



Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia

PRODUZIONE DI ENERGIA DA BIOMASSE DI ORIGINE VEGETALE

Giampiero Rubeo, Dario Di Santo, FIRE

In un paese con un'importante presenza di foreste e di terreni agricoli come l'Italia, la biomassa di origine vegetale è potenzialmente un'importante risorsa energetica rinnovabile, in grado di diminuire la dipendenza dalle importazioni di combustibili fossili e nel contempo ridurre la produzione di CO₂. Lo sfruttamento energetico delle biomasse locali può inoltre incrementare la cura e la manutenzione del territorio, in particolare dei boschi, ed ottimizzare l'uso delle risorse agricole, attraverso la gestione dei residui, delle potature e delle ceneri.

L'utilizzo di biomassa vegetale promette di ottenere molteplici prodotti energetici: calore, elettricità o combustibili vegetali (olio grezzo, biodiesel, etanolo, biogas, pellet), attraverso trattamenti meccanici e termici e processi di combustione, gassificazione, pirolisi, fermentazione e pellettizzazione.

In questo articolo si considera la trasformazione in calore ed energia elettrica di biomasse vegetali (residui di segherie, colture dedicate e potature boschive e urbane), preventivamente trasformate in cippato¹.

Oggi la trasformazione del cippato in energia avviene principalmente per combustione o per gassificazione. Quest'ultima è ancora ad uno stadio prototipale, quindi la combustione è la sola tecnologia commercialmente utilizzata per la produzione sia di calore, sia di energia elettrica. La combustione permette la trasformazione dell'energia chimica contenuta nella biomassa in energia termica, che può essere utilizzata tal quale o essere ulteriormente convertita in lavoro attraverso una macchina a fluido (generalmente una turbina a vapore).

Le filiere legno-energia

Esistono profonde differenze nell'utilizzazione delle biomasse per la produzione di elettricità o calore. La costruzione delle centrali elettriche, spinta primariamente dai favorevoli incentivi applicati alla generazione elettrica da fonti rinnovabili, privilegia l'impiego di turbine a vapore, che non possono funzionare efficacemente se non con taglie abbastanza elevate (nell'ordine delle decine di MW_e). La

¹ Legno ridotto in scaglie attraverso un semplice trattamento meccanico.



Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia

filosofia produttiva è quindi di tipo centralizzato e industriale, con conseguente sforzo logistico di approvvigionamento, spesso rivolto ai mercati internazionali.

Al contrario, nell'ottica di distribuire la produzione su tutto il territorio, la produzione di calore (5-10MW_t), o meglio la cogenerazione², appare la più valida opzione, spesso concretizzata con lo sviluppo di impianti di teleriscaldamento al servizio dei vicini centri abitati. Tale approccio produce importanti ricadute economiche sul territorio: opportunità e alternative di reddito alle imprese agricole e forestali che valorizzano la propria biomassa, tariffe agevolate per le utenze termiche finali. La produzione centralizzata di calore, pur essendo fortemente razionale dal punto di vista energetico e ambientale, trova evidenti limiti nel costo delle reti, che arriva ad assorbire dal 50% al 80% del costo totale dell'impianto.

D'altra parte la produzione di energia elettrica in impianti di taglia industriale non esclude la produzione di energia termica, realizzata qualora sia possibile utilizzare l'ingente quantità di calore³, altrimenti scaricato in ambiente, per alimentare una vicina – e consistente – utenza termica. In questo caso alla produzione di elettricità con rendimenti propri delle taglie maggiori si unisce il vantaggio del reddito addizionale dovuto alla valorizzazione del calore, resa interessante dalla sostituzione di un vettore, gas naturale o gasolio, molto costoso per l'utenza termica finale.

Le due filosofie di utilizzo della biomassa differiscono primariamente per lo sfruttamento della risorsa vegetale e per le modalità di approvvigionamento della medesima. Le centrali elettriche, caratterizzate da un'efficienza spesso inferiore al 20%, sono progettate per funzionare tutto l'anno a pieno carico, mentre gli impianti di riscaldamento funzionano a pieno carico solo nella stagione invernale, con rendimenti complessivi di gran lunga maggiori. In modo del tutto approssimato, il consumo di biomassa per MW installato risulta rispettivamente di 13.000 t/(annoMW_e) e 1.000 t/(annoMW_t). Inoltre, la taglia rilevante delle centrali elettriche rende necessario un approvvigionamento di almeno 100.000 tonnellate l'anno, valore questo particolarmente rilevante e che può determinare una forte pressione sul territorio nel caso di rifornimento locale. Tuttavia, la forte domanda generata da una sola di queste centrali, insieme con la maggior valorizzazione dei certificati verdi provenienti da filiera corta, potrebbe agire da motore di sviluppo, stimolando una significativa ripresa nell'attività agro-forestali locali. In fase di autorizzazione alla costruzione degli impianti è comunque bene procedere ad una

² Produzione combinata di energia elettrica ed energia termica (cogenerazione).

³ il rapporto di produzione fra energia elettrica ed energia termica è di circa 1 a 4.



Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia

valutazione accurata delle biomasse disponibili realmente (ossia non impegnate in altri contratti) e a quelle reperibili attraverso il recupero dei boschi e delle potature, che in genere richiede un po' di tempo per essere organizzato. L'approvvigionamento di un piccolo impianto di teleriscaldamento senza produzione di energia elettrica è invece molto più semplice da garantire, ma meno adatto a dare forte impulso alle attività territoriali.

Il reperimento della biomassa per uso energetico avviene principalmente attraverso:

- selvicoltura e agricoltura (tagli di maturità, diradamenti, interventi fitosanitari, S.R.F.⁴, potature ed espiananti dei frutteti e vigneti, manutenzione del verde urbano, etc);
- sottoprodotto industriale (scarti delle segherie, etc);
- importazione dall'estero (Brasile, Argentina, Russia, Canada, Cuba, etc).

