



Biomasse lignocellulosiche per uso energetico

Ultimi risultati dell'attività di ricerca del CRA-ING

Supplemento n. 2 a **SHERWOOD - FORESTE ED ALBERI OGGI** n. 192
Anno 19 n. 3 Aprile 2013 - ISSN 1590-7805

Biomasse lignocellulosiche per uso energetico

Ultimi risultati dell'attività di ricerca del CRA-ING



Attività di ricerca coordinata dal:
Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura

nell'ambito dei Progetti di Ricerca:



Progetto SUSCACE - *Supporto Scientifico alla Conversione Agricola verso le Colture Energetiche*



Progetto FAESI - *Filiere Agro Energetiche nel Sud Italia*

Pubblicazione a cura di:
Luigi Pari

Forma consigliata di citazione del Volume:
Pari L., (a cura di) 2013 - Biomasse lignocellulosiche per uso energetico -
Ultimi risultati dell'attività di ricerca del CRA-ING. 52 pp.
In: Sherwood 192, Supplemento 2

Forma consigliata di citazione del singolo contributo:
Pari L., Civitarese V., Del Giudice A., Santangelo E. 2013 - Abbattitrice andanatrice
e cippatrice semovente - Un cantiere innovativo per pioppo quinquennale. 6-8.
In: Biomasse lignocellulosiche per uso energetico - Ultimi risultati dell'attività di ricerca del CRA-ING.
Sherwood 192, Supplemento 2

Per informazioni:
Luigi Pari - luigi.pari@entecra.it
Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura
CRA ING - Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria
Via della Pascolare 16 - 00016 Monterotondo RM - Italia
[www.entecra.it](http://ing.entecra.it) - <http://ing.entecra.it>
Tel. +39-06-90675249 - Fax. +39-06-90625591

Coordinamento editoriale
Silvia Bruschini - Compagnia delle Foreste - Arezzo
Enrico Santangelo - Unità per l'Ingegneria Agraria - Monterotondo RM

Progettazione grafica
Maria Cristina Viara - Compagnia delle Foreste - Arezzo



Editore
Compagnia delle Foreste
Via Pietro Aretino, 8 - 52100 Arezzo
Tel./fax 0575.370846
E-mail sherwood@compagniadelleforeste.it
Sito www.compagniadelleforeste.it - www.rivistasherwood.it

Stampa
Litograf Editor S.r.l. - Città di Castello (Perugia)
Finito di stampare nel mese di Marzo 2013

In copertina
Veduta aerea della sede del CRA ING - Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria - Monterotondo (RM)

Supplemento n. 2 al n. 192 - Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi

Biomasse lignocellulosiche per uso energetico

Ultimi risultati dell'attività di ricerca del CRA-ING



- 5** *Biomasse lignocellulosiche: prospettive e attività di ricerca*
di Luigi Pari
- 6** **Abbattitrice andanatrice e cippatrice semovente. Un cantiere innovativo per pioppo quinquennale**
di Luigi Pari, Vincenzo Civitarese, Angelo del Giudice, Enrico Santangelo
- 10** **Prove di raccolta del pioppo quinquennale. Risultati preliminari in un cantiere innovativo**
di Luigi Pari, Vincenzo Civitarese, Angelo del Giudice, Antonio Scarfone
- 13** **Miglioramento della pezzatura del cippato. Rotore CRA ING di seconda generazione per Claas Jaguar**
di Luigi Pari, Vincenzo Civitarese, Angelo del Giudice, Maurizio Barontini
- 17** **La valutazione dimensionale del cippato. Ricerca di un metodo basato sull'analisi d'immagine**
di Paolo Febbi, Enrico Santangelo, Alberto Assirelli, Luigi Pari
- 21** **Lo stoccaggio del cippato di pioppo in SRF. Stato dell'arte e nuove acquisizioni**
di Maurizio Barontini, Francesco Gallucci, Antonio Scarfone, Enrico Santangelo, Luigi Pari
- 27** **Residui di potatura di olivo. Prove sperimentali di raccolta in Puglia per uso energetico**
di Luigi Pari, Alberto Assirelli, Alessandro Suardi, Sara Croce, Andrea Acampora
- 31** **Capacità germinativa dei rizomi di canna comune. Studio dei limiti dimensionali del materiale di propagazione**
di Luigi Pari, Andrea Acampora, Sara Croce, Alberto Assirelli, Enrico Santangelo
- 35** **Adattabilità del miscanto nell'Italia centrale. Valutazione in un impianto sperimentale**
di Luigi Pari, Alberto Assirelli, Sara Croce, Andrea Acampora
- 40** **Coltivazione della colza per scopi energetici. Valutazione della sostenibilità ambientale attraverso la metodologia LCA (Life Cycle Assessment)**
Luigi Pari, Alessandro Suardi, Nadia Palmieri, Maria Bonaventura Forleo, Domenico Coaloa
- 46** **L'integrazione degli strumenti di divulgazione scientifica. La disseminazione dei risultati nel caso dei progetti FAESI e SUSCACE**
di Enrico Santangelo, Luigi Pari

Con l'approvazione del pacchetto "clima-energia 20-20-20", da parte del Parlamento Europeo, viene prevista una riduzione del 20% delle emissioni di gas a effetto serra rispetto a quelle del 2005, attraverso il risparmio energetico del 20% e introducendo il 20% dell'energia prodotta da fonti rinnovabili. In particolare la quota di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale di energia al 2020 fissata per l'Italia è pari al 17%.

Questo ha portato il Ministero dello Sviluppo Economico a dover ricalibrare la propria politica energetica attraverso la redazione del Piano di Azione Nazionale (PAN) per le energie rinnovabili approvato nel Giugno 2010. In questo contesto e in attuazione alla Direttiva 28/2009, le biomasse dovrebbero diventare entro il 2020 le prime rinnovabili in Italia, coprendo il 44% dei consumi (20% dell'elettricità; 58% del calore; 84% dei biocarburanti), per un totale di 22,3 Mtep.

Le biomasse di origine agroforestale rappresentano, infatti, un'importante opportunità non solo per la produzione di energie alternative ma anche per lo sviluppo socio economico delle aree marginali rurali e montane e per il raggiungimento degli impegni di lotta al cambiamento climatico in termini di riduzione delle emissioni da fonti fossili e assorbimento della CO₂ atmosferica. Secondo l'ultimo rapporto Enea (2012), il numero di impianti alimentati con biomasse provenienti da attività agricole e forestali è pari a 334 impianti con una potenza installata di 297,9 MW. La logistica gioca un ruolo importante per la riduzione del costo della materia prima; le fasi della raccolta, trasporto, movimentazione, stoccaggio e pretrattamento vanno ottimizzate nei diversi contesti operativi.

Le politiche europee e nazionali, negli ultimi anni, hanno rivolto un particolare interesse alle biomasse lignocellulosiche come fonti alternative ai combustibili fossili, sottolineando l'importanza dei vantaggi non solo ambientali, ma anche economici e di sviluppo locale (filiera corte), capaci di creare reddito aggiuntivo per il settore agricolo e forestale.

La ricerca che il CRA ING sta sviluppando nel settore delle biomasse lignocellulosiche è mirata sia alla messa a punto di sistemi produttivi di materie prime che alle tecnologie di trasformazione e di conversione, con lo scopo quindi di migliorare non solo le

disponibilità di approvvigionamento delle materie prime ma anche le tecnologie di trasformazione dei prodotti, favorendo l'utilizzo sostenibile delle materie prime disponibili con tecnologie innovative e ad alta efficienza.

Le attività di ricerca svolte vengono pubblicate sia su riviste scientifiche che su riviste divulgative con lo scopo di mettere a disposizione degli attori della filiera le conoscenze acquisite.

Questo lavoro raccoglie le esperienze di ricerca maturate nel 2012 relativamente alla raccolta delle colture forestali a rapido accrescimento, le tecnologie sviluppate per aumentare la qualità del cippato prodotto sia per la fase di stoccaggio che per la fase di trasformazione energetica, l'impianto e coltivazione delle colture energetiche erbacee poliennali, la raccolta dei residui agricoli e la valutazione dell'impatto ambientale delle filiere energetiche attraverso la metodologia LCA (Life Cycle Assessment).

Questo lavoro è reso disponibile, scaricabile gratuitamente dai siti <http://ing.entecra.it/biomasse> e www.gruppo-panacea.it (oltre che sul sito www.rivistasherwood.it/pubblicazioni-cdf.html) come i lavori che lo hanno preceduto: il volume "Lo sviluppo delle colture energetiche in Italia - Il contributo dei progetti di ricerca SUSCACE e FAESI" (a cura di PARI L., 2011); il supplemento a Sherwood "Innovazioni tecnologiche per le agro energie - Sinergie tra ricerca e impresa" (a cura di PARI L., 2010); un secondo supplemento a Sherwood "Progetti di ricerca SUSCACE e FAESI - Recenti acquisizioni scientifiche per le colture energetiche" (a cura di PARI L., 2012), lo speciale dell'Informatore Agrario "Agroenergie, dall'impianto alla raccolta" Supplemento al n. 29 del 17/23 Luglio 2009.

L'intensa attività di divulgazione dei risultati scientifici ottenuti dai progetti di ricerca è mirata sia a fornire indicazioni agli attori della filiera agro-energetica italiana, dato che le pubblicazioni scientifiche in lingua inglese sono prevalentemente lette dagli utenti della ricerca anglofoni, sia a formare gli studenti (alcuni dei testi scaricabili sono stati adottati da Università) ma anche a fornire informazioni scientifiche esatte ai giornalisti ed al consumatore italiano con il fine di contribuire al dibattito sulle agro energie evitando l'effetto NIMBY (*not in my back yard* - non nel mio giardino).

Biomasse lignocellulosiche: prospettive e attività di ricerca

LUIGI PARI
Coordinatore Generale dei Progetti SUSCACE e FAESI

Abbattitrice andanatrice e cippatrice semovente

Un cantiere innovativo per pioppo quinquennale

di LUIGI PARI, VINCENZO CIVITARESE,
ANGELO DEL GIUDICE, ENRICO SANTANGELO

È stato progettato e sviluppato un cantiere di raccolta in due fasi per pioppo quinquennale. Il cantiere si compone di una macchina abbattitrice andanatrice e una macchina semovente con testata *pick up*. Nel presente lavoro viene fornita una descrizione particolareggiata dei prototipi e del loro funzionamento.

PAROLE CHIAVE: *Medium Rotation Forestry*, raccolta, pioppo, colture energetiche.

L'utilizzazione delle piantagioni di pioppo a ciclo quinquennale presuppone l'impiego di cantieri forestali (SPINELLI *et al.* 2008), con livelli di specializzazione variabili in funzione della taglia delle piante, della provvigione ad

ettaro, dell'estensione dei campi e dell'indirizzo produttivo (solo cippato o produzione mista di tondello e cippato) (SPINELLI *et al.* 2006). Un cantiere tipo prevede l'abbattimento di un numero variabile di file, l'accatastamento della biomassa prodotta in un'apposita area (ad esempio a bordo campo) e la cippatura ad opera di cippatrici fisse o semoventi, generalmente alimentate da caricatori forestali.

Ad oggi gli impianti di pioppo a ciclo quinquennale hanno visto una minore diffusione, rispetto a quelli a ciclo biennale, e ciò è da mettere in relazione con il livello di meccanizzazione disponibile sul mercato.

La raccolta delle *Short Rotation Forestry* (SRF), infatti, viene effettuata utilizzando una meccanizzazione agricola assimilabile a quella di una coltura industriale, rappresentata da falciatrinciacaricatrici semoventi o semiportate (PARI *et al.* 2009a, PARI *et al.* 2009c, PARI e CIVITARESE 2009), oppure da abbattitrici azionate da trattori agricoli (PARI *et al.* 2009b, PARI *et al.* 2010).

Partendo dall'esperienza maturata nella raccolta in due fasi per gli impianti biennali (PARI *et al.* 2009, PARI *et al.* 2010), il CRA ING, in collaborazione con la ditta



Foto 1 - Abbattitrice andanatrice per pioppo quinquennale: sono visibili il disco di taglio e la doppia pinza a posizionamento variabile.

LUIGI PARI, CRA-ING. - VINCENZO CIVITARESE, CRA-ING. E-mail vincenzo.civitaresse@entecra.it - ANGELO DEL GIUDICE, CRA-ING. - ENRICO SANTANGELO, CRA-ING.

Spapperi, ha progettato e sviluppato un cantiere di raccolta in due fasi per il pioppo quinquennale. L'obiettivo dell'attività era quello di favorire lo sviluppo della filiera attraverso la semplificazione dei processi produttivi, con particolare riferimento alle operazioni di raccolta. Il cantiere si compone di una macchina abbattitrice andanatrice, in grado di tagliare e deporre nell'interfila le piante di 5 anni, e una cippatrice semovente con testata *pick up*, in grado di raccogliere il prodotto andanato in fase dinamica. Nel presente lavoro viene fornita una descrizione particolareggiata dei prototipi e del loro funzionamento.

ABBATTITRICE ANDANATRICE

Il prototipo (Foto 1) è una macchina semiportata in posizione latero - posteriore da una trattore della potenza minima di 95 kW, zavorrata anteriormente di 0,5 tonnellate (Tabella 1). La macchina, con massa complessiva di 2.046 kg ed ingombro esterno, in fase di lavoro, pari a 3.210 mm di larghezza e 3.600 mm di lunghezza, monta su un telaio di profilati metallici un sistema di taglio e una doppia pinza a posizionamento variabile. Il dispositivo di taglio e la pinza sono in grado di traslare lateralmente per una lunghezza di 860 mm rispetto al corpo principale della macchina, passando dalla configurazione da trasporto a quella da lavoro (Figura 1).

Il dispositivo di taglio è costituito da una lama circolare (diametro 1.000 mm e spessore 12 mm) con 36 denti, profondi 30 mm e spaziatati fra loro di 88 mm, forniti di supporto indurito al vidia. La lama deriva il proprio moto dalla presa di potenza del trattore attraverso un rinvio che ne moltiplica il numero di giri, in modo che la lama possa operare a 2.200 giri min⁻¹.

Il disco è montato su un supporto mobile, abbinato ad una molla ad intensità regolabile e ad un tirante. Ciò permette di assorbire parte degli sforzi che si registrano durante la fase di taglio e che, diversamente, sarebbero a carico della struttura portante.

La macchina è equipaggiata con due ruote che svolgono la duplice funzione di sostenerne il peso e di regolare l'altezza di taglio, grazie all'azione di due martinetti idraulici (altezza minima di taglio 50 mm).

La doppia pinza a posizionamento variabile è composta da quattro elementi di presa parzialmente sovrapponibili (due superiori e due inferiori) ed è collegata, tramite un telaio in acciaio, ad una colonna portante girevole del diametro di 100 mm.

Tale dispositivo effettua una sequenza di operazioni secondo un ciclo temporale ben definito. Il tempo impiegato per il rilascio delle piante nell'interfila, gestito dalle fasi di inclinazione e apertura della pinza, può essere modificato grazie ad un apposito comando.

Ciò consente un certo adattamento alle caratteristiche dell'impianto, con particolare riferimento all'altezza media del popolamento. Relativamente a quest'ultimo aspetto, occorre tener presente che più alte sono le

Descrizione	Unità di misura	Valore
Dimensioni in fase di lavoro (larghezza e lunghezza)	m	3,21 x 3,60
Dimensioni in fase di trasporto (larghezza e lunghezza)	m	2,35 x 3,60
Altezza massima	m	2,8
Massa complessiva	kg	2.046
Pneumatici		205/65/15
Sistema di taglio		
Diametro del disco	mm	1.000
Spessore del disco	mm	12
Denti	N°	36
Velocità di rotazione	rpm/min	2.200
Altezza minima di taglio	mm	50
Doppia pinza a posizionamento variabile		
Bracci	N°	2
Ampiezza presa sul tronco	mm	795
Fasi di lavoro	N°	5

Tabella 1 - Caratteristiche tecniche della abbattitrice andanatrice per pioppo quinquennale.

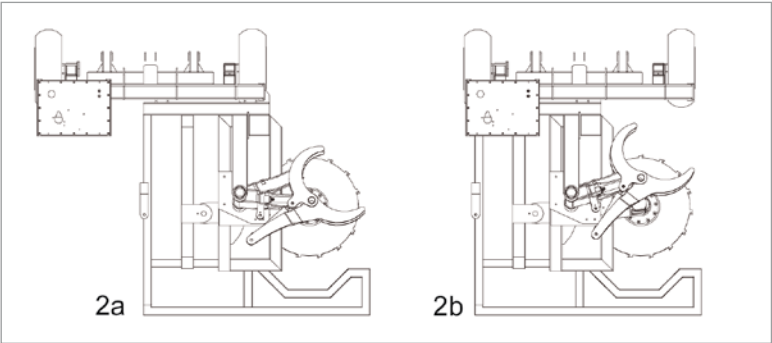


Figura 1 - Configurazione da lavoro (2a) e da trasporto (2b).

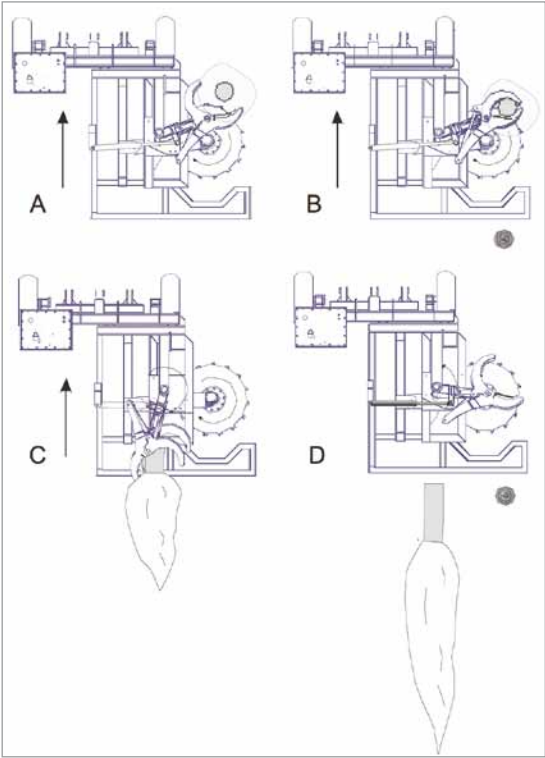


Figura 2 - Fasi di lavoro della doppia pinza a posizionamento variabile: azionamento (A), bloccaggio della pianta (B), sollevamento e rotazione (C), ritorno in posizione di partenza (D).

Dati tecnici della semovente		
Motore	tipo	FTP Iveco C87
Cilindri	n.°	6 in linea
Potenza motore	kW	260
Cilindrata	l	8,7
Serbatoio carburante	l	300
Lunghezza complessiva	mm	6.390
Larghezza complessiva	mm	2.510
Altezza massima da terra	mm	3.910
Massa (comprensiva del cassone posteriore)	kg	9.250
Pneumatici		500/18 R22,5

Tabella 2 - Dati tecnici della macchina semovente.



Foto 2 - Testata *pick up*: sono visibili il dispositivo *pick up*, i rulli di convogliamento e i rulli di alimentazione.

piante maggiore sarà il tempo necessario per la corretta deposizione delle stesse in andana.

Durante la fase di avanzamento della trattrice il dispositivo tastatore, montato tra i bracci della pinza, urta contro la pianta azionando la chiusura della pinza stessa (Figura 2a) e il conseguente bloccaggio della pianta (Figura 2b). Contemporaneamente il disco esegue il taglio basale e la pinza solleva e ruota la pianta di 90°, rilasciandola nell'interfila in posizione parallela a quella di avanzamento, ma in direzione opposta (Figura 2c).

Terminato il ciclo la pinza ritorna nella posizione di partenza consentendo di operare sulla pianta successiva (Figura 2d).

CIPPATRICE SEMOVENTE CON TESTATA *PICK UP*

La macchina (Tabella 2) è azionata da un motore endotermico diesel IVECO FPT (Fiat Powertrain Technologies) di 8,7 litri, con 6 cilindri in linea e una potenza massima di 260 kW (354 Cv).

La semovente è equipaggiata frontalmente con una testata *pick up* e un cippatore a disco (diametro 1600 mm, spessore 60 mm), in grado di cippare piante fino a 38 cm di diametro. (PARI e CIVITARESE 2010).

La testata *pick up* (Foto 2) si compone di un dispositivo raccoglitore, di un sistema di convogliamento e di un sistema di alimentazione del cippatore.

Il dispositivo *pick up* è costituito da un cilindro rotativo (diametro 155 mm, lunghezza 1750 mm) dotato di 105 rilievi in acciaio. Il suo asse di rotazione dista 820 mm dal sistema di alimentazione della cippatrice, con uno spazio utile allo scarico di eventuale materiale estraneo di 370 mm.

Il sistema di convogliamento è composto da due serie di tre rulli dentati ad asse verticali, ciascuno del diametro e altezza pari a 250 mm e 700 mm.

Il sistema di alimentazione è invece rappresentato da due rulli dentati verticali, uno fisso e l'altro a posizionamento variabile in funzione della dimensione del prodotto in entrata.

Un sistema autolivellante "idraulico", montato sui due lati del *pick up*, garantisce il contatto tra il dispositivo raccoglitore e il terreno, assecondandone le irregolarità. Il moto rotativo del *pick up* è derivato da una pompa idraulica posizionata sul lato sinistro e protetta da un carter in metallo.

Una valvola consente di regolarne la velocità di rotazione in base alla velocità di avanzamento della macchina e al quantitativo di biomassa presente sul terreno. Le piante abbattute vengono sollevata da terra e introdotte all'interno della testata grazie al moto rotativo del dispositivo *pick up*.

I rulli verticali di convogliamento provvedono a correggere la direzione dei fusti non perfettamente allineati favorendo l'indirizzamento del prodotto verso i rulli di alimentazione.

Quest'ultimi alimentano il dispositivo di cippatura che provvede, tramite un flusso d'aria, a scaricare il cippato sul cassone posteriore della semovente o sui rimorchi trainati dalle trattrici.

Il gruppo cippatore e la testata *pick up* possono essere abbinate anche a trattrici di elevata potenza.

CONCLUSIONI

Le macchine descritte in questo lavoro consentono di semplificare e velocizzare le operazioni di abbattimento e raccolta, rappresentando un'importante innovazione nel settore della meccanizzazione dedicata alle colture energetiche.

Ciò potrebbe portare ad una complessiva contrazione dei costi favorendo, al contempo, l'utilizzo razionale del parco macchine disponibile nelle aziende di media estensione. Il cantiere proposto può essere impiegato anche nella raccolta di altre essenze arboree e nei diradamenti delle specie consociate in arboricoltura da legno.

Bibliografia

PARI L., CIVITARESE V., 2009 - **Falcitrinciacaricatrice Spapperi riveduta e corretta**. Energia Rinnovabile, supplemento a L'Informatore Agrario. n. 5: 18-21.

PARI L., CIVITARESE V., DEL GIUDICE A., 2009a - **Claas Jaguar 890 e 860, prove di raccolta su pioppo**. Agroenergie, dall'impianto alla raccolta. Supplemento a L'Informatore Agrario. n. 29: 31-33.

PARI L., CIVITARESE V., GALLUCCI F., DEL GIUDICE A., GIANNINI E., 2009b - **Un nuovo rotore per la Claas Jaguar 890. Agroenergie, dall'impianto alla raccolta**. Supplemento a L'Informatore Agrario. n. 29: 41-43.

PARI L., CIVITARESE V., DEL GIUDICE A., 2009c - **Cantiere innovativo di raccolta di pioppo a turno breve**. Agroenergie, dall'impianto alla raccolta. Supplemento a L'Informatore Agrario. n. 29: 34-37.

PARI L., CIVITARESE V., 2010 - **Una semovente per la raccolta e la cippatura, sviluppo di una macchina dedicata alle colture da biomassa**. In: Innovazioni tecnologiche per le agroenergie. Sinergie tra ricerca e impresa. Sherwood. n. 168, suppl. 2: 11-13

PARI L., CIVITARESE V., DEL GIUDICE A., 2010 - **Abbattitrice andanatrice. Versione pre-commerciale della macchina**. In: Innovazioni tecnologiche per le agroenergie. Sinergie tra ricerca e impresa. Sherwood. n. 168, suppl. 2: 6-10

SPINELLI R., MAGAGNOTTI N., NATI C., 2006 - **Efficienza complessiva di cantieri di meccanizzazione integrale di SRF (Short Rotation Forestry) in Lombardia**. 20-48. In Regione Lombardia Agricoltura (a cura di) Raccogliamo l'energia. Evasfo Evaluation Short Rotation Forestry. L'innovazione nella raccolta

meccanizzata di biomasse arboree. Ed. Regione Lombardia - Agricoltura 54(3): 19-48.

