



Consiglio Nazionale delle Ricerche



Valutazione qualitativa biomassa combustibile derivata da rimozione di frutteto (pesco, *Prunus persica* L.)

Gianni Picchi – CNR-IVALSA

Lo sviluppo della bioenergia in Europa stimola la ricerca di fonti di biomassa combustibile in settori attualmente non utilizzati. Secondo le linee strategiche dell'Unione Europea, gli scarti agricoli hanno un ruolo strategico per garantire nel prossimo futuro l'approvvigionamento di combustibile con cui produrre energia alternativa in forma rinnovabile. La conversione energetica, oltre a rimpiazzare i combustibili fossili, deve inoltre fornire al settore agricolo un'alternativa per la gestione degli scarti colturali, un altro obiettivo auspicato dall'Unione Europea.

A fronte di questi benefici si pongono i dubbi sull'idoneità della biomassa residuale agricola negli impieghi a combustione diretta. In particolare l'attenzione viene focalizzata sulla presenza di agrochimici (pesticidi ed insetticidi principalmente) sulle piante, e quindi sulla biomassa da queste prodotta. Queste sostanze infatti potrebbero contenere elementi (in prevalenza metalli pesanti) che durante il processo di combustione vengono trasformati in gas nocivi, liberati poi nell'atmosfera.

A tal fine il CNR-IVALSA ha attivato una linea di ricerca finalizzata a verificare i contenuti di tali sostanze nelle diverse biomasse residuali legnose prodotte dall'intero settore agricolo italiano (vite, olivo e frutteti) e le relative emissioni a seguito della combustione.

La presente consulenza si inquadra nell'ambito di tale attività prendendo in considerazione il pesco (*Prunus persica* L.), una coltura da frutto sin'ora non inclusa nelle ricerche svolte. Di seguito vengono riportati i risultati delle analisi qualitative sulla biomassa residuale di pesco proveniente da 5 località della provincia di Cuneo. Nell'allegato tecnico viene descritta in dettaglio la metodologia analitica impiegata confrontando i risultati con le precedenti ricerche svolte sulle seguenti specie: vite (biologico e tradizionale), olivo, melo, pero e nocciolo.

CNR IVALSA
ISTITUTO PER LA VALORIZZAZIONE
DEL LEGNO E DELLE SPECIE ARBOREE
www.ivalsa.cnr.it
P.IVA 02118311006
C.F. 80054330586

Firenze
Via Madonna del Piano 10
50019 Sesto Fiorentino
T +39 055 52251
F +39 055 5225507

Trento
Via Biasi 75
38010 S. Michele all'Adige
T +39 0461 660111
F +39 0461 650045

Grosseto
Via Aurelia 49
58022 Follonica
T +39 056 652356
F +39 056 652356



Risultati

La biomassa legnosa analizzata presenta ottime caratteristiche qualitative per l'impiego energetico e un basso contenuto complessivo di metalli pesanti e altri elementi che possono portare a emissioni non desiderate.

Nella seguente tabella è possibile visualizzare i valori medi riscontrati nei 5 campioni per i parametri considerati. Delle **caratteristiche fisiche** considerate il **potere calorifico** ha un interesse prevalentemente per il gestore della caldaia, che dispone con questo materiale di un combustibile paragonabile all'abete rosso (*Picea abies* L.), generalmente considerata la miglior specie per usi energetici in caldaie a cippato. Il contenuto in **ceneri**, espresso come percentuale sul totale della biomassa, ha un valore molto ridotto, con un beneficio in termini di efficienza di combustione e gestione della caldaia. Questo fattore, oltre a ridurre i costi di gestione, ha una notevole importanza anche in termini di emissioni, infatti quanto più la combustione è efficiente, quanto meno saranno le particelle incombuste (fuliggini e polveri sottili) e il monossido di carbonio prodotti.

Per quel che riguarda la concentrazione di elementi chimici, l'attenzione è stata rivolta ai macro o micro **elementi**¹ che a seguito della combustione possono portare alla produzione di sostanze volatili tossiche. **Azoto** e **zolfo** sono nutrienti molto importanti per le piante, ma se presenti in concentrazioni eccessivamente elevate possono portare alla produzione di sostanze tossiche come gli ossidi di azoto e zolfo (NOx e SOx).

Per l'**azoto** la concentrazione massima consentita dalla norma europea UNI EN 14961-1 (Biocombustibili solidi - Specifiche e classificazione del combustibile) è del 3 % sulla massa totale anidra (ovvero sul secco). Il valore riscontrato è inferiore a un quarto rispetto a questo limite, per cui la biomassa si configura sicuramente come idonea all'utilizzo energetico.

¹ il termine macroelemento indica elementi essenziali per vita della pianta in concentrazioni relativamente grandi, come il caso dell'azoto, mentre i microelementi sono sostanze naturalmente presenti in quantitativi molto ridotti, come il manganese.

Zolfo e **cloro** sono presenti in concentrazioni ben al di sotto del limite dello 0,1 % sul secco prescritto dalla UNI EN 14961-1 e consigliato da Obernberger per una combustione non problematica. La loro presenza è quindi da considerarsi del tutto trascurabile nella biomassa analizzata.

Dei **metalli pesanti** soltanto **zinco** e **manganese** sono presenti in concentrazioni rilevabili (il limite inferiore di sensibilità dello strumento è posto a 0,1 mg/kg per tutti i metalli con l'eccezione del mercurio, per cui è fissato a 0,01 mg/kg). La concentrazione di entrambi risulta essere estremamente contenuta se si considera come riferimento l'abete rosso, che presenta valori nel range di 7-90 mg/kg per lo zinco e 63-900 mg/kg per il manganese (Obernberger 2000). La virtuale assenza dei restanti metalli pesanti rende la biomassa analizzata particolarmente idonea alla combustione se confrontata con i residui di potatura di vite, olivo e melo (per citare soltanto le principali colture). In questi infatti, per quanto le concentrazioni siano sempre risultate al di sotto dei limiti identificati dalla normativa, si sono rilevate in generale concentrazioni apprezzabili per quasi tutti i metalli pesanti. Il miglior risultato dato dalla biomassa residuale di pesco è probabilmente dovuta al fatto che questa includeva anche il fusto, incrementando la percentuale di legno rispetto alla corteccia. Nei residui considerati sin'ora erano incluse soltanto le potature, costituite quindi da rami di piccole dimensioni (con alta proporzione di corteccia).

Nell'allegato tecnico si riportano i principali risultati delle analisi qua esposte a confronto con gli studi precedentemente condotti sulla biomassa residuale agro-forestale.



Consiglio Nazionale delle Ricerche



Parametro	Unità di misura	Valori
Caratteristiche fisiche		
Ceneri	% sul secco	1,9
Potere calorifico superiore	kJ/kg	19.741
Potere calorifico inferiore	kJ/kg	18.473
Concentrazione di elementi potenzialmente inquinanti		
Azoto (N)	% sul secco	0,7
Zolfo (S)	% sul secco	0,018
Cloro (Cl)	% sul secco	0,013
Cromo (Cr)	mg/kg	Non rilevabile
Rame (Cu)	mg/kg	Non rilevabile
Nichel (Ni)	mg/kg	Non rilevabile
Piombo (Pb)	mg/kg	Non rilevabile
Zinco (Zn)	mg/kg	23,1
Manganese (Mn)	mg/kg	42,5
Mercurio (Hg)	mg/kg	Non rilevabile
Arsenico (As)	mg/kg	Non rilevabile
Cadmio (Cd)	mg/kg	Non rilevabile

CNR IVALSA
ISTITUTO PER LA VALORIZZAZIONE
DEL LEGNO E DELLE SPECIE ARBOREE
www.ivalsa.cnr.it
P.IVA 02118311006
C.F. 80054330586

Firenze
Via Madonna del Piano 10
50019 Sesto Fiorentino
T +39 055 52251
F +39 055 5225507

Trento
Via Biasi 75
38010 S. Michele all'Adige
T +39 0461 660111
F +39 0461 650045

Grosseto
Via Aurelia 49
58022 Follonica
T +39 056 652356
F +39 056 652356



Consiglio Nazionale delle Ricerche



Valutazione qualitativa biomassa combustibile derivata da rimozione di frutteto (pesco, *Prunus persica* L.)

Metodologia di studio

Gianni Picchi e Raffaele Spinelli- CNR-IVALSA

Trattamento campioni

I campioni di pesco da analizzare sono stati forniti direttamente dal cliente, sottoforma di materiale intero sezionato (vedi immagini) in cui erano presenti sezioni di fusto e ramificazioni terminali di ridotto diametro.



Figura 1 Campioni originali inviati dal cliente

CNR IVALSA
ISTITUTO PER LA VALORIZZAZIONE
DEL LEGNO E DELLE SPECIE ARBOREE
www.ivalsa.cnr.it
P.IVA 02118311006
C.F. 80054330586

Firenze
Via Madonna del Piano 10
50019 Sesto Fiorentino
T +39 055 52251
F +39 055 5225507

Trento
Via Biasi 75
38010 S. Michele all'Adige
T +39 0461 660111
F +39 0461 650045

Grosseto
Via Aurelia 49
58022 Follonica
T +39 056 652356
F +39 056 652356

Secondo le indicazioni fornite da CNR IVALSA, i campioni sono stati prelevati in 5 diverse località della Provincia di Cuneo. Questo accorgimento ha consentito di controllare la variabilità interna che poteva verificarsi tra biomasse di pesco provenienti da diversi appezzamenti (le eventuali variazioni potrebbero essere imputate a differenze nell'età dell'impianto, nella modalità di gestione, nella tipologia di suoli, etc.). Nella tabella di seguito si riportano le provenienze dei singoli campioni e il codice numerico assegnato a ognuno di essi.

Campione	1	2	3	4	5
Provenienza	Villafalletto	Lagnasco	Saluzzo	Scarnafigi	Revello

Per effettuare le successive analisi i campioni sono stati macinati in apposito mulino a lame da biomassa (vaglio 2 mm). Rami, corteccia e legno sono stati separati manualmente e sminuzzati con strumenti di taglio (accetta, forbici e cesoie) in elementi di ridotte dimensioni per poter essere inseriti all'interno del mulino. Trattandosi di materiale intero è stato necessario ricreare la proporzione di corteccia/rametti/legno che si avrebbe naturalmente nel materiale cippato che viene utilizzato per alimentare le caldaie. È stata scelta una proporzione 10/10/80 sulla base di un'analisi bibliografica sulla proporzione corteccia/legno in diverse specie arboree (Klasnja et al. 2002, Meszaros et al. 2004, Guidi et al. 2008). In tale proporzione si considera che i rametti hanno un rapporto corteccia/legno prossimo al 50%, per cui la relazione finale risulta essere di 15/85 tra corteccia e legno. Tutto il materiale con diametro inferiore a 1 cm è stato considerato rametto.

Metodologia di analisi

Il materiale macinato è stato analizzato in laboratori del CNR per la determinazione dei metalli pesanti e del contenuto in ceneri, mentre potere calorifico e contenuto in zolfo e cloro sono stati analizzati in un laboratorio certificato specializzato nell'analisi della biomassa legnosa combustibile (SIBE s.r.l., www.sibesrl.it).

Per la determinazione del potere calorifico (superiore e inferiore) è stata seguita la normativa europea UNI EN 14918 – 2010. L'analisi elementare, funzionale anche alla determinazione del potere calorifico inferiore, è stata realizzata secondo la norma UNI EN 15104 – 2011 individuando le concentrazioni di azoto (N), carbonio (C) e idrogeno (H). Il contenuto di zolfo (S) e cloro (Cl) è stato determinato secondo la norma UNI EN 15289 – 2011. Il contenuto in ceneri è stato determinato seguendo il metodo per la determinazione della fusibilità delle ceneri UNI CEN/TS 15370-1.

L'analisi dei metalli pesanti si è focalizzata sugli elementi che nelle precedenti ricerche sono risultati essere più rilevanti come contaminante delle biomasse agricole legnose. Gli otto metalli (Cr, Cu, Ni, Pb, Cd, Mn, Hg e As) sono stati analizzati nelle 5 provenienze di pesco e per ciascuna provenienza di residuo vegetale sono stati analizzati 5 campioni. Questo accorgimento ha consentito di verificare ex post con strumenti statistici la variabilità interna tra i campioni e l'eventuale margine di errore determinato dalla precisione di analisi o di campionamento, una precauzione importante quando si analizzano concentrazioni molto ridotte e prossime ai limiti minimi di operatività degli strumenti di laboratorio. I campioni già essiccati e macinati sono stati sottoposti ad una mineralizzazione acida in forno a microonde. Il contenuto di metalli pesanti nel campione mineralizzato è stato poi determinato mediante spettrofotometria in assorbimento atomico con atomizzazione a fiamma. La determinazione dell'arsenico (As) è stata realizzata mediante spettrometria di emissione con sorgente al plasma (ICP-OES). Per l'analisi del contenuto di mercurio (Hg) è stato utilizzato un analizzatore automatico AMA 254. Per la verifica dell'accuratezza è stato impiegato un materiale di riferimento certificato RTC - SQC001. Tutte le metodologie impiegate sono state scelte tra le più diffuse e riconosciute in bibliografia scientifica.

Discussione dei risultati

La biomassa analizzata presenta ottime caratteristiche "fisiche" come combustibile. Nella seguenti tabelle si mettono a confronto la biomassa di pesco con la biomassa di abete rosso (in questo caso cippato di pianta intera), unanimemente considerato il combustibile legnoso di riferimento per le caldaie alimentate a cippato. I valori riportati per l'abete e le altre biomasse comparate con il combustibile da pesco sono stati analizzati con le stesse metodologie sopra descritte. Il contenuto in ce-

neri è sensibilmente inferiore rispetto al materiale forestale, forse anche per via di un sistema di raccolta che consente di minimizzare il contatto con il terreno. Questo va a beneficio della gestione della caldaia, in prima istanza riducendo i costi di smaltimento delle ceneri, ma soprattutto garantendo il buon funzionamento dell'impianto. Un alto contenuto in ceneri può infatti soffocare la combustione e ridurre l'efficienza complessiva del processo, peggiorando fra l'altro le emissioni gassose per via di una maggior proporzione di monossido di carbonio (CO) e incombusti (fuliggini e polveri sottili). Il potere calorifico inferiore (che ci indica l'effettiva energia che possiamo trarre con la combustione, tenendo conto del calore perduto con il riscaldamento dei fumi e la vaporizzazione dell'acqua) della biomassa di pesco si è rivelata essere leggermente inferiore a quella dell'abete. Questo era da aspettarsi in quanto le conifere hanno in generale un maggior potere calorifico rispetto alle latifoglie grazie al maggior contenuto in resine. Si tratta comunque di un ottimo potere calorifico se si considera che, ad esempio, i residui di vite hanno un potere calorifico di 17,8 MJ/kg.

Parametro	Unità di misura	Pesco	Abete rosso
Ceneri	% sul secco	1,9	3,6
Potere calorifico superiore	MJ/kg	19,7	-
Potere calorifico inferiore	MJ/kg	18,5	18,6

Per quel che riguarda la concentrazione di elementi chimici, l'attenzione è stata rivolta ai macro o micro elementi che a seguito della combustione possono portare alla produzione di sostanze volatili tossiche. Le concentrazioni di azoto (N), zolfo (S) e cloro (Cl) sono molto importanti per una biomassa combustibile. Infatti, concentrazioni molto elevate di azoto e zolfo possono portare all'emissione di sostanze tossiche, come gli ossidi di azoto e zolfo (NO_x e SO_x). Concentrazioni elevate di cloro invece può essere responsabile dell'emissione di acido cloridrico (prevalentemente dannoso per la caldaia) o di diossine (altamente tossiche). Per l'azoto la concentrazione massima consentita dalla norma europea UNI EN 14961-1 (Biocombustibili solidi - Specifiche e classificazione del combustibile) è del 3 %

sulla massa totale anidra (sul secco). Il valore riscontrato è quattro volte inferiore a questo limite, per cui la biomassa si configura sicuramente come idonea all'uso energetico in impianti specializzati. Per contro, la combustione all'aperto o in stufe tradizionali è da sconsigliarsi, perché il valore di 0.7 % riscontrato nel nostro studio supera seppur di poco il limite di 0.6%, indicato da Obernberger (2006) per una combustione sicura in impianti domestici a bassa efficienza. Le emissioni di NOx sono infatti legate a una complessa serie di fattori ma sono spesso dovute a una scarsa efficienza della combustione, tipica degli impianti domestici. La concentrazione di azoto riscontrata nel materiale di pesce analizzato in questo studio non costituisce un fattore inquinante se la biomassa viene impiegata in impianti di medie-grandi dimensioni. Zolfo e cloro sono presenti in concentrazioni ben al di sotto del limite dello 0,1 % sul secco prescritto dalla UNI EN 14961-1 e consigliato da Obernberger per una combustione sicura, per cui la loro presenza può essere considerata del tutto ininfluenza sulla combustione e sulle emissioni gassose, indipendentemente dal tipo di impianto.

I dati ottenuti nell'analisi dei metalli pesanti evidenziano, in generale, una buona omogeneità dei campioni analizzati e una bassa variabilità, confermando la validità del sistema analitico, la bontà del campionamento e l'uniforme qualità della biomassa. Tra gli elementi considerati soltanto zinco e manganese sono presenti in concentrazioni rilevabili (il limite inferiore di sensibilità dello strumento è posto a 0,1 mg/kg per tutti i metalli con l'eccezione del mercurio, per cui è fissato a 0,01 mg/kg). La concentrazione di entrambi risulta essere estremamente contenuta se si considera come riferimento l'abete rosso, che presenta valori nel range di 7-90 mg/kg per lo zinco e 63-900 mg/kg per il manganese (Obernberger 2000).

Nella seguente tabella i valori rilevati nel pesce sono messi a confronto con il cippato di abete rosso già considerato e i sarmenti di vite (da evidenziare che la biomassa di abete è stato prodotto in operazioni forestali in Val di Fiemme –Trentino– in una zona non accessibile alla viabilità ordinaria per evitare possibili alterazioni dovute a una diretta attività antropica come il traffico veicolare). Delle tre biomasse messe a confronto il pesce risulta essere chiaramente quella con minori contenuti complessivi per gli elementi presi in esame. Questo risultato, apparentemente sorprendente, può essere facilmente spiegato. Nel confronto con i sarmenti di vite il miglior risultato era ampiamente atteso, dato lo scarso rapporto legno/corteccia e la maggior intensità dei trattamenti nella vite. Diversa è la spiegazione per la biomassa di abete: infatti le specie forestali, specie se cresciute in ambiente montano, sono esposte per lunghi periodi (hanno lunghi tempi di sviluppo) alle correnti aeree che muovono gli inquinanti antropici più volatili. Inoltre hanno una diversa tendenza ad accumulare micro e

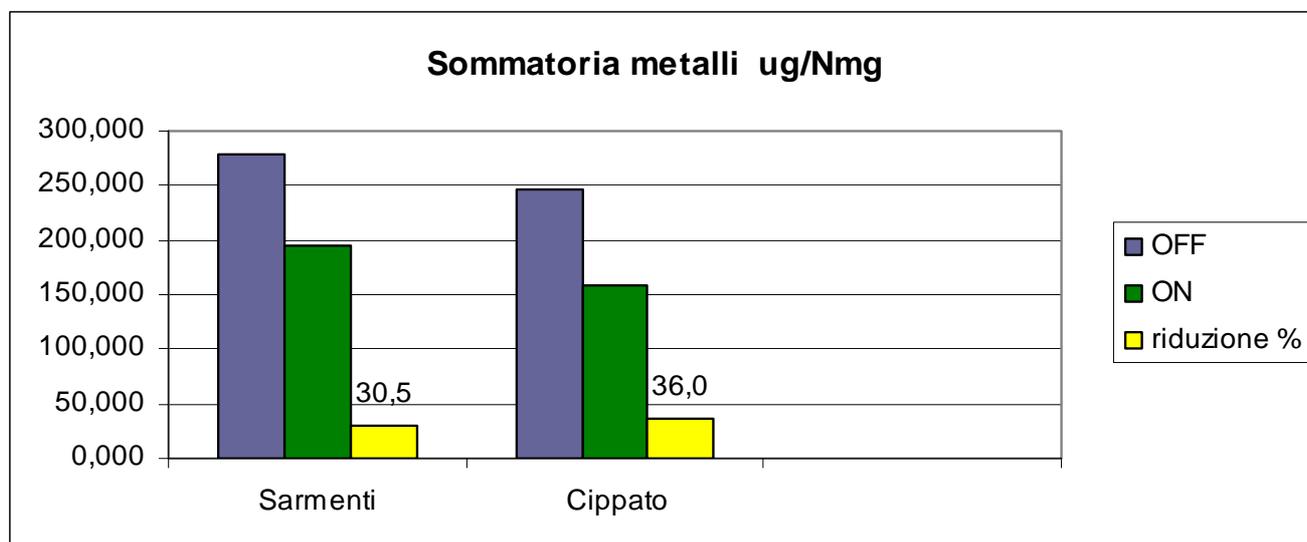
macro elementi, che va ribadito, sono essenziali per la vita della pianta. Infine nella biomassa di abete rosso sono inclusi anche gli aghi, che essendo il tessuto più attivo nella pianta, hanno una maggior concentrazione di nutrienti. Per questi ragioni il cippato pesco (pianta intera, quindi con un alto contenuto di legno) risulta essere un combustibile altrettanto idoneo (se non migliore) dell'abete montano.

Parametro	Unità di misura	Pesco	Abete rosso	Sarmenti di vite
Azoto (N)	% sul secco	0,7	0,5*	0,7
Zolfo (S)	% sul secco	0,018	0,04*	0,034
Cloro (Cl)	% sul secco	0,013	0,01*	0,064
Cromo (Cr)	mg/kg	Non rilevabile	0,7	Non rilevabile
Rame (Cu)	mg/kg	Non rilevabile	3,1	13,9
Nichel (Ni)	mg/kg	Non rilevabile	Non rilevabile	Non rilevabile
Piombo (Pb)	mg/kg	Non rilevabile	5,2	2,5
Zinco (Zn)	mg/kg	23,1	62,5	24,1
Manganese (Mn)	mg/kg	42,5	31,9	30,6
Mercurio (Hg)	mg/kg	Non rilevabile	-	-
Arsenico (As)	mg/kg	Non rilevabile	Non rilevabile	Non rilevabile
Cadmio (Cd)	mg/kg	Non rilevabile	Non rilevabile	Non rilevabile

* valori da Obernberger et al. 2006

La combustione

Gli aspetti qualitativi riscontrati nella biomassa possono essere compresi in maniera più completa se si effettua il riscontro nella qualità dei fumi emessi durante la combustione. Nel grafico sottostante sono riportati i risultati di prove condotte con due tipi di biomassa già descritti nella tabella precedente (cippato di abete e sarmenti di vite). La prova, realizzata dalla Fondazione Edmund Mach e dal CNR-IVALSA nell'ambito del progetto BIOTEC, è stata condotta con una caldaia di piccole dimensioni (50 kW) dotata di un mini-elettrofiltro. Nelle colonne si possono visualizzare i livelli di emissione con filtro spento (OFF) e acceso (ON), oltre alla riduzione percentuale in termini di emissioni a questo legate. Come riferimento è stata presa la legge 133/05 che regola l'incenerimento dei rifiuti. Il limite massimo ammesso, espresso come sommatoria dei metalli, è posto a 500 ug/Nmg. I test di combustione hanno dimostrato che la presenza di metalli pesanti nei fumi prodotti dalla combustione di residui agricoli in piccole caldaie prive di filtro (il peggiore dei casi) raggiunge comunque a circa metà del limite ammesso. Nel caso della biomassa di pesco analizzata, che presenta contenuti complessivi inferiori anche al cippato di abete è da aspettarsi un livello di emissione in metalli pesanti ancora inferiore, qualora il materiale venisse bruciato in piccole caldaie prive di filtro. Ancora meno preoccupante dovrebbe essere la combustione in caldaie industriali ad alta efficienza, munite di un moderno sistema di filtraggio.



Conclusioni

La biomassa di pesco analizzata è un combustibile legnoso con caratteristiche qualitative elevate, che lo rendono idoneo praticamente a qualsiasi impiego energetico. La concentrazione in azoto risulta essere relativamente elevata rispetto alle specie forestali, ma in linea con quella riscontrata anche nelle altre colture agricole sottoposte a fertilizzazione azotata. In ogni caso, la concentrazione di azoto è quattro volte inferiore al limite legale, per cui la biomassa di pesco analizzata in questo studio si configura sicuramente come idonea all'uso energetico in impianti specializzati. Per tutti gli altri elementi non sono stati riscontrati valori da segnalare.

Bibliografia di riferimento

La bibliografia di riferimento per la definizione della proporzione finale è stata la seguente:

Klasnja B., Kopitovic S., Orlovic S. (2002) – Wood and bark of some poplar and willow clones as fuel-wood. *Biomass and Bioenergy* 23, 427-432

Meszaros E., Jakab E., Verhegyi G., Szepesvary P. e Marosvolgyi B. (2004) – Comparative study of the thermal behaviour of wood and bark of young shoots obtained from an energy plantation. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 72. 317-328

Guidi W., Piccioni E., Ginanni M., Bonari E. (2008) – Bark content estimation in poplar (*Populus deltoides* L.) short rotation coppice in Central Italy. *Biomass and Bioenergy* 32, 518-524

Obernberger I, Brunner T, Barnthaler G 2006. Chemical properties of solid biofuels—significance and impact. *Biomass and Bioenergy*; 30:973-982.