A seconda delle caratteristiche dell'impianto dove avviene la conversione energetica, le biomasse vegetali utilizzate presentano inoltre diverse tipologie; generalmente esse sono distinte in:

- tronchetti: legna tagliata in pezzi e utilizzata dopo due anni di stagionatura all'aria (umidità al 20%).
- cippato: legno di scarsa qualità (scarti di tagli in bosco e dell'industria del legno, potature del verde urbano, ecc..) sminuzzato e commercializzato fresco con umidità del 35-40% (potere calorifico indicativo di 2.500 kcal/kg)
- pellet: segatura o finissime scaglie di legno essiccate e compresse nella forma di cilindri; questo combustibile è caratterizzato da bassa umidità (circa il 10%), elevato potere calorifico (4.500 kcal/kg) ed elevata densità.

Il costo del combustibile dipende dalla qualità richiesta, dal potere calorifico e dal costo del trasporto. Il cippato, combustibile dal basso potere calorifico, tende ad avere un'alta incidenza dei costi di trasporto. Grandi quantità di tale combustibile sono disponibili attraverso i canali dell'importazione e del recupero; in molti casi questo legname è uno scarto, che può essere acquisito a prezzi molto

⁴ Con il termine Short Rotation Forestry (S.R.F.) si intende la coltivazione, per la produzione di biomassa, di specie forestali a rapido accrescimento (pioppi, salici, robinia, ontano, eucalipto, ecc.) che, impiantate con un elevato grado di fittezza e gestite con idonee tecniche colturali, vengono raccolte con cicli di taglio assai più frequenti rispetto alle utilizzazioni tradizionali di prodotto legnoso (ITABIA, 1999).



Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia

modesti e il trasporto rappresenta dunque il costo maggiore⁵. Al contrario, i produttori locali hanno un costo di trasporto relativamente modesto, a cui però corrispondono costi di produzione e raccolta molto più elevati. La scelta tra le alternative è guidata dal prezzo alla consegna, dalla qualità del prodotto e dal servizio offerto dal produttore; in questo quadro il sottoprodotto industriale, proveniente principalmente dalle segherie, è il migliore su tutti i fronti.

Le condizioni di mercato per il cippato sono indiscutibilmente determinate dalle centrali elettriche industriali, rappresentando queste il principale utente del combustibile vegetale sminuzzato. I prezzi attuali sono relativamente bassi, circa 45-55 €/t tal quale, consegnata all'impianto. A questo prezzo la produzione locale di cippato forestale risulta conveniente solo in particolari circostanze, dove le condizioni di raccolta siano particolarmente favorevoli, o qualora la sua produzione rappresenti un'azione complementare, nell'ambito di una strategia integrata di raccolta volta a massimizzare il valore complessivo del legname disponibile. Diversamente, a prezzi maggiori (70-80 €/t tal quale, consegnata all'impianto) la produzione esclusiva di cippato forestale diverrebbe conveniente nella maggior parte delle stazioni trattorabili.

D'altronde le biomasse combustibili sono una fonte alternativa e sostitutiva del petrolio, il cui valore dovrebbe necessariamente essere legato al prezzo crescente del prodotto sostituito. In quest'ottica, una maggiore valorizzazione delle biomasse locali, e dunque uno sviluppo della filiera bosco-legno-energia, appare molto promettente. Di particolare interesse per il nostro Paese sono le zone alpine, prealpine ed appenniniche, molto ricche di combustibile vegetale e spesso non ancora raggiunte dalla metanizzazione. In tali zone la produzione di calore da biomasse è - in termini economici, energetici e ambientali - una valida alternativa al metano nella sostituzione del più costoso e inquinante gasolio.

Tuttavia, l'aumento del valore della materia vegetale non è una condizione sufficiente a rilanciare le attività forestali nel nostro paese. Problemi strutturali, quali la suddivisione del terreno agricolo-forestale tra un numero elevato di proprietari, la necessità di realizzare infrastrutture che rendano fruibili i boschi, le condizioni morfologiche (quote e pendii) spesso avverse, hanno portato al declino dell'imprenditoria forestale nel nostro paese. La risoluzione di tali problemi - questione politica - e una maggiore valorizzazione della biomassa prodotta - questione economica - potranno portare al rilancio delle attività di cura dei boschi, ormai abbandonati e in continua crescita, o all'affermazione di colture

⁵ In condizioni normali si può considerare che 1.000 km su gomma incidono per circa 25-30 €/t sul costo del combustibile; tale valore si dimezza per il trasporto su nave, per importazioni da oltreoceano.



Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia

energetiche dedicate, molto favorevoli per le condizioni climatiche del nostro paese, specialmente nel meridione.

Valorizzazione dell'energia prodotta

In linea del tutto generale, un impianto di produzione di elettricità e/o calore valorizza i vettori prodotti attraverso la vendita o l'autoconsumo; se tale produzione è imputabile allo sfruttamento energetico delle biomasse vegetali, forme di incentivazione possono migliorare il bilancio dell'impresa.

Valore di mercato

Per quanto riguarda le condizioni economiche per l'immissione in rete dell'energia elettrica prodotta, si può considerare quanto previsto dalla delibera dell'AEEG⁶ 34/05 (recentemente modificata con la delibera 280/07, ma mancano ancora indicazioni sui valori collegati all'applicazione delle nuove disposizioni). Per gli impianti alimentati da fonti rinnovabili e di potenza inferiore a 10 MVA, il gestore di rete riconosceva ai produttori un prezzo pari a quello di cessione dall'Acquirente Unico alle imprese distributrici per la vendita al mercato vincolato, valutato su richiesta come prezzo unico indifferenziato per fasce orarie e che, nei primi mesi del 2007, ha assunto il valore di circa 80 €/MWh⁷.

Per gli impianti di potenza inferiore a 1 MW_e, il gestore di rete riconosceva un prezzo minimo garantito per i primi due milioni di kWh ritirati; le eccedenze di produzione erano valorizzate al prezzo di cessione dall'Acquirente Unico alle imprese distributrici, come sopra definito.

La distribuzione e vendita dell'energia termica avviene attraverso reti di teleriscaldamento. La valorizzazione avviene al prezzo del mancato acquisto del combustibile e dalla caldaia, con relativi oneri di manutenzione. Considerando il prezzo di riferimento del gas per i consumatori domestici⁸, che all'inizio del 2007 ammontava a circa 70 c€/m³, il valore dell'energia termica distribuita attraverso la rete è di circa 99 €/MWh. Tale valore è intermedio fra quelli attualmente praticati, contenuti nell'intervallo 70-110 €/MWh.

Nel caso di autoconsumo di elettricità e/o calore prodotti, la valorizzazione avviene al prezzo del mancato acquisto. Nel 2007, il prezzo medio di acquisto dell'energia elettrica⁹, al netto del carico

⁶ Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas.

⁷ Fonte AU.

⁸ Fonte AU.

⁹ Fonte AU.



Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia

fiscale, risultava di circa 130 €/MWh; mentre considerando quale unico possibile autoconsumatore della grande quantità di calore disponibile un'utenza industriale, che si rifornisce di gas al prezzo stimato di 50 c€/m³ in virtù della accisa industriale in luogo di quella civile e degli sconti dovuti ai maggiori volumi acquistati, l'energia termica valeva 61 €/MWh.

Incentivazione dell'utilizzo di biomasse

Per quanto riguarda gli incentivi disponibili, al momento l'utilizzo della biomassa vegetale dà accesso ai Certificati Verdi e ai Titoli di Efficienza Energetica. Il recente D.Lgs. 159/07¹⁰ ha introdotto diverse novità nello schema di incentivazione dell'energia elettrica prodotta da biomasse vegetali.

L'energia elettrica prodotta da biomasse e biogas derivanti da prodotti agricoli, di allevamento e forestali ottenuti mediante filiere corte, cioè entro un raggio di 70 chilometri dall'impianto¹¹ che li utilizza, è incentivata mediante emissione di Certificati Verdi per un periodo di 15 anni e in numero pari al prodotto della produzione di energia moltiplicata per il coefficiente di 1,8. Per accedere a tale sistema di incentivazione, gli operatori della filiera di produzione e distribuzione sono tenuti a garantire la tracciabilità e la rintracciabilità della filiera.

Gli impianti di potenza inferiore a 1 MW che producono energia elettrica utilizzando biomasse e biogas ottenuti come sopra definito hanno diritto a una tariffa fissa omnicomprensiva pari a 0,30 €/kWh, per un periodo di 15 anni, in alternativa ai certificati verdi.

Diversamente, per le biomasse di origine vegetale provenienti da filiera lunga e per la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani (CDR) vale quanto acquisito con la Legge Finanziaria 2008 e con il D.Lgs. 159/07, ossia Certificati Verdi emessi per un periodo di 15 anni sull'energia elettrica prodotta con un fattore moltiplicativo pari a 1,1.

Nel caso di utilizzo di un mix di fonti, gli incentivi erogati riguardano solo la quota di produzione imputabile alla fonte incentivata e nel caso di sostituzione con altri combustibili non di origine agricola, tale quota di energia non ha diritto all'emissione dei certificati.

Nel 2007, i Certificati Verdi hanno assunto il valore di mercato di circa 118 €/MWh¹².

Gli impianti di produzione del calore alimentati a biomassa hanno inoltre diritto all'emissione di titoli di efficienza energetica per una durata di cinque anni. Nel 2007 il valore di mercato è stato di circa 40

¹⁰ Articolo 26, comma 4.

¹¹ Autorizzata in data successiva al 31 dicembre 2007.

¹² Fonte GME.



Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia

€/tep per quelli di tipo I e di 86 €/tep per quelli di tipo II¹³. Tuttavia attualmente molte centrali non sono riuscite ad ottenere alcun riconoscimento relativo ai Titoli di Efficienza Energetica dal momento che gli impianti, realizzati in aree montane non ancora raggiunte dalla metanizzazione, hanno sostituito l'uso del gasolio. In tal caso i titoli collegati, tipo III, non danno diritto al recupero in tariffa per i distributori, escludendo di fatto la possibilità di vendita sul mercato.