SPINELLI R., NATI C., MAGAGNOTTI N., PICCHI G., 2008 - **Harvesting poplar medium rotation coppice with light equipment**. In FAO IPC 23rd Sess. 'Poplar, Willows and People's Wellbeing'. Beijing, China, 23-30 October: 168

KEYWORDS: Medium Rotation Forestry, harvesting, poplar, Energy crops.

Abstract: *A novel system for the harvest of poplar for Medium Rotation Coppice. Felling and windrowing within the inter-row and chipping in dynamic phase. The Consiglio per la ricerca e sperimentazione in agricoltura, in cooperation with Spapperi company, projected an innovative yard suitable for the harvest of five-years old poplar grown in Medium Rotation Coppice (MRC). The system allows the MRC harvesting in two different phases: cutting and windrowing of trees parallel to the row followed by harvesting and chipping of windrows. It is formed by a cut-windrower and a self-propelled chipper with a forward pick-up. The harvester, semi-trailed by a 95 kW (at least) tractor, is able to work on plants with a maximum diameter of 300 mm. The plant, cut by mean of a disc saw, is moved thanks to a double pincers with variable positioning that provides to grasp and release the plants within the windrow. These are laid in position parallel with the advancing direction of the tractor but in the opposite way. The windrow is then harvested by the self-propelled machinery (260 kW), equipped with a pick-up header including the chipper unit. The comminution takes place in dynamic phase, directly in the windrow, and the chipped wood is offloaded inside the rear body of the self-propelled chipper or in trailers towed by tractors.*

Prove di raccolta del pioppo quinquennale

Risultati preliminari in un cantiere innovativo

di LUIGI PARI, VINCENZO CIVITARESE,
ANGELO DEL GIUDICE, ANTONIO SCARFONE

È stato sviluppato un cantiere *ad hoc* per la raccolta in due fasi del pioppo quinquennale. I risultati ottenuti denotano la possibilità di ridurre sensibilmente sia i tempi totali di utilizzazione, sia i costi di raccolta.

PAROLE CHIAVE: *Medium Rotation Forestry*, raccolta, pioppo, colture energetiche.

La fase di sviluppo di un prototipo prevede diversi *step* che portano, entro un periodo di circa due anni, a validare o meno l'idea progettuale e a definirne il potenziale campo di applicazione. Il CRA ING, in collaborazione con la Ditta Spapperi, ha sviluppato un cantiere *ad hoc* per la raccolta in due fasi del pioppo quinquennale. Il cantiere risulta composto da una abbattitrice andanatrice e una cippatrice semovente con testata *pick up* (PARI *et al.* 2013). L'introduzione di innovazioni tecnologiche comporta la definizione delle corrette condizioni di impiego e la valu-

tazione di diversi aspetti, sia operativi, sia qualitativi. Nel presente lavoro vengono descritte le potenzialità produttive delle due macchine, la qualità del lavoro svolto in campo e le caratteristiche del cippato prodotto. I dati sono stati raccolti nel corso di una prova condotta nel Dicembre 2011 su un impianto di pioppo quinquennale, sito presso l'azienda Alasia Franco Vivai di Savigliano (CN) (Tabella 1, Foto 1).

MATERIALI E METODI

La piantagione messa a disposizione per la prova, di forma rettangolare e sesto di impianto 3 x 2 m, si estendeva su una superficie di 1,05 ha (superficie netta 0,96 ha). Le macchine sono state testate su un'area di 1.440 m², operando l'abbattimento e la cippatura di tre filari scelti a caso, lunghi mediamente 160 m. I rilievi volti a determinare le caratteristiche della coltura e la qualità del lavoro svolto sono stati effettuati misurando, e/o visionando, tutte le piante e le ceppaie localizzate lungo 3 file di riferimento. Prima dell'abbattimento sono stati rilevati la percentuale di fallanze e i diametri, quest'ultimi misurati con cavalletto dendrometrico a 100 mm di altezza. Dopo l'abbattimento sono stati valutati, invece, la lunghezza delle piante, l'altezza di taglio e la regolarità delle andane. La biomassa ad ettaro è stata determinata mediante pesatura integrale del prodotto raccolto e cippato durante la prova, a cui sono state aggiunte le perdite rilevate. Quest'ultime sono state quantificate raccogliendo e pesando tutta la biomassa rimasta in andana dopo il passaggio della rac-



Foto 1 - Impianto di pioppo quinquennale al primo intervento di taglio situato presso Savigliano (CN).

LUIGI PARI, CRA-ING - VINCENZO CIVITARESE, CRA-ING. E-mail vincenzo.civitarese@entecra.it - ANGELO DEL GIUDICE, CRA-ING. - ANTONIO SCARFONE, CRA-ING.

coglitrice. I rilievi sono stati effettuati all'interno di 9 plot di 30 m² ciascuno (3 m x 10 m) distribuiti ad intervalli regolari lungo le 3 file. I tempi di raccolta sono stati registrati secondo quanto previsto dalla metodologia ufficiale della Commission Internationale de l'Organisation Scientifique du Travail en Agriculture (C.I.O.S.T.A.) (BOLLI e SCOTTON 1987) e la raccomandazione dell'Associazione Italiana di Genio Rurale (A.I.G.R.) 3A R1 (BARALDI 1980). Poiché lo studio dei tempi mirava a valutare esclusivamente la produttività delle macchine in campo si è deciso di considerare il **Tempo Standard**. Il Tempo Standard rende più omogeneo il confronto delle prestazioni rilevate in quanto prende in esame soltanto i tempi strettamente legati al rapporto macchina - coltura, escludendo, ad esempio, altri valori quali il tempo di preparazione in campo oppure i tempi di trasferimento. Il cippato prodotto dalla semovente è stato classificato seguendo le normative europee di riferimento EN, analizzandone la massa volumica apparente (UNI EN 15103:2009), l'umidità (UNI EN 14774-2:2009) e la granulometria (CEN/TS 15149-1:2006). In particolare sono stati prelevati 5 campioni da circa 500 g ciascuno per il calcolo del contenuto di umidità, 5 cilindri volumetrici (0,13 m³) per il calcolo della massa volumica apparente e 3 campioni da 1 kg per la caratterizzazione granulometrica. Relativamente a quest'ultimo aspetto sono stati impiegati 4 setacci con maglie di apertura 63-45 mm, 45-16 mm, 16-3,15 mm, < 3,15 mm.

RISULTATI

Caratteristiche morfologiche della pianta-gione e produttività

Le piante avevano un'altezza e un diametro medio di 18,60 m (dev. st. $\pm 1,74$) e 189 mm (dev. st. $\pm 30,31$), mentre il diametro massimo registrato nell'impianto era di 240 mm (Tabella 2). I rilievi hanno evidenziato una percentuale di fallanze del 1,40%, con una densità effettiva di 1.642 piante ha⁻¹. La biomassa raccogliibile, infine, è risultata di 198 t ha⁻¹, corrispondenti a 16,77 t s.s. ha⁻¹ anno⁻¹.

Operatività e qualità del lavoro svolto dalle macchine

In Tabella 3 sono riportati i tempi registrati durante le prove di raccolta. L'abbattitrice andanatrice (abbinata ad una trattrice Fendt 716 Vario TMS. N) (Foto 2), lavorando ad una velocità di 0,24 m s⁻¹ (0,87 km h⁻¹), ha raggiunto una capacità di lavoro operativa di 0,22 ha h⁻¹ e una produzione oraria operativa di 44 t h⁻¹. La semovente (Foto 3), invece, lavorando ad una velocità di 0,18 m s⁻¹ (0,65 km h⁻¹) ha raggiunto una capacità di lavoro operativa di 0,18 ha h⁻¹ e una produzione oraria operativa di 35 t h⁻¹. Non sono stati registrati tempi di riposo mentre quello accessorio è risultato costituito dai tempi per voltate in capezzagna (4,36% per l'abbattitrice e 6,19% per la semovente) e tempi di manutenzione (9,40% per



Foto 2 - Abbattitrice andanatrice per pioppo quinquennale durante la fase di rilascio della pianta in andana.

Regione	Piemonte
Località	Savigliano (CN)
Età del pioppeto	R5F5
Superficie netta (ha)	0,95
Quota (m slm)	327
Sesto di impianto (m)	3 x 2
Densità di impianto (p ha ⁻¹)	1666
Clone	Monviso

Tabella 1 - Descrizione del sito.

Fallanze (%)	1,40
Densità effettiva (p ha ⁻¹)	1642
Diametro (mm $\pm$ dev.st.)	189 $\pm$ 30,31
Altezza (m $\pm$ dev.st.)	18,60 $\pm$ 1,74
Biomassa fresca (t ha ⁻¹)	198
Contenuto di umidità (%)	57,65
Biomassa (t s.s. ha ⁻¹)	83,85

Tabella 2 - Caratteristiche dendrometriche dell'impianto.

Descrizione	Unità	Abbattitrice	Cippatrice
		Valori	
Velocità effettiva	m s ⁻¹	0,24	0,18
Capacità operativa	ha h ⁻¹	0,22	0,18
Produzione operativa	t h ⁻¹	44	35
Tempo accessorio	%	13,76	9,68
- per voltate	%	4,36	6,19
- per manutenzione	%	9,40	3,49

Tabella 3 - Performance della abbattitrice andanatrice e della cippatrice semovente equipaggiata con testata pick up.



Foto 3 - Cippatrice semovente in raccolta di pioppo quinquennale andanato.

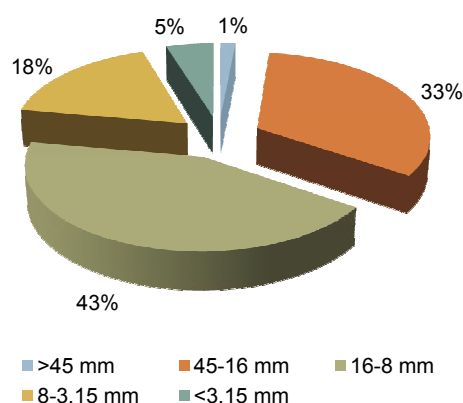


Grafico 1 - Distribuzione granulometrica del cippato prodotto.

l'abbattitrice e 3,49% per la semovente). L'abbattitrice andanatrice ha effettuato il taglio ad un'altezza di 119,30 mm (dev. st. $\pm 17,13$ mm). Il 3% delle piante abbattute non sono state deposte in modo corretto mentre il 97% risultava allineato parallelamente alla direzione di avanzamento della trattrice. La cippatrice semovente è risultata in grado di raccogliere il 99,15% della biomassa andanata, lasciando sul terreno un quantitativo di prodotto pari allo 0,85% del totale (1,68 tonnellate). Il cippato ottenuto aveva una massa volumica apparente di 293,60 kg m⁻³ (dev. st. $\pm 12,48$) e un contenuto di umidità del 57,65%. La maggior parte del cippato risulta concentrato nelle classi 8-16 mm e 16-45 mm, rispettivamente per il 43,28% e 32,90% (categoria commerciale P45). Assenti, invece, impurità e sovra misure (Grafico 1).

DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

Le prestazioni operative rilevate nel corso della sperimentazione possono essere considerate soddisfacenti, attestandosi tra 0,18 e 0,22 ha h⁻¹ rispettivamente per la cippatrice semovente e l'abbattitrice andanatrice. Quest'ultima è risultata in grado di abbattere circa 360 alberi all'ora, effettuando il taglio e il rilascio del prodotto nell'interfila, parallelamente alla direzione di avanzamento della trattrice. La tipologia di abbattimento eseguito consente di operare la cippatura in fase dinamica, similmente a quanto avviene nei cantieri di raccolta del pioppo biennale. Le piante abbattute vengono, infatti, lasciate sul letto di caduta, senza essere movimentate e/o accatastate, in quanto la testata *pick up* è in grado di raccogliere il prodotto direttamente da terra, scaricando il cippato sui rimorchi dei trattori a servizio dell'operatrice (Foto 4). Le buone produttività raggiunte possono essere messe in relazione con la tipologia di cantiere proposto che, diversamente dai cantieri forestali tradizionali, prevede una diversa gestione delle operazioni di raccolta non provvedono all'accumulo e allo stoccaggio intermedio del prodotto man mano abbattuto. I risultati ottenuti evidenziano la possibilità di ridurre sensibilmente i tempi totali di utilizzazione e i costi di raccolta, attraverso l'ottimizzazione logistica dell'intero cantiere. Le macchine svi-



Foto 4 - Cantiere di raccolta in parallelo.

luppate sono attualmente in fase prototipale e, pertanto, nonostante le interessanti prestazioni e la buona qualità del lavoro svolto, necessitano di ulteriori sviluppi tecnici in grado di migliorarne l'affidabilità operativa nel lungo periodo, cosa che potrà e dovrà avvenire nella successiva fase di commercializzazione a cura della ditta costruttrice.

Bibliografia

BARALDI G., 1980 - **Organizzazione e misurazione del lavoro. Quaderno di appunti alle lezioni di Tecnica della meccanizzazione agricola.** Università di Bologna.

BOLLI P., SCOTTON M., 1987 - **Lineamenti di tecnica della meccanizzazione Agricola.** Edagricole.

CEN/TS 15149-1, 2006 - **Solid biofuels.** Methods for the determination of particle size distribution, Part 1: Oscillating screen method using sieve apertures of 3,15 mm and above.

PARI L., CIVITARESE V., DEL GIUDICE A., SANTANGELO E. 2013 - **Abbattitrice andanatrice e cippatrice semovente - Un cantiere innovativo per pioppo quinquennale.** 5-8. In: Biomasse lignocellulosiche per uso energetico - Ultimi risultati dell'attività di ricerca del CRA-ING. Sherwood 192, Supplemento 2

UNI EN 14774-2, 2009 - **Solid biofuels.** Determination of moisture content, oven dry method (Part 2): Total moisture - Simplified method.

UNI EN 15103, 2009 - **Solid biofuels.** Determination of bulk density, 2009.

KEYWORDS: Medium Rotation Forestry, harvesting, poplar, Energy crops.

Abstract: *Felling and chipping trials on a five-years old poplar coppice using an innovative system. Preliminary results. The Consiglio per la ricerca e sperimentazione in agricoltura, in cooperation with the Spapperi company, has designed a system specifically apt for the two-phases harvest of five-year poplar in Medium Rotation Coppice (MRC). The yard is composed of a cut-windrower and a self-propelled chipper equipped with a pick up. In the first experiences, the cut-windrower has reached an operative working capacity of 0,22 ha h⁻¹ with an operational hourly production of 44 t h⁻¹. The self-propelled chipper, instead, has showed an operative working capacity equal to 0,18 ha h⁻¹ and an operational hourly production around 35 t h⁻¹. Both machines have, also, shown a good quality of the work performed and the results obtained denote the chance to reduce both the total times of use and the costs related to the harvest.*

Miglioramento della pezzatura del cippato

Rotore CRA ING di seconda generazione per Claas Jaguar

di LUIGI PARI, VINCENZO CIVITARESE,
ANGELO DEL GIUDICE, MAURIZIO BARONTINI

La pezzatura del cippato riveste un ruolo fondamentale sui rendimenti energetici delle caldaie e nei processi biochimici che si verificano a carico del prodotto in fase di stoccaggio. Per tali ragioni, sulla base di una precedente sperimentazione, è stato realizzato un rotore di II generazione per la cippatura del pioppo allevato a SRF. Il nuovo dispositivo, montato su falciatrinciataricatrice Claas Jaguar in sostituzione di quello di serie, consente di migliorare sensibilmente le caratteristiche granulometriche del cippato prodotto.

PAROLE CHIAVE: cippato, pioppo, granulometria, falciatrinciataricatrice Claas Jaguar.

La distribuzione dimensionale dei *chip*, insieme al contenuto di umidità, è uno dei principali parametri da prendere in considerazione nella definizione della qualità della biomassa (HARTMANN *et al.* 2006; PAULRUD e NILSSON 2004; SUADICANE e GAMBORG 1999), essendo in grado di influenzare il valore calorico (Wu *et al.* 2011), il comportamento in fase di stoccaggio e il trattamento finale all'impianto di trasformazione (NATI *et al.* 2010; SPINELLI *et al.* 2012). La falciatrinciataricatrice Claas Jaguar è una delle macchine maggiormente impiegate nella raccolta delle SRF di pioppo e il suo utilizzo garantisce, oltre ad un'elevata affidabilità in campo, il raggiungimento di prestazioni operative interessanti, comprese tra 0,76 e 1,20 ha h⁻¹ (PARI *et al.* 2009a). Il cippato prodotto dalla raccogliitrice, tuttavia, risulta caratterizzato da una **ridotta pezzatura e ciò si ripercuote negativamente sulla conservazione del cippato in fase di stoccaggio** (PARI *et al.* 2008) e sulla qualità energetica finale del prodotto. Tale problematica risulta riconducibile al dispositivo di cippatura che la macchina equipaggia di serie, concepito per operare essenzialmente su colture erbacee.

Al fine di migliorare la pezzatura del cippato prodotto, nel 2008 era stato progettato e realizzato un **primo rotore sperimentale** da montare sulla falciatrinciataricatrice in



Foto 1 - Rotore CRA ING di seconda generazione.

LUIGI PARI, CRA-ING - VINCENZO CIVITARESE, CRA-ING. E-mail vincenzo.civitarese@entecra.it - ANGELO DEL GIUDICE, CRA-ING. - MAURIZIO BARONTINI, CRA-ING.

sostituzione di quello di serie. Le prove condotte avevano evidenziato un generale miglioramento della pezzatura, ma anche la tendenza a concentrare gli incrementi dimensionali delle scaglie nella sola sezione longitudinale (PARI *et al.* 2009b, PARI *et al.* 2010).

Al fine di incrementare le dimensioni delle scaglie anche nelle sezioni radiali e trasversali, il CRA ING, in collaborazione con la Ditta Veneta Mais, ha progettato e realizzato

un **rotore sperimentale di II generazione**.

Il nuovo rotore, rispetto alla versione precedente, **si caratterizza per una maggiore massa del tamburo e un diverso angolo di taglio dei coltelli**. Scopo del presente lavoro è quello di descrivere le caratteristiche qualitative del cippato di pioppo ottenuto impiegando il nuovo rotore, documentando gli incrementi dimensionali prodotti sulle singole scaglie rispetto al rotore di I generazione e al rotore di serie.

MATERIALI E METODI

Rotore CRA-ING di seconda generazione

Il nuovo rotore (rotore CRA II), analogamente alla versione prodotta nel 2008 (rotore CRA I), monta 10 portacoltelli fissi saldati su un tamburo cavo in acciaio (Foto 1). I due rotori differiscono per massa complessiva, lunghezza e inclinazione dei portacoltelli, angolo di taglio e lunghezza dei coltelli (Tabella 1).

La massa del tamburo, comprensiva dei portacoltelli e dei coltelli, è stata incrementata da 349 kg a 403 kg, al fine di aumentarne l'inerzia durante la cippatura, con evidenti vantaggi in termini di assorbimenti di potenza.

I portacoltelli sono stati ridimensionati passando da 320 mm a 340 mm di lunghezza, in modo tale da distribuire in maniera più uniforme gli sforzi di taglio sul mantello del tamburo. Infine è stato variato l'angolo di taglio dei coltelli, da 4,6° a 4° per garantire un'azione di taglio più netta e una conseguente maggiore pezzatura delle scaglie. La lunghezza dei coltelli è stata infine ridotta da 380 mm a 363 mm. La Figura 1 evidenzia la diversa configurazione dei portacoltelli e il diverso angolo di taglio dei coltelli nelle due versioni a confronto.

Valutazione qualitativa del cippato prodotto

I campioni di cippato prodotti dal rotore CRA II sono stati raccolti durante una prova sperimentale svoltasi, nel Novembre del 2011, su un impianto di pioppo sito in provincia di Treviso. L'impianto si presentava al quarto anno di età e al secondo ciclo di taglio (R4F2), con diametri e altezze medie pari a 61,90 mm (dev. stand. $\pm 11,85$) e 7,86 m (dev. stand. $\pm 0,60$) per i fusti principali e 27,85 mm (dev. stand. $\pm 7,41$) e 4,24 m (dev. stand. $\pm 1,00$) per i fusti secondari. Il cippato è stato classificato seguendo le normative europee di riferimento EN, analizzandone la massa volumica apparente (UNI EN 15103:2009), l'umidità (UNI EN 14774-2:2009) e la granulometria (CEN/TS 15149-1:2006). In particolare sono stati prelevati 6 campioni da circa 500 g ciascuno per il calcolo del contenuto di umidità, 10 cilindri volumetrici (per un totale 0,26 m³) per il calcolo della massa volumica apparente e 5 campioni da 1 kg per la caratterizzazione granulometrica. Relativamente a quest'ultimo aspetto sono stati impiegati 4 setacci con maglie di apertura 63-45 mm, 45-16 mm, 16-3,15 mm, < 3,15 mm. Al fine di comparare la qualità del lavoro svolto dal nuovo rotore con quella delle

Caratteristiche	Unità	Rotore	
		CRA II	CRA I
Peso rotore	kg	403	349
Diametro rotore ⁽¹⁾	mm	630	578
Lunghezza rotore	mm	720	701,5
Numero di portacoltelli	n	10	10
Inclinazione portacoltelli	Gradi	15	30
Lunghezza portacoltelli	mm	340	320
Numero di coltelli	n	10	10
Angolo di taglio dei coltelli	Gradi	4	4,6
Lunghezza coltelli	mm	363	380

⁽¹⁾ Misurato alle estremità dei coltelli

Tabella 1 - Principali caratteristiche costruttive dei due rotori CRA ING a confronto.

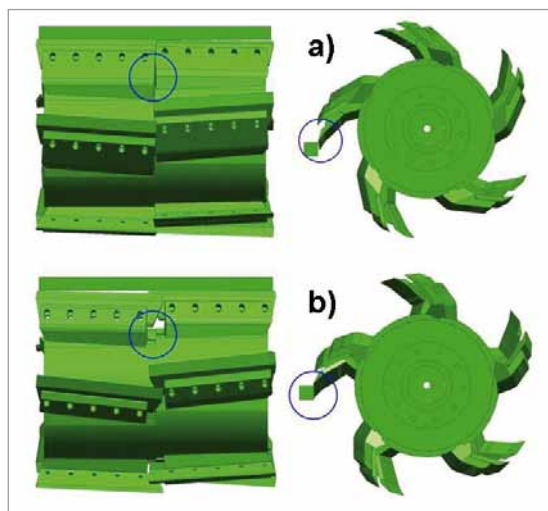


Figura 1 - Particolari costruttivi del rotore CRA-ING di seconda (a) e di prima generazione (b). Nelle aree cerchiare sono evidenziate la diversa configurazione dei portacoltelli e il diverso angolo di taglio dei coltelli nelle due versioni a confronto.

Parametro	Unità di misura	Rotore		
		Claas	CRA I	CRA II
Massa volumica apparente	kg m ⁻³	289 $\pm$ 3,4	279 $\pm$ 3,2	265 $\pm$ 13,3
Umidità	%	57,67	60,03	58,08
Distribuzione granulometrica				
>45 mm	%	0,54	4,45	1,67
16-45 mm		66,58	69,03	71,38
8-16 mm		22,51	18,26	21,38
8-3,15 mm		8,60	6,58	4,71
<3,15 mm		1,77	1,68	0,64

Tabella 2 - Confronto delle caratteristiche del cippato ottenuto con i diversi rotori.

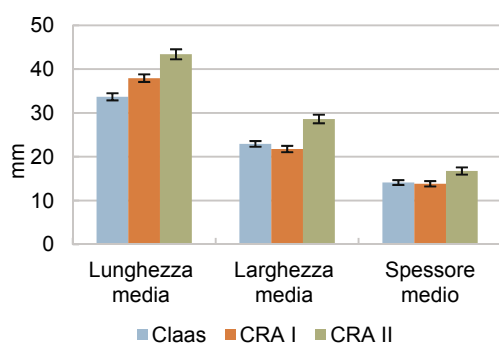


Grafico 1 - Lunghezza, larghezza e spessore medio ($\pm$ err. st.) delle scaglie di cippato della classe 16-45 mm prodotte dai 3 rotori.

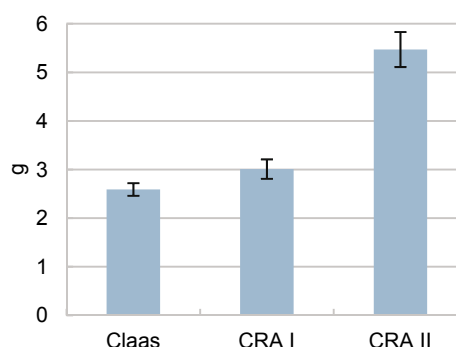


Grafico 2 - Peso medio delle scaglie di cippato della classe 16-45 mm prodotte dai 3 rotori.

precedenti versioni, i campioni di cippato (pioppo R4F2) ottenuti con il rotore CRA II sono stati messi a confronto con campioni di cippato conservati in laboratorio e provenienti da precedenti prove sperimentali effettuate con il rotore CRA I e con il rotore di serie (PARI *et al.* 2009a; PARI *et al.* 2009b).

L'analisi dimensionale delle scaglie è avvenuta, invece, in maniera analitica e puntuale misurando il peso, la lunghezza, la larghezza e lo spessore di un campione casuale di 300 scaglie prodotte dai tre dispositivi di trinciatura (100 scaglie per ciascun dispositivo). I campioni sono stati prelevati nella frazione granulometrica più rappresentata (16 - 45 mm), effettuando 3 ripetizioni per ciascun parametro rilevato.

RISULTATI

La maggior parte del cippato prodotto dal rotore CRA II ricade nelle classi 8-16 mm e 16-45 mm, rispettivamente per il 21,38% e il 71,38%. Il 5,35% appartiene alla classe inferiore a 8 mm e l'1,67% a quella superiore a 45 mm. Assenti, infine, le impurità con appena lo 0,22% di scaglie sovra misura. La massa volumica apparente è risultata pari a 265 kg m^{-3} (dev. st. $\pm 13,32$), con un contenuto di umidità del 58% (Tabella 2). Analizzando i dati relativi ai tre rotori è possibile notare un progressivo miglioramento della qualità del cippato ottenuto. La massa volumica apparente, infatti, è diminuita passando da 289 kg m^{-3} per il rotore Claas, a 279 kg m^{-3} e 265 kg m^{-3} per i rotori CRA I e CRA II. La percentuale di cippato appartenente alla classe granulometrica 16 - 45 mm (la più rappresentata), invece, è aumentata passando dal 66,58% per il rotore Claas al 69,03% e 71,38% per i rotori CRA I e CRA II (Tabella 2). L'incremento di pezzatura viene confermato anche dall'analisi dimensionale effettuata sulle singole scaglie, analisi, quest'ultima, che ha permesso di evidenziare in maniera ancora più dettagliata gli effetti prodotti dal nuovo rotore rispetto, soprattutto, alla versione commerciale. Le scaglie, infatti, risultano mediamente più lunghe, più larghe e più spesse, rispettivamente del 28,79%, del 24,76% e del 18,70% (Grafico 1), con un peso medio dei *chip* praticamente raddoppiato, passato da 2,59 g a 5,47 g (+111,20%) (Grafico 2).

CONCLUSIONI

Il nuovo rotore è risultato in grado di produrre scaglie di maggiori dimensioni rispetto al dispositivo di trinciatura di serie e al rotore sperimentale di prima generazione. Lo studio comparativo effettuato, infatti, ha evidenziato, a favore del rotore CRA II, la possibilità di ottenere un cippato caratterizzato da una minore massa volumica apparente, una maggiore percentuale di prodotto di dimensioni comprese tra 16 e 45 mm e maggiori dimensioni medie delle singole scaglie, nelle tre dimensioni di riferimento. Le scelte tecniche effettuate, quindi, hanno permesso di superare le limitazioni fatte registrare dalla precedente versione favorendo l'ottenimento di cippato di buona qualità anche impiegando le normali falciatrici da foraggio.

Bibliografia

- CEN/TS 15149-1, 2006 - **Solid biofuels**. Methods for the determination of particle size distribution, Part 1: Oscillating screen method using sieve apertures of 3,15 mm and above.
- HARTMANN H., BOHM T., JENSEN PD., TEMMERMAN M., RABIER F., GOLSER M., 2006 - **Methods for size classification of wood chips**. Biomass and Bioenergy 30(11):944-53.
- NATI C., SPINELLI R., FABBRI P., 2010 - **Wood chips size distribution in relation to blade wear and screen use**. Biomass and Bioenergy 34:583-87.
- PARI L., SISSOT F., CIRIELLO A., 2008 - **La migliore qualità del cippato si ottiene nel cumulo coperto**. L'Informatore Agrario, n. 39: 52-55.
- PARI L., CIVITARESE V., DEL GIUDICE A., 2009a - **Claas Jaguar 890 e 860, prove di raccolta su pioppo**. Agroenergie dall'impianto alla raccolta, supplemento n. 1 al numero 29 dell'Informatore Agrario.
- PARI L., CIVITARESE V., GALLUCCI F., DEL GIUDICE A., GIANNINI E., 2009b - **Un nuovo rotore per la Claas Jaguar 890. Agroenergie, dall'impianto alla raccolta**. Supplemento a L'Informatore Agrario. n. 29: 41-43.
- PARI L., CIVITARESE V., DEL GIUDICE A., 2010 - **Rotore sperimentale CRA-ING. Qualità del cippato prodotto da Claas Jaguar con cippatore innovativo**. In: Innovazioni tecnologiche per le agroenergie. Sinergie tra ricerca e impresa. Sherwood. n. 168, suppl. 2: 19-21.

PAULRUD S., NILSSON C., 2004 - **The effects of particle characteristics on emissions from burning wood fuel powder.** Fuel. 83:813-21.

SPINELLI R., NATI C., PARI L., MESCALCHIN E., MAGAGNOTTI N., 2012 - **Production and quality of biomass fuels from mechanized collection and processing of Vineyard pruning residues.** Applied Energy ;89:374-79.

SUADICANE K., GAMBORG C., 1999 - **Fuel quality of whole-tree chips from freshly felled and summer dried Norway spruce on a poor sandy soil and a rich loamy soil.** Biomass and Bioenergy 17:199-208

UNI EN 14774-2, 2009 - **Solid biofuels.** Determination of moisture content, oven dry method (Part 2): Total moisture - Simplified method.

UNI EN 15103, 2009 - **Solid biofuels.** Determination of bulk density, 2009.

WU MR., SCHOTT DL., LODEWIJKS G., 2011 - **Physical properties of solid biomass.** Biomass and Bioenergy 35:2093-105.

KEYWORDS: Chips, particle size distribution, self propelled chipper.

Abstract: *Second version of a CRA ING Rotor for the Claas Jaguar. Improvement of the chip size.* The particle size distribution of wood chips, along with the moisture content, is one of the main parameters to be taken into account in defining the quality of most wood fuels. The self-propelled forage harvester Claas Jaguar is frequently used for the harvest of poplar for Short Rotation Coppice. The product obtained, however, has a reduced size that negatively affects its storage and the quality of the final fuel. In order to improve the dimensional features of wood chips, the Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura - Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria, set up a first experimental version of the rotor modifying the standard one. Recently, CRA-ING has designed and produced a second version, representing a further evolution, that has allowed the attainment of wood chips with a higher quality. The present study has compared the particle size distribution and the main dimensional features of the scales yielded by the three rotors (standard, first and second version designed by CRA-ING). The results highlight the net improvement obtained: wood chips of increased size, with a lower apparent density and largely distributed within the interval (16 and 45 mm) characterizing the high grade chips .

La valutazione dimensionale del cippato

Ricerca di un metodo basato sull'analisi d'immagine

di PAOLO FEBBI, ENRICO SANTANGELO,
ALBERTO ASSIRELLI, LUIGI PARI

Lo studio, partendo dai metodi standard sui “Biocombustibili solidi”, cerca di definire un modello, basato sull'analisi dell'immagine, per la valutazione dimensionale del cippato ed in grado di far emergere le differenze prestazionali degli organi di taglio per la cippatura.

PAROLE CHIAVE: biocombustibili solidi, cippato, distribuzione granulometrica, vaglio oscillante, setacciatura, analisi d'immagine.

Con il termine cippatura s'intende il processo di riduzione del materiale legnoso di vario tipo (tronchi e rami) in elementi di piccole dimensioni da utilizzare per fini energetici, tramite un'azione meccanica di taglio. Tipicamente, il materiale da cippare viene convogliato verso i rulli di alimentazione, i quali lo spingono verso il rotore che provvede al taglio; i *chip* prodotti vengono, quindi, espulsi all'esterno ad opera di un ventilatore.

La composizione dimensionale delle particelle dipende da diverse variabili: dato che il processo di sminuzzamento avviene per taglio e schiacciamento, **le dimensioni delle scaglie possono essere controllate variando la velocità di rotazione dei dispositivi di taglio, il posizionamento dei coltelli, la velocità di alimentazione.** Tali caratteristiche dipendono dalla tipologia della cippatrice, a disco o a tamburo, e dai limiti insiti nella progettazione della macchina. In genere, al crescere della lunghezza delle scaglie prodotte aumentano anche la larghezza e lo spessore, anche se in modo non proporzionale. La distribuzione dimensionale del cippato è riconosciuta come uno dei parametri più importanti

per garantire un'efficiente combustione. **Le dimensioni delle scaglie influenzano il buon andamento dello stoccaggio, l'efficienza della conversione energe-**



Foto 1 - Scaglie di cippato posizionate per l'acquisizione dell'immagine tramite scanner.

PAOLO FEBBI, CRA-ING. E-mail paolo.febbi@entecra.it - ENRICO SANTANGELO, CRA-ING - ALBERTO ASSIRELLI, CRA-ING - LUIGI PARI, CRA-ING.

tica e le emissioni ambientali (NATI *et al.*, 2010). Una calibratura uniforme del materiale garantisce il regolare funzionamento dei sistemi di alimentazione delle caldaie (es. la coclea), in quanto scaglie eccessivamente grandi tendono a inarcarsi o piegarsi ostruendo il flusso di alimentazione. Inoltre, i diversi tipi di caldaia possono essere alimentati solo con cippato in possesso di ben determinate caratteristiche granulometriche allo scopo di evitare un aumento dei costi di manutenzione ed una riduzione delle prestazioni del generatore con conseguente aumento dei costi energetici.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'impiego di biomassa per la produzione di bioenergia è regolata da una serie di normative tra cui la classificazione dei biocombustibili solidi provenienti anche da prodotti agricoli e forestali (UNI EN 14961-1:2010, Biocombustibili solidi - Specifiche e classificazione del combustibile).

La citata normativa regola le dimensioni delle particelle, le percentuali delle diverse classi dimensionali, i limiti del contenuto di umidità e di ceneri che il cippato prodotto deve rispettare per poter essere commercializzato. La dimensione fisica e la forma delle scaglie sono caratteristiche che costituiscono un importante parametro di qualità, in quanto influenzano le modalità d'impiego e le proprietà di combustione.

Le dimensioni tipiche delle scaglie di cippato commerciale sono comprese nell'intervallo da 5 a 100 mm. Il metodo per determinare la distribuzione granulometrica delle particelle di biocombustibile per mezzo di un vaglio oscillante orizzontale è definito dalla norma UNI EN 15149-1:2011, che si applica a campioni di biocombustibile particellare non pressato, con pezzatura nominale uguale a 1 mm o maggiore (per esempio cippato, nocciolino di olive, scaglie); la classe granulometrica viene determinata dal valore numerico medio. La geometria delle aperture del vaglio oscillante orizzontale, lo spessore dei setacci ed il diametro dei fori devono rispettare i requisiti della norma ISO 3310. Il risultato della setacciatura viene espresso come percentuale della massa di ciascuna frazione rispetto alla massa totale.

Per ogni specifica classe granulometrica, la frazione principale deve costituire almeno il 75% del peso, mentre la frazione grossolana ha dei limiti in termini di peso percentuale, che deve essere inferiore al 3% oppure al 6% del peso totale, a seconda della classe granulometrica. Inoltre, sia la lunghezza massima che l'area della sezione trasversale delle particelle di grandi dimensioni devono essere inferiori a dei valori limite, come riportato in Tabella 1.

Esiste anche un altro metodo, indicato nella specifica tecnica UNI CEN/TS 15149-3:2006, che prevede l'utilizzo di un vaglio rotativo e che si applica solamente a biocombustibili in forma particellare, cioè materiali che abbiano subito un processo di sminuzzamento, come la

maggior parte dei combustibili legnosi, o che siano per loro natura in forma particellare (per esempio noccioli di olive, gusci di noccioline, granaglia).

APPROCCIO INNOVATIVO PER L'ANALISI DEL CIPPATO

Nonostante il settore relativo all'impiego energetico del cippato sia regolato da normative che forniscono indicazioni dettagliate circa la classificazione granulometrica, la metodologia presenta una risoluzione ed una ripetibilità che sono soggette ad un certo grado di variabilità ed incertezza. Presso il CRA-ING è in corso un'attività di ricerca con la quale si sta valutando la possibilità di sviluppare un modello, basato sull'analisi d'immagine, che **definisca un metodo scientifico ed oggettivo per la classificazione delle scaglie in funzione non solo delle dimensioni ma anche della forma**, utilizzando l'informazione in essa contenuta. In tal modo, si cerca di caratterizzare sia le proprietà del cippato in termini di classi granulometriche, conformemente ai requisiti previsti dalla normativa vigente, sia le prestazioni e l'efficacia degli organi di taglio dei mezzi meccanici addetti alla cippatura, in termini di qualità del prodotto ottenuto. Poiché i risultati dell'analisi effettuata con setaccio (curve cumulative della percentuale di peso) dipendono anche dalla forma delle particelle, l'analisi d'immagine può risultare molto utile poiché, oltre a fornire una misura accurata delle dimensioni assiali delle particelle, permette di distinguere la forma. Considerato che è responsabilità del produttore di biocombustibile fornire informazioni

Classe	Frazione principale (>75% in peso)	Limiti dimensionali delle scaglie	
		Area sezione trasversale	Lunghezza
P16	3.15÷16 mm	< 1 cm ²	< 12 cm
P45	8÷45 mm	< 5 cm ²	< 12 cm
P63	8÷63 mm	< 10 cm ²	< 35 cm
P100	16÷100 mm	< 18 cm ²	< 35 cm

Tabella 1 - Principali caratteristiche richieste per il cippato in base alla norma UNI EN 14961-1, comprensive dei limiti dimensionali richiesti per le singole scaglie.



Foto 2 - Esempio di immagine di scaglia restituita dopo il processo di binarizzazione.

accurate ed affidabili, l'industria del settore potrà sicuramente trarre beneficio dal rapporto tra i risultati dall'analisi da setacciatura ed i risultati dell'analisi d'immagine.

Lo studio in corso è ancora in una fase preliminare e prevede l'approfondimento di alcuni aspetti riguardanti l'analisi e la caratterizzazione del cippato di pioppo proveniente da impianti a ciclo breve (*Short Rotation Forestry*).

BASE SCIENTIFICA

Esistono vari metodi per interpretare le strutture. Tecniche di analisi basate sulla trasformata di Fourier (mediante cui un fenomeno complesso può essere scomposto in più fattori), permettono di esprimere la forma mediante coefficienti numerici (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998). I coefficienti di Fourier consentono di caratterizzare il contorno delle particelle mediante descrittori e, quindi, di utilizzare una variabile qualitativa (nel nostro caso la forma) per esprimere una classificazione di oggetti. In questo modo, gli oggetti, caratterizzati da un proprio profilo, possono essere rappresentati in uno spazio Euclideo ad un numero opportuno di dimensioni, in modo tale che ad ogni oggetto corrisponda un punto dello spazio multidimensionale R^n .

Utilizzando un approccio multivariato (ovvero tecniche statistiche che analizzano simultaneamente più variabili o descrittori relativi ad un determinato oggetto), l'insieme degli oggetti può essere rappresentato con un diagramma multidimensionale (nuvola di punti), con numero di assi pari al numero di descrittori. Le distanze tra gli oggetti possono essere calcolate mediante la distanza tra due punti che li rappresentano e la similarità (S) tra le forme viene misurata utilizzando la distanza (D) tra gli oggetti ($S = 1 - D$).

La successiva analisi multidimensionale consiste nel caratterizzare la matrice dei dati ottenuti utilizzando una struttura semplificata con l'obiettivo di cogliere il fenomeno alla base della matrice dei dati nella sua interezza. A tale scopo, occorre quantificare le relazioni esistenti tra la struttura della matrice dei dati e i descrittori potenzialmente esplicativi. L'interpretazione della struttura, utilizzando i descrittori da cui si origina, rende possibi-

le identificare quali descrittori rendono maggiormente conto della strutturazione degli oggetti.

I descrittori e i coefficienti ricavati dai contorni delle immagini acquisite danno luogo ad una nuvola di punti nello spazio R^n , che possono essere opportunamente raggruppati e discriminati. I raggruppamenti di oggetti possono costituire le determinazioni di una variabile qualitativa (nel caso specifico, la forma). Si tratterà di determinare fino a che punto un insieme di descrittori quantitativi (i coefficienti precedentemente calcolati) possa effettivamente spiegare i raggruppamenti in esame.

PRIMI RISULTATI

Come già ricordato, la capacità di una scaglia di passare attraverso un setaccio non dipende solo dalla sua dimensione intermedia, ma anche dallo spessore e dalla forma. L'utilizzazione di sistemi di analisi di immagine può risultare estremamente utile per l'esame di materiali variabili come le scaglie di cippato. Il metodo messo a punto presso il CRA-ING prevede alcuni *step* ben distinti. Inizialmente tutte le scaglie di un campione vengono collocate su una superficie piana nella posizione di maggiore stabilità (Foto 1) e successivamente acquisite mediante scanner.

Attraverso l'impiego di un *software* si procede all'acquisizione delle immagini fotografiche bidimensionali consentendo di misurare facilmente le dimensioni della proiezione della singola scaglia sul piano d'appoggio. Dopo un **processo di binarizzazione** (restituzione in bianco e nero dell'oggetto) si effettua un'estrazione del profilo delle immagini (Foto 2) da elaborare successivamente mediante algoritmi opportunamente implementati. Per avere un'idea di quali possano essere i vantaggi dell'applicazione di tecniche di analisi d'immagine, si ritiene opportuno esemplificare un caso concreto. L'*output* grafico ottenibile da una setacciatura secondo la norma di riferimento presenta in ascissa la lunghezza delle scaglie espressa in mm (è possibile riportare sull'asse anche il valore dell'apertura dei fori dei setacci usati), e in ordinata la massa percentuale cumulativa, che indica la frazione percentuale di peso delle particelle passate

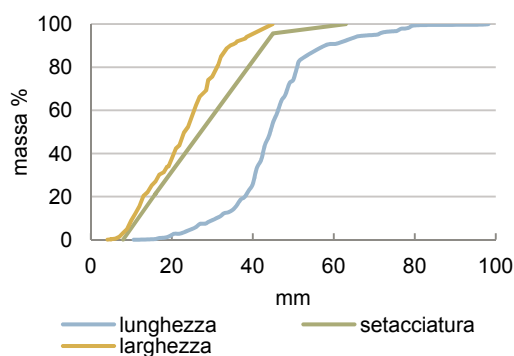


Grafico 1 - Andamento delle curve di distribuzione ottenute mediante setacciatura (prova effettuata su 300 scaglie).

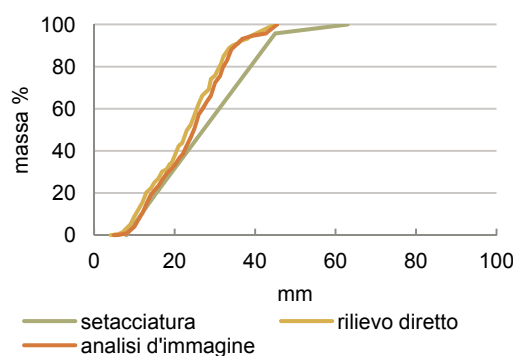


Grafico 2 - Distribuzione granulometrica di scaglie di cippato di pioppo analizzate mediante setacciatura, misurazione manuale (sistema diretto) e analisi d'immagine.

attraverso ciascun setaccio. Un esempio viene riportato nel Grafico 1, dove, oltre alla curva della setacciatura, vengono mostrate anche le curve relative alla larghezza ed alla lunghezza massima delle scaglie di cippato.

Allo scopo di verificare l'efficienza del sistema oggetto di studio, si è proceduto ad una prima analisi utilizzando come riferimento di controllo la misurazione manuale delle scaglie. Si è proceduto, quindi, alla caratterizzazione di circa 300 scaglie misurando manualmente, mediante un calibro digitale, le tre dimensioni assiali e pesando i singoli elementi. Lo stesso campione è stato poi analizzato utilizzando il sistema informatico descritto. Nel Grafico 2 vengono riportate le curve di distribuzione granulometrica ottenute mediante la misurazione diretta, il metodo del vaglio oscillante (setacciatura) e l'analisi d'immagine.

Come è possibile osservare, la curva originata dai risultati della setacciatura si discosta apprezzabilmente dalla curva di riferimento, originata dal rilievo diretto, mentre **la corrispondenza tra i valori ottenuti dalla misurazione diretta e quelli derivati dall'analisi d'immagine è molto elevata e tale da giustificare un approfondimento sulle potenzialità di quest'ultimo metodo.** Da questa prima analisi si evince che la tecnica della setacciatura non è scevra da imprecisioni che possono portare a deviazioni anche piuttosto significative rispetto alla reale distribuzione granulometrica del cippato. Considerando che la soluzione manuale non è operativamente applicabile (nel caso specifico, ha solo funzione di riferimento) e vista l'elevata conformità tra le misurazioni del sistema basato sull'analisi d'immagine con i valori di riferimento, la metodologia proposta permette di ridurre le incompatibilità rilevate tra le diverse distribuzioni, determinate dai differenti principi di misura, e si pone come sistema di classificazione che approssima e "fotografa" in maniera migliore la distribuzione dimensionale del cippato.

PROSPETTIVE FUTURE

L'attività in corso presso il CRA-ING riguardante lo studio dell'analisi granulometrica del cippato mediante analisi d'immagine si pone nell'ottica dell'evoluzione del settore, indirizzato verso una sempre maggiore attenzione agli aspetti qualitativi. In questa prima fase, l'approccio seguito è quello di creare un modello che funzioni da un punto di vista statico. Si tratta, dunque, di un lavoro propedeutico il cui obiettivo principale sarà, nei prossimi anni, quello di passare da un'analisi bidimensionale

statica (quale è quella studiata finora) ad un processo di acquisizione tridimensionale dinamico (quindi, con trasposizione dell'immagine reale e in movimento) per tendere ad una classificazione del prodotto completamente automatizzata.

Bibliografia

LEGENDRE P., LEGENDRE L., 1998 - **Numerical ecology**. Edizioni Elsevier Science BV, Amsterdam. 853 pp.

NATI C., SPINELLI R., FABBRI P., 2010 - **Wood chips size distribution in relation to blade wear and screen use**. Biomass Bioenerg, 34(5): 583-87

UNI EN 14961-1: 2010 - **Biocombustibili solidi - Specifiche e classificazione del combustibile**.

UNI EN 15149-1: 2011 - **Biocombustibili solidi - Determinazione della distribuzione granulometrica - Parte 1: Metodo del vaglio oscillante con apertura maggiore o uguale a 1**.

UNI CEN/TS 15149-3: 2006 - **Biocombustibili solidi - Metodi per la determinazione della distribuzione granulometrica - Parte 3: Metodo del vaglio rotativo**.

KEYWORDS: solid biofuels, wood chips, particle size distribution, vibrating screen, sieving, image analysis.

Abstract: *Study of wood chip sizes. Searching for a method based on image analysis. The size distribution of wood chips is recognized as one of the most important parameters for an efficient combustion, since it affects the storage, the efficiency of energy conversion and environmental emissions. The standard method for the determination of the size distribution (UNI EN 15149-1:2011) may have a resolution and repeatability that can be subject to a certain degree of variability and uncertainty. CRA-ING is conducting a research activity for developing a model, based on the image analysis, aimed at to define a scientific and objective method for the classification of wood particles, depending on both size and shape. The first results, deriving from a comparison among the standard method, the image analysis and the hand-made measurement of particle size, have shown that the standard technique (using vibrating sieves) is not devoid of inaccuracies that may lead to significant deviations from the real distribution of the particle size, whereas the use of image analysis assures a better approximation to the curve obtained from manual measurement. This is a preliminary work whose main objective will be, in the coming years, to shift from a two-dimensional static method (which is the one studied so far) to a three-dimensional dynamic acquisition process (that is, with the transposition of the moving image), being the final goal the setting up of a fully automated system for product classification.*

Lo stoccaggio del cippato di pioppo in SRF

Stato dell'arte e nuove acquisizioni

di MAURIZIO BARONTINI, FRANCESCO GALLUCCI,
ANTONIO SCARFONE, ENRICO SANTANGELO,
LUIGI PARI

Le esperienze condotte dal CRA-ING negli ultimi 10 anni hanno contribuito ad individuare le principali problematiche relative allo stoccaggio del cippato di pioppo da SFR. I risultati ottenuti hanno permesso di trarre delle valutazioni strategiche e di proporre soluzioni tecniche per un miglioramento qualitativo del prodotto finale.

PAROLE CHIAVE: pioppo, stoccaggio, cippato, biomassa, umidità, ceneri, potere calorifico.

La politica energetica europea si prefigge come obiettivo una riduzione dell'impiego di combustibili di origine fossile per soddisfare i propri fabbisogni energetici, integrandone la differenza con fonti energetiche alternative. In particolare si auspica un incremento nell'impiego di energie derivanti da fonti rinnovabili in modo da ottenere benefici sul piano ambientale e raggiungere un maggior livello di autonomia nell'approvvigionamento energetico. Da fonti ISTAT, si apprende che in Italia la produzione di energia da caldaie a biomassa è cresciuta di circa il 24% tra il 2005 e il 2009 e risulta ad oggi uno degli strumenti più accreditati per affrontare la crisi energetica degli ultimi anni (ISTAT 2011). La principale produzione della filiera legno-energia come combustibile per caldaie è costituita dal cippato, utilizzato tal quale oppure pre-essiccato per migliorarne la combustione oppure ancora trasformato in pellett (BONARI *et al.* 2009). Il prodotto finale, ai fini della sua utilizzazione energetica, deve possedere determinate caratteristiche qualitative, quali pezzatura, contenuto idrico e ceneri, definite sulla base della norma europea EN 14961-4. Un aspetto fondamentale nella produzione e conservazione di cippato è costituito dal suo stoccag-

gio, in quanto le scelte logistiche con cui viene gestita la fase post-raccolta influenzano in maniera determinante la qualità della biomassa finale. La conservazione della



Foto 1 - Allestimento delle prove di stoccaggio per la comparazione fra cumuli scoperti e cumuli coperti con telo geotessile.

MAURIZIO BARONTINI, CRA-ING. E-mail maurizio.barontini@entecra.it - FRANCESCO GALLUCCI, CRA-ING. - SCARFONE ANTONIO, CRA-ING. - ENRICO SANTANGELO, CRA-ING - LUIGI PARI, CRA-ING.

biomassa raccolta sotto forma di cippato consente di disporre del “biocombustibile” legnoso per tutto l’anno (la raccolta delle SRF è limitata al periodo di riposo vegetativo coincidente con i mesi invernali) ed, al contempo, le trasformazioni che avvengono nel prodotto riducono il suo tenore di umidità, che, in funzione di quanto prescritto dalla tecnologia di combustione cui il materiale sarà destinato, dovrà raggiungere valori dell’ordine del 30-35%. Il cippato è un ottimo combustibile, ma è molto difficile conservarlo nelle condizioni ottimali. Il legno umido infatti è un substrato eccellente per la crescita di vari microrganismi, funghi e batteri che si “cibano” di legno (ANDERS ERIKSSON 2011).

I risultati dell’attacco microbiologico sono sostanzialmente tre:

- perdita di una notevole quantità di sostanza secca,
- sviluppo di spore, potenzialmente pericolose anche per l’uomo
- rischio autocombustione.

Il deterioramento del prodotto dipende essenzialmente dal tipo di cippato e quindi dal tipo di specie arborea, pezzatura e umidità del legno nonché dalle condizioni di stoccaggio. Il deterioramento è tanto più rapido

quanto maggiore è la percentuale di corteccia, rametti e foglie. Un’elevata proporzione di foglie e corteccia accelera l’attacco microbiologico, per la particolare presenza di sostanze nutritive in essi contenute.

La granulometria dei chips determina la quantità di superficie esposta all’attacco microbiologico e la permeabilità della catasta (PARI e SISSOT 2009). Il cippato dovrebbe essere stoccato in **cumuli piramidali, sotto tettoia areata su pavimentazione impermeabile** (cemento o asfalto). In alternativa, i cumuli possono essere coperti con teli speciali come il Gore-Tex® o il Toptex. La soluzione più idonea dovrebbe prevedere la sistemazione del cumulo su pavimentazione impermeabile a forma convessa in modo da disperdere più facilmente l’acqua. In queste condizioni viene limitata la degradazione provocata dai microrganismi con conseguente miglioramento del rendimento finale della biomassa ed una riduzione del pericolo di autocombustione del cumulo. Tutte queste pratiche purtroppo sono generalmente dispendiose e i vantaggi che ne derivano non sempre giustificano gli investimenti richiesti (BONARI *et al.* 2009).

Il CRA-ING ha posto in essere un’attività pluriennale, mirata ad identificare le condizioni migliori per lo stoccaggio naturale all’aperto di cippato di pioppo, al fine di individuare parametri di efficienza, economicità e funzionalità in grado di garantire alle aziende agricole la fornitura di un biocombustibile ad elevato valore aggiunto.

STOCCAGGIO NATURALE

Cumulo coperto vs cumulo scoperto

Nel 2009 sono state condotte delle prove per confrontare l’influenza sui principali parametri energetici dello stoccaggio in cumulo coperto con telo geotessile Toptex rispetto alla conservazione in cumulo scoperto (Foto 1) utilizzando cippato di pioppo da *Short Rotation Forestry* (SRF) appena raccolto (GALLUCCI *et al.* 2010).

I teli geotessili hanno la capacità di permettere il passaggio dal cumulo all’ambiente esterno del vapore acqueo generato dalla disidratazione del cippato.

Allo stesso tempo il tessuto è in grado di impedire la penetrazione dell’acqua meteorica verso l’interno del cumulo. Considerando i valori medi, l’umidità iniziale del prodotto cippato (a Febbraio) si attestava intorno al 60%, con un Potere Calorifico Superiore (PCS) medio di $18.296 \text{ kJ kg}^{-1}$ (s.s.) e quello Inferiore (PCI) $16.728 \text{ kJ kg}^{-1}$ (s.s.), mentre il contenuto delle ceneri era circa 3% (s.s.). La temperatura interna ai cumuli è stata monitorata per l’intera durata dello stoccaggio con delle sonde, posizionate a tre diversi livelli, al fine di controllare l’evoluzione dell’attività microbica; l’andamento delle temperature interne è stato poi confrontato con quello della temperatura ambientale esterna e delle precipitazioni atmosferiche. Dopo quattro mesi (Giugno), al termine della sperimentazione i parametri energetici ottenuti mediando i valori misurati a tre altezze diverse (GALLUCCI



Foto 2 - Sezione cumulo ventilato.



Foto 3 - Sezione del cumulo compattato.

et al. 2010) sono risultati migliori per il cippato stoccato in cumuli coperti (umidità 24,9%; PCS 18.053 kJ kg⁻¹; ceneri 3,1%) rispetto a quelli del prodotto conservato in cumuli scoperti (umidità 26,4%; PCS 17.824 kJ kg⁻¹; ceneri 4,0%).

Nonostante ciò, il miglioramento qualitativo determinato dalla presenza della copertura non compensa, in termini economici, la spesa necessario per l'acquisto del telo Toptex (2 euro/m², con una durata stimata di 5 anni) risultando, quindi, al momento attuale, non conveniente.

Cumulo ventilato e compattato

Come ricordato, il rallentamento del processo di degradazione del cippato durante lo stoccaggio richiede la formazione di un ambiente avverso per l'attacco microbico. Poichè due delle condizioni ambientali favorevoli all'attività degradativa dei microrganismi sono il contenuto elevato di umidità e la presenza di ossigeno, tra Marzo e Novembre del 2007 sono stati condotti degli studi presso l'azienda Alasia Franco Vivaio di Savigliano (Cuneo), applicando condizioni inibenti o in grado di ridurre l'incidenza dei due fattori (PARI et al. 2008).

Nel primo caso è stato allestito un cumulo sopra ad una struttura metallica costituita da un condotto orizzontale passante e due camini verticali con lo scopo di aumentare la ventilazione interna per diminuire velocemente l'umidità (Foto 2). È stato poi costruito un secondo cumulo per il quale, al fine di ricreare una condizione di semiaerobiosi, si è proceduto ad un compattamento spinto attraverso la pressatura con un trattore gommato (Foto 3). L'effetto dei due trattamenti è stato confrontato con quello di un cumulo scoperto di uguali dimensioni.

La procedura metodologica seguita è stata quella già descritta per lo studio della copertura del cumulo, confrontando l'andamento della temperatura interna (monitorato con le sonde) con quello delle temperature ambientali esterne e delle precipitazioni.

Da quanto osservato, mentre il cumulo ventilato e quello scoperto presentavano un'evoluzione delle temperature simile, con una decisa diminuzione dei valori nel corso dello stoccaggio, nel cumulo compattato le temperature rimanevano sempre molto elevate, raggiungendo valori potenzialmente pericolosi per l'insorgere di fenomeni di autocombustione.

Se si considerano i dati qualitativi, il ricorso a sistemi di ventilazione come quello testato, non costituiscono una valida alternativa ai comuni metodi di stoccaggio. Dai dati ottenuti, infatti, oltre ad una maggiore perdita di sostanza secca, non si riscontra alcun beneficio per quanto riguarda la diminuzione del contenuto di umidità, la cui riduzione è stata rilevata solo nelle immediate vicinanze dei tubi. Il compattamento del cumulo porta ad un prodotto finale per la gran parte inutilizzabile, presenta diversi problemi logistici per la sua realizzazione ed aumenta i rischi per l'operatore, risultando, quindi, una soluzione difficilmente proponibile. Complessivamente il cumulo scoperto

mostra il miglior compromesso fra qualità del prodotto finale e semplicità nella realizzazione.

GRANULOMETRIA DEL CIPPATO

La qualità del cippato è strettamente dipendente dal suo contenuto di umidità e dal potere calorifico. Un approccio interessante per favorire un incremento del flusso evaporativo dell'acqua dal cumulo all'ambiente esterno è quello di **incrementare l'aerazione interna producendo un cippato in cui prevalgono le classi dimensionali maggiori**. Chip altamente irregolari e di dimensione superiore garantiscono una maggiore eterogeneità interna, una minore compattezza del cumulo e la formazione di canali artificiali in cui l'aria circola naturalmente.

Nel 2009 è stata condotta una sperimentazione per verificare l'influenza della granulometria del cippato di pioppo sulle caratteristiche energetiche del prodotto finale derivante dallo stoccaggio (PARI et al. 2009). Sono stati messi a confronto un cippato ottenuto con rotore di serie e un cippato prodotto con un rotore sperimentale sviluppato dal CRA-ING. Entrambi i rotori erano montati su una Claas Jaguar 890 (PARI et al. 2009). In particolare, il prototipo realizzato dal CRA-ING era costituito da un tamburo in acciaio (diametro = 403 mm, lunghezza = 670 mm) su cui erano montati 10 coltelli fissi e inclinati di 5° rispetto all'asse di rotazione (Foto 4).

L'analisi granulometrica effettuata al momento della costituzione dei cumuli (Grafico 1) ha evidenziato come con l'utilizzo del rotore modificato in confronto a quello commerciale, ci sia un incremento percentuale cospicuo delle classi dimensionali più grandi a discapito di quelle più piccole.

Per quello che concerne l'andamento delle temperature interne, dopo un iniziale aumento delle stesse fino a raggiungere circa 55-60°C, sono stati registrati degli abbassamenti graduali con un trend molto simile fra loro, attestandosi a fine sperimentazione a valori vicini a quelli atmosferici. La caratterizzazione chimico-fisica/energetica del cippato prodotto dai due rotori ha fatto registrare



Foto 4 - Rotore CRA-ING montato su Claas Jaguar 890.

valori simili per il contenuto di ceneri e il potere calorifico, Un aspetto particolarmente interessante è risultato quello relativo alle perdite di sostanza secca, in quanto le pezzature più elevate hanno consentito una riduzione di tali perdite ed il potenziale ottenimento di valori superiori di energia chimica del combustibile.

CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E QUALITÀ DEL CIPPATO

Un altro aspetto che può avere una certa influenza sulla qualità del cippato al termine dello stoccaggio è legato alla “provenienza” strutturale del legno. Da un punto di vista morfologico è possibile distinguere, in una pianta di pioppo, una **porzione apicale** (diametro inferiore a 20 cm) ed una **porzione basale** (diametro uguale o superiore a 20 cm). La parte apicale, che comprende tutte le ramaglie e quindi il legno più giovane della pianta, ha una composizione chimica che mostra maggiori quantità percentuali di cellulosa e zuccheri liberi se paragonati a quelli contenuti nella zona del tronco, a sfavore della percentuale di lignina (FENGEL e WEGENER 1984). Inoltre nella

zona superiore della pianta si concentra un maggiore contenuto di acqua (richiesta per lo sviluppo di foglie e gemme) e sono presenti enzimi vegetali di natura idrolitica che potrebbero agire in sinergia con i microrganismi responsabili delle fermentazioni del legno nelle fasi di stoccaggio. È possibile, dunque, ipotizzare che l’attacco dei microrganismi sia preferenzialmente indirizzato verso la fermentazione nella zona apicale, mentre lo sia solo marginalmente nella zona basale delle piante.

Allo scopo di verificare tale ipotesi, nel Marzo del 2012 è stata avviata una sperimentazione che, in concomitanza dell’abbattimento di un impianto ventennale di pioppo (sesto a rettangolo di 6x5 m, per un totale di 333 piante/ha) ha previsto un confronto fra stoccaggio di cippato ottenuto dalla porzione basale (diametro ≥ 20 cm) e cippato prodotto utilizzando la porzione apicale (diametro < 20 cm) delle piante abbattute.

Per ogni trattamento (cippato proveniente dalla parte basale e cippato proveniente dalla parte apicale) sono stati allestiti 3 cumuli, da considerare come repliche del singolo trattamento. La superficie su cui sono stati

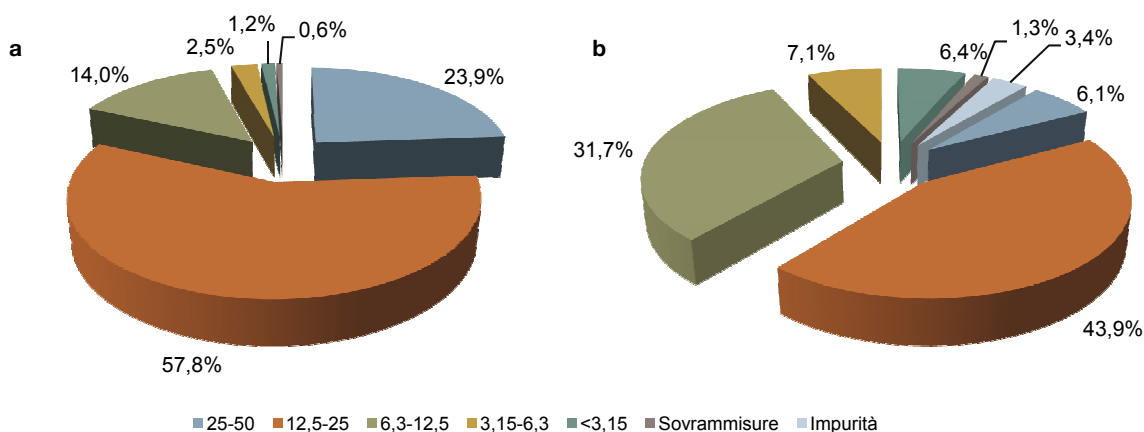


Grafico 1 - Analisi granulometrica relativa al cippato di pioppo ottenuto con (a) un rotore modificato CRA-ING e (b) rotore di serie (mod. da PARI *et al.* 2009).



Foto 5 - Cumulo di cippato ad inizio sperimentazione. È possibile notare come il cumulo sia distinto in due semi-cumuli.



Foto 6 - Particolare nell'inserimento delle sonde e dei sottocampioni all'interno del cumulo.

poggiati i cumuli è stata separata dal terreno sottostante mediante un telo impermeabile e ciascun cumulo è stato suddiviso in due sezioni campione lunghe 5 m, separate da una rete plastica (Foto 5). Tale disposizione è stata studiata per permettere la valutazione nel tempo del prodotto stoccato. L'analisi qualitativa del cippato verrà, infatti, effettuata dopo 6 e 12 mesi, utilizzando per ognuna delle due valutazioni, una delle due sezioni in cui sono stati suddivisi i cumuli.

All'interno di ogni semi-cumulo sono state posizionate delle sonde a 3 diverse altezze da terra, collegate ad una centralina che registra in continuo i dati di temperatura interna. In prossimità di ciascun livello e di ciascuna sonda sono stati inseriti dei sacchetti di tessuto traspirante contenenti circa 1 kg di cippato (Foto 6) prelevato durante la formazione del cumulo. Tali campioni verranno utilizzati per le analisi qualitative a 6 e 12 mesi.

Sui campioni di cippato prelevati dai cumuli all'inizio della sperimentazione, sono state eseguite le analisi chimico-fisiche/energetiche in accordo con le normative vigenti (Tabella 1). Sulla base dei dati disponibili e riferiti alle caratteristiche del cippato al momento della formazione dei cumuli, è possibile affermare che i materiali di partenza (cippato da porzione basale o da porzione apicale) presentavano già un'interessante differenziazione per ciò che riguarda alcuni parametri.

Tranne le ceneri e l'idrogeno (pressochè simili per entrambi i trattamenti), **tutte le variabili considerate sono risultate più elevate nel cippato prodotto dalla parte apicale delle piante**, con differenze particolarmente marcate per quanto riguarda l'umidità, il contenuto di azoto, il potere calorifero superiore ed inferiore. Altrettanto interessante è il fatto che la distribuzione granulometrica del cippato è risultata sostanzialmente simile, confermando che le differenze morfologiche delle porzioni a confronto non incidono sulla conformazione fisica del cippato.

Per quanto riguarda le temperature interne ai cumuli (valori delle sonde F01-F11 per cippato apicale, e B01-B11 per cippato basale), è stato osservato un andamento discordante tra cumuli realizzati con le due differenti parti di pianta (Grafico 2).

Per entrambi i trattamenti è stato raggiunto dopo sei mesi un *plateau* compreso tra i 30 e i 40°C (corrispondenti a quelli della temperatura atmosferica), ma le temperature di partenza erano molto diverse: tra i 60 e i 70°C e molto uniformi nel caso della porzione apicale; distribuite in un range molto ampio (da 20 a 50°C) ma più basso, relativamente alla parte basale.

Ciò fa ipotizzare che, mentre nella parte apicale sin dalle prime ore di stoccaggio ci sia stata una forte attività microbica prolungata nel tempo e distribuita per l'intero cumulo, per quella basale l'attività fermentativa era circoscritta alla parte superiore del cumulo (sonde comprese tra 40 e 50°C al punto 0) e, in considerazione dei valori meno elevati, imputabile probabilmente solo

alla componente fungina.

I dati finora disponibili sono ancora preliminari, ma possono già delineare una differenziazione, nel caso del pioppo da biomassa, del prodotto finale in funzione della provenienza "morfologica" del materiale di partenza. Qualora le analisi chimico-fisiche/energetiche confermino un andamento dei valori simile a quello riportato in Tabella 1, si potrebbe concludere che la qualità del prodotto stoccato non è indipendente dalla porzione di pianta che viene utilizzata.

La parte basale potrebbe risultare idonea per la produ-

Parametro	U. M.	Cippato		Metodo
		Apicale	Basale	
Umidità a 105 °C	%	54,2	47,7	UNI EN 14774-3:2009
Ceneri	% s.s.	2,9	3,0	UNI EN 14775:2010
Azoto	%	0,322	0,213	UNI EN 15104:2011
Carbonio	%	47,65	47,07	UNI EN 15104:2011
Idrogeno	%	5,91	5,95	UNI EN 15104:2011
Zolfo	%	0,030	0,028	UNI EN 15289:2011
				UNI EN ISO 10304-1:2009
Potere Calorifico Superiore	kJ kg ⁻¹	7641	7177	UNI EN 14918:2010
Potere Calorifico Inferiore	kJ kg ⁻¹	7052	6595	UNI EN 14918:2010
Massa volumica	kg m ⁻³	342,18	324,74	UNI EN 15103

Tabella 1 - Analisi chimico-fisiche-energetiche effettuate sul cippato proveniente da porzioni basali o cimiali di pioppo.

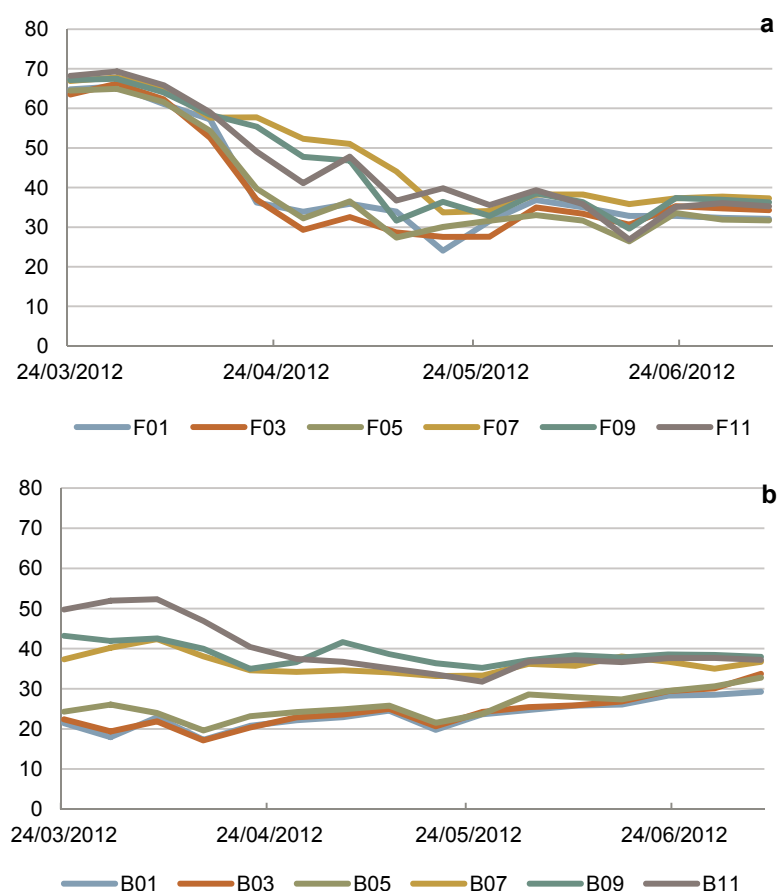


Grafico 2 - Andamento delle temperature nel cumulo di cippato apicale (a) e basale (b).

zione di cippato da conservare nel lungo periodo, mentre il legno proveniente dal cimale dell'albero potrebbe trovare utile impiego per destinazioni più immediate o usi differenziati.

CONCLUSIONI

Da quanto riportato emerge come lo stoccaggio sia una fase molto complessa e vada affrontata con un approccio integrato in grado di far convergere competenze agronomiche, meccaniche, chimico-biologiche ed ingegneristiche e che, allo stesso tempo, tenga conto dell'impianto legislativo nazionale ed europeo in continua evoluzione.

Le esperienze condotte dal CRA-ING hanno cercato di contribuire all'individuazione delle dinamiche che si instaurano durante lo stoccaggio del cippato di pioppo da SFR in Italia. Dai dati ottenuti è possibile trarre delle valutazioni strategiche e tracciare una metodologia in grado di garantire risultati economici e qualitativi di livello adeguato: i risultati migliori nelle condizioni saggiate sono stati ottenuti con cumuli scoperti, depositati all'aperto su teli impermeabili, utilizzando la porzione basale dell'albero cippata con una pezzatura maggiore rispetto a quella prodotta da cippatrici commerciali.

Bibliografia

ANDERS ERIKSSON, 2011 - **Energy efficient storage of biomass at Vattenfall heat and power plants**. Examensarbete 2011:05 SLU, Institutionen för energi och teknik Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Energy and Technology ISSN 1654-9392. <http://stud.epsilon.slu.se>

BONARI E., RAGAGLINI G., TOZZINI C., GUIDI W., GINANNI M., 2009 - **Protocollo di coltivazione e raccolta degli impianti di Short Rotation Forest di pioppo**. 73-88. In ARSIA (a cura di) "La filiera legno-energia. Risultati del progetto Woodland Energy". Ed. ARSIA, Firenze. 160 pp.

GALLUCCI F., PARI L., CROCE S., 2010 - **Stoccaggio del cippato di pioppo. Confronto tra due differenti metodologie di conservazione**. In: Innovazioni tecnologiche per le agroenergie.

Sinergie tra ricerca e impresa. Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi 168, suppl. 2: 39-42 ISSN 1590-7805

ISTAT, 2011 - **Fonti di energia rinnovabili**. www3.istat.it/dati/catalogo/20110523_00/grafici/5_8.html

PARI L., SISSOT F., 2009 - **Come migliorare il cippato attraverso lo stoccaggio**. L'Informatore agrario (29): 47-50.

PARI L., SISSOT F., CIRIELLO A., 2008 - **La migliore qualità del cippato si ottiene nel cumulo coperto**. L'Informatore Agrario (39): 52-55.

PARI L., CIVITARESE V., GALLUCCI F., DEL GIUDICE A., GIANNINI E., 2009 - **Un nuovo rotore per la Claas Jaguar 890. Agroenergie, dall'impianto alla raccolta**. Supplemento a L'Informatore Agrario. (29): 41-43.

FENGEL D., WEGENER G. 1984 - **Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions**. Walter De Gruyter 613 p.

KEYWORDS: poplar, storage, chips, biomass, moisture, ash, calorific power.

Abstract: *The CRA-ING experience for the storage of SRF poplar wood chips. State of the art and new achievements. In the last years, the increase of energy production from renewable sources has become a necessity rather than possibility. Among the alternative sources, the biomass deriving from agriculture appears one of the most interesting. To this aim, several biorefineries for the production of thermal and electric energy have been realized in the world. One of the main problems encountered for their exploitation is the storage of biomass. The seasonality of wood chips production requires the identification of the better strategy for the conservation of "biofuels" and for obtaining a product having suitable physical traits, with values of the main parameters complying the European standards. The main purpose of the storage is to lower the moisture content for reducing microbiological degradation, to maintain a low level of ash generated after burning and to increase the calorific power. The storage of poplar chips is a process influenced by different factors related to microclimate, chips size and storage methods. The CRA-ING has set up several experiments aimed at to identify the best conditions for the natural storage of the poplar in open air in order to define the parameters of efficiency, economy and functionality ensuring the supply of bio-fuel to farms in a continuous manner and with the proper moisture content. The paper deals with the issues related to the storage of poplar wood chips and illustrates some of the most important results achieved during the long activity of Research Unit.*

Residui di potatura di olivo

Prove sperimentali di raccolta in Puglia per uso energetico

di LUIGI PARI, ALBERTO ASSIRELLI,
ALESSANDRO SUARDI, SARA CROCE,
ANDREA ACAMPORA

L'utilizzo delle potature di olivo per scopi energetici può rappresentare una possibilità di ulteriore valorizzazione dei residui colturali alternativa alle soluzioni comunemente utilizzate. A tal proposito diventa importante il cantiere di raccolta scelto in funzione del sesto d'impianto e della tipologia di residuo da gestire. Inoltre, un aspetto importante riguarda le caratteristiche del trinciato, che devono consentire l'utilizzazione negli impianti di recupero e trasformazione.

PAROLE CHIAVE: potature, recupero energetico, trinciatrice, qualità del prodotto.

Negli ultimi anni l'impulso alla produzione ed al consumo delle fonti energetiche rinnovabili è andato sempre più aumentando. Importanti aspettative sono legate all'utilizzo delle biomasse di origine agricola e forestale, proprio grazie alla loro flessibilità d'impiego e alla disponibilità di utilizzo in diverse tipologie di utenze (GOMEZ *et al.* 2010; ELMORE *et al.* 2008; YOSHIOKA *et al.* 2005). In tale contesto, grande interesse riveste la possibilità di recuperare e utilizzare le biomasse residuali (es. scarti di potature) come fonte energetica ottenendo vantaggi sia relativamente allo smaltimento di questi ultimi che come ulteriore opportunità di reddito per l'agricoltore (NATI *et al.* 2007; PARI e SISSOT 2001). La biomassa è disponibile in qualità e quantità diverse sul territorio ed è potenzialmente utilizzabile per scopo energetico. L'aspetto logistico riveste particolare importanza per il contenimento dei costi della materia prima, influenzati dalle operazioni di raccolta e trasporto. In virtù del crescente interesse nei confronti della biomassa e della componente residuale quale risorsa energetica, i costruttori di macchine agricole stanno indirizzando parte della loro ricerca nella realizzazione di operatrici per il recupero delle potature da terra (PARI *et al.* 2010). Nell'ambito del Progetto di ricerca FAESI (Filieri Agro Energetiche del Sud Italia) finanziato dal MIPAAF, l'Unità

di ricerca per l'Ingegneria Agraria di Roma (CRA-ING) ha intrapreso una serie di attività atte alla valorizzazione dei residui di potatura di origine agricola nelle regioni meridionali. Nel mese di Maggio 2010, si è provveduto ad analizzare il lavoro svolto da una trinciaraccogliasementi della ditta Berti, impegnata nella raccolta di potature dell'olivo.



Foto 1 - Trinciaraccogliasementi Picker Kargo 180.

LUIGI PARI, CRA-ING - ALBERTO ASSIRELLI, CRA-ING - ALESSANDRO SUARDI, CRA-ING - Sara Croce, CRA-ING - ANDREA ACAMPORA, CRA-ING. E-mail andrea.acampora@entecra.it.

Le prove sono state condotte in Puglia, tenendo conto delle caratteristiche colturali specifiche dell'area oggetto di studio, della tipologia delle forme di allevamento dell'olivo, nonché delle particolari metodologie di potatura diffuse nelle regioni del Sud Italia. A fronte di costi di raccolta competitivi le potature potrebbero contribuire in modo interessante alla produzione di energia rinnovabile, soprattutto in considerazione della diffusione di piccole e medie centrali termiche e/o elettriche in grado di rifornirsi anche grazie all'importante contributo derivabile dal comparto agricolo. A tal fine sono state valutate sia la capacità di lavoro della macchina che la qualità del lavoro eseguito.

MATERIALI E METODI

Cantiere di raccolta

Il cantiere di raccolta della prova sperimentale era costituito da un'operatrice prodotta dalla ditta Berti, modello Picker Kargo 180 (Foto 1) abbinata ad una trattore gommatata a quattro ruote motrici prodotta dalla ditta Massey Ferguson, modello 3255 con potenza motrice pari a 90 cv (66,18 kW). La macchina operatrice è una trinciaraccolisamenti per potatura, dotata di cassone proprio, con possibilità di doppio collegamento sia semiportato sia trainato, azionata dalla presa di potenza con potenza minima richiesta di 66 kW. La larghezza di lavoro è di 1.800 mm, mentre le dimensioni massime di ingombro, relativamente a larghezza, lunghezza ed altezza, sono 2.250 mm, 5.600 mm (di cui 1.400 mm di gancio) e 1.900 mm. Il peso totale della macchina è di 2.600 kg. I principali componenti sono rappresentati da un *pick up* anteriore di raccolta, un rotore trinciante ed un cassone posteriore di carico. Il *pick up* anteriore (Foto 2) è rappresentato da un raccoglitore rotativo ad albero orizzontale avente un diametro esterno di 127 mm. Su di esso sono fissati 32 elementi di presa rigidi, sfalsati ed allineati lungo quattro piani di riferimento (disposizione a 90°). La lunghezza del singolo elemento di presa è di 150 mm. Il *pick up* ha la funzione di sollevare le potature dal terreno senza danneggiare il manto erboso, mentre la particolare disposizione degli elementi rigidi e la distanza tra di essi impe-



Foto 2 - Particolare del *pick up* raccoglitore.

disce l'introduzione all'interno della macchina di pietre e sassi, permettendo così l'utilizzo della macchina anche su terreni difficili. Il *pick up* è azionato da una trasmissione a catena, protetta da un limitatore di coppia per preservare l'apparato in caso di ingolfamento o di blocco accidentale. La regolazione dell'altezza di lavoro dal terreno avviene per via idraulica tramite martinetto dedicato fissato al telaio. Il *pick up* convoglia le potature all'interno della camera di trinciatura ove opera un rotore del diametro di 400 mm, sul quale sono incernierati 36 coltelli (Tabella 1). La trinciatura viene effettuata per contrasto con una serie di controcoltelli fissati su una parete della camera di trinciatura che, secondo il costruttore, risulta in grado di operare su residui legnosi con un diametro fino a 10 cm. Il prodotto trinciato viene trasportato in corrente d'aria generata dallo stesso rotore fino al cassone posteriore attraverso un condotto incorporato nel cassone stesso. Quest'ultimo (Foto 3) ha una capacità di carico di 7,5 m³, può essere scaricato da un'altezza di 3,3 m ed è corredato da un coperchio mobile che fa da scivolo al materiale in fase di scarico. La macchina presenta un ingombro limitato che ne consente l'utilizzo anche in impianti con interfila di ampiezza ridotta pur preservando una buona capacità di carico rispetto ad altre operatrici.

Caratteristiche della coltura e caratterizzazione del materiale andanato

Le prove sperimentali sono state eseguite nel mese di Maggio 2010 a Torre Santa Susanna in provincia di Brindisi. L'oliveto era composto da piante di 14 anni appartenenti alla varietà "Picholine" ed era situato in una zona pianeggiante, su un terreno di medio impasto dotato di un sistema di irrigazione. La superficie complessiva dell'impianto era di 7 ha. Le piante avevano un'altezza media di 3,5 metri con un sesto di impianto di 6 metri fra le file e 6 metri sulla fila. La potatura di produzione viene effettuata una volta ogni due anni e ciò comporta la formazione di una considerevole quantità di biomassa a terra. Al fine di caratterizzare il materiale residuale sono stati effettuati una serie di rilievi inerenti altezza, larghezza e lunghezza di ogni singola andana. Le misurazioni hanno

Lunghezza (mm)	5.700
Larghezza (mm)	2.250
Altezza (mm)	1.900
Peso (kg)	2.600
Cassone (m ³)	7,5
Altezza scarico (mm)	3.300
Larghezza di lavoro (mm)	1.800
Diametro pick-up (mm)	427
Elementi di presa pick-up (n° denti)	32
Lunghezza elementi di presa (mm)	150
Diametro rotore (mm)	400
Elementi presenti sul rotore (n. coltelli)	36

Tabella 1 - Caratteristiche tecniche della macchina oggetto di prova.

interessato 10 andane per una superficie complessiva di 0,54 ha. Per ognuna delle andane sono state scelte in modo casuale e campionate 3 aree di 1 metro lineare ciascuna; da queste è stato prelevato e pesato, mediante l'ausilio di un dinamometro digitale, l'intero potato per poter **valutare la quantità di biomassa potenzialmente presente in 1 ha di oliveto**. In seguito al passaggio delle macchine, sulle andane precedentemente individuate, si è provveduto a determinare le perdite di raccolta, pesando tutto il materiale non trinciato. Nel piazzale di scarico del materiale trinciato si è proceduto a prelevare diversi campioni di prodotto con lo scopo di effettuare la valutazione del contenuto idrico (secondo la normativa CEN/TS 15414-1: 2006), della massa volumica apparente (secondo la normativa CEN/TS 15401: 2006) e della distribuzione granulometrica dei singoli componenti (secondo la normativa CEN/TS 15415: 2006). Durante la raccolta è stata valutata la produttività del cantiere secondo lo schema di classificazione dei tempi di lavoro in agricoltura concordato in sede internazionale dal CIOSTA (Commission Internationale de l'Organisation Scientifique du Travail en Agriculture), in accordo con le raccomandazioni dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria (AIIA).

RISULTATI

Caratteristiche del prodotto trinciato e perdite di prodotto

Le andane considerate per lo svolgimento della prova presentavano una lunghezza media di 90 m, un'altezza media di 0,6 metri e una larghezza media di 1,7 metri. Dalla caratterizzazione del materiale andanato è risultato che per ogni andana erano presenti, mediamente, 367,5 kg di prodotto potato che corrispondevano a circa 6,8 t ha⁻¹ di prodotto fresco e a 5,3 t ha⁻¹ di s.s., caratterizzato da un'umidità del 20,6% valutata al momento della raccolta (Tabella 2). Il prodotto raccolto non presentava inquinamento da corpi estranei evidenti risultando esente da terriccio o sassi. La massa volumica rilevata è stata di 152,5 kg m⁻³, portando la capacità complessiva di carico nelle condizioni di prova a 1,14 t. Considerando la quantità totale di biomassa raccolta durante le prove ed il prodotto rimasto a terra sono state **rilevate perdite di raccolta del 3,8%, pari a circa 0,25 t ha⁻¹ di perdita totale**. Dall'analisi granulometrica, eseguita su 4 kg di prodotto trinciato ed utilizzando setacci dimensionati secondo quanto previsto dalle normative vigenti, è emerso che quasi il 70% di esso apparteneva alla classe diametrica compresa tra i 6,3 e i 25 mm (Grafico 1). La quasi totalità del materiale campionato (86,42%) è risultato avere dimensioni superiori ai 6,3 mm, mentre il rimanente 13,58% era rappresentato da materiale al di sotto di tale soglia. La frazione di prodotto trinciato avente un diametro inferiore ai 3,5 mm, e quindi rappresentante le impurità, non superava il 4% del campione totale analizzato. **La lunghezza del materiale trinciato assume una certa**

importanza per il sistema di alimentazione delle caldaie ove, se utilizzando sistemi a coclea, un prodotto con dimensioni superiori ai 100 mm, può determinare problemi di ingolfamenti o blocchi del sistema stesso.

Viceversa, utilizzando materiale legnoso di lunghezza inferiore ai 15 mm è possibile sia il trasporto di materiale incombusto nel flusso d'aria primaria, sia l'aumento delle ceneri prodotte dall'impianto nel caso in cui in questa frazione ci siano inerti. Tenendo conto di ciò, il materiale trinciato raccolto è stato valutato anche per la distribuzione delle lunghezze dei singoli componenti legnosi (Grafico 2). L'83% del materiale campionato

Cultivar	Picholine
Sesto d'impianto (m)	6x6
Numero piante per fila (n)	15
Lunghezza andane (m)	90
Altezza andane (m)	0,6
Larghezza andane (m)	1,7
Quantità media di potato per pianta (kg)	24,5
Quantità di potato per andana (kg)	367,5
Quantità di potato per ettaro (t)	6,8
Umidità del potato a terra (%)	20,6
Sostanza secca (t ha ⁻¹)	5,3

Tabella 2 - Caratteristiche del prodotto andanato.



Foto 3 - Trinciasarmenti in fase di lavoro. È possibile apprezzare la presenza del cassone di carico posteriore.

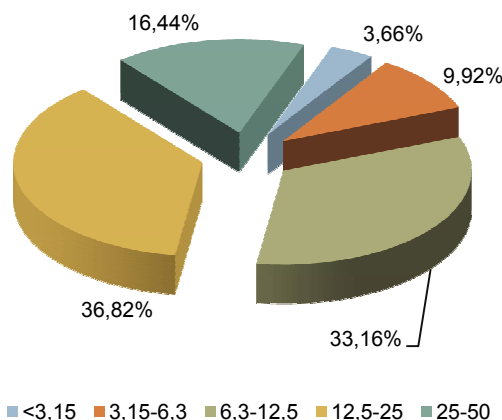


Grafico 1 - Suddivisione per classi del materiale trinciato.

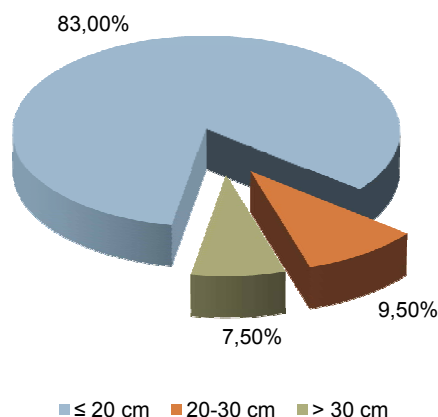


Grafico 2 - Distribuzione per lunghezza (%) del materiale trinciato.

Tempo effettivo (%)	72,29
Tempo per voltare (%)	12,05
Tempo per scarico (%)	15,66
Tempo operativo (%)	100
Rendimento operativo (%)	72,29
Velocità effettiva (m s ⁻¹)	0,70
Velocità operativa (m s ⁻¹)	0,51
Capacità di lavoro effettiva (ha h ⁻¹)	1,50
Capacità di lavoro operativa (ha h ⁻¹)	1,08
Produzione oraria operativa (t h ⁻¹)	7,36

Tabella 3 - Tempi operativi della macchina trinciatrice.

aveva dimensioni inferiori ai 20 cm di lunghezza. La frazione avente una misura superiore rappresentava solo il 17% dell'intero campione ed era così distribuito: 9,5% compreso tra i 200 ed i 300 mm e 7,5% con lunghezza superiore ai 300 mm.

Tempi di lavoro

L'operatrice ha mostrato una velocità operativa di 1,87 km h⁻¹ (0,51 m s⁻¹) alla quale è corrisposta una capacità di lavoro effettivo pari a 1,50 ha h⁻¹ ed una capacità di lavoro operativa pari a 1,08 ha h⁻¹. Il rendimento operativo è risultato essere al 72,29% del tempo operativo (Tabella 3). Dai rilievi effettuati, i tempi accessori erano costituiti dai tempi per le voltate in capezzagna (12,05%) e dai tempi di scarico del cassone (15,66%).

CONCLUSIONI

La raccolta delle potature con operatrice dedicata rappresenta una soluzione percorribile per lo smaltimento della biomassa residuale. Dalle stime effettuate in ambito CRA i quantitativi risultano importanti per diverse realtà del Sud Italia e non solo. La raccolta con trinciatura diretta permette di ottenere un materiale idoneo ad un impiego domestico e/o industriale. La valutazione di questa raccogliitrice, dotata di cassone proprio, ha permesso di evidenziare la possibilità di ottenere da un residuo colturale un combustibile di dimensioni idonee sia alla trasformazione energetica immediata sia allo stoccaggio per impieghi futuri. La realizzazione di un percorso logistico ottimizzato per la riduzione dei costi di

raccolta e conferimento rappresenta ancora un aspetto su cui la ricerca deve investire per cercare di concretizzare la reale convenienza economica delle operazioni descritte. Valutazioni sulle nuove tipologie di operatrici proposte dalle varie case costruttrici, come quella descritta con il presente lavoro, risultano fondamentali per effettuare delle previsioni circa la reale convenienza economica, ma anche ecologica, della filiera legno-energia nelle diverse realtà agricole interessate.

Bibliografia

CEN/TS 15401 - **Solid recovered fuels - Methods for the determination of bulk density**. 2006: 1-10.

CEN/TS 15414-1 - **Solid recovered fuels - Determination of moisture content using the oven dry method. Part 1: determination of total moisture by a reference method**. 2006: 1-8.

CEN/TS 15415 - **Solid recovered fuels - Determination of particle size distribution by screen method**. 2006: 1-10.

ELMORE A. J., SHI X., NATHANIEL J., LI X., JIN H., WANG F., 2008 - **Spatial distribution of agricultural residue from rice for potential biofuel production in China**. Biomass and Bioenergy, 32(1): 22-27.

GOMEZ A., RODRIGUES M., MONTANES C., DOPAZO C., FUEYO N., 2010 - **The potential for electricity generation from crop and forestry residues in Spain**. Biomass and Bioenergy, 34: 703-719.

NATI C., SPINELLI R., MAGAGNOTTI N., VERANI S., 2007 - **Dalle potature di olivo biomassa per usi energetici**. L'Informatore Agrario, 9: 57-59.

PARI L., SISSOT F., 2001 - **Prove di trinciatura e raccolta dei cascami di potatura in campo**. L'Informatore agrario, 45: 1-5.

PARI L., ACAMPORA A., CROCE S., 2010 - **Raccolta dei residui di potatura. Recupero energetico di cascami d'olivo nel Salento**. In: Innovazioni tecnologiche per le agroenergie. Sinergie tra ricerca e impresa. Sherwood, 168, suppl. 2: 48-50.

YOSHIOKA T., HIRATA S., MATSUMURA Y., SAKANISHI K., 2005 - **Woody biomass resources and conversion in Japan: the current situation and projections to 2010 and 2050**. Biomass and Bioenergy, 29 (5): 336-346.

KEYWORDS: prunings, energy recovery, chopper, product quality.

Abstract: *Mechanized recovery of olive tree pruning residues. Experimental trials in Puglia region. Agricultural residues represent an important source of biomass for energy. Among the available biomass suitable for energy and present in Italy, pruning represents about the 20% of the total. In fact, about 1.184 million of hectares are planted with olive trees; the pruning residues coming from these plantations represent a wide source of biomass at National level. More than 32% of these olive groves is concentrated in the territory of Puglia region, at south-east of the Italian peninsula. In a pruning based energy supply chain, harvesting cost and quality characteristics of biomass are the most important aspect to be taken into account. The aim of the this work was to evaluate the performance of a prototype machines for harvesting and chipping of pruning for energy uses and the physical characteristics of the chip produced.*

Capacità germinativa dei rizomi di canna comune

Studio dei limiti dimensionali del materiale di propagazione

di LUIGI PARI, ANDREA ACAMPORA, SARA CROCE,
ALBERTO ASSIRELLI, ENRICO SANTANGELO

La canna comune (*Arundo donax* L.) è attualmente considerata un'interessante coltura da energia. L'abbattimento dei costi d'impianto può essere ottenuto attraverso un risparmio sul materiale di propagazione. Lo studio analizza l'influenza della dimensione dei rizomi sulla capacità germinativa ed il successivo sviluppo dei culmi.

PAROLE CHIAVE: canna comune, rizoma, propagazione agamica, coltura energetica.

Dal punto di vista dell'utilizzazione a fini energetici, la biomassa ottenuta dalla canna comune (*Arundo donax* L.) può essere destinata ad impianti per la produzione di elettricità e di calore per mezzo di combustione diretta o mediante pirolisi (JEGUIRIM e TROUVÉ 2009; MÉSZÁROS *et al.* 2007; ERLICH *et al.* 2006), oppure per la produzione di biocarburanti di seconda generazione (MANTINEO *et al.* 2009) attraverso processi chimici che convertono la biomassa lignocellulosica in etanolo (HAMELINCK *et al.* 2005). Considerando che in un prossimo futuro in Europa i biocarburanti dovranno sostituire in parte i combustibili fossili, la produzione di bioetanolo di seconda generazione potrebbe aprire nuove frontiere produttive per colture lignocellulosiche come l'*Arundo donax* L. (YANG e WYMAN 2008), soprattutto in zone rurali del Sud Europa (McKENDRY 2002) dove è in grado di valorizzare terreni marginali non altrimenti destinabili alle altre colture (PECK 1998).

L'interesse suscitato dalla canna come coltura energetica, viene però limitato dalla necessità di migliorarne le tecniche di propagazione. L'introduzione dell'*Arundo* nei

diversi ordinamenti culturali, per fini energetici, presuppone l'individuazione di una appropriata tecnica di moltiplicazione dal momento che questa specie, al di fuori del



Foto 1 - Pianta di *Arundo* emersa ed in fase di sviluppo a 30 giorni dall'impianto.

LUIGI PARI CRA-ING - ANDREA ACAMPORA CRA-ING - SARA CROCE CRA-ING. E-mail sara.croce@entecra.it - ALBERTO ASSIRELLI CRA-ING - ENRICO SANTANGELO CRA-ING.

suo areale di origine, non fruttifica a causa della sterilità del polline (BOOSE e HOLT 1999). La fase di impianto di questa coltura rappresenta la criticità maggiore nella filiera agroenergetica in relazione ai costi e alla reperibilità del materiale di propagazione. La canna si riproduce per via vegetativa attraverso rizomi o talee di culmo (DI CANDILO e CEOTTO 2012). La prima tecnica è quella più diffusa e permette di ottenere ottimi risultati dal punto di vista tecnico, mentre l'uso di talee richiede ancora delle verifiche sull'efficienza della metodologia (COSENTINO e COPANI 2012). I rizomi impiegati per la propagazione agamica, quando ben formati, presentano più gemme: una principale, che alla ripresa vegetativa darà origine a una canna maggenga, e due secondarie da cui si svilupperanno più lentamente le canne agostane. Sono, inoltre, presenti delle gemme atte al prolungamento del rizoma stesso in terra (VENTURI e AMADUCCI 1999).

La produzione di rizomi da utilizzare per il trapianto prevede l'estrazione della ceppaia e la sua suddivisione in sezioni per l'ottenimento dei singoli rizomi (PARI *et al.* 2011). Una porzione di rizoma idoneo al trapianto può avere un peso variabile da poche centinaia di grammi a oltre un chilo e contenere un numero variabile di gemme (COSENTINO e COPANI 2012). Considerato che **la fase di impianto di un canneto costituisce uno dei costi colturali maggiori** ed influenza la produttività futura della coltura, l'analisi dei vari aspetti legati al trapianto riveste senza dubbio una certa importanza.

Il risparmio di materiale di propagazione passa attraverso la riduzione della dimensione del rizoma, che, comunque, per ovvii limiti fisiologici, non può scendere al di sotto di una certa soglia. È, dunque, necessario valutare l'incidenza della dimensione del rizoma sulla sua sopravvivenza (COSENTINO e COPANI 2012) e sul successivo sviluppo del canneto. Negli habitat ripariali dell'America del Nord l'*Arundo donax* costituisce una specie invasiva per cui vengono studiate da anni per le sue modalità di colonizzazione. In una prova effettuata in California, BOOSE e HOLT (1999) hanno messo in evidenza come oltre il 90% dei rizomi lunghi da 2 a 20 cm, ma con almeno una gemma vitale, riescono a dare origine a nuove piante.

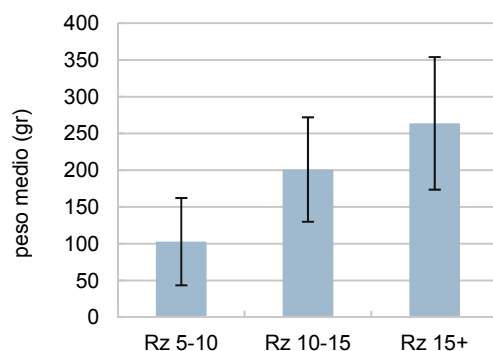


Grafico 1 - Peso medio ($\pm$ dev. st.) rilevato al momento dell'impianto per ognuna delle tre classi di rizomi prese in considerazione (n=100).

Appare evidente che la necessità di ridurre i costi di impianto agendo sul materiale di propagazione potrebbe **avvantaggiarsi di quelle che sono le capacità fisiologiche intrinseche che la specie ha sviluppato per aumentare le possibilità di insediamento.**

Presso il CRA-ING di Monterotondo è stato condotto uno studio al fine di analizzare **l'influenza della dimensione dei rizomi sulla capacità germinativa** e di valutare l'adattabilità della coltura alle condizioni pedoclimatiche del Centro Italia.

MATERIALI E METODI

Nel mese di Aprile 2012, presso il centro sperimentale per le biomasse del CRA-ING di Monterotondo è stato realizzato un impianto sperimentale di *Arundo donax* L. utilizzando rizomi forniti dal vivaio Franco Alasia (CN). La prova ha previsto il confronto di tre tesi sperimentali: rizomi lunghi tra i 5 e i 10 cm (Rz 5-10), tra i 10 e i 15 cm (Rz 10-15) e con dimensioni superiori ai 15 cm (Rz 15+). I rizomi sono stati pesati, misurati e suddivisi nelle rispettive classi di appartenenza. Per ogni tesi sono stati utilizzati 100 rizomi, disposti su un'unica fila per tesi, con distanza tra le file e lungo la fila di 1 m, per una densità finale di 1 rizoma m^{-2} . Il trapianto è stato eseguito per mezzo di una trapiantatrice dedicata.

La prova è stata effettuata su un suolo di medio impasto (classificazione USDA), con capacità di campo del 25%. La preparazione del terreno ha previsto una lavorazione principale effettuata con un aratro trivomere reversibile ad una profondità di 45 cm, seguita da un'erpatura, effettuata con erpice a dischi, e da successiva fresatura. Al fine di garantire l'adeguato apporto idrico per l'attecchimento dell'impianto, durante il periodo vegetativo sono stati effettuati tre interventi per ognuno dei quali sono stati erogati al terreno 40 mm di acqua utilizzando un impianto semovente. Non sono stati effettuati interventi di concimazione.

L'influenza della grandezza del rizoma sulla capacità germinativa e sullo sviluppo delle piante è stata valutata rilevando, a 15, 30 e 90 giorni dall'impianto: il numero di rizomi germinati, il numero di culmi e l'altezza del culmo dominante tra i getti emersi.

RISULTATI

Il **peso medio dei rizomi** utilizzati per la sperimentazione variava dai 100 ai 250 g circa, attestandosi, quindi, su valori appartenenti al limite inferiore relativamente alle dimensioni consigliate in bibliografia (COSENTINO e COPANI 2012). Come atteso, la distribuzione dei pesi dei rizomi mostra un andamento crescente e direttamente proporzionale alle classi di lunghezza (Grafico 1). Ma, mentre si osserva una certa proporzionalità tra le prime due classi (il peso medio raddoppia passando da "Rz 5-10" a "Rz 10-15"), tale relazione non si rileva se si confrontano i valori medi della classe "Rz 10-15" con quelli della "Rz 15+", in quanto l'incremento del peso medio è risultato

pari al 30%. Il primo controllo effettuato in campo a distanza di 15 giorni dall'impianto ha evidenziato una certa variabilità in termini di prontezza di germogliamento: il 30% di rizomi compresi tra 10 e 15 cm di lunghezza presentavano già i primi steli emersi, mentre più ridotta (15%) risultava la percentuale dei rizomi di dimensione superiore (Rz 15+) e assolutamente trascurabile (5%) quella dei rizomi più piccoli (Grafico 2).

A distanza di 30 giorni dall'impianto (Foto 1) la differenza nella **capacità germinativa legate alla dimensione di partenza del rizoma** erano ancora più evidenti, in quanto si è registrata una percentuale di piante emerse progressivamente crescente in funzione della classe dimensionale. Tale differenza risulta confermata nell'ultimo controllo effettuato a 90 giorni di distanza dall'avvenuto impianto: in questo caso la percentuale di rizomi emersi appartenenti al gruppo Rz15+ è superiore al 56%, a differenza del gruppo Rz 5-10 in cui risulta emerso solo il 34% dei rizomi inizialmente impiantati. I dati ottenuti sembrerebbero, dunque, confermare l'importanza della dimensione del rizoma sulla sua capacità di produrre germogli di canna vitali e, in ultima analisi, sul successo dell'impianto.

Relativamente alla finestra temporale a cui i dati riportati in questo studio fanno riferimento, i culmi fuoriusciti sono stati complessivamente 940, di cui il 45% con lunghezza superiore ai 15 cm. Particolarmente interessante è risultato il dato concernente il **rapporto numero culmi/rizoma** (Grafico 3). Tale indice ha, infatti, mostrato dei valori comparabili tra le tre classi in tutti i periodi di osservazione, con un andamento ben definito. Il numero dei culmi prodotti per rizoma è cresciuto nell'arco di 30 giorni dall'impianto, mantenendosi su valori abbastanza simili per le tre classi dimensionali a confronto.

Il periodo intercorrente tra il primo ed il terzo mese di sviluppo è risultato, invece, quello in cui è stata rilevata la maggiore produzione di nuovi steli dal singolo rizoma, con una differenza sensibile tra i rizomi della classe minore (Rz 5-10), che hanno fatto registrare un rapporto poco superiore a 5 culmi per rizoma, ed i rizomi appartenenti alle due classi superiori, che hanno raggiunto valori superiori a 7 getti emersi per ogni rizoma germinato.

Il dato relativo al *timing* temporale del germogliamento è sicuramente interessante e di una certa importanza ai fini del successo dell'impianto del canneto. L'osservazione che **la fase di pieno sviluppo richiede almeno tre mesi** dal trapianto conferma, infatti, la necessità di tempi relativamente lunghi affinché la coltura sia in grado di colonizzare e coprire sufficientemente il terreno.

Da un punto di vista anatomico il rizoma è un fusto sotterraneo con funzioni di riserva e di propagazione della specie. Proprio per la sua natura di organo di moltiplicazione, esso può richiedere tempi più o meno lunghi per l'attivazione dei processi metabolici che determinano il germogliamento, rimanendo quiescente fino al momento in cui non siano presenti le condizioni ambientali otti-

mali per la produzione di nuovi germogli. Ciò introduce un ulteriore fattore di analisi in quanto nelle prime fasi dell'impianto la canna è molto sensibile alla **competizione delle infestanti** che, nel caso risultino eccessivamente presenti, vanno adeguatamente controllate.

Un altro dato particolarmente interessante riguarda l'**altezza del culmo principale**. Anche in questo caso si osserva una notevole differenza tra le altezze a 15 ed a 90 giorni (Tabella 1). Ma il dato da evidenziare è il diverso tasso di crescita osservato per i tre gruppi di rizomi. Indipendentemente dalle dimensioni originarie dei rizomi impiantati, l'altezza dei culmi raggiunge, dopo tre mesi, dei valori simili (se non identici).

Ciò significa che il culmo principale dei rizomi lunghi tra 5 e 10 cm ha un ritmo di accrescimento superiore a quello di rizomi più grandi. Osservando la Tabella 1 è possibile notare come lo stelo dominante dei rizomi più piccoli (Rz 5-10) sia aumentato di 3,6 volte nell'arco di 15 giorni (tra

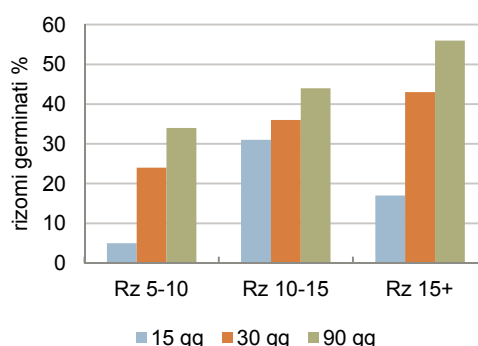


Grafico 2 - Rizomi emersi (%) a distanza di 15, 30 e 90 giorni dall'impianto.

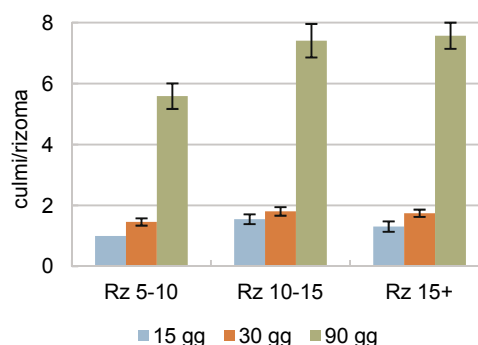


Grafico 3 - Numero medio ($\pm$ err. st.) di culmi prodotti ed emersi per singolo rizoma distinti per classe di lunghezza.

	Altezza del culmo (cm)		
	Rz 5-10	Rz 10-15	Rz 15+
15 gg	4,6 $\pm$ 2,6	8,1 $\pm$ 3,1	10,3 $\pm$ 4,0
30 gg	16,7 $\pm$ 7,7	16,8 $\pm$ 6,4	18,5 $\pm$ 6,7
90 gg	99,3 $\pm$ 31,8	113,6 $\pm$ 29,0	113,1 $\pm$ 30,5

Tabella 1 - Altezza media ($\pm$ err. st.), del culmo principale rilevata a 15, 30 e 90 giorni dall'impianto per ognuna delle tre classi di rizoma a confronto.

il primo ed il secondo rilievo) contro un incremento di 2,1 volte per i culmi dei rizomi intermedi (Rz 10-15) e di 1,8 dei rizomi più grandi (Rz 15+).

Sembrerebbe, dunque, esistere una sorta di "recupero" per cui anche rizomi più minuti riescono a produrre getti la cui altezza media dominante, al termine dei primi tre mesi di sviluppo, è prossima al metro, proprio come accade per i rizomi di dimensioni maggiori (Tabella 1).

CONCLUSIONI

Dai risultati ottenuti si può affermare che due delle tre classi dimensionali studiate (10-15 cm e >15 cm) si sono rivelate idonee per l'ottenimento di rizomi con una buona percentuale di moltiplicazione (intesa come numero di germogli prodotti per rizoma). I rizomi di dimensioni maggiori presentano comunque percentuali di germinazione più alte, probabilmente in virtù del fatto che aumenta la carica di gemme presenti e la disponibilità di elementi di riserva.

Nell'ottica del risparmio sui costi d'impianto, comunque, il dato interessante che emerge dalla presente ricerca riguarda la capacità dei rizomi più piccoli sia di garantire una sufficiente germinazione, sia di recuperare il *gap* di sviluppo che inizialmente manifestano rispetto a rizomi di dimensioni maggiori.

Nel prosieguo della sperimentazione sarà possibile valutare la resa in biomassa a fine ciclo. Il dato che emergerà dalla prova in corso potrà fornire ulteriori indicazioni circa la possibilità di intervenire sul materiale di propagazione della canna per abbattere i costi d'impianto.

Bibliografia

BOOSE A. B., HOLT J. S. 1999 - **Environmental effects on asexual reproduction in *Arundo donax***. Weed Research, 39: 117-127.

COSENTINO S.L., COPANI V., 2012 - **Canna comune per la destinazione energetica**. Supplemento n.2 a Sherwood n.183 anno 18 n.4 maggio

DI CANDILO M., CEOTTO E., 2012 - **Canna comune nel Nord Italia**. Supplemento n.2 a Sherwood n.183 anno 18 n.4 maggio

ERLICH C., BJORNBOOM E., BOLADO D., GINER M., FRANSSON T. H., 2006 - **Pyrolysis and gasification of pellets from sugar cane bagasse and wood**. Fuel, 85: 1535-1540.

HAMELINCK C. N., VAN HOOIJDONK G., FAALJ A. P. C., 2005 - **Ethanol from lignocellulosic biomass: techno-economic**

performance in short-, middle-, and long-term. Biomass and Bioenergy, 28: 384-410.

JEGUIRIM M., TROUVÉ G., 2009 - **Pyrolysis characteristic and kinetics of *Arundo donax* using thermogravimetric analysis**. Bioresource Technology, 100: 4026-4031.

MANTINEO M., D'AGOSTA G. M., COPANI V., PATANÉ C., COSENTINO S. L., 2009 - **Biomass yield and Energy balance of three perennial crops for Energy use in the semi-arid Mediterranean environment**. Fields Crops Research, 114: 207-213.

McKENDRY P., 2002 - **Energy production from biomass (part 1): overview of biomass**. Bioresource Technology, 83: 37-46.

MÉSZÁROS E., JAKAB E., VÁRHEGYI G., TÓVÁRI P., 2007 - **Thermogravimetry/mass spectrometry analysis of energy crops**. J. Ther. Anal. Calor., 88: 477-482

PARI L., ASSIRELLI A., ACAMPOTRA A., CROCE S., SANTANGELO E., 2011 - **Meccanizzazione della raccolta del materiale di riproduzione di canna comune (*Arundo donax* L.) nel settore vivaistico**. In PARI L. (a cura di). 697-706. Lo sviluppo delle colture energetiche in Italia, il contributo dei progetti di ricerca SUSCACE e FAESI. 896 pp.

PECK G.G., 1998 - **Hydroponic growth characteristics of *Arundo donax* L. under salt stress**. In: BELL, CARL E., ed. In: *Arundo and saltcedar: the deadly duo: Proceedings of workshop on combating the threat from arundo and saltcedar*; 1998 June 17; Ontario, CA. Holtville, CA: University of California, Cooperative Extension: 71. (47128).

VENTURI G., AMADUCCI M. T., 1999 - **Culture da fibra**. A cura di. Collana Prisca. Bologna: Edagricole;

YANG B., WYMAN C. E., 2008 - **Pretreatment: the key to unlocking low-cost cellulosic ethanol**. Biofuels Bioprod. Bioref., 2: 26-40.

KEYWORDS: giant reed, rhizome, agamic propagation, energy crop.

Abstract: *Germination ability of the rhizomes of giant reed (*Arundo donax* L.). Study on the size limits of the propagation material. Giant reed (*Arundo donax* L.) is a perennial rhizomatous grass currently pointed out as an alternative crop for the bioenergy production. *Arundo* is propagated by vegetative cuttings or by rhizomes. This latter is the solution allows higher margins of reliability for the successful cultivation in a short time. The establishment of a plantation represents one of main voice of the cultivation costs and influences the future productivity of the crop. Therefore, CRA-ING has conducted a study in order to gain useful information about the germination ability of the rhizomes of different sizes and to evaluate the adaptability of the crop to the soil and climatic conditions of Central Italy. The research carried out at Monterotondo has shown that the giant reed can be propagated by rhizomes smaller than 10 cm. Furthermore, the data evidenced as these ones are able to bridge the gap of development initially present from the larger ones. In perspective such results would demonstrate that a further space exist for the lowering of transplant cost.*

Adattabilità del miscanto nell'Italia centrale

Valutazione in un impianto sperimentale

di LUIGI PARI, ALBERTO ASSIRELLI,
SARA CROCE, ANDREA ACAMPORA

Il miscanto costituisce un'interessante coltura lignocellulosica che, in virtù delle sue caratteristiche morfo-fisiologiche, si presta all'utilizzazione per scopi energetici. Nel presente lavoro vengono analizzati i primi risultati di un impianto localizzato nell'areale dell'Italia Centrale.

PAROLE CHIAVE: miscanto, germinazione, biomassa lignocellulosica, produttività.

Per risultare idonea alla produzione di biomassa da destinare ad un uso energetico, una coltura dovrebbe possedere delle caratteristiche morfo-fisiologiche ben determinate. Al fine di ridurre i costi energetici di aratura e di semina, la specie dovrebbe essere perenne ed avere un tasso di crescita elevato e prolungato nel lungo periodo (10-15 anni). È richiesta tolleranza agli stress biotici (scarsa suscettibilità ai patogeni e forte concorrenza alle infestanti) e abiotici (tolleranza a gelate e siccità, efficiente utilizzazione dell'acqua). Infine, in considerazione della destinazione finale, deve essere in grado di produrre un'elevata quantità di biomassa (CEOTTO e DI CANDILO 2010). Il miscanto (*Miscanthus x giganteus*), una coltura erbacea poliennale caratterizzata da un'elevata produttività, soprattutto nel Nord Europa (LEWANDOWSKI *et al.* 2000), appare soddisfare tutti i requisiti elencati. Essa viene utilizzata principalmente per la produzione di elettricità, per il riscaldamento e la produzione di biocarburanti per autotrazione (CHRISTIAN *et al.* 2009). È una pianta rizomatosa di origine asiatica (NUMATA 1974), introdotta in Europa dal Giappone circa 70 anni fa, inizialmente come specie ornamentale e solo in seguito studiata in prove sperimen-

tali in diversi paesi (tra i quali l'Italia è stata uno dei primi) per valutarne la produzione di biomassa a destinazione energetica. La notevole adattabilità rende possibile l'intro-



Foto 1 - Trapiantatrice utilizzata per l'impianto del miscanto.

LUIGI PARI, CRA-ING. - ALBERTO ASSIRELLI, CRA-ING. - ALESSANDRO SUARDI, CRA-ING. - Sara Croce, CRA-ING. - ANDREA ACAMPORA, CRA-ING. E-mail andrea.acampora@entecra.it.

duzione di questa coltura in numerose aree di coltivazione europee caratterizzate da differenti condizioni climatiche. Il genere *Miscanthus* comprende 14 specie le cui differenti combinazioni di incrocio danno origine a ibridi interspecifici sterili: l'ibrido triploide *Miscanthus x giganteus* risulta essere il più diffuso ed adatto alla produzione di biomassa lignocellulosica con finalità bioenergetiche (GREEF e DEUTER 1993; SCHWARZ *et al.* 1994). In Europa, l'esistenza di questo ibrido, caratterizzato da una crescita eccezionalmente vigorosa, fu evidenziata per la prima volta nel 1935 dal vivaista danese AKSEL OLSEN che aveva introdotto piante del genere *Miscanthus* dall'Asia orientale (LINDE-LAURSEN 1993). Nel Nord Europa, campi prova di coltivazione estensiva di miscanto sono stati effettuati a partire dal 1983 e si è potuto dimostrare, già allora, che erano possibili rese produttive elevate: fino a 20 tonnellate di materia secca ad ettaro per anno.

CARATTERISTICHE DELLA CULTURA E TIPOLOGIA DI RACCOLTA

Rispetto ad altre colture da biomassa, il miscanto è una specie **non particolarmente esigente in termini di nutrizione minerale**. Questo perché si caratterizza per la traslocazione autunnale degli elementi nutritivi dall'apparto aereo (che perde la sua funzionalità) ai rizomi, un comportamento fisiologico tipico delle colture rizomatose poliennali. In quanto pianta a ciclo foto sintetico C_4 ha un'**efficienza nell'uso dell'acqua superiore** ad altre specie erbacee come ad esempio la canna comune (*Arundo donax* L.), pianta a ciclo C_3 (ANGELINI *et al.* 2009). Per l'ibrido *Miscanthus x giganteus* è stata stimata, in condizioni ottimali, una produzione di sostanza secca variabile tra 11 e 14 g l⁻¹ di acqua. L'impianto di una coltura di miscanto si esegue preferibilmente verso la fine del riposo vegetativo (marzo-aprile), utilizzando rizomi che devono avere un peso minimo di 40 g ciascuno, con almeno 1 gemma principale e 2 o più gemme secondarie. Di norma gli impianti sono realizzati con una densità tra 12 e 15 mila rizomi ha⁻¹, corrispondenti ad 1,2-1,5 rizomi m⁻². La resa annua in biomassa incrementa progressivamente nei primi anni di impianto, per poi stabilizzarsi dal quarto anno in poi (LEWANDOWSKI *et al.* 2000; HIMKEN *et al.* 1997). La vita utile dell'impianto può essere **superiore anche ai 15 anni**. Le produzioni annue sono molto variabili, in funzione dell'ambiente pedoclimatico di riferimento. La raccolta può essere effettuata sia con una falciatrinciaticatrice abbinata ad un carro raccolta che con macchine falciacondizionatrici che prevedono lo sfalcio delle piante alla base dei fusti seguito da una andatura del materiale a terra. In quest'ultimo caso, il ciclo di raccolta viene completato dalla riduzione in balle del prodotto falciato. Entrambi i sistemi presentano pregi e difetti. Nel primo caso (impiego di una falciatrinciaticatrice) pur effettuando il recupero di un materiale senza foglie che evita il contatto diretto tra biomassa ed il terreno, si ha una bassa densità volumetrica; la raccolta mediante sfalcio

ed imballatura permette, invece, l'ottenimento di una biomassa con una maggiore densità ed il recupero di parte delle foglie cadute a terra, ma anche la contaminazione con particelle di terreno, con conseguente decremento della qualità del biocombustibile. La ricerca e lo sviluppo di nuove macchine agricole si sta indirizzando verso sistemi in grado di trinciare ed imballare la biomassa in un solo passaggio, evitandone il contatto con il terreno. Queste soluzioni, peraltro già sperimentate con successo in ambito europeo, consentono di ottimizzare sia l'aspetto relativo alla qualità del materiale raccolto sia l'abbattimento dei costi di trasporto e stoccaggio.

IMPIANTO SPERIMENTALE REALIZZATO

Nelle sperimentazioni condotte finora, sembrerebbe delinearci una tipizzazione zonale delle diverse colture da energia, relegando l'areale di coltivazione del miscanto al Nord Europa e limitandolo al settentrione nel caso dell'Italia (LEWANDOWSKI *et al.* 2000). Presso l'Unità di ricerca per l'ingegneria agraria del Consiglio per la ricerca e sperimentazione in agricoltura (CRA-ING) è in corso la realizzazione di un centro sperimentale dimostrativo sulle agro-energie. Il Centro, pensato sui principi della microfiliera e della sostenibilità ambientale ed economica, comprende tra l'altro una centrale termica a biomassa da 348 kW per la produzione di energia in trigenerazione (caldo, freddo, elettricità), un impianto pilota per la produzione di idrogeno e metano da residui zootecnici e un'area sperimentale per la valutazione di piantagioni energetiche. In considerazione dell'interesse rivestito dal miscanto nel settore delle biomasse, si è ritenuto opportuno inserire la coltura nella programmazione sperimentale del centro. Si è, quindi, proceduto alla **destinazione di circa 1.600 m² di terreno a miscanto**, in modo da poter valutare l'adattabilità della specie alle condizioni pedoclimatiche dell'Italia centrale e, nel contempo, agevolare la sperimentazione di macchine, idonee alla coltura, messe a punto dall'Istituto. La scelta di coltivare miscanto ha avuto origine dalla carenza di dati relativi alla presenza di questa specie negli areali potenzialmente produttivi del centro Italia. Attualmente la metodologia di propagazione più utilizzata prevede l'utilizzo di rizomi. Sebbene i costi di ottenimento di questi ultimi risultino essere minori rispetto ad un eventuale utilizzo di piante micropropagate, **un impianto effettuato mediante rizomi determina spese comunque elevate**. I costi sono dovuti essenzialmente alle operazioni prettamente manuali atte ad ottenere porzioni di rizoma idonee al trapianto (CHRISTIAN *et al.* 2009). La fase di trapianto è sicuramente la più delicata ai fini della riuscita dell'impianto. L'interramento dei rizomi deve avvenire in modo corretto ad un'idonea profondità (circa 10-20 cm) per poter garantire una germinazione adeguata all'investimento previsto. L'emergenza è altresì una fase cruciale e in questo stadio la presenza di eventuali malerbe potrebbe dar luogo ad un'elevata competizione con le giovani plantule di miscanto.

MATERIALI E METODI

Macchina utilizzata per l'impianto

Non essendo disponibili macchine commerciali preposte a tale scopo, è stato adattato un prototipo (Foto 1), precedentemente progettato dal CRA-ING, per il trapianto dei culmi di canna comune (*Arundo donax*) (PARI *et al.* 2009). Si tratta di una macchina portata all'attacco a tre punti della trattrice. Nonostante sia stata progettata per interrare materiale vegetale abbastanza diverso, la trapiantatrice, durante la messa a dimora dei rizomi di miscanto, non ha richiesto modifiche strutturali, ma solo funzionali. **I rizomi vengono posizionati a 20 cm di profondità** tramite assolcatori la cui altezza di lavoro è regolabile a seconda delle diverse esigenze operative. Posteriormente agli assolcatori sono presenti delle paratie metalliche (due per assolcatore) che hanno lo scopo di evitare la ricaduta del terreno nel solco appena aperto. Ogni coppia di paratie termina con una ruota folle il cui compito è quello di trattenere nel fondo del solco il rizoma appena seminato. Due operatori, seduti uno di fronte all'altro perpendicolarmente alla direzione di marcia, provvedono alla distribuzione del materiale vegetale, prelevando i rizomi, da due casse metalliche poste lateralmente ad essi e rilasciandoli nei solchi appena aperti. La chiusura del solco è assicurata dalla presenza di due coppie di dischi rincalzatori. L'ultima struttura di cui si compone il prototipo è un rullo compattatore ed una barra raschia-rullo. Il rullo ha la funzione di compattare e regolarizzare il terreno smosso per l'operazione di semina. Questa operazione è fondamentale in quanto aumenta il contatto tra rizoma interrato e terreno circostante. La barra raschia-rullo fa sì che non aderiscano al rullo grosse quantità di terreno che andrebbero a comprometterne il funzionamento.

Descrizione dell'impianto

L'impianto è stato effettuato su un terreno di medio impasto (classificazione USDA *Soil Taxonomy*) con una capacità di campo del 25% situato nell'azienda del centro sperimentale del CRA-ING di Monterotondo (Roma). La superficie destinata all'impianto (1.600 m²) è stata sottoposta ad una lavorazione principale effettuata con un aratro trivomere reversibile ad una profondità di 45 cm, un'epicatura con erpice a dischi e da successiva fresatura per un idoneo affinamento del terreno. Le lavorazioni descritte sono state eseguite tra la fine del mese di Marzo e la metà del mese di Aprile 2012.

Conseguentemente ad un ritardo nella consegna del materiale di propagazione, il trapianto dei rizomi dell'ibrido interspecifico *Miscanthus x giganteus* è avvenuto nel mese di Maggio (leggermente in ritardo rispetto al periodo più idoneo), utilizzando un **sesto d'impianto 1x1 m** in modo tale da assicurare un investimento di 1 rizoma m⁻².

A causa delle condizioni climatiche caratterizzate dall'as-

senza pressoché totale di eventi pluviometrici nel periodo estivo (Grafico 1), nelle fasi successive all'impianto sono stati eseguite 3 irrigazioni di soccorso al fine di garantire un idoneo approvvigionamento idrico durante la fase di germinazione. La quantità di acqua erogata, per ciascuna delle irrigazioni, è stata pari a circa 400 m³ ha⁻¹.

Effetto delle dimensioni del rizoma

In bibliografia esiste un numero limitato di studi condotti sull'influenza che la tipologia di rizoma ha sul successo di un impianto di miscanto. Al fine di verificare tale influenza è stata programmata una prova **mettendo a confronto rizomi con un numero differente di gemme** (Foto 2). Sono stati selezionati due gruppi di 50 rizomi ognuno: nel primo sono stati considerati quelli che presentavano un numero di gemme compreso tra 1 e 5 (**tesi Rz≤5**); per il secondo sono stati scelti rizomi con un numero di gemme superiore a 5 (**tesi Rz>5**). Subito dopo la germinazione si è proceduto al conteggio della percentuale di germinazione, del numero di culmi presenti e dell'altezza

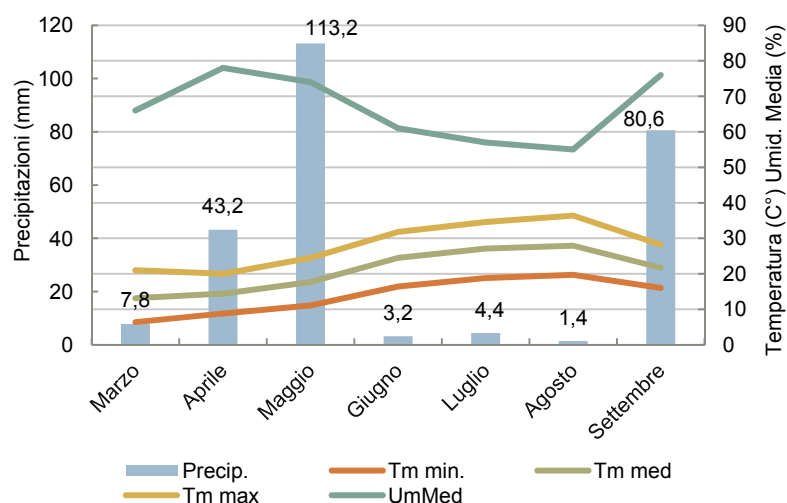


Grafico 1 - Andamento meteorologico relativo al periodo di interrimento dei rizomi (Marzo-Settembre 2012).



Foto 2 - Rizomi di miscanto con diverso numero di gemme vitali utilizzati per l'impianto.

del culmo maggiormente sviluppato. I rilievi relativi agli ultimi due caratteri sono stati effettuati a 15 e 30 giorni dall'interramento dei rizomi.

RISULTATI

Nel complesso, la trapiantatrice è risultata idonea ad operare anche con rizomi di miscanto, anche se opportune modifiche ed interventi potrebbero consentire un ulteriore miglioramento delle *performance*, risultate molto contenute ed inferiori a $0,2 \text{ ha h}^{-1}$, secondo la metodologia CIOSTA (Commission Internationale de l'Organisation Scientifique du Travail en Agriculture)

La modalità di preparazione del letto di semina e le irrigazioni di soccorso effettuate post-impianto hanno avuto un positivo riflesso sulla germinazione dei rizomi e nel successivo sviluppo (Foto 3). Ad un primo controllo, effettuato **dopo 15 giorni dal trapianto**, risultava germinato il 45% dei 100 rizomi interrati. Nello specifico, per la tesi $Rz \leq 5$ risultava emerso il 32% del totale (50 rizomi), mentre per la tesi $Rz > 5$ si registrava il 58% di germinazione. **A 30 giorni dalla semina** la percentuale di germinazione è aumentata: per la tesi $Rz \leq 5$ si è registrato il 60% di germogliazione, mentre per la tesi $Rz > 5$ è stata rilevata una percentuale di successo dell'84%



Foto 3 - Pianta di miscanto dell'impianto sperimentale CRA-ING.

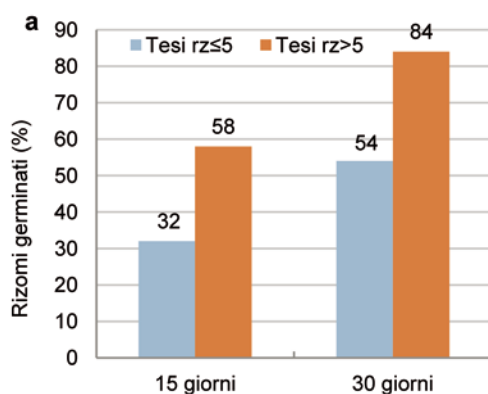


Grafico 2 - Percentuale di germinazione dei rizomi (a) ed altezza media (b) rilevata per il culmi di miscanto derivanti da rizomi con differente numero di gemme.

(Grafico 2a). Il dato sembrerebbe, dunque, indicare come il numero di gemme presenti influenzi in maniera significativa la capacità dei rizomi di miscanto di garantire una buona germinazione, aumentando, quindi, le possibilità di successo dell'impianto nelle prime fasi.

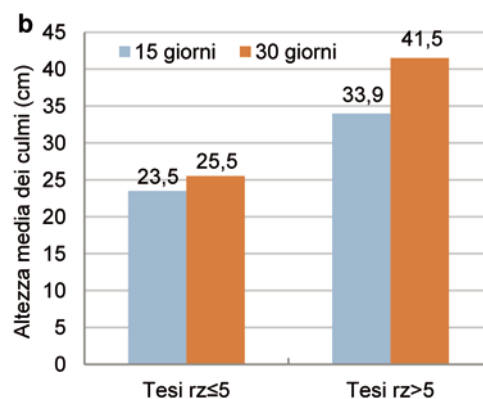
Tale osservazione viene ulteriormente rafforzata dal rilievo sia sull'altezza media raggiunta dalle piante delle due diverse tesi nei due differenti periodi di rilevamento (Grafico 2b) sia dal numero di culmi ottenibili per unità di superficie (Grafico 3b). Nel primo caso, passando da un'altezza media di 23,5 a 25,5 cm, le piante derivanti da rizomi con meno di 5 gemme hanno avuto un incremento dell'8,5% in 15 giorni, mentre quelle ottenuti da rizomi con più di 5 gemme, sono incrementate in altezza del 22,2 %. Di conseguenza anche il divario tra i due gruppi di piante in termini di sviluppo è aumentato, passando da una differenza del 44,5% (23,5 contro 33,9 cm) a 15 giorni dal trapianto ad uno scarto pari al 62,7% (25,5 contro 41,5 cm) dopo 30 giorni (Grafico 2b).

È evidente, dunque, l'influenza del numero di gemme, oltre che sulla percentuale di germogliazione, anche sul tasso di sviluppo successivo delle piante.

Oltre all'altezza della pianta, anche il numero di culmi per m^2 è risultato maggiore per la tesi con numero di gemme superiore a cinque. Al controllo effettuato a 30 giorni dall'impianto dei rizomi, sono stati contati, per la tesi $Rz > 5$, 195 culmi totali che corrispondevano a 4,64 culmi per m^2 . Nel caso dei rizomi appartenenti alla tesi $Rz \leq 5$, la densità di culmi è stata pari a 3,09 per m^2 avendo un totale di 96 culmi (Grafico 3). Nel contempo, analizzando i dati di emergenza relativi alla tesi $Rz > 5$ del presente lavoro, si evidenzia come l'utilizzo di rizomi con un maggior numero di gemme sia consigliabile al fine di ottenere impianti potenzialmente più produttivi.

CONCLUSIONI

Dall'analisi dei primi dati ottenuti, relativi all'impianto attuato presso i campi sperimentali del CRA-ING e riguardanti la percentuale di germinazione dei rizomi ed il numero di culmi presenti per m^2 dopo appena 30 giorni



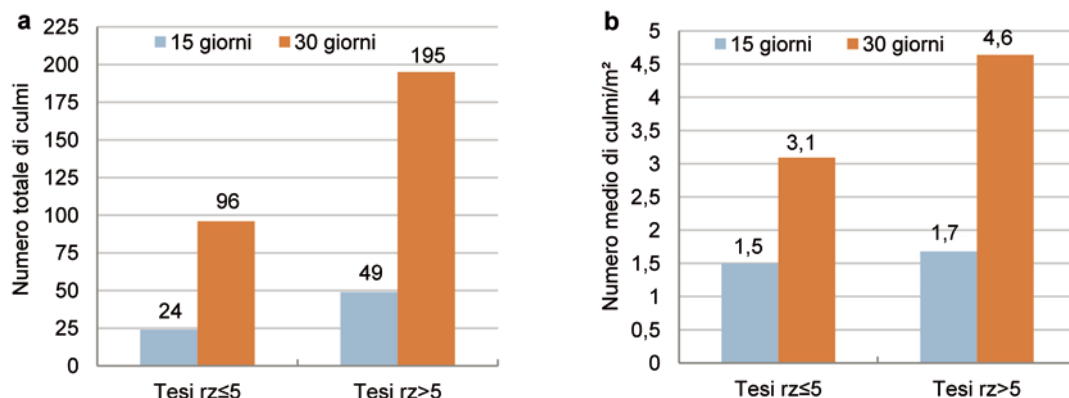


Grafico 3 - Numero di culmi (a) e densità media per unità di superficie (b) registrati per le piante di miscanto derivanti da rizomi con differente numero di gemme.

dalla semina, sembra confermarsi quanto riportato in bibliografia circa la tipologia di rizomi adatti alla semina (presenza sul rizoma di una gemma principale ed almeno 2 secondarie). L'impianto sperimentale è attualmente monitorato per la valutazione della capacità di insediamento e sviluppo della coltura. Se le risposte produttive saranno comparabili a quelle ottenute nelle regioni del Nord Europa, si renderà disponibile per la diversificazione delle scelte colturali nelle aree meridionali una specie particolarmente interessante dal punto di vista dell'utilizzo energetico in virtù dell'elevata produttività e del bilancio energetico positivo.

Bibliografia

ANGELINI L. G., CECCARINI L., NASSI O DI NASSO N., BONARI E., 2009 - **Comparison of *Arundo donax* L. and *Miscanthus x giganteus* in a long-term field experiment in Central Italy: Analysis of productive characteristics and energy balance.** Biomass and Bioenergy, 33: 635-643.

CEOTTO E., DI CANDILO M., 2010 - **Shoot cuttings propagation of giant reed (*Arundo donax* L.) in water and moist soil: The path forward?** Biomass and Bioenergy, 34, 1614-1623.

CHRISTIAN D. G., YATES N. E., RICHE A. B., 2009 - **Estimation of ramet production from *Miscanthus x giganteus* rhizome of different ages.** Ind. Crop and Prod., 30: 176-178.

GREEF J.M., DEUTER M., 1993 - **Syntaxonomy of *Miscanthus x giganteus*** GREEF et DEU. Angewandte Botanik, 67: 87-90.

HIMKEN M., LAMMEL J., NEUKIRCHEN D., CZYPIONKA-KRAUSE U., OLFS H-W., 1997 - **Cultivation of *Miscanthus* under West European conditions: seasonal changes in dry matter production, nutrient uptake and remobilization.** Plant and Soil, 189: 117-26.

LEWANDOWSKI I., CLIFTON-BROWN J. C., SCURLOCK J.M.O., HUISMAN

W., 2000 - ***Miscanthus*: European experience with a novel energy crop.** Biomass and Bioenergy, 19: 209-227.

LINDE-LAURSEN I.B., 1993 - **Cytogenetic analysis of *Miscanthus 'Giganteus'*, an interspecific hybrid.** Hereditas, 119: 297-300.

NUMATA M., EDITOR., 1974 - **Grassland vegetation. The flora and vegetation of Japan.** Tokyo: Elsevier, 125-47.

PARI L., CIVITARESE V., SUARDI A., 2009 - **Prototipo per meccanizzare il trapianto di canna comune. Agroenergie, dall'impianto alla raccolta.** Supplemento a L'Informatore Agrario, 29: 19-21.

SCHWARZ K-U., MURPHY D.P.L., SCHNUG E., 1994 - **Studies of the growth and yield of *Miscanthus x giganteus* in Germany.** Aspects of Applied Biology, 40: 533-40.

KEYWORDS: *Miscanthus*, germination, lignocellulosic biomass, productivity.

Abstract: *Miscanthus*, evaluation of the adaptability of the crop in central Italy. Experimental plantation at the CRA-ING. *Miscanthus x giganteus* (*Miscanthus*) is a perennial rhizomatous grass which has received particular attention during the last decade as energy crop. The experiments carried out so far relegate the area of cultivation to northern Europe. The lack of data regarding the presence of this species in the area potentially productive of central Italy prompted us to study its behaviour. The Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura, Unità di ricerca per l'ingegneria agraria (CRA-ING) has established a *Miscanthus* cultivation (1,600 m²) in order to evaluate the adaptability of the crop to the soil and climate conditions in the areas of Central Italy. The plantation will be used also for testing the prototypes and the machines developed by the Institute and aimed at fostering the mechanization of crop. A comparison among rhizomes with less or more than 5 buds has been carried out. For each class, fifty rhizomes were chosen and the plants derived analysed. The preliminary data on rhizome viability and strength (percentage of germination and number of stem per m²) 30 days after transplant, seem to confirm that the presence of a main and at least two secondary buds is the most important requirement in order to assure the successful plantation. Moreover, despite the opinions on *Miscanthus* frugality, the crop benefits when the specific agronomic conditions are guaranteed.

Coltivazione della colza per scopi energetici

Valutazione della sostenibilità ambientale attraverso la metodologia LCA (Life Cycle Assessment)

LUIGI PARI, ALESSANDRO SUARDI,
NADIA PALMIERI, MARIA BONAVENTURA FORLEO,
DOMENICO COALOA

Questo contributo presenta i risultati di uno studio sugli impatti ambientali legati alla coltivazione della colza per scopi energetici basato sul metodo del Life Cycle Assessment. Questo ha permesso di identificare la coltivazione con il minor impatto ambientale secondo il tipo e la quantità di fattori produttivi utilizzati. L'analisi è stata condotta su cinque modelli colturali valutati su un campione rappresentativo di aziende distribuite su un totale di 2.751 ha nel periodo 2009-2010.

PAROLE CHIAVE: *Life Cycle Assessment, Brassica napus L.*, analisi della sensibilità, colza.

La colza (*Brassica napus* L.), insieme ad altre colture oleaginose (girasole e *Brassica carinata*), è considerata strategica per l'implementazione della filiera dei biocarburanti in Italia (PARI 2012).

Negli ultimi anni, le coltivazioni di colza per fini energetici hanno registrato un significativo sviluppo in diversi sistemi agricoli italiani tanto che si è assistito ad un progressivo aumento delle superfici, passate dai 3.500 ha nel 2006 ai circa 24.500 ha nel 2009, con una particolare concentrazione in Friuli Venezia Giulia ed in Lombardia (ISTAT 2012). Questa rapida diffusione della coltivazione si spiega in parte con la possibilità di utilizzare **l'olio di colza per scopi energetici**. L'olio, infatti, in passato usato prevalentemente per scopi alimentari, può essere impiegato tal quale come combustibile in motori diesel modificati, o come biodiesel a

seguito di un processo di transesterificazione. Poiché l'aumento delle superfici dedicate alle colture energetiche per la produzione di



Fase di raccolta della coltura di colza (Fonte: SUSCACE).

biocarburanti non può avvenire in maniera incontrollata, si rende necessaria un'attenta analisi in merito alla loro reale sostenibilità economica ed ambientale, nonché sui sistemi e le metodologie che ne consentano la stima. Diversi studi sono stati dedicati al tema della sostenibilità ambientale delle bioenergie nel corso degli ultimi anni utilizzando la metodologia del Life Cycle Assessment (FRITSCHÉ *et al.* 2006; FAO 2008; SCHARLEMANN e LAURENCE 2008; CHIARAMONTI e RECCHIA 2010; SANZ REQUENA *et al.* 2011). Il metodo del Life Cycle Assessment (LCA), ad oggi, è il più utilizzato per stimare gli impatti ambientali positivi o negativi dei processi associati alla produzione e all'uso dei biocarburanti (CHIARAMONTI e RECCHIA 2010). Questo lavoro ha l'obiettivo di presentare i primi risultati di uno studio relativo alla stima degli impatti ambientali legati alla

LUIGI PARI, CRA-ING. - ALESSANDRO SUARDI, CRA-ING. E-mail alessandro.suardi@entecra.it. - NADIA PALMIERI, Università del Molise, Facoltà di Economia - MARIA BONAVENTURA FORLEO, Università del Molise, Facoltà di Economia - DOMENICO COALOA, Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura, CRA PLF - Unità di ricerca per le Produzioni Legnose Fuori Foresta.

coltivazione del colza per scopi energetici, valutando l'applicabilità di metodologie utili a porre a confronto modelli di coltivazione con un diverso livello di intensità colturale, rappresentativi di un campione reale di aziende diffuse sul territorio italiano.

MATERIALI E METODI

Nell'ambito dell'attività del progetto SUSACE (Supporto Scientifico alla Conversione Agricola verso le Colture Energetiche), coordinato dall'Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria del CRA, è stato possibile raccogliere, con la collaborazione degli operatori agricoli coinvolti nell'indagine, informazioni riguardanti la gestione e la coltivazione di specie vegetali per scopi energetici, tra cui la colza. In particolare, i dati acquisiti negli anni 2009-2010 circa la coltivazione di quest'ultima fanno riferimento a 2.751 ettari coltivati in 251 appezzamenti presenti in 10 regioni italiane ma con una forte concentrazione del campione delle unità in Emilia Romagna (Tabella 1 e Figura 1).

Si tratta prevalentemente di coltivazioni praticate in zone di pianura. La superficie media per appezzamento è di circa 11 ha ma le unità considerate presentano un'elevata variabilità nelle dimensioni: da valori minimi di circa un ettaro in alcune regioni del centro Italia (Marche, Toscana e Umbria), a dimensioni medie tra 10 e 15 ha (Abruzzo, Emilia R., Lombardia, Puglia), fino a dimensioni molto grandi (Basilicata).

Per ogni appezzamento facente parte del campione sono state acquisite informazioni relative all'unità produttiva (superficie, produzione, colture in rotazione, ecc.), alle principali caratteristiche dell'impianto (data, densità di semina, distanza sulle/tra file, ecc.), ai fattori produttivi impiegati nel ciclo produttivo (unità di manodopera, potenza delle macchine, fertilizzanti, diserbanti, insetticidi, ecc.). Dal set di dati originari sono stati selezionati i parametri ritenuti più informativi relativamente alla definizione dell'intensità del metodo di produzione, giungendo a selezionare le seguenti variabili: superficie coltivata; produttività per ettaro; giacitura; quantità di fertilizzanti applicati per ettaro; quantità di diserbante per ettaro; quantità di insetticida per ettaro; kWh utilizzati per ettaro; coltura in precessione.

A partire dalla distribuzione dei valori assunti da dette variabili, si è proceduto ad una

loro riclassificazione in classi d'intensità crescente - da molto basso (vl) e basso (l) ad alto (h) e molto alto (vh) (analisi monodimensionale e ripartizione "naturale"⁽¹⁾). Sono state, quindi, definite nuove variabili qualitative, di natura dicotomica ovvero per classi d'intensità crescente del fenomeno rilevato, e sono state ricodificate le variabili originarie (giacitura, fertilizzante potassico,

insetticida e coltura precedente) (Tabella 2). In seguito è stata condotta un'analisi multivariata e, mediante la procedura di *clustering* gerarchico sulle componenti principali (HCPC), si sono potute suddividere le unità colturali in cinque raggruppamenti omogenei i cui centroidi sono stati selezionati come gli appezzamenti più rappresentativi. Per tali cinque appezzamenti si è condotta una valu-

Regioni	Appezzamenti (%)	Superficie Coltivata (%)	Superficie Media (ha)	Superfici pianeggianti (%)
Abruzzo	0,4%	0,3%	9,0	100,0
Basilicata	2,4%	9,3%	42,6	33,3
Emilia R.	62,5%	61,3%	10,7	94,9
Friuli V. G.	0,8%	0,3%	3,6	0,0
Lombardia	2,8%	3,9%	15,5	100,0
Marche	5,6%	0,5%	1,0	21,4
Puglia	14,3%	21,2%	16,2	66,7
Toscana	3,2%	0,3%	0,9	12,5
Umbria	4,4%	0,3%	0,8	36,4
Veneto	3,6%	2,5%	7,7	100,0
Totale campione	100,0%	100,0%	11,0	79,7

Tabella 1 - Dati di sintesi delle unità campionarie (Fonte: nostra elaborazione, dati progetto SUSACE).



Figura 1 - Distribuzione geografica del campione.

⁽¹⁾ Utilizzo della tecnica di classificazione *k-medie* (HARTIGAN e WONG 1979).

Variabile	Classi	Cut points
Superficie Coltivata (ha)	ISup; mSup; hsup	(0- 9,4); [9,4-24]; [24-max)
Produttività (t/ha)	viProdv; lProd; mProd; hProd; vhProdv	(0-0,7); [0,7-1,6]; [1,6-2,45]; [2,45-3,32]; [3,32-max)
Giacitura	pian; coll	Pianura; Collina
Q.ta N (kg/ha)	IN; mN; hN	(0- 47); [47-109]; [109-max)
Q.ta P ₂ O ₅ (kg/ha)	IP; lImP; mhP; hP	(0- 18); [18-45]; [45-70]; [70-max)
Q.ta K ₂ O (kg/ha)	sK; nK	si; no
Q.ta Diserbante (l/ha)	lDis; mDis; hDis	(0- 1,35); [1,35-3,6]; [3,6-max)
Q.ta Insetticida (l/ha)	slns; nlns	si; no
Energia impiegata (kWh/ha)	lKw; mKw; hKw	(0-532); [532-800]; [800-max)
Coltura precedente	frum; acolt	frumento; altre colture

Tabella 2 - Suddivisione in classi delle variabili e *cut points*.

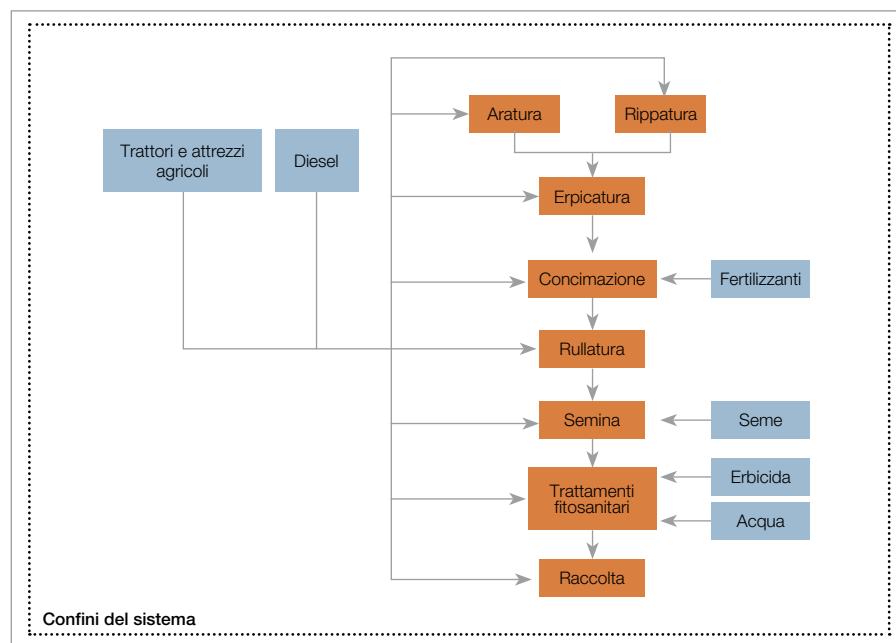


Figura 2 - Confini del sistema: *input* (azzurro) e fasi del processo produttivo (arancio).

tazione d'impatto ambientale utilizzando la metodologia Life Cycle Assessment⁽²⁾ (LCA), secondo le norme UNI EN ISO 14040: 2006 e UNI EN ISO 14044: 2006.

Definizione degli scopi e degli obiettivi

Il sistema preso in esame è costituito dai processi agricoli attribuiti al ciclo di vita di 1 kg di colza prodotto dai cinque appezzamenti rappresentativi del campione.

I confini del sistema (Figura 2), ovvero le unità di processo che devono essere incluse in uno studio di LCA, comprendono nel presente studio tutte gli interventi colturali richiesti per la produzione della colza. Si è

⁽²⁾ L'LCA è un procedimento oggettivo di valutazione dei carichi energetici ed ambientali relativi ad un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La valutazione include l'intero ciclo di vita del 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.

scelto di focalizzare l'attenzione alla fase di coltivazione, tralasciando la produzione di olio, per verificare l'esistenza di differenze negli impatti ambientali delle varie pratiche agricole secondo le diverse modalità colturali adottate negli appezzamenti. L'unità funzionale, che rappresenta l'unità di riferimento utile a quantificare tutti i flussi in *input* e in *output* dai confini del sistema, è costituita da 1 Kg di semi di colza prodotto dai cinque appezzamenti considerati.

Analisi dell'Inventario

Per la redazione dell'inventario (fase di raccolta dati) sono stati utilizzati dati primari reperiti direttamente in azienda mediante la compilazione di un questionario da parte di tecnici di campo; per quelli non diversamente reperibili (dati secondari) si è fatto ricorso alla banca dati (HISCHIER *et al.* 2010) del codice Simapro 7.3.3. della Pré Consultants bv (3821 AD Amersfoort, The Netherlands).

I dati primari sono relativi alle caratteristiche tecniche dei trattori e delle attrezzature agricole utilizzate, oltre al consumo di diesel, alla quantità e tipologia dei diserbanti e dei fertilizzanti impiegati. I dati secondari sono invece riferiti alle emissioni generate dalle macchine nelle varie fasi agricole (FRANCHINI e NERI 2005) e dall'evoluzione che i fertilizzanti subiscono quando raggiungono il terreno (modello proposto da BRENTUP *et al.* 2000 e da IPCC 2006). Per quanto riguarda il controllo delle erbe infestanti e i trattamenti parassitari, sono stati considerati i processi produttivi dei diserbanti e dei pesticidi utilizzati dalle aziende ma, in mancanza dei dati necessari per implementare modelli di dispersione, non sono stati valutati ulteriori impatti legati all'effetto deriva risultante durante la loro applicazione.

Analisi degli impatti

Ai fini della valutazione degli impatti ambientali di 1 kg di colza è stato utilizzato il metodo ReCipe 2008 (GOEDKOOP *et al.* 2009) che comprende i due gruppi di categorie di impatto "midpoint level" e "endpoint level". I dati dell'inventario vengono associati inizialmente a delle categorie di impatto a livello "midpoint" con dei fattori di caratterizzazione⁽³⁾. Successivamente, a livello "endpoint", vengono convertiti e aggregati a tre categorie di danno (danno alla salute umana, alla diversità dell'ecosistema e il danno alle disponibilità di risorse), utilizzando dei fattori di pesatura⁽⁴⁾.

Per **Salute umana** si intende l'impatto che il cambiamento climatico ha: sulla salute umana, sull'assottigliamento dello strato d'ozono, sulla tossicità umana, sulla formazione di ossidanti fotochimici e di particolato e sulle radiazioni ionizzanti.

La categoria **Ecosistemi** fa riferimento all'impatto del cambiamento climatico sugli ecosistemi, in particolare su: l'acidificazione terrestre, l'eutrofizzazione di acqua dolce, l'ecotossicità terrestre, l'ecotossicità in acqua dolce, l'ecotossicità marina, l'occupazione di suolo agricolo, l'occupazione di suolo urbano e la trasformazione di suolo naturale.

Infine la categoria di danno **Risorse** fa

⁽³⁾ La caratterizzazione rappresenta la quantificazione degli impatti generati sulle diverse categorie d'impatto mediante l'utilizzo di modelli scientifici.

⁽⁴⁾ Con la pesatura si attribuisce un peso di importanza ai diversi effetti ambientali causati dal processo, in modo che possano essere comparati tra loro per effettuare successivamente una ulteriore aggregazione dei dati. Gli effetti ambientali aggregati vengono espressi sotto forma di punteggio singolo (mPt), un'eco-indicatore che esprime in modo complessivo le prestazioni ambientali del sistema.

Cod.	Prov.	Reg.	Coltura precedente	Sup. (ha)	Prod. (t/ha)	Giacitura	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Diserbante (l/ha)	Pesticida (l/ha)	Energia richiesta (kWh/ha)
154	BO	Emilia R.	Frumento	7,3	2,53	Pianura	100,5	0	0	3,01	0,68	641,78
191	BO	Emilia R.	Frumento	0,9	2,83	Pianura	107,33	0	0	1,77	0	517,38
70	LE	Puglia	Frumento	1,28	1,05	Pianura	0	0	0	1,01	0	687,33
111	FE	Emilia R.	Frumento	8,40	2,88	Pianura	131,4	46	0	3,80	0	511,62
55	PN	Friuli V. G.	Altro	2,43	0,30	Collina	96,52	62,41	62,41	1,48	0	490,54

Tabella 3 - Appezzamenti rappresentativi dei gruppi omogenei individuati.

Operazioni colturali	Arat.	Erpic.	Rull.	Semina	Diserbo e tratt.	Concim.	Raccolta
Trattrice utilizzata	4RM	4RM	4RM	4RM	4RM	4RM	MOS2RM
Potenza trattrice (kW)	132	132	33	40	52	52	147
Peso trattrice (kg)	7.500	7.500	1.400	1.400	3.000	3.000	8.700
Carburante consumato (l/ha)	32,64	27,61	1,41	4,79	3,05	1,83	27,89
Attrezzo utilizzato	aratro bivomere	erpice rotante	rullo	seminatrice pneumatica	irroratrice portata	spandiconcime	mietitrebbia
Peso attrezzatura (kg)	1.000	1.000	500	400	300	400	-
Prodotto utilizzato	-	-	-	Excalibur	Metazachlor	Urea	-
Quantità (kg/ha)	-	-	-	0,45	1,78	233	-
Durata operazione colturale (h/ha)	1,20	1,02	1,02	0,93	0,46	0,28	0,93

Tabella 4 - Dati relativi all'azienda tipo: 191BO.

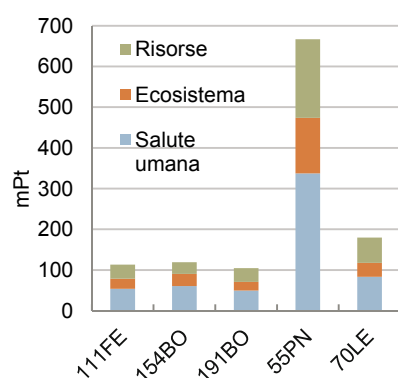


Grafico 1 - Risultato della pesatura, confronto tra aziende.

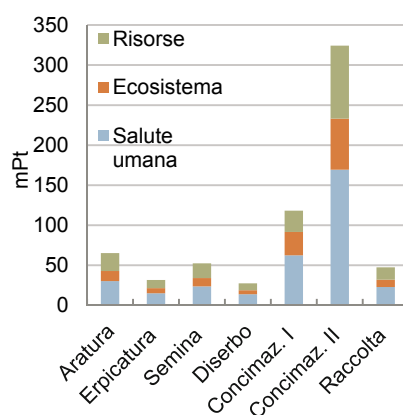


Grafico 2 - Risultati della pesatura suddivisi per fasi del ciclo di vita di 1 kg di colza (Azienda 55PN).

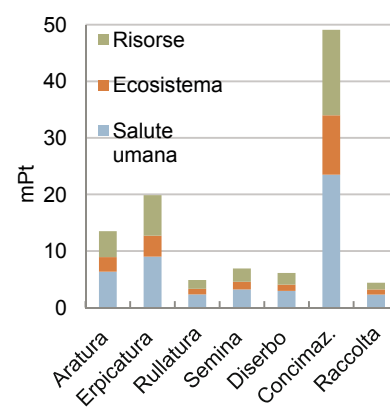


Grafico 3 - Risultati della pesatura suddivisi per fasi del ciclo di vita di 1 kg di colza (Azienda 191BO).

riferimento all'esaurimento dei metalli e delle risorse fossili.

RISULTATI

I cinque appezzamenti caratteristici evidenziano differenze soprattutto per quanto riguarda la produttività per ettaro e gli indicatori di intensità nell'impiego di macchinari (energia richiesta) e di prodotti chimici (Tabella 3).

L'analisi degli impatti ha consentito preliminarmente di individuare i processi più impattanti nell'ambito dei cinque appezzamenti considerati. Nella maggior parte delle unità (4 su 5) la concimazione risulta essere l'intervento agronomico maggiormente impattante, e con un impatto variabile in funzione del concime somministrato. Per quanto riguarda l'appezzamento 70LE, in cui non è stata effettuata alcuna concimazione, la prima erpicatura si è dimostrata l'intervento a maggiore impatto. La causa è riconducibile

alla massa dell'attrezzo agricolo impiegato (erpice di 1.600 kg). Il costo ambientale del processo produttivo dell'acciaio utilizzato per la costruzione dell'erpice, si ripercuote sull'unità funzionale scelta, sottoforma di impatti ambientali. Per lo stesso motivo, le erpicature successive, avendo utilizzato erpici di peso inferiore (600 kg), si sono mostrate più sostenibili. Da un confronto tramite pesatura (vedi nota 4) delle cinque aziende, (Grafico 1), si evince che l'azienda 55PN è complessivamente la più impattante; segue l'unità 70LE, quindi le restanti tre unità che paiono simili nella dimensione complessiva dell'impatto da esse generato; le pratiche agricole più sostenibili sono risultate essere quelle applicate all'appezzamento 191BO (Grafico 1 e Tabella 4). Relativamente alle tre macro categorie di danno, la produzione della colza incide maggiormente sulla salute umana rispetto al danno generato agli ecosistemi e allo sfrutta-

mento delle risorse (Grafico 1). Analizzando più in dettaglio i risultati della pesatura dell'azienda più impattante (55PN) si evidenzia come, a livello "endpoint" (Grafico 2), le concimazioni gravano maggiormente rispetto alle altre fasi produttive. Anche l'azienda 191BO produce impatti complessivamente maggiori sugli aggregati Risorse e Salute umana (Grafico 3), in cui si conferma il notevole contributo generato dalla pratica della concimazione. Dai dati elaborati per le due aziende si evidenzia come anche l'erpatura e l'aratura rappresentano delle fasi complessivamente piuttosto impattanti nel ciclo produttivo: questo sia a causa dei materiali costruttivi impiegati, che per i consumi di combustibile e le emissioni prodotte dal motore durante le lavorazioni. I risultati fin qui presentati si ritiene forniscano già un quadro alquanto completo degli impatti associati al ciclo di vita di un kilogrammo di seme di colza. Le possibili azioni miglorative

dovrebbero in primo luogo concentrarsi su metodi di buona pratica agricola finalizzati all'abbattimento delle emissioni legate ai fertilizzanti e alla riduzione dei consumi di carburante. L'anticipo del periodo di semina, l'impiego di fertilizzanti ammoniacali con inibitori della denitrificazione, l'adozione di minime lavorazioni (semina su sodo quando possibile), permetterebbero di ridurre di oltre il 50% l'impiego di fertilizzante nonché di limitare fortemente sia le emissioni di N_2O in atmosfera che i fenomeni di lisciviazione (PALMIERI *et al.* 2012). Il corretto dimensionamento delle macchine agricole e dei trattori in funzione delle caratteristiche e delle dimensioni aziendali costituiscono un elemento fondamentale per l'abbattimento dei consumi e quindi delle emissioni sia dirette, causate dalla combustione del carburante, che indirette, conseguenti dal processo produttivo delle stesse macchine.

ANALISI DI SENSIBILITÀ

L'analisi di sensibilità si propone di verificare "cosa succede se" gli scenari di base (relativamente ai prodotti, ai processi ed ai servizi utilizzati) vengono cambiati. In questo modo si possono valutare i costi ambientali delle alternative e delle sostituzioni. Relativamente al nostro studio LCA, la modifica della produttività per unità di superficie (*output*) o dell'unità funzionale scelta, possono portare a risultati finali anche molto diversi. Dall'analisi è risultato che produzioni ad ettaro estremamente basse hanno caratterizzato l'azienda con il maggior impatto ambientale (55PN). La bassa produttività di questa azienda è stata causata da errori di natura umana ma anche da eventi naturali avversi (siccità dopo la semina e intense

precipitazioni piovose dopo la raccolta). Nel caso di bassa produttività, gli impatti generati dal processo produttivo si "concentrano" su una limitata quantità di prodotto, tanto da rendere il processo stesso insostenibile da un punto di vista ambientale, se comparato con altre aziende che hanno ottenuto risultati produttivi migliori. Per tale motivo si è pensato di prendere come riferimento, per le singole aziende studiate, le produzioni medie nazionali ad ettaro (2.256 kg ha^{-1}), registrate nel biennio 2009-2010, al fine di valutare i processi produttivi adottati in funzione di una produttività non influenzata da andamenti climatici anomali (come nel caso dell'azienda 55PN). La simulazione, effettuata tenendo conto di queste modifiche (Grafico 4), ha mostrato come l'azienda meno impattante fosse la 70LE, in cui non era stata fatta alcuna concimazione. L'azienda 55PN, che nelle precedenti elaborazioni risultava la più impattante, dopo l'analisi di sensibilità ha mostrato un netto miglioramento della sostenibilità del processo produttivo adottato (Grafico 4). Le rimanenti tre aziende, localizzate in Emilia Romagna, hanno fatto registrare una produttività simile alla media nazionale e un più elevato indice di impatto ambientale. Risultati simili, ma con differente unità di grandezza, sono stati ottenuti considerando come unità funzionale l'ettaro (Grafico 5). Oltre a queste simulazioni è stata effettuata una terza analisi usando come *output* la produzione media su scala regionale (ISTAT 2009-2010) (Grafico 6). Quest'ultima ha mostrato come la pratica di coltivazione adottata dall'azienda 191BO sia quella meno impattante (risultato in linea con quello ottenuto considerando la produttività reale). Il risultato peggiore è stato quello dell'azienda 70LE.

DISCUSSIONE

Il lavoro proposto si è prefissato di individuare gli impatti ambientali legati alla coltivazione della colza per fini energetici in Italia, fornendo un contributo per la valutazione della sostenibilità ambientale del processo produttivo del seme. Questo studio ha permesso di fare chiarezza sulle tecniche più comunemente impiegate e le pratiche più impattanti della fase di coltivazione del campione analizzato. Inoltre, si è potuto osservare come la valutazione dell'efficienza ambientale sia fortemente condizionata non solo dagli *input* impiegati (soprattutto i fertilizzanti), ma principalmente dalla produttività, e dai fattori esterni, biotici e abiotici che indirettamente possono influenzarla.

L'analisi statistica ha permesso di identificare cinque aziende rappresentative di un vasto campione di aziende agricole intervistate (responsabili di circa l'11% della produzione di colza italiana). Tra le cinque aziende sono stati analizzati anche due casi limite (azienda che non ha praticato alcuna concimazione e azienda con bassa produttività dovuta a fattori esterni) il cui studio ha permesso di investigare scenari alternativi a quelli normalmente analizzati da altri studi (es. FONTARAS *et al.* 2012; IRIARTE *et al.* 2010; NEMECEK *et al.* 2011; CHEN *et al.* 2011).

Se ipotizziamo un confronto tra le aziende, ma senza considerare questi due casi limite, e scegliendo l'ettaro come unità funzionale, si può notare che la pratica di coltivazione adottata in Emilia Romagna dall'azienda 191BO risulta essere nel complesso la più sostenibile (Grafico 5). Lo studio ha permesso inoltre di poter ipotizzare possibili azioni migliorative che si potrebbero adottare da parte dell'azienda 191BO per aumentare

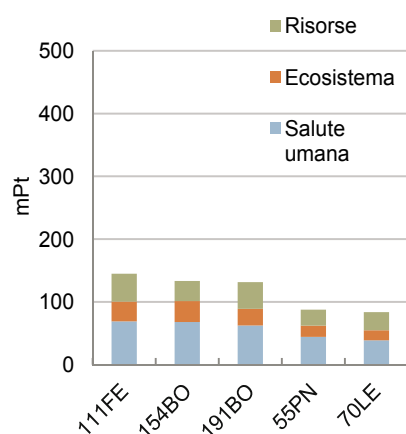


Grafico 4 - Risultati della pesatura: confronto tra aziende considerando per tutte una produttività media.

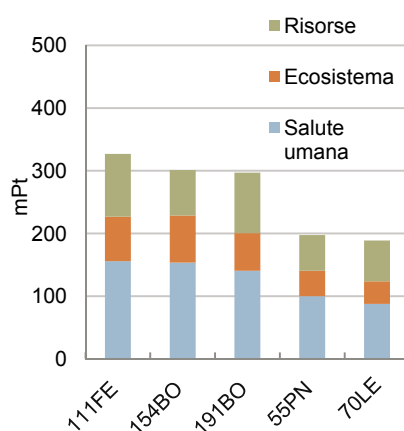


Grafico 5 - Risultati della pesatura considerando come unità funzionale un ettaro.

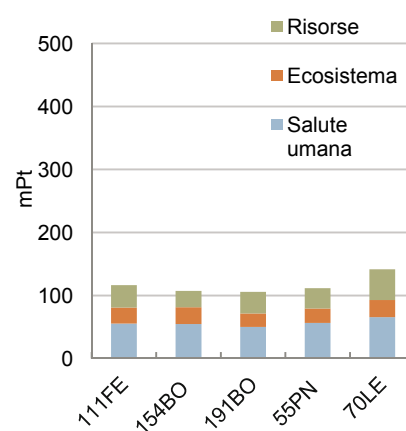


Grafico 6 - Risultato della pesatura considerando come unità funzionale la produzione media regionale per il biennio 2009-2010.

ulteriormente le *performance* ambientali, soprattutto per quanto riguarda un più efficiente utilizzo delle risorse (es. come per l'azienda 154BO che per quest'ultima categoria di danno risulta essere più performante) (Grafico 5). Il giusto dimensionamento delle macchine agricole e la scelta razionale della tipologia e delle giuste quantità di fertilizzanti adottati, possono in questo senso essere determinanti per contenere gli impatti ambientali.

Anche se l'analisi LCA può risultare ancora un metodo in evoluzione che necessita di ulteriori miglioramenti, rimane comunque un valido strumento per valutare i carichi ambientali determinati dalle singole fasi dei cicli produttivi. Questo di conseguenza permette di ottenere una scala di priorità e di miglioramenti da introdurre all'interno dei processi stessi, di individuare le esternalità negative generate dalle attività antropiche e i metodi per ridurle. Lo studio LCA ha inoltre dimostrato l'importanza che ricopre la scelta dell'unità funzionale e delle variabili relative all'obiettivo della ricerca, che possono fortemente influenzare i risultati finali. A partire dai risultati fin qui ottenuti, il passo successivo sarà quello di integrare l'analisi ambientale applicando il metodo del Life Cycle Costing (REBITZER e SEURING 2003) per una valutazione comparata e congiunta della sostenibilità economica ed ambientale della produzione della colza.

Bibliografia

BRENTUP F., KIISTERS J., LAMMEL J., KUHLMANN H. 2000 - **Methods to Estimate On-Field Nitrogen Emissions from Crop Production as an Input to LCA Studies in the Agricultural Sector**. International Journal. Of Life Cycle Assessment 5 (6): 349-357.

CHEN H., CHEN GQ. 2011 - **Energy cost of rapeseed-based biodiesel as alternative energy in China**. Renew Energ 2011;36(5): 1374-8.

CHIARAMONTI D., RECCHIA L. 2010 - **Is life cycle assessment (LCA) a suitable method for quantitative CO₂ saving estimations? The impact of field input on the LCA results for a pure vegetable oil chain**. Biomass and Bioenergy. 34 (5): 787-797.

FAO ED. 2008 - **The state of food and agriculture - BIOFUELS: prospect, risks and opportunities**. 978-92-5-105980-7 Roma, Italy.

FONTARAS G, SKOULOU V, ZANAKIS G, ZABANIOTOU A, SAMARAS Z. 2012 - **Integrated environmental assessment of energy crops for biofuel and energy production in Greece**. Renew Energ 2012;43: 201-9.

FRANCHINI F., NERI P., 2005 - **Analisi ambientale della filiera vitivinicola del Cabernet Sauvignon in Friuli Venezia Giulia secondo il metodo LCA**. Doc. ENEA. <http://openarchive.enea.it/handle/10840/3854?show=full>

FRITSCHÉ U.R., HÜNECKE K., HERMANN A., SCHULZE F., WIEGMANN K. 2006 - **Sustainability standards for bioenergy**. WWF Germany, Frankfurt am Main. www.oeko.de/oekodoc/305/2006-014-en.pdf

GOEDKOOP M.J., HEIJUNGS R, HUIJBREGTS M., DE SCHRYVER A.; STRUIJS J., VAN ZELM R. 2009 - **ReCiPe 2008, A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level**. First edition Report I: Characterisation. www.lcia-recipe.net

HARTIGAN J. A., WONG M. A. 1979 - **A K-means clustering algorithm**. Applied Statistics 28, 100-108

HISCHIER R., WEIDEMA B., ALTHAUS H.-J., BAUER C., DOKA G., DONES R., FRISCHKNECHT R., HELLWEG S., HUMBERT S., JUNGLUTH N., KÖLLNER T., LOERINCİK Y., MARGNI M., NEMEČEK T. 2010 - **Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods**. Final report ecoinvent v2.2 No. 3. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH.

IPCC 2006 - **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory**. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf

IRIARTE A., RIERADEVALL J., GABARRELL X. 2010 - **Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions**. J Cