/1988 n. 377).

Una delle metodologie di valutazione di impatto ambientale utilizzate soprattutto nel settore della bioenergia è la LCA (Life Cycle Assessment). Tale metodologia è utile soprattutto quanto si vuole valutare gli impatti distribuiti lungo una linea di processo.

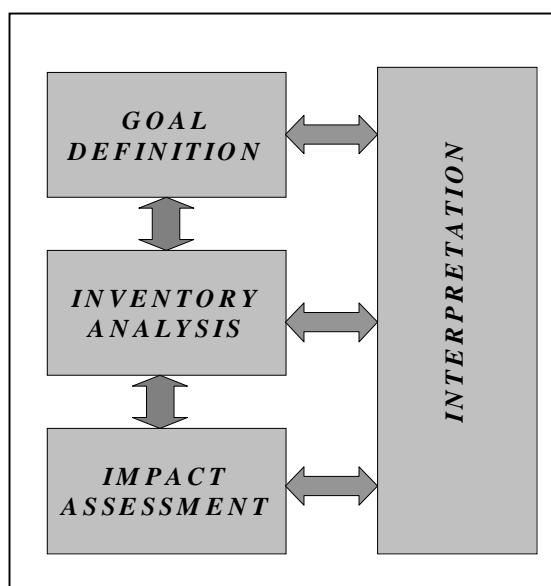
Da un punto di vista metodologico, la definizione di LCA proposta dalla SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) è la seguente: la LCA “è un procedimento oggettivo di valutazione dei carichi energetici ed ambientali relativi ad un prodotto, un processo o una attività, effettuato attraverso l’identificazione e la quantificazione dell’energia, dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell’ambiente.

La valutazione include l’intero ciclo di vita del prodotto, processo o attività, comprendendo l’estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l’uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale”.

La LCA, soprattutto se utilizzata in termini comparativi, fornisce utili indicazioni per la scelta delle tecnologie più consone con il concetto di *sviluppo sostenibile* ed è attualmente oggetto di un intenso lavoro di normazione a livello internazionale (norme ISO serie 14000).

La metodologia della LCA è sintetizzabile in quattro fasi principali così definite:

- **Definizione degli obiettivi** (“*Goal Definition and Scoping*”): è la fase preliminare in cui vengono definiti le finalità dello studio, le unità funzionali, i confini del sistema studiato, il fabbisogno di dati, le assunzioni ed i limiti.
- **Inventario** (“*Life Cycle Inventory Analysis*”): è la prima parte del lavoro, dedicata allo studio del ciclo di vita del processo; lo scopo principale è quello di ricostruire la via attraverso cui il fluire dell’energia e dei materiali permette il funzionamento del sistema produttivo in analisi attraverso tutti i processi di trasformazione e trasporto. La base metodologica per affrontare questa parte è costituita dall’analisi energetica estesa chiaramente alle componenti di impatto sull’ambiente.
- **Analisi degli impatti** (“*Life Cycle Impact Assessment*”): è lo studio dell’impatto ambientale provocato da un processo, un’attività o un prodotto, che ha lo scopo di evidenziare l’entità delle modificazioni generate a seguito dei rilasci nell’ambiente e dei consumi di risorse evidenziati nella fase di inventario.
- **Interpretazione e miglioramento** (“*Life Cycle Interpretation*”): è la parte conclusiva di una LCA, che ha lo scopo di proporre i cambiamenti necessari a ridurre l’impatto ambientale dei processi industriali considerati, valutandoli in maniera iterativa in modo tale da non attuare azioni peggiori dello stato esistente.



Le fasi della LCA identificate dalla norma ISO 14.040 (ISO, 1997).



La LCA, soprattutto se utilizzata in termini comparativi, fornisce utili indicazioni per la scelta delle tecnologie più consone al concetto di *sviluppo sostenibile*. Ovviamente in situazioni di confronto tra diversi sistemi è necessario trovare un fattore comune di riferimento.

Uno degli aspetti più critici di questo tipo di analisi nel caso di applicazione all'utilizzo delle biomasse a fini energetici è rappresentato dal ciclo del carbonio ed in particolare dalle emissioni di CO<sub>2</sub> che il legno genera durante la combustione.

A questo proposito possiamo sottolineare una distinzione tra le due tipologie di CO<sub>2</sub>: da una parte si hanno i combustibili fossili (petrolio, carbone, ecc.) che contengono carbonio immagazzinato nella materia vegetale trasformata in minerali e che è disponibile in giacimenti fossili; dall'altra parte vanno annoverati i combustibili rinnovabili (biomasse) che contengono il carbonio atmosferico sequestrato attraverso la fotosintesi e immagazzinato nelle strutture vegetali.

Se apparentemente il destino del carbonio è lo stesso, in realtà è lo *sfasamento temporale* tra la fase di fissazione nella pianta e quella di utilizzazione a fini energetici che determina la rinnovabilità della risorsa. Le colture energetiche sono fonti di CO<sub>2</sub> rinnovabile perché lo sfasamento temporale è breve e conseguentemente il loro utilizzo a fini energetici non provoca aumento netto di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera.

La CO<sub>2</sub> fossile è quella prodotta dalla combustione di combustibili fossili e quindi non prontamente riutilizzabile, mentre la CO<sub>2</sub> rinnovabile è quella prodotta durante la combustione delle biomasse e di conseguenza rapidamente reimpiegabile dalle piante stesse per la loro crescita. *Conseguentemente, i bilanci dei combustibili rinnovabili e fossili devono tenere conto della sola CO<sub>2</sub> di natura fossile emessa nel corso del ciclo di vita delle diverse filiere.*

Sono stati sviluppati diversi software che supportano gli operatori che intendono utilizzare tale approccio, basato su banche dati riguardanti tecnologie, sistemi, emissioni, ecc..

Come emerge da questa breve introduzione l'analisi si presenta impegnativa dovendo analizzare tutti i fattori che intervengono "dalla culla alla tomba" per un determinato sistema, definendone i confini in termini di orizzonti temporali, geografici e limiti veri e propri del processo produttivo specifico.

Ci limitiamo in questa sede a fornire brevi accenni su analisi LCA svolte che hanno coinvolto il tema delle biomasse, rimandando agli studi per ulteriori approfondimenti. In quest'ambito l'obiettivo è quello di mettere in risalto le principali ipotesi di base che gli autori hanno considerato ed i risultati in termini di efficienza energetica intesa come rapporto fra energia primaria consumata ed energia resa disponibile, e gli aspetti ambientali legati soprattutto al bilancio della CO<sub>2</sub>.

I casi presi in considerazione riguardano:

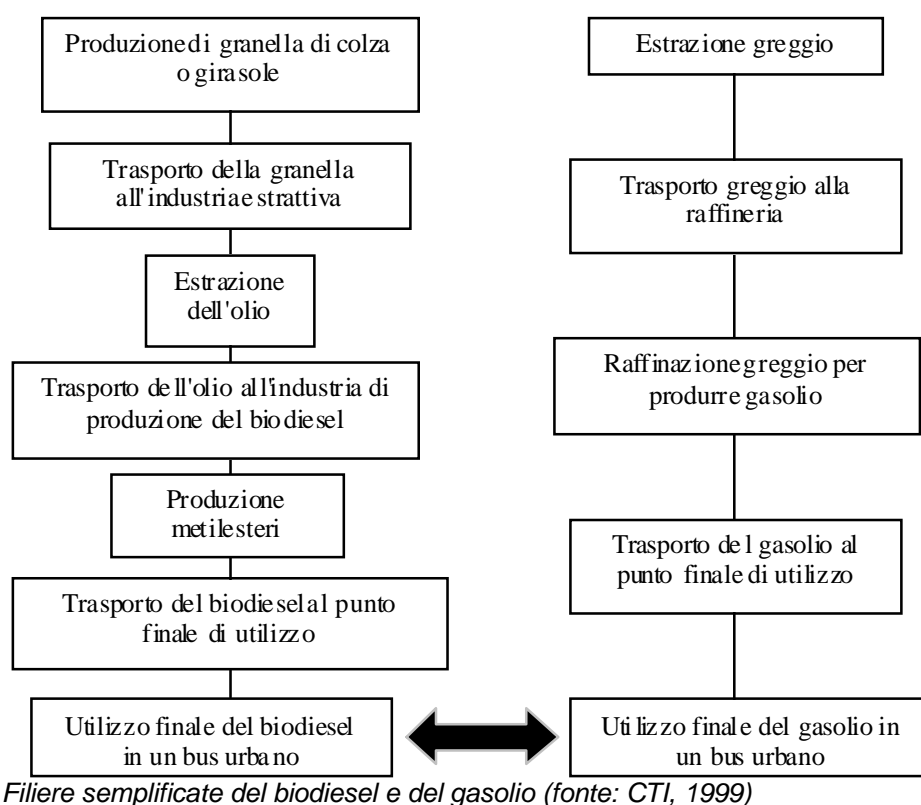
- a) utilizzo del biodiesel come possibile sostituto del gasolio;
- b) produzione di energia elettrica da biomassa e da combustibili fossili (olio e carbone);
- c) produzione di calore tramite biomassa o gas naturale nell'area industriale di Cairo Montenotte in Liguria.

### a. Utilizzo biodiesel come possibile sostituto del gasolio

Lo scopo del confronto è stato quello di evidenziare vantaggi e/o svantaggi energetici e ambientali connessi all'uso del biodiesel come sostituto totale o parziale (in miscela) del gasolio.

In questo studio è stato deciso di utilizzare un *criterio di massa*. In altri termini: ogni singola emissione di CO<sub>2</sub> e ogni MJ di energia utilizzata dal processo sono stati allocati ai singoli prodotti e sottoprodotti considerando il rapporto esistente tra le masse dei medesimi.

Un altro fattore determinante è rappresentato dalle rese agricole medie. Nello studio sono state analizzate le filiere del colza e del girasole prendendo come riferimenti produttivi i valori massimi delle rese medie regionali, pari a 2,5 t/ha per il colza coltivato nelle pianure del nord Italia e 3 t/ha per il girasole coltivato nelle regioni del centro. In realtà le rese medie nazionali sono sensibilmente più basse (1,7-2 t/ha per il colza e 2-2,3 t/ha per il girasole).



Dalle analisi svolte è risultato che, in termini di bilancio energetico, il ciclo di vita del biodiesel risulta più efficiente rispetto a quello del gasolio. Infatti il primo consente di ottenere una media di 2,5 unità di energia sotto forma di combustibile per unità di energia fossile consumata. Per il secondo tale rapporto scende a 0,93.

Riguardo agli aspetti ambientali i risultati evidenziano - con il passaggio dall'uso del gasolio a quello del biodiesel - riduzioni delle emissioni di CO<sub>2</sub> variabili da circa il 40 al 70% in dipendenza delle ipotesi considerate.

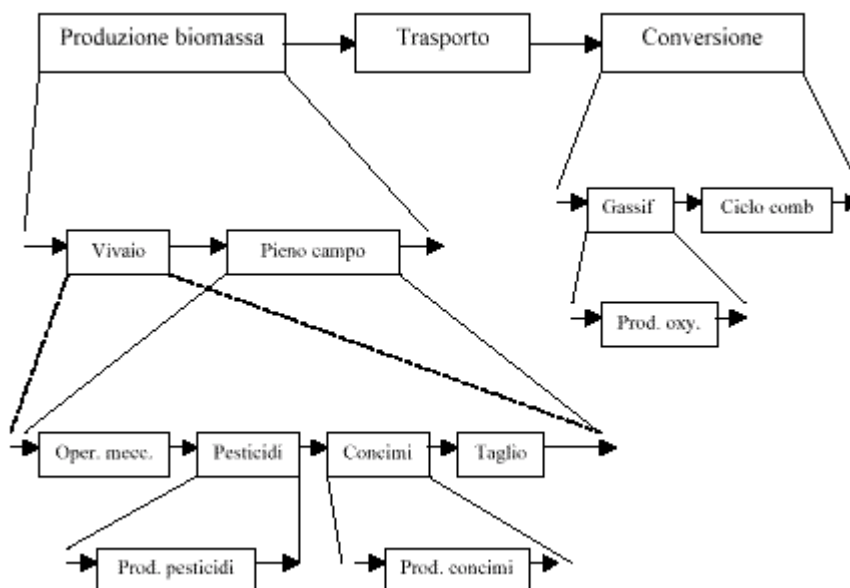
Ciò corrisponde a emissioni evitate dell'ordine di 1,4 - 2,4 kg di CO<sub>2</sub> di gasolio sostituito (equivalenti a 1,2 - 2,1 kg di CO<sub>2</sub> per kg di biodiesel utilizzato).



### b. Produzione di energia elettrica da biomassa e da combustibili fossili

L'unità funzionale utilizzata per confrontare i due sistemi è stata 1 MWh di energia elettrica da biomassa e da carbone ed olio al 50%.

In figura sono riportati i processi principali considerati nell'analisi del ciclo di vita della produzione di energia elettrica da biomassa, secondo il metodo *IDEFO (Integration Definition for Function Modelling)*, che permette di descrivere qualunque processo, anche complesso, mediante la logica dell'analisi per attività.

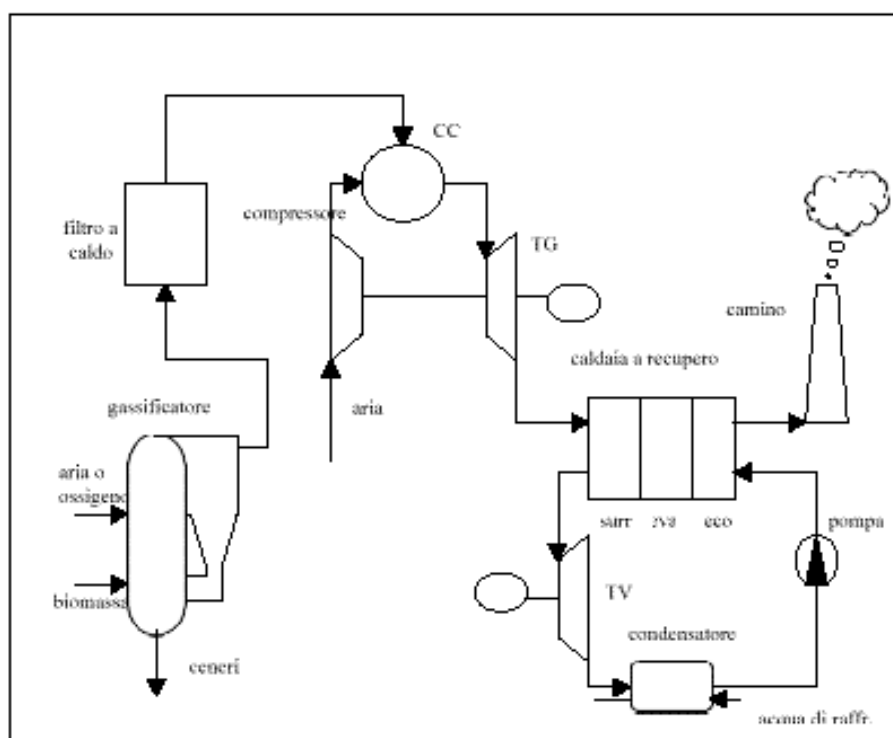


Inoltre è stato preso in esame il sottosistema della produzione di biomassa da colture dedicate, andando ad analizzare tutti i consumi, di risorse naturali e prodotti intermedi, i processi e le relative emissioni implementando la fase di inventario nella *Life Cycle Assessment*.

Una delle ipotesi fondamentali fatta nell'analisi dei processi e sottoprocessi è di non valutare il flusso di materiali ed energia per la costruzione dei macchinari agricoli impiegati, essendo la maggior parte di essi utilizzabili in operazioni agricole di colture tradizionali. Nello studio sono state svolte anche valutazioni sui problemi ambientali legati all'uso dei pesticidi.

L'impianto di conversione della biomassa per la produzione di energia elettrica considerato è basato sulla tecnologia IGCC (*Integrated Gassification Combined Cycle*), che prevede la gassificazione del combustibile solido con aria oppure ossigeno e l'eventuale aggiunta di vapore, con formazione di gas, a potere calorifico variabile a seconda dell'agente ossidante, da espandere in turbine appositamente progettate e recupero del calore del gas in uscita con un ciclo a vapore combinato.

La tipologia impiantistica è riportata in modo schematico nella figura successiva.



Il gas in uscita dal filtro a caldo viene convogliato nella camera di combustione dove si combina con l'aria proveniente dal compressore. Successivamente la miscela raggiunge la turbina, che presenta due schiere refrigerate in cui avviene l'espansione con produzione di energia elettrica tramite un alternatore. Una parte della potenza sviluppata dalla turbina viene utilizzata dal compressore dell'aria comburente.

Dall'analisi dei risultati emerge chiaramente che i problemi ambientali per tale sistema scaturiscono soprattutto dall'impiego di fertilizzanti chimici e pesticidi. Inoltre la maggior parte dell'emissione in atmosfera di CO<sub>2</sub> è dipendente principalmente dall'uso del gasolio nelle macchine agricole. Le emissioni di altri gas serra quali il metano (CH<sub>4</sub>) e il protossido d'azoto (N<sub>2</sub>O) sono di quantità minore e danno un contributo relativamente piccolo all'effetto serra dell'intero sistema.

Poiché la CO<sub>2</sub> emessa dall'impianto di conversione si suppone che venga assorbita dalle piante in crescita, il sistema nel suo complesso ha la capacità di ridurre l'emissione totale di questo gas, soprattutto se confrontato con il sistema a combustibili fossili. Inoltre c'è da tenere presente che non è stata considerata la quantità di carbonio che può assorbire il terreno nella fase di crescita delle piante in quanto i dati disponibili in letteratura (Spath P.L., 1997) sono molto discordanti tra loro. Con l'aggiunta di un dato realistico l'emissione netta di CO<sub>2</sub> sarebbe sicuramente vicina a zero.

Le emissioni di NO<sub>x</sub> ed SO<sub>x</sub>, che per i due sistemi rappresentano le emissioni atmosferiche più importanti dopo la CO<sub>2</sub>, sono da imputare in misura maggiore (più del 50%) per entrambi alla fase di generazione di energia elettrica nell'impianto di conversione e, relativamente alla produzione di biomassa, alla produzione ed applicazione dei fertilizzanti.

Le emissioni di inquinanti in acqua sono nel totale maggiori per il sistema a combustibili fossili, con una prevalenza del sistema a biomassa solo nel caso dei pesticidi e dei fertilizzanti. Infatti si ha una grande differenza nell'emissione di composti azotati, responsabili dell'eutrofizzazione.

Per quanto riguarda il consumo di risorse ed energia il sistema a biomassa ha il suo punto debole nell'uso del gasolio nelle varie operazioni meccaniche del processo di produzione



della biomassa, anche se la determinazione dell'efficienza del ciclo di vita per entrambi i sistemi ha messo in evidenza come, anche da un punto di vista energetico l'utilizzo di biomassa al posto dei combustibili fossili convenzionali può essere conveniente.

I risultati delle fasi di caratterizzazione, normalizzazione e valutazione finale dei due sistemi, come c'era da aspettarsi, sono a favore della biomassa piuttosto che dei combustibili fossili, ma ciò dipende strettamente dal modello utilizzato, dalle ipotesi fatte, anche se già i dati reali sulle emissioni tendono favorevolmente verso la produzione di biomassa ad uso energetico.

### **c. Produzione di calore tramite biomassa o gas naturale**

L'obiettivo dello studio, in questo caso, è la individuazione di vantaggi e svantaggi ambientali derivanti dalla realizzazione di un sistema di riscaldamento ambiente e produzione di acqua calda a biomassa forestale in un comune della Liguria. Tali impatti sono quindi confrontati con analogo sistema utilizzante gas naturale come combustibile, individuandone i vari processi nei quali si verifica una trasformazione di materia o di energia.

Nel definire il confine del sistema lo studio parte dalla disponibilità forestale dell'area in oggetto, delle modalità di raccolta previste, il trasporto all'impianto di cippatura, la cippatura, il trasporto all'impianto di combustione e relativa combustione. Ognuna di queste fasi viene caratterizzata in termini di prelievi di energia e materia con carichi ambientali associati ai processi considerati.

Il ciclo di vita del gas naturale viene descritto a partire dall'estrazione seguendo i vari processi fino all'utilizzo finale, analizzato nei vari processi tramite un modello denominato GEMIS (Global Emission Model for Integrated Systems).

Le analisi svolte hanno portato alle seguenti conclusioni:

- La catena dei processi di upstream necessari al trasporto ed alla preparazione della biomassa si estende geograficamente su una superficie considerevolmente minore rispetto a quella necessaria per il trasporto del gas naturale nel nostro paese. Le conseguenze di questa diversità fanno sì che il trasferimento del gas naturale dal luogo d'estrazione a quello dove l'energia è fruita, necessiti di una maggiore quantità d'infrastrutture, materiali ed energia ausiliaria, rispetto al trasporto di un'equivalente quantità d'energia sotto forma di biomassa forestale.
- L'efficienza energetica del sistema a biomassa è superiore rispetto a quella del sistema basato su gas naturale.
- Le emissioni generate dal sistema basato su biomassa forestale sono prevalentemente costituite dai gas derivanti dalla combustione finale del legno ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , VOC, polveri) i cui effetti tendono a manifestarsi nei pressi del luogo di rilascio. A confronto il processo di combustione del gas naturale presenta emissioni sensibilmente contenute.
- La quantità del gas serra  $\text{CO}_2$  rilasciata durante la combustione della biomassa è bilanciata dal processo di fissazione di  $\text{CO}_2$  nella fotosintesi. Le emissioni di anidride carbonica del sistema sono quindi determinate, nell'ipotesi di sfruttamento conservativo della biomassa, solamente dall'impiego di combustibili fossili nei processi di trasporto e trasformazione del legno.
- Il sistema del gas naturale, a causa della natura fossile del combustibile e del rilascio di quantità non trascurabili di  $\text{CH}_4$  in ciascuno dei processi di upstream, si dimostra più impattante per la categoria "riscaldamento globale" rispetto all'opzione che impiega biomassa forestale.
- Il sistema energetico basato su combustione diretta di biomassa forestale non appare significativamente migliorabile in relazione agli impatti ambientali a scala locale esaminati



(acidificazione, formazione di inquinanti fotochimici, tossicologia, eutrofizzazione). L'adozione di dispositivi di controllo delle emissioni a valle del sistema, pur migliorando i risultati relativi a queste categorie, introduce effetti negativi sulle categorie a scala globale (riscaldamento globale, impoverimento di risorse).

L'aspetto per il quale gli impatti dei due sistemi sembrano differenziarsi in maniera significativa è la scala geografica sulla quale insistono: il sistema basato sulla biomassa mostra prevalentemente impatti su scala locale, il sistema del gas naturale si dimostra responsabile maggiormente degli effetti di fenomeni su scala globale.



## 6. Utilizzo di biomasse in alcune regioni italiane

### 6.1. Emilia Romagna

#### **Il potenziale teorico**

Il territorio dell'Emilia Romagna si estende per 2.214.204 ettari, e presenta caratteri geomorfologici e biologici molto vari, tali da caratterizzare e differenziare notevolmente le unità paesaggistiche in cui è suddiviso. E' possibile tuttavia individuare tre zone omogenee: la montagna, che copre circa il 25,1% del territorio complessivo, la collina che copre il 27,1% circa e pianura che copre il restante 47,8%.

L'elevata presenza di zone pianeggianti consente una vasta gamma di produzioni agricole sparse complessivamente su 1,6 milioni di ettari, distribuiti in oltre 135.000 aziende agricole per una superficie agricola utilizzata (SAU) complessiva di circa 1,2 milioni di ettari. I tre quarti della SAU sono destinati ai seminativi (cereali, colture industriali, ortive e foraggiere avvicendate), il 14% a colture permanenti (fruttiferi e vite) e il 10% a prati e pascoli.

Il complesso delle aree forestali in Emilia Romagna ammonta ad oltre 518.000 ettari, pari al 23,4% dell'intero territorio regionale.

La superficie boschiva è distribuita nella zona di montagna per il 67,45%, in quella di collina per il 27,45% ed in pianura per il 5,1%.

La valutazione del potenziale di utilizzo di biomassa nella regione considerata risulta abbastanza difficoltosa, in quanto da un lato non sono ancora disponibili dati statistici aggiornati e dettagliati<sup>1</sup>, dall'altro non sono state effettuate verifiche puntuali sul territorio in esame.

Alcune di queste verifiche rientrano normalmente nelle analisi preliminari alla definizione dei Piani Energetici Regionali, di cui però la regione Emilia Romagna non si è ancora dotata. L'avvio delle attività di indagine è infatti attualmente in corso.

Le valutazioni che vengono presentate di seguito sono state elaborate da ITABIA (Italian Biomass Association) e costituiscono un'indicazione di massima sulle conoscenze esistenti.

Le biomasse vegetali che interessano una possibile destinazione energetica sono costituite da:

- Residui delle coltivazioni erbacee (paglia, stocchi, ecc.)
- Residui delle coltivazioni erbacee (patate)
- Legname da bosco ceduo
- Residui legnosi del taglio delle fustaie
- Residui dalle attività agroindustriali
- Coltivazioni dedicate

Quest'ultima categoria, che pure ha notevoli potenzialità, soprattutto verso la produzione di biocombustibili liquidi, non è qui analizzata in quanto non si tratta propriamente di una "biomassa disponibile".

Anche i residui lignocellulosici di attività industriali non trovano un'analisi in questa sede in mancanza di dati attendibili ed utilizzabili.

---

<sup>1</sup> I dati del Censimento dell'Agricoltura del 2000 non sono ancora disponibili ed il precedente Censimento risale a dieci anni fa; l'unico Inventario Forestale Nazionale è stato realizzato nel 1985.



I dati più attendibili, tra quelli reperibili in letteratura, fanno riferimento ad un'indagine condotta nel 1994 dall'AIGR (ora AIIA) con un finanziamento dell'ENEA.

Tenendo conto della dichiarata approssimazione dell'analisi, il quadro risultante per la regione analizzata è riportato nella tabella 1.

Tabella 1 – Biomasse disponibili secondo lo studio AIGR – ENEA 1994

<b>EMILIA ROMAGNA</b>	<b>Tonnellate</b>
Residui agricoli	647.000
Residui forestali	615.000
Residui agroindustriali	200.000
<b>Totale</b>	<b>1.462.000</b>

ITABIA ha proceduto ad aggiornare il dato relativo ai residui agricoli (erbacee ed arboree), con i risultati esposti nella tabella 2. Le due tabelle non sono comparabili perché i dati sono stati analizzati seguendo metodologie diverse. I dati esposti nella tabella 2 riguardano i residui realmente raccogliibili ed utilizzabili, ma non tengono conto della percentuale che viene attualmente destinata alla commercializzazione.

Tabella 2 – Biomasse disponibili secondo preliminari valutazioni aggiornate - ITABIA

<b>Residui di</b>	<b>Tonnellate</b>
Grano	520.000
Orzo	85.000
Mais (stocchi)	730.000
Mais (tutoli)	106.000
<b>Sub-totale</b>	<b>1.441.000</b>
Melo	12.300
Pero	31.800
Pesco	46.200
Albicocco	6.000
Nettarine	21.100
Susino	6.300
Ciliegio	4.200
Olivo (solo frasca)	2.500
Vite	69.800
<b>Sub-totale</b>	<b>200.200</b>
<b>TOTALE</b>	<b>1.641.200</b>



Per quanto riguarda il legname proveniente dal bosco ceduo e dalle fustaie l'analisi è ancora più complessa ed i risultati incerti.

La superficie interessata (al 1997) dovrebbe aggirarsi sui valori riportati in tabella 3.

Tabella 3 – Superfici forestali

<b>Emilia Romagna</b>	<b>ha</b>
Fustaie	95.000
Cedui	308.000
<b>Totale</b>	<b>403.000</b>

Fonte: elaborazioni su dati ISTAT; escluse le formazioni forestali minori

Estrapolando per quanto possibile i dati disponibili appare che in Emilia Romagna circa l'1 – 1,5% della superficie a ceduo è sottoposta annualmente a taglio con una produzione di legno dell'ordine di 300.000 t<sup>2</sup>.

Considerando la conformazione del territorio e le condizioni strutturali al contorno è ragionevole ritenere che nel breve periodo la quantità del legname globalmente ottenibile possa arrivare, a seguito dell'incremento delle superfici interessate al taglio turnato, a quantità dell'ordine di 650.000 t.

Per quanto riguarda le fustaie, la cui utilizzazione attuale è fortemente limitata, la frazione destinabile ad energia è costituita dalla biomassa (cimali, rami, ramaglie, ecc.) che rimane esclusa dalle operazioni di esbosco dei tronchi, destinati a legname da opera; tale frazione è valutabile nel 30 – 40% del totale della massa legnosa.

Tenendo conto della durata dei turni, dell'ordine dei cento anni, la superficie interessabile da utilizzare non raggiungerebbe i 1.000 ha/anno, con produzioni di biomassa residuale di poche migliaia di t/anno. Anche se localmente ciò può essere di qualche interesse - anche in collegamento con l'incremento delle operazioni del bosco - a livello di analisi a grande scala queste quantità possono essere ignorate.

Per quanto riguarda il potenziale energetico derivante dalle biomasse è opportuno fare riferimento al potere calorifico inferiore, rapportato al contenuto di sostanza secca della varie biomasse.

I risultati sono esposti in tabella 4. E' tuttavia necessario ricordare che l'energia netta ottenibile dipende dal rendimento di conversione del sistema impiegato.

Tabella 4 – Potenziale energetico lordo delle biomasse disponibili (tep/anno)

<b>Emilia Romagna</b>	<b>tep/anno</b>
Residui erbacee	510
Residui arboree	50
Legname da ceduo	150
<b>Totale</b>	<b>710</b>

<sup>2</sup> Al 40 – 50% di umidità relativa



### Utilizzo attuale e progetti in corso

Una indagine effettuata presso i servizi della Regione competenti per la tematica delle biomasse ad uso energetico ha evidenziato che non sono disponibili studi o analisi che presentino la situazione di utilizzo delle biomasse ad uso energetico in Emilia Romagna, né un repertorio degli impianti operanti ad oggi.

Un indicatore dell'interesse che si sta sviluppando per il tema può essere tuttavia reperito nel numero di proposte progettuali ricevute dal Servizio Energia della Regione in occasione della pubblicazione del "Piano regionale d'azione per l'acquisizione di un primo parco-progetti in materia di uso razionale dell'energia, risparmio energetico valorizzazione delle fonti rinnovabili e limitazione delle emissioni di gas a effetto serra<sup>3</sup>" il 16 giugno 1999 con scadenza 10 settembre dello stesso anno.

Le proposte presentate, raccolte per tipologia, sono disponibili di seguito:

#### VALORIZZAZIONE ENERGETICA DELLE BIOMASSE

<b>Titolo dell'iniziativa</b>	<b>Provincia</b>	<b>Importo dell'investimento (in milioni di Lire)</b>
Centrale termica ad olio diatermico alimentata da combustibili alternativi della potenza di 10MW con possibilità di produzione di energia elettrica	Bologna	29.820
Impianto termoelettrico a biomasse	Forlì - Cesena	94.695
Impianto per l'utilizzo di fonti rinnovabili di energia nell'industria del laterizi	Parma	8.000
Gestione sostenibile del patrimonio forestale con interventi di conversione all'alto fusto, diradamenti, imboschimenti e piani di assestamento	Parma	2.785
Montagna polmone verde del territorio	Piacenza	15.000
Impianti a combustibile biomassa "Calorina" (n. 10 progetti localizzati in diversi comuni)	Piacenza	2.117
Realizzazione di impianto di cogenerazione a biomassa integrato con rete di teleriscaldamento	Piacenza	60.000
Valorizzazione energetica delle biomasse agricole e dei rifiuti civili ed agroindustriali	Ravenna	460
<b>Energia risparmiata totale (Tep/anno)</b>		<b>45.388</b>

<sup>3</sup> Bollettino Ufficiale della Regione Emilia-Romagna, n. 75 del 16 giugno 1999. Sito Internet: <http://sin90srv.regione.emilia-romagna.it/cgi-bin/db2www.exe/bur/burtext/bur?anno=1999&numbol=75&prog=16&ftit=>



**BIOGAS**

Titolo dell'iniziativa	Provincia	Importo dell'investimento (in milioni di Lire)
Impianto di recupero energetico a biogas	Bologna	1.500
Impianto di recupero energetico a biogas	Bologna	1.800
Sostituzione e potenziamento gruppi di produzione di energia elettrica da biogas	Bologna	1.300
Programma qualificazione riduzione consumi energetici, limitazione emissioni gas effetto serra, formazione personale addetto	Ferrara	1.800
Ampliamento impianto produzione energia elettrica alimentato a biogas	Forlì - Cesena	4.620
Studio sistema integrato ottimizzato di riduzione gas serra da discariche controllate per RSU esaurite	Forlì - Cesena	0
Risanamento ambientale discarica comunale. Produzione energia elettrica da biogas. Realizzazione impianto di compostaggio con limitazione emissioni gas serra	Forlì - Cesena	4.100
Recupero energetico del biogas prodotto dai rifiuti solidi urbani	Modena	2.982
Bonifica da biogas del I e II settore della discarica di I categoria con recupero energetico	Ravenna	1.500
Impianto di produzione energia elettrica alimentato a biogas	Ravenna	3.900
Recupero energetico del gas biologico	Reggio Emilia	2.100
Realizzazione centro vivaistico con serra utilizzante energia prodotta dalla combustione di biogas	Reggio Emilia	840
<b>Energia risparmiata totale (Tep/anno)</b>		<b>2.840</b>

**UTILIZZAZIONE DI BIODIESEL**

Titolo dell'iniziativa	Provincia	Importo dell'investimento (in milioni di Lire)
Riduzione consumi di energia e miglioramento condizioni di compatibilità ambientale nel trasporto scolastico	Forlì - Cesena	80
Utilizzazione di combustibile derivato da biomassa per autotrazione nell'ambito di un servizio di trasporto pubblico locale	Forlì - Cesena	50
Riduzione delle emissioni di CO <sub>2</sub> con uso di biodiesel quale carburante	Ravenna	541
Riduzione delle emissioni di CO <sub>2</sub> con uso di biodiesel quale combustibile per centrali termiche	Ravenna	87
Sperimentazione biodiesel	Modena	50
<b>Energia risparmiata totale (Tep/anno)</b>		<b>Non disponibile</b>



## TELERISCALDAMENTO CON BIOMASSE

Titolo dell'iniziativa	Provincia	Importo dell'investimento (in milioni di Lire)
Impianto per la digestione anaerobica termofila di FORSU	Bologna	800
Estensione del servizio di teleriscaldamento	Bologna	3.551
Teleriscaldamento urbano mediante impianto a biomassa	Parma	30.600
<b>Energia risparmiata totale (Tep/anno)</b>		<b>5.669</b>

Fonte: Servizio Energia – Regione Emilia Romagna

Con l'avvio dei certificati verdi, l'interesse economico per iniziative di sfruttamento energetico delle biomasse è in crescita e si auspica che questa occasione venga colta per promuovere interventi qualificati, innovativi e volti alla sostenibilità.

### **Politiche regionali per un utilizzo energetico delle biomasse**

Come precedentemente citato, lo sfruttamento energetico delle biomasse, come tutte le fonti energetiche rinnovabili, era contemplato tra gli interventi ammissibili nel "Piano regionale d'azione per l'acquisizione di un primo parco-progetti in materia di uso razionale dell'energia, risparmio energetico valorizzazione delle fonti rinnovabili e limitazione delle emissioni di gas a effetto serra" della Regione Emilia Romagna. Questo intervento era finalizzato a raccogliere idee progettuali da co-finanziare successivamente con i fondi della Carbon Tax destinati alle regioni, la cui assegnazione ha però subito ritardi.

La Regione Emilia Romagna partecipa inoltre alla sperimentazione avviata con il progetto PROBIO del Ministero per le Politiche Agricole e Forestali per lo sviluppo della catena del biodiesel.

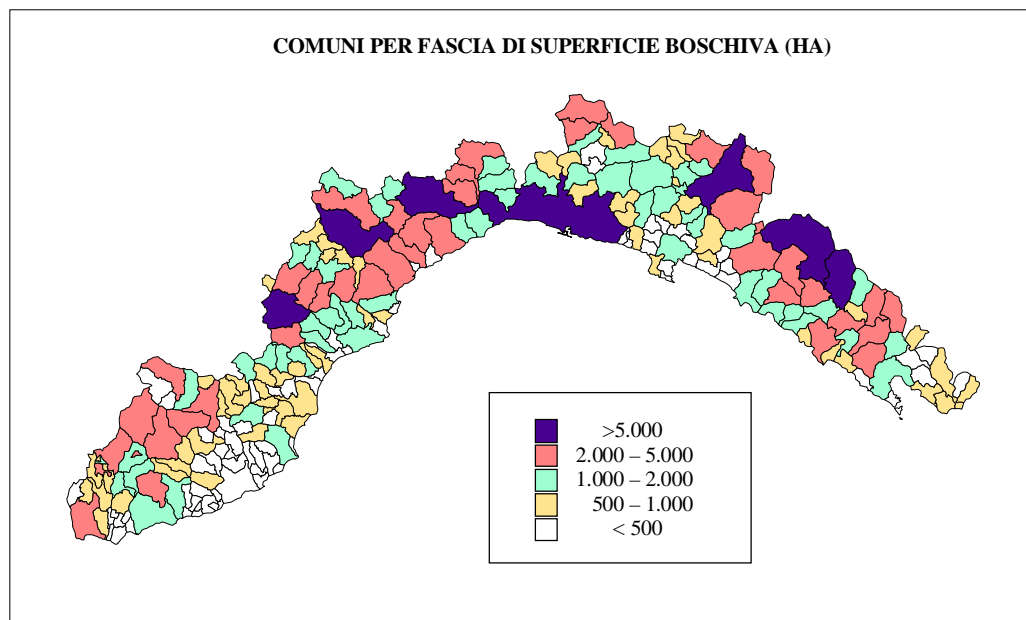
Infine è opportuno citare il Piano Regionale di Sviluppo Rurale che prevede un intervento specifico per l'incentivazione di specie forestali a rapido accrescimento da utilizzare per la produzione di biomassa (Asse 2, Misura 2H, AZIONE 2, intervento 2.3)<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Piano Regionale di Sviluppo Rurale della Regione Emilia Romagna 2000-2006  
<http://www.regione.emilia-romagna.it/agricoltura/prsr/prsr.htm>

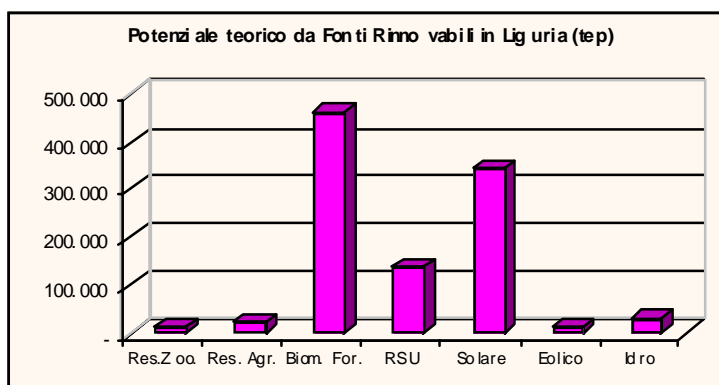
## 6.2. Liguria

### Il potenziale teorico

La Liguria è una regione con caratteristiche esclusivamente collinari e/o montagnose in cui più di un terzo del territorio risulta coperto da boschi (circa il 35% secondo l'ultimo censimento agricolo-forestale dell'ISTAT).



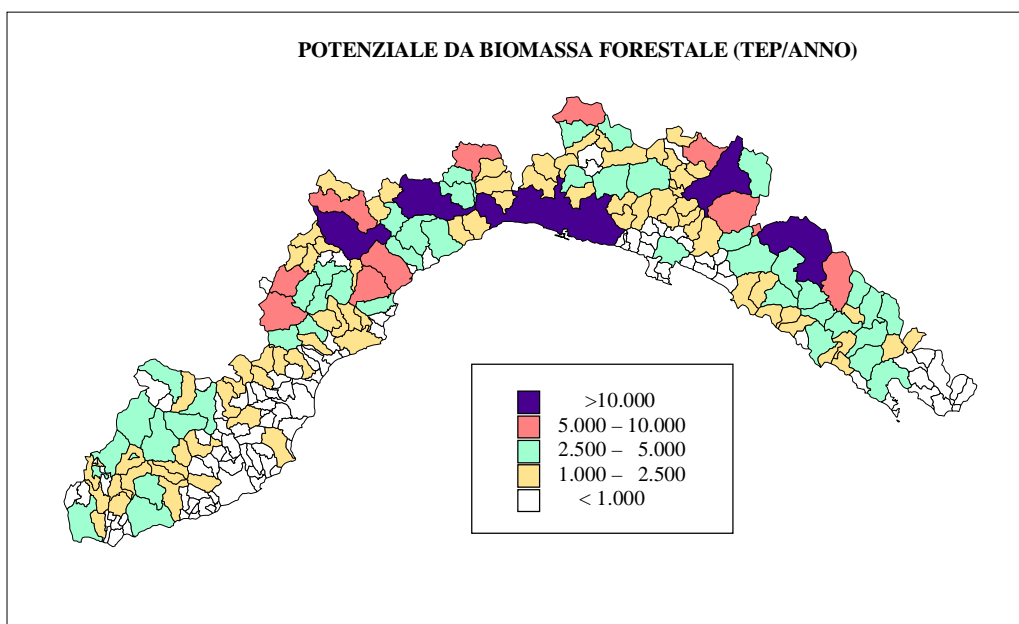
Questa considerazione rende del tutto evidente che le biomasse forestali costituiscono una risorsa distribuita piuttosto uniformemente sul territorio e dalle stime sul potenziale teorico nella regione emerge che tale risorsa è predominante fra tutte le fonti rinnovabili d'energia.



Il potenziale teorico, ricordiamo, si riferisce all'intera risorsa presente sul territorio ma va sottolineato come solo una parte di questa, il cosiddetto potenziale effettivo, è in realtà sfruttabile nelle condizioni tecnologiche, economiche e sociali al contorno.

In relazione alla biomassa forestale, ben 41 comuni presentano un potenziale annuo superiore a 2 ktep derivanti dalla possibile gestione energetica della fonte.

Osservando in dettaglio il livello della densità specifica della risorsa, è facile constatare come lo sfruttamento energetico del patrimonio boschivo costituisca una grande opportunità per gran parte dei comuni liguri.



La valorizzazione delle biomasse agricole non costituisce invece un'opportunità altrettanto valida.

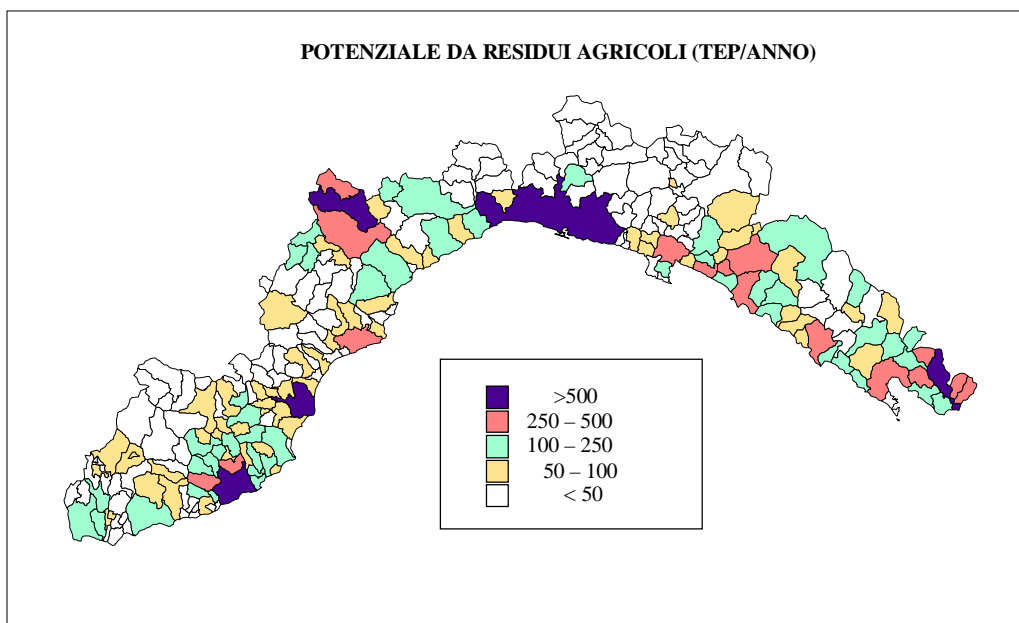
L'opportunità di un corretto sfruttamento di questo potenziale è da vedersi soltanto in concomitanza di una forte concentrazione della risorsa che va analizzata, caso per caso, valutando l'interesse che possono esprimere più aziende agricole dislocate su un territorio limitrofo o parallelamente ad un'iniziativa finalizzata allo sfruttamento di biomasse forestali.

**Potenziale teorico delle Biomasse in Liguria (tep)**

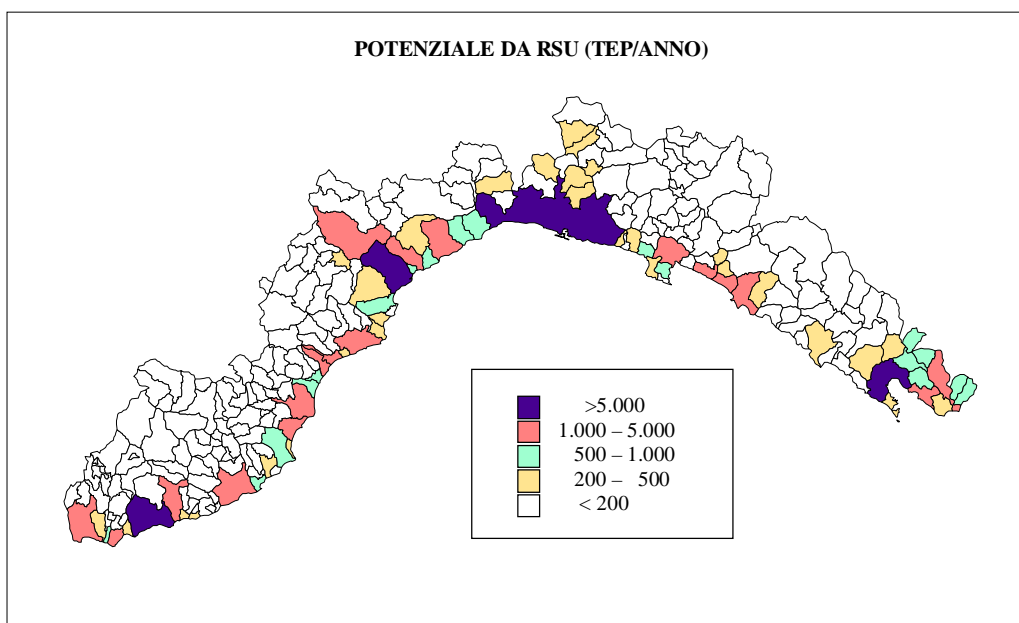
PROVINCIA	Residui Zootecn.	Residui agricoli	Biomassa forestale	RSU <sup>1</sup>
GENOVA	5.668	5.068	155.959	71.142
IMPERIA	1.464	5.810	69.244	19.770
LA SPEZIA	2.939	5.993	81.865	18.068
SAVONA	3.151	6.514	156.545	26.884
<b>LIGURIA</b>	<b>13.222</b>	<b>23.385</b>	<b>463.613</b>	<b>135.864</b>

(1) Riferito alla produzione totale di RSU con relativa ipotesi di raccolta differenziata

Ancor più dei residui agricoli sono i residui solidi animali ad esprimere bassissime potenzialità in Liguria.



Sicuramente di maggior rilievo sono i risultati espressi dalla teorica valorizzazione energetica dei rifiuti solidi urbani nelle sue diverse forme. In quest'ottica non bisogna dimenticare che i RSU costituiscono solo in ultima fase un bene da valorizzare energeticamente, privilegiandone in ogni caso il recupero ed il riuso tramite raccolta differenziata.



Dal punto di vista del potenziale energetico i comuni esprimono capacità proporzionali al reddito pro-capite della popolazione, alla densità abitativa e soprattutto in funzione del numero di abitanti.

È pertanto ovvio che i comuni più popolosi debbano prendere in considerazione forme di smaltimento differenti dalle tradizionali anche in un'ottica di recupero energetico.

Per i comuni più piccoli è invece necessario pensare a forme di aggregazione delle utenze per bacini in modo da costituire nuclei di dimensione tale da rendere efficiente il sistema di valorizzazione energetica soprattutto dal punto di vista economico.



Nel suo complesso il potenziale da fonti rinnovabili per l'intera regione è stato quantificato superiore al milione di tep, di cui l'80% circa che fa riferimento alle biomasse forestali ed al solare.

### **Utilizzo attuale e progetti in corso**

Nonostante il potenziale teorico espresso dalla regione, come illustrato nel punto precedente, non sono presenti sul territorio ligure impianti energetici di rilievo che utilizzano biomassa. Pertanto l'utilizzo della risorsa fa principalmente riferimento alla legna da ardere, stimato essere nella regione di circa 155 Ktep, con un peso nel settore residenziale superiore al 14%. Sempre nel residenziale ritroviamo l'utilizzo di scarti da lavorazioni dell'industria olearea (sansa) soprattutto nell'imperiese, comunque con cifre poco significative.

La regione ha promosso di recente la realizzazione di tre impianti di riscaldamento con piccola rete di teleriscaldamento funzionanti a biomassa forestale in altrettanti comuni di una Comunità Montane della provincia di Genova. La potenza complessiva degli impianti è intorno ai 3 MWt, con le utenze servite che fanno principalmente riferimento ad enti pubblici (scuole, municipi,...).

Il finanziamento di tali impianti è a carattere pubblico (regione, Provincia, Comunità Montana e Comuni coinvolti) in quanto considerati impianti pilota sul territorio. La fornitura della biomassa necessaria al funzionamento degli impianti viene garantita da un consorzio forestale privato che già opera sul territorio con la necessità di collocare gli scarti della loro attività.

### **Politiche regionali per un utilizzo energetico delle biomasse**

Le attività relative al PER Liguria finora svolte hanno portato ad individuare quattro temi o settori di interesse regionale:

- fonti rinnovabili (biomasse e solare termico);
- trasporti (considerati dal punto di vista della intermodalità, funzionale agli obiettivi di riduzione delle emissioni atmosferiche);
- aree dismesse (numerose nella Regione, in cui operare delle scelte industriali ambientalmente compatibili);
- consumi domestici (rappresentano il 37% dei consumi energetici regionali).

Inoltre in tutti i documenti elaborati in questi ultimi anni da parte dell'Amministrazione regionale attinenti l'energia, l'ambiente ed il territorio, iniziative riguardanti l'utilizzo delle biomasse (soprattutto forestali) sono viste con favore. Si fa principalmente riferimento a:

- Piano Energetico Regionale (I fase)
- Agenda 21 regionale
- Piano di risanamento e tutela della qualità dell'aria

Inoltre lo sfruttamento della risorsa biomassa si colloca perfettamente nella strategia di sviluppo indicata nell'ultimo Documento Unico di Programmazione - Obiettivo 2000-2006 (DOCUP). Infatti nella definizione delle linee strategiche generali del suddetto documento viene indicato espressamente che "la strategia deve essere orientata a soddisfare i seguenti obiettivi: accrescere la competitività del sistema economico, rafforzare la struttura occupazionale e conservare e valorizzare le risorse naturali". Tutti questi elementi trovano rispondenza in un ipotetico piano di sfruttamento della risorsa forestale nella regione.



A questo proposito Le Regione Liguria, negli ultimi anni, ha emanato due leggi regionali che fanno riferimento, direttamente o indirettamente, alla gestione delle foreste nella regione:

- Legge regionale n°9 del 28/1/1993 "*Organizzazione regionale della difesa del suolo in applicazione della legge 18 maggio 1989 n. 183*";
- Legge regionale n°4 del 22/1/1999 recante norme in materia di foreste ed assetto territoriale.

### 6.3. Toscana

#### **Il potenziale teorico**

Le biomasse residue disponibili in Italia, se si escludono le produzioni boschive (assortimenti legnosi da lavoro, legna da ardere) sono stimate in 17.206 kt/anno.

#### **Biomasse residuali disponibili in Italia (escluse le produzioni legnose)**

<b>Area</b>	<i>Sottoprodotti agricoli (kt/a)</i>	<i>Sottoprodotti forestali (kt/a)</i>	<i>Scarti industria agro-alimentare (kt/a)</i>	<b>Totale</b>
Nord	3.468	3.529	789	7.786
Centro	1.513	2.425	313	4.251
Sud-Isole	2.868	1.764	537	4.251
Italia	7.849	7.718	1.639	17.206
	45,6%	44,9%	9,5%	100%

Fonte: "*Linee guida per la realizzazione di impianti bioenergetici alimentati con biomasse da selvicoltura a breve rotazione (SRF)*". ITABIA - ALTENER 1998 (in corso di stampa)

Anche il sistema agroforestale della Regione Toscana ha grandi potenzialità produttive di biomasse di scarto che ad oggi vengono distrutte o abbandonate in loco e solo in misura limitatissima utilizzate come risorse energetiche.

I boschi, che ricoprono una superficie complessiva di circa 981.312 ettari, arbusteti esclusi, potrebbero rappresentare la fonte principale per il recupero di biomasse di scarto; tuttavia anche il settore agricolo con i suoi 63.286 ettari di vigneto, 93.772 ettari di oliveto, 5.242 ettari di frutteti e 173.338 ettari di seminativi, può costituire una fonte di primaria importanza per la produzione di residui agricoli per uso energetico.

Secondo recenti studi e stime inerenti le caratteristiche e le disponibilità potenziali delle principali biomasse agroforestali di scarto, in Toscana sarebbe possibile recuperare le tipologie di prodotto illustrate nella tabella.



## Disponibilità annua potenziale biomassa di scarto in Toscana

TIPOLOGIE SCARTI	q/anno di Sost Fresca	q/anno di sostanza secca	P.C.L * Kcal/Kg di S.S.	TEP*
Ramaglie cedui di valore	1.058.262	529.131	4.100	21.269,00
Ramaglie cedui dolci	1.187.907	593.953	4.000	23.292,30
Altri cedui tutta la produzione	3.563.718	1.781.859	4.000	69.876,80
Scarti da fustaie resinose	246.050	123.025	4.200	5.065,70
Scarti da fustaie latifoglie	150.858	75.429	4.100	3.031,90
Residui tagli di utilizz. fustaie varie (latif., resin., miste)	172.780	86.390	4.100	3.472,50
Ripulitura cesse - linee elettriche	40.000	26.750	4.200	1.101,50
Cure colturali castagneti da frutto	232.500	116.250	4.000	4.558,80
Materiale risulta vigneti	1.193.000	596.000	4.300	25.125,50
Materiale risulta oliveti	937.000	421.650	4.200	17.162,10
Materiale risulta frutteti	128.000	64.000	4.300	2.698,00
Materiale risulta vivai	16.000	9.600	4.300	404,70
Recupero paglia	3.300.000	2.800.000	3.950	108.431,40
Biorifiuti				
Potature(76%)	836.000	668.800	3.298	21.624,50
Erba fresca (20%)	220.000	55.000	575	310,00
Foglie secche	44.000	39.600	4.337	1.683,80
Scarti lavorazione industria del legno	77.265	61.812	4.100	2.484,60
<b>TOTALE</b>	<b>13.403.340</b>	<b>8.949.249</b>		<b>311.793.10</b>

(\* Potere Calorifico Inferiore; ~ tep = tonnellate equivalenti petrolio)

Fonte: elaborazione dati Progetto U.E. SORTE "Utilizzazione energetica di biomassa agro-forestale", anno 1997



**Percentuale di biomassa residua in alcuni boschi di latifoglie della Toscana**

Specie	Castagno			Faggio			
	Ceduo			Fustaia			
Governo							
Diametro 1,3 m [cm]	15	20	25	15	20	25	35
H totale [m]	10-11	12-13	14-15	12-13	14-15	16-17	24-25
<b>Volume totale [mc/p. ta]</b>	0,127	0,248	0,450	0,177	0,335	0,555	1,506
Ramaglia cimali [%]	<b>28</b>	<b>23</b>	<b>26</b>	11	9	9	8

*Estratto da Di Tella - Tavole dendrometriche per le foreste di Vallombrosa e dell'Abetone*

*Settore forestale*

1. Ramaglie di cedui di faggio, cerro, roverella e leccio, detti cedui di valore, derivanti dal taglio annuale di circa 4.445 ettari di ceduo, pari al 1,9% del totale di tali cedui (ha 226.816) ed allo 0,6 % del totale dei boschi cedui della Regione Toscana (ha 695.008).
2. Ramaglie di cedui di specie dolci (castagno, carpino, nocciolo ecc) derivanti dal taglio annuale di circa 5.000 ettari di ceduo, pari al 1,9% del totale di tali cedui ed allo 0,7% del totale dei boschi cedui della Toscana.
3. Tutta la produzione legnosa (tronchetti e ramaglie) di altri cedui, non meglio suscettibili di altre utilizzazioni, derivante dal taglio di circa 3000-3.500 ha/anno, pari allo 0,4-0,5 % del totale dei boschi cedui regionali.
4. Cimali, ramaglie, tronchi e tronchetti di scarso valore commerciale derivanti da alcuni interventi selvicolturali (spalcatore, sfolli, diradamenti, tagli utilizzazione) di impianti di resinose adulte che occupano circa 71.872 ettari.
5. Ramaglie, tronchi e tronchetti di scarso valore commerciale derivanti da interventi selvicolturali realizzabili su alcune fustaie di latifoglie che nella regione occupano circa 80.448 ettari.
6. Biomasse residue derivanti da tagli di utilizzazione di fustaie di resinose, latifoglie e da fustaie miste resinose-latifoglie.
7. Materiale legnoso derivante da ripulitura di sponde fluviali ed argini, cesse antincendio, linee elettriche.
8. Frascame ed altro materiale legnoso derivante dalla gestione di alcuni castagneti da frutto coltivati (circa 15.520 ettari) ed in particolare dalle potature periodiche delle piante (superficie complessiva castagneti da frutto regionali ha. 32.336).

*Settore agricolo*

9. Materiale di risulta (tralci in particolare) derivante dalla conduzione di circa 63.286 ettari di vigneto.
10. Materiale di risulta, in particolare frascame e piccola ramaglia, derivante dalla conduzione di circa 93.772 ettari di oliveto.
11. Materiale di risulta, in particolare frascame e piccola ramaglia, derivante dalla conduzione di circa 5.242 ettari di frutteti (melo, pero, pesco ecc).
12. Scarti vegetali derivanti dalla gestione di circa 6.544 ettari interessati da colture vivaistiche varie.
13. Recupero di parte della paglia derivante dalla coltivazione di circa 173.338 ettari di cereali di cui ha 143.206 rappresentati da frumento.



Alla produzione di biomasse di scarto contribuiscono anche:

14. Biorifiuti derivanti dalla gestione del verde urbano pubblico in Toscana: 76% patate, 20 % erba fresca, 4% foglie.

15. Rifiuti ligneo-cellulosici, con particolare riferimento a scarti di legno da falegnameria e carpenteria, fibra di legno e pasta di legno.

Dai primi anni 90 in Toscana è stata attivata, su alcune decine di ettari, una specifica sperimentazione per la produzione di biomasse in impianti specializzati realizzati sia con specie erbacee annuali che poliennali, sia con specie arboree (pioppo in particolare).

Sono ancora in corso studi per verificare le reali potenzialità produttive di queste colture il cui sviluppo su “vasta scala” dipenderà dalla combinazione favorevole di vari fattori:

- incentivi finanziari per l'impianto e per il sostegno delle produzioni;
- sviluppo di un adeguato mercato di questo prodotto;
- deciso e concreto sviluppo dell'energia ottenuta da fonti rinnovabili;
- sviluppo e miglioramento delle tecnologie;
- informazione e assistenza tecnica alle aziende che potrebbero produrre biomasse;
- adeguate normative.

### ***Politiche regionali per un utilizzo energetico delle biomasse***

La Regione Toscana ha recentemente approvato il proprio Piano Energetico Regionale, che contiene una sezione specifica dedicata all'utilizzo energetico delle biomasse, con i seguenti contenuti.

#### *Obiettivi strategici*

- Dimensionare gli impianti non sulla domanda ma sull'effettiva disponibilità di biomassa
- Necessità di nuclei minimi di aggregazione degli utenti.
- Diffusione della conoscenza delle tecnologie.

#### *Risultati da raggiungere*

Incrementare l'utilizzo di tale fonte energetica in modo da raggiungere uno sfruttamento completo della biomassa effettivamente disponibile con tecnologie avanzate.

#### *Analisi svolte*

- Censimento delle attuali installazioni di impianti a biomassa.
- Analisi della quantità di biomassa effettivamente recuperabile tenendo presenti le potenziali barriere (pendenze, vincoli idrogeologici, ecc.).
- Analisi delle tecnologie di utilizzazione energetica della biomassa.

#### *Linee guida di piano*

- Incentivi fiscali che portino alla creazione di nuclei di utilizzatori della biomassa.
- Apertura di sportelli di informazione e formazione per l'utilizzo di tale fonte.

#### *Considerazioni finali*

Il potenziale energetico legato all'utilizzo della biomassa per fini energetici è molto elevato. Attualmente tale risorsa risulta sfruttata in modo marginale.

Le tecnologie per l'utilizzo in modo semplice della biomassa per fini energetici in modo da garantire il rispetto dell'ambiente esistono già ma sono poco conosciute.

E' importante una sensibilizzazione dei potenziali utenti per aumentare l'utilizzo di tale fonte energetica



## Riferimenti bibliografici

- Analisi comparata del ciclo di vita della produzione di energia elettrica da biomassa agricola e da combustibili fossili tradizionali, Tesi di laurea - Angelantonio Rafaschieri, Mario Tucci, Giampaolo Manfreda, Mario Rapaccioni
- Analisi comparativa delle legislazioni inerenti l'utilizzo delle biomasse agricole e forestali nei paesi europei – ITABIA, Luglio 1999
- Atti convegno "Gestione ed utilizzo energetico dei residui vegetali: problemi e soluzioni", Saluggia 2000
- Biomasse lignocellulosiche per usi energetici, Regione Piemonte
- Energia per il futuro: Le Fonti Energetiche Rinnovabili – Libro Bianco UE, Novembre 1997
- I moderni impianti di riscaldamento a legna: nuove tecnologie e nuove opportunità di mercato, progetto Altener
- I moderni impianti di riscaldamento a legna: nuove tecnologie e nuove opportunità di mercato, progetto Altener pireus, punto energia Brescia
- Il consumo di biomassa a fini energetici nel settore domestico, Enea V. Gerardi, G. Perrella
- La gassificazione delle biomasse, Scheda tematica 22 Conferenza Nazionale Energia e Ambiente - R. Avella, A. Calabrò, V. Gerardi, V. Pignatelli, E. Scoditti, D. Viggiano
- La situazione energetico-ambientale del Paese - Rapporto 1999, 2000 - Enea
- Libro Bianco per la valorizzazione energetica delle Fonti Rinnovabili, Enea Aprile 1999
- Libro Verde – Fonti Rinnovabili di energia, Enea Luglio 1998
- Piano di Sviluppo Rurale Regione Emilia Romagna 200-2006
- Piano Energetico Regionale della Regione Toscana – Rapporto di sintesi
- Piano Locale per lo Sviluppo e la Promozione dell'uso energetico delle Fonti Rinnovabili – Regione Liguria, Enea, 1995
- Potenziale delle Fonti Rinnovabili in Liguria - Regione Liguria, Cesen, 1999
- Progettualità e problematiche negli insediamenti energetici alimentati a biomassa, Regione Piemonte
- Programma Nazionale "Biocombustibili" (PROBIO)
- Programma Nazionale Energia Rinnovabile da Biomasse,(PNERB) MIPAF Giugno 1998
- Programma Nazionale per la Valorizzazione delle Biomasse Agricole e forestali (PNVBAF)- MIPAF Giugno 1999;
- Rapporto sul biodiesel, Comitato Termotecnico Italiano
- Regione Liguria – Piano Regionale per la difesa e la conservazione del Patrimonio Boschivo
- Rilevamento dati riguardanti la costruzione e l'esercizio di impianti di teleriscaldamento alimentati da biomasse operanti sul territorio nazionale, Conferenza Nazionale Energia e Ambiente
- Valutazione del ciclo di vita di un sistema di produzione di energia da biomassa forestale, Tesi di laurea - Francesco Durante Schiavone, Pietro Canepa



Questo documento è stato preparato nell'ambito delle attività della rete OPET - Organisations for the Promotion of Energy Technologies. - creata dalla Commissione Europea fin dal 1991 con l'incarico di promuovere le nuove tecnologie energetiche sul territorio, nel rispetto delle priorità fissate dalle politiche energetiche comunitarie, cioè sicurezza e diversificazione di approvvigionamento e riduzione dell'impatto ambientale.

La nuova rete OPET, istituita nel 2000 all'interno del V Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo Tecnologico, ha l'obiettivo di promuovere l'applicazione delle tecnologie energetiche a livello locale e di migliorare lo scambio internazionale di esperienze ed informazioni. A questo scopo partecipano alla rete 45 consorzi (108 organizzazioni) appartenenti agli stati membri ed associati dell'Unione, all'Europa Centro Orientale e ad alcuni stati terzi che hanno siglato accordi di cooperazione tecnologica con l'Unione Europea.

Il consorzio SEED coordinato da ASTER Agenzia per lo Sviluppo Tecnologico dell'Emilia Romagna (Bologna) e formato da CESEN - (Genova) e CESVIT (Firenze), è una delle tre organizzazioni OPET presenti in Italia.