Confronto tecnico-economico fra alcune soluzioni

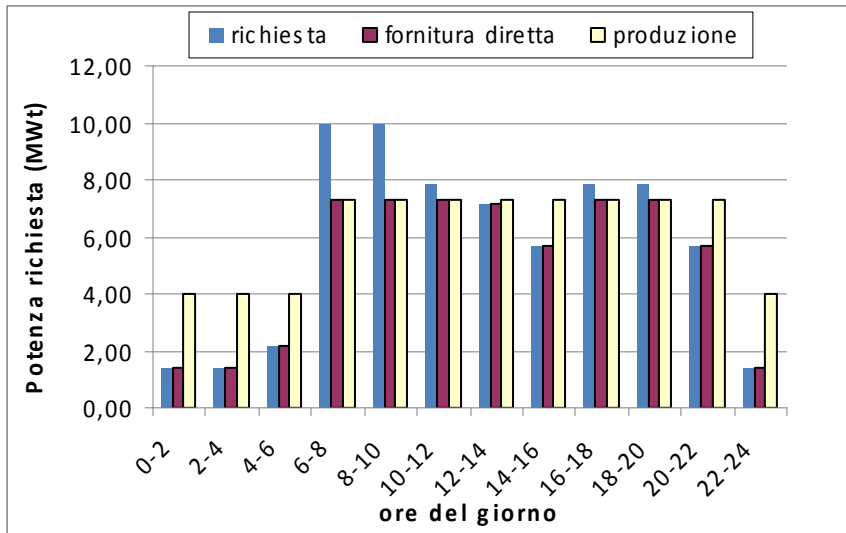
Per poter dare dei riferimenti concreti ad un'analisi tecnico-economica sulla realizzazione di impianti per la produzione di energia da biomasse vegetali è necessario mettersi in condizioni il più possibile generali. Questo non è semplice, dal momento che l'utilizzo energetico delle biomasse, le tipologie impiantistiche e le modalità di gestione degli impianti sono numerose. Essendo dunque la casistica molto ampia, si è deciso di considerare quattro ipotesi, corrispondenti a utenze replicabili e che rispondessero ad un fabbisogno di legname di medie dimensioni, realisticamente accessibile anche in un'ottica di filiera corta. Per le ragioni di generalità e cercando di rappresentare un riferimento significativo, si è scelto di considerare le seguenti applicazioni:

- la produzione di energia elettrica;
- la produzione centralizzata di calore, distribuito mediante rete alle utenze civili;
- la fornitura di energia elettrica e calore ad un'utenza industriale.

Nel seguito sono descritti gli assetti ipotizzati nei tre casi indicati, facendo riferimento alle due topologie di utenza citate in apertura.

Le centrali elettriche alimentate a biomassa utilizzano principalmente la tecnologia degli impianti a vapore, che rappresenta in pratica l'unica soluzione attualmente disponibile per sistemi al di sopra di 2-3 MW elettrici. Al fine di ridurre la richiesta di combustibile, senza penalizzare eccessivamente il rendimento di conversione, la soluzione impiantistica assunta è un impianto di taglia 5 MW_e, con efficienza netta in assetto elettrico del 22%, in funzione per 7.500 ore annue equivalenti al carico nominale.

¹³ Fonte GME.



La produzione di calore finalizzata alla distribuzione ad utenze civili può avvenire mediante caldaie dedicate o sistemi di cogenerazione. L'utenza termica è rappresentata da una richiesta di 15.000 MWh annui e picco di potenza di 10 MW_t. In Figura 1 si riporta il diagramma di carico del giorno di massima domanda di calore: il

Figura 1 Diagramma di carico termico assunto per il giorno di massima richiesta.

calore totale richiesto ammonta a 137 MWh_t ed è prodotto, al

netto delle perdite, con due caldaie a biomassa rispettivamente di 4 MW_t e 3,3 MW_t e un sistema di accumulo da 13 MWh_t. Durante le ore notturne, dalle 22 alle 6, si considera in funzione unicamente la caldaia da 4 MW_t, il cui surplus di produzione viene accumulato e utilizzato per coprire i picchi delle ore 6-12, quando sono in funzione entrambe le caldaie. Analogamente il surplus di produzione nelle ore 12-16 è utilizzato per coprire i picchi delle ore 16-20. Alle ore 22 avviene lo spegnimento della caldaia 3,3 MW_t, che riprenderà servizio il giorno successivo alle ore 6. La rete, ipotizzata di lunghezza pari 10 km e considerata nell'investimento iniziale dell'impianto, viene realizzata con contributo del 30% offerto dalla Regione. Le caldaie dedicate, di potenzialità medio-alta (4 MW_t e 3,3 MW_t), hanno efficienza in condizioni nominali del 80%, che scende al 68% considerando le perdite di rete (valutate al 15%), e funzionano per circa 2.000 ore annue equivalenti al carico nominale.

Per applicazioni cogenerative di piccola taglia (0,5-1,5 MW_e) la tecnologia attualmente più promettente, per affidabilità e semplicità di gestione, riguarda l'utilizzo di una macchina Rankine a fluido organico (ORC)¹⁴. Per permettere il confronto con il caso precedentemente descritto, si considera di sostituire la caldaia più grande con una caldaia ad olio diatermico e macchina ORC da 1,1MW_e, per circa 6 MW_t disponibili al condensatore. La macchina a fluido organico opera con efficienza elettrica media del 12.2% per 6.000 ore annue equivalenti al carico nominale: il calore

¹⁴ Acronimo di uso comune nella tecnica (Organic Rankine Cycle).



disponibile al condensatore viene recuperato ed inviato alle utenze termiche per circa 2.000 ore annue equivalenti (i 4 MW_t coperti dal sistema); la quota in eccesso viene dissipata in atmosfera mediante sistema di raffreddamento ad aria.

L'utenza industriale si è ipotizzata caratterizzata da una richiesta costante, sulle 24 ore, di energia elettrica e termica, rispettivamente di 0,5 MW_e e di 6 MW_t, per 225 giorni. L'utilizzo delle biomasse per produrre le due forme di energia avviene attraverso una macchina ORC da 1,5 MW_e (circa 8 MW_t disponibili al condensatore), operante con efficienza elettrica media del 12,2% per 5.400 ore annue equivalenti al carico nominale. Le scelte impiantistiche ora descritte, corrispondenti alle quattro ipotesi citate in apertura, sono riassunte nella Tabella 1:

		Solo EE	Produzione centralizzata Calore	Produzione centralizzata Calore	Cogenerazione industriale
Impianto		IV 5MW _e	Caldaie (4 + 3,3 MW _t)	ORC 1,1 MW _e + caldaia 3,3 MW _t	ORC 1,5 MW _e
Potenza elettrica	MW _e	5		1,1	1,5
Rendimento elettrico		22,0%		12,2%	12,2%
Ore funzionamento equivalenti		7.500		6.116	5.400
Potenza termica	MW _t		7,3	7,3	6
Rendimento sistema produzione calore			68,0%	68,0%	80,0%
Ore funzionamento equivalenti			2.055	2.055	5.400
Valutazione dell'investimento					
Anni di vita	anni	15	20	20	20
Tasso interesse		5%	5%	5%	5%
IN (investimento)	€/kW	3.000	260	4.750	4.000
O&M (% IN)		11,0%	40,0%	6,5%	5,0%

Tabella 1 Scelte impiantistiche, dati di funzionamento e parametri economici delle applicazioni dell'uso energetico della biomassa vegetale (cippato) considerate nello studio.

In relazione all'approvvigionamento di combustibile, cippato con umidità al 35-40% e potere calorifico di 2.500 kcal/kg, è stata considerata la situazione attuale e quella che con molta probabilità si produrrà con l'entrata in vigore del D.L.159/07. Le centrali elettriche a biomasse, che determinano il prezzo di mercato del cippato essendone il principale utente, oggi si rivolgono al sottoprodotto industriale e ai mercati esteri per rifornirsi ad un prezzo nell'ordine di 55 €/t. Le filiere di produzione locale permettono prezzi del cippato concorrenziali, 45 €/t, solo per quantità limitate, 25.000 t/anno. Alla luce delle novità

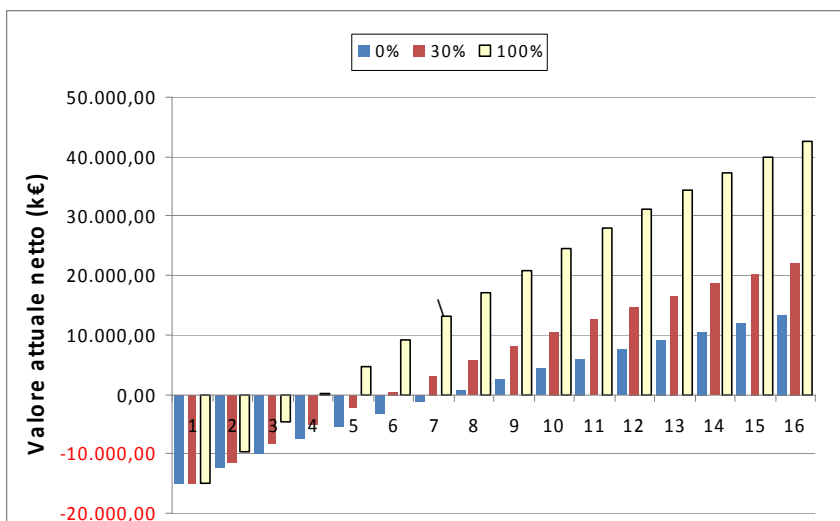


introdotte dal D.L. 159/07, in particolare le forme di incentivazione della filiera corta, è possibile attendersi che le centrali saranno disposte a pagare un prezzo maggiore, stimato al valore di 70 €/t, per rifornirsi di biomassa prodotta a meno di 70 km dal luogo di consumo. Ciò introdurrà, con grande probabilità, delle distorsioni nelle filiere di approvvigionamento preesistenti, specialmente nel caso di piccoli impianti che non possono rivolgersi ai mercati esteri. I risultati economici per le quattro soluzioni impiantistiche prima descritte, nelle condizioni di approvvigionamento attuale e futura indicate nel seguito rispettivamente con 387/03 e 159/07, sono riassunti in Tabella 2:

	Solo EE			Produzione centralizzata calore		Produzione centralizzata calore		Cogenerazione industriale	
	IV 5MWe			Caldaie (4 + 3,3 MW _t)		ORC 1,1 MW _e + caldaia 3,3 MW _t		ORC 1,5 MW _e	
	Filiera lunga	70%filiera corta 30% filiera lunga	Filiera corta	Filiera locale		Filiera locale		Filiera locale	
Costo cippato (€/t)	55	60	70	45	70	45	70	45	70
IN (k€)	-15.000	-15.000	-15.000	-4.698	-4.698	-8.025	-8.025	-6.000	-6.000
VAN (k€)	13.305	22.126	42.707	342	-2.022	9.518	9.432	23.068	24.252
IR (VAN/IN)	88,7%	147,5%	284,7%	7,3%	-43,0%	118,6%	117,5%	384,5%	404,2%
PBT (anni)	7,3	5,9	4,0	18,5		7,0	6,5	3,5	3,2
TIR (%)	16,3%	22,7%	36,7%	5,9%	-1,3%	18,4%	19,5%	43,1%	47,0%

Tabella 2 Valutazione economica delle applicazioni dell'uso energetico della biomassa vegetale (cippato) considerate nello studio. IN: investimento, VAN: valore attuale netto, PBT: pay back time, TIR: tasso interno di rendimento.

Nelle figure seguenti sono illustrati i risultati dell'analisi tecnico-economica svolta. Nello studio si è



considerata la sostituzione di gas naturale, che rappresenta il caso più comune. La produzione di energia elettrica mediante centrale a vapore da 5 MW_e è stata analizzata nel caso di filiera lunga, mista e corta (indicate in Figura 2 con la percentuale di filiera corta). Il primo caso, caratterizzato da un costo della

Figura 2 Produzione di Energia Elettrica, confronto tra filiera lunga, mista e corta, ai sensi degli incentivi proposti dal Dlgs 159/07



biomassa di 55 €/t ed incentivato attraverso l'emissione dei Certificati Verdi per 15 anni sull'energia elettrica prodotta, produce discreti ritorni economici ($TIR_{15}=16,3\%$); mentre nel caso di 100% filiera corta, il maggiore costo del combustibile (70 €/t) è più che compensato dal nuovo meccanismo di incentivazione, Certificati Verdi emessi per la produzione di energia moltiplicata per il coefficiente di 1,8, come mostrato dal tempo di ritorno di 4 anni e un TIR_{15} del 37,7%. Interessante è anche il caso di filiera mista 30-70%, in grado di produrre risultati positivi dal sesto anno con TIR_{15} del 22,7%; questa situazione può determinarsi in ragione delle quantità fisicamente disponibili intorno ad una centrale. Dall'analisi svolta, risulta evidente la convenienza economica dell'impiego della biomassa da filiera corta, ai sensi degli incentivi proposti dal D.L. 159/07. Valori così alti del TIR_{15} (37,7%) sembrerebbero tali da giustificare una corsa alla costruzione di nuove centrali a biomassa, sostenendo aumenti del prezzo di mercato del cippato anche maggiori di quello supposto di 70 €/t. Ciò comporterebbe:

- lo sviluppo di filiere locali, sostenute dai maggiori costi di l'approvvigionamento delle centrali;
- l'aumento del prezzo del cippato locale al nuovo valore di mercato imposto dalle centrali.

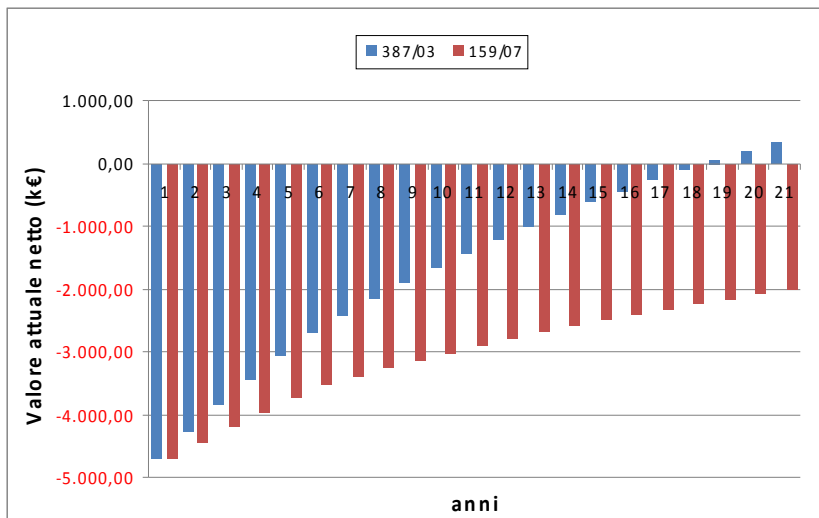


Figura 3 Teleriscaldamento (Caldaia 7,3 MWt); impatto del costo del combustibile e tipo di incentivazione

La produzione centralizzata di calore per utenze civili mediante caldaie dedicate risulta, come mostrato in Figura 3, molto sensibile alla variazione del prezzo del combustibile, dagli attuali 45 €/t ai supposti 70 €/t, non potendo tali impianti beneficiare degli incentivi sulla produzione di elettricità né usualmente, rifornirsi sul mercato internazionale. Come evidenziato dai risultati dell'analisi tecnico-economica, la convenienza di questo investimento si riduce drasticamente passando dallo scenario attuale a quello atteso: dall'attuale tempo di ritorno di 18 anni con TIR_{20} del 6% si passa all'assenza di ritorno economico favorevole. Per compensare il presunto costo futuro del combustibile vegetale (70€/t), questi impianti dovranno aumentare il prezzo di vendita del calore prodotto, con conseguenze negative per gli utenti finali, che potrebbero ritenere più vantaggioso un impianto di riscaldamento autonomo, specialmente del tipo a condensazione. Da notare che nel caso di sostituzione di gasolio

(aree non metanizzate) la performance migliora notevolmente e risulta positiva anche all'aumentare del costo del combustibile, pur rimanendo l'effetto negativo citato.

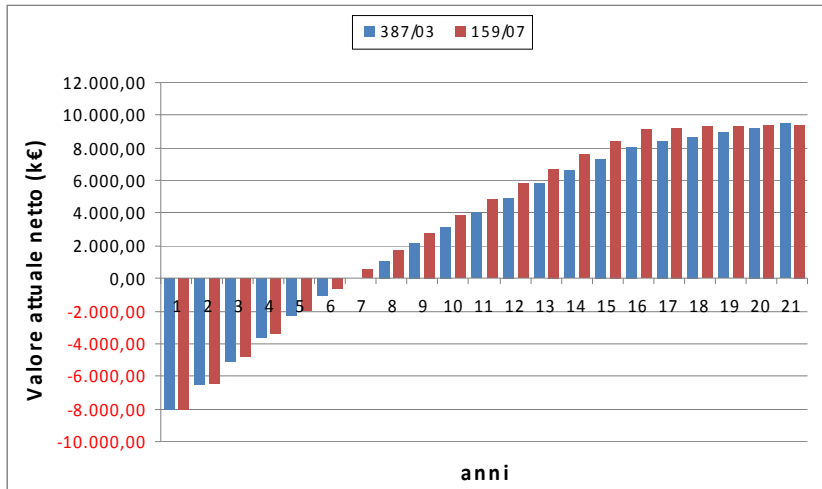


Figura 4 Teleriscaldamento (ORC [1,1MWe]+caldaia=7,3MWt); impatto del costo del combustibile e tipo di incentivazione

Al contrario - Figura 4 - la produzione di calore per utenze civili in impianti di cogenerazione ORC e caldaie di integrazione a biomasse non risulta sensibile all'aumento del prezzo del combustibile precedentemente discusso, essendo tale aumento bilanciato dagli incentivi sulla produzione di energia elettrica da filiera locale. Ritorni economici in 7 anni con TIR_{20} rispettivamente del 18-19% testimoniano la validità dell'investimento nell'attuale e futuro scenario di approvvigionamento. Questa soluzione appare dunque come la meno sensibile agli scenari proposti, in virtù dei vantaggi della valorizzazione congiunta dell'energia elettrica, favorevole nello scenario futuro, e di quella termica, preminente in quello attuale.

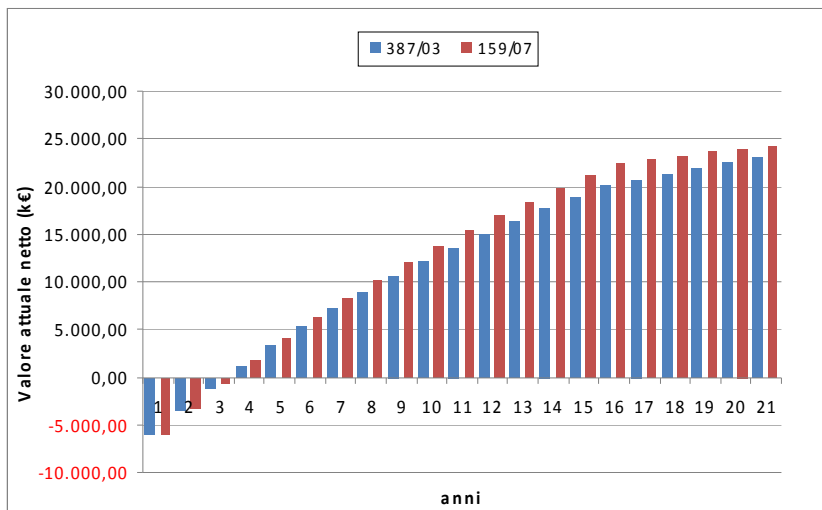


Figura 5 Impianto cogenerativo industriale (ORC 1,5MWe); impatto del costo del combustibile e tipo di incentivazione

La soluzione cogenerativa ORC utilizzata per soddisfare l'utenza industriale, caratterizzata da diagrammi di carico elettrico e termico costanti e dalla valorizzazione in autoconsumo dell'energia elettrica, produce risultati economici ancora più favorevoli del caso per il teleriscaldamento, con tempi di ritorno di 3,5 anni e TIR_{20} del 45%.



Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia

Confronto tra le applicazioni

Analisi economica.

Alla luce delle novità introdotte dal D.L. 159/07 e delle possibili ripercussioni sui costi di approvvigionamento delle biomasse vegetali da filiera corta, la produzione di sola energia elettrica in centrali dedicate di taglia medio-alta (5-20 MW_e) risulta quella che più si appoggia al nuovo schema di incentivazione, in virtù dell'elevata produzione di elettricità. Nel caso di filiera corta, l'investimento è talmente conveniente da giustificare la costruzione di nuove centrali a biomassa, a patto però che nel territorio circostante sia presente la materia vegetale necessaria. Gli impianti di cogenerazione, forti della produzione di energia termica ed elettrica, sono poco sensibili ai cambiamenti introdotti dal nuovo schema di incentivazione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili, restando sempre un'ottima soluzione di investimento, in funzione dei carichi termici ed elettrici prodotti e valorizzati. Al contrario, la produzione di solo calore mediante caldaie sarà molto penalizzata dall'aumento dei costi della biomassa vegetale da filiera corta, l'unica utilizzabile da questi impianti, non potendo beneficiare degli incentivi di cui al D.Lgs. 159/07.

Analisi energetica.

Benché molto redditizia sul piano economico, la produzione di sola energia elettrica in centrali dedicate è la tecnologia che peggio utilizza l'energia termica contenuta nelle biomasse, con rendimento di principio¹⁵ del 22%. In posizione intermedia si collocano gli impianti di cogenerazione, che possono raggiungere un rendimento del 80%, purché recuperino il calore durante tutto l'anno, senza dissiparne in atmosfera una parte. Nel caso di un teleriscaldamento che copra la sola richiesta invernale, come nell'esempio considerato in questo studio, il produttore può invece essere spinto a far funzionare la macchina nei periodi di basso carico per la sola generazione elettrica. L'applicazione cogenerativa per la produzione centralizzata di calore considerata, che utilizza solo il 23% del calore disponibile a causa del funzionamento della macchina ORC per 6.000 ore contro le 2.000 ore necessarie alla rete di teleriscaldamento, presenta dunque un rendimento medio annuo del 33,3%, decisamente inferiore al riferimento teorico. Al contrario, il cogeneratore industriale, alimentando

¹⁵ Rapporto tra output energetici (calore e lavoro prodotti) e input energetici (calore da combustione di biomasse)



Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia

utenze termiche ed elettriche costanti durante l'anno, dissipa nelle 5.400 ore di funzionamento il 25% del calore disponibile, raggiungendo così un'efficienza del 60%. Infine la valorizzazione termica delle biomasse in caldaie dedicate, risulta l'applicazione che meglio converte in prodotto utile l'energia termica contenuta in esse (rendimento del 68% per le perdite sulla rete).

Il risparmio di combustibile conseguente l'utilizzo energetico delle biomasse, espresso in MWh_t , dipende dal calore e/o energia elettrica prodotti e dai rendimenti medi con i quali tali output sono prodotti negli impianti convenzionalmente utilizzati a tale scopo; assumendo un'efficienza media di generazione elettrica del 42% e un rendimento medio del parco caldaie del 85%, i risultati sono riportati in Tabella 3. Interessante a tale scopo è l'indice di risparmio del combustibile - Tabella 3 - che confronta il risparmio di combustibile (kWh_t) al calore da biomassa ($kWh_{BIOMASSA}$); questo parametro è massimo nel caso di cogenerazione industriale (0,86) e minimo nel caso di produzione di energia elettrica (0,52 nel caso di impianto a vapore e ORC).

		Solo EE	Produzione centralizzata calore	Produzione centralizzata calore	Cogenerazione industriale
Impianto		IV 5MWe	Caldaie (4 + 3,3 MWh_t)	ORC 1,1 MW_e + caldaia 3,3 MWh_t	ORC 1,5 MW_e
Efficienza		22,0%	68,0%	33,3%	60,8%
Risparmio di combustibile	MWh_t	89.286	17.647	33.664	57.403
Indice risparmio combustibile	$kWh_t/kWh_{biomassa}$	0,52	0,80	0,52	0,86
CO ₂ evitata	tonn/anno	17.597	3.478	6.635	11.313
Indice CO ₂ evitata	$g/kWh_{biomassa}$	103	158	102	170
Calore scaricato	$MWh/anno$	132.955	7.059	43.568	26.112

Tabella 3 Indici di valutazione energetico - ambientale delle applicazioni considerate nello studio

Analisi ambientale.

Sul fronte del impatto ambientale, il grande vantaggio e punto di forza della combustione delle biomasse vegetali consiste nel bilancio neutro sulle emissioni di gas ad effetto serra. La quantità di CO₂ evitata, espressa in t/anno, dipende dagli output energetici prodotti, dai rendimenti medi con cui essi sono prodotti negli impianti convenzionalmente utilizzati a tale scopo e dal combustibile utilizzato. Il valore assoluto, importante in termini ambientali, dipende fortemente dalla taglia dell'impianto per cui il confronto tra le diverse tecnologie è più agevole se riferito al calore da biomassa, ottenendo così l'indice di CO₂ evitata ($g/kWh_{BIOMASSA}$) di Tabella 3. La tecnologia che riduce più efficacemente le emissioni di anidride carbonica, ossia per kWh ottenuto da biomassa, è l'impianto cogenerativo



Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia

industriale (170 g/kWh_{BIOMASSA}), seguito dall'utilizzo in caldaie dedicate (circa 160 g/kWh_{BIOMASSA}) e, a concludere, la produzione di energia elettrica (circa 100 g/kWh_{BIOMASSA}). Gli impianti alimentati a biomassa, se da un lato riducono di molto le emissioni dei gas climalteranti, CO₂ su tutte, dall'altro emettono polveri (PM₁₀) e NO_x in quantità decisamente più alte rispetto ai combustibili fossili; tali emissioni nocive per l'uomo e l'ambiente devono essere monitorate attentamente per limitarne l'impatto a livello locale sulla qualità dell'aria. In linea del tutto generale, il rispetto dei limiti di emissioni¹⁶ può essere ottenuto mediante una combustione ottimale, in dipendenza del progetto della caldaia, e un idoneo trattamento dei fumi.

Nel caso di produzione di energia elettrica con biomasse vegetali, la dissipazione in atmosfera di tutto o parte del calore disponibile allo scarico delle macchine può produrre un carico ambientale non trascurabile. Il caso più importante è la sola produzione di energia elettrica con impianti dedicati di media taglia che, avendo rendimenti del 20-25%, scaricano in atmosfera il 75-80% del calore prodotto in caldaia. Per il caso considerato (centrale di 5 MW_e, con rendimento elettrico del 22% e operante 7.500 ore annue) la dissipazione nell'area circostante la centrale è di circa 130 milioni di kWh termici annui, con possibili modificazioni sul clima delle zone adiacenti alla zona interessata dalla realizzazione dell'impianto.

Da ultimo, le ceneri di risulta della combustione, che rappresentano circa il 2% della biomassa bruciata e nelle quali sono presenti microelementi (K, P, Ca, Mg), macroelementi (Al, Fe) ed anche metalli pesanti (As, Cd, N), sono considerate a tutt'oggi un rifiuto¹⁷ e quindi sono destinate alla discarica. Diversamente, se debitamente trattate, sarebbe possibile il riutilizzo come compost, nei conglomerati cementizi o nelle massicciate delle strade.

Bibliografia

A. Lorenzoni e L. Bano, I costi di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili, Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Ingegneria Elettrica

P. Gaio e J. Da Val, sviluppo della filiera foresta-legno-energia attraverso il rafforzamento dell'associazionismo forestale, GAL "Prealpi e Dolomiti", 2007

W. Righini, Proposte per l'incentivazione in Italia alla realizzazione di Centrali a Biomassa, FIPER, 2005

¹⁶ D.P.C.M. 8-3-2002 allegato III.

¹⁷ D.Lgs. 22/97.



Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia

- R. Bini, A. Duvia, A. Schwarz, M. Gaia, P. Bertuzzi, W. Righini, Operational results of the first biomass chp plant in Italy based on an organic Rankine cycle turbogenerator, 2005
- A. Duvia, M. Gaia, Cogenerazione a biomassa mediante Turbogeneratori ORC Turboden: tecnologia, efficienza, esperienze pratiche ed economia, 2004
- G. Riva, J. Calzoni, A. Panini, Valutazione del potenziale nazionale offerto dalle biomasse per la produzione di energia elettrica, CTI, 2000
- G. Riva, J. Calzoni, A. Panvini, Impianti a biomasse per la produzione dell'energia elettrica – Analisi tecnico-economica della filiera da 10 MWe , CTI, 2000
- Centro di eccellenza per la Bioenergia in Basilicata, Il teleriscaldamento di Castronuovo di Sant'Andrea (PZ), ITABIA, 2006
- F. Duretto e G. Cuttica, La produzione di energia dalle biomasse e la protezione dell'ambiente, ARPA, 2007
- M Bertolino, La programmazione regionale in materia di bio-energia ed i programmi di sostegno allo sviluppo tecnologico, Regione Piemonte, 2007
- Rizzo, Le biomasse: progetti di valorizzazione della filiera agricolo-forestale-energia, PDC srl, 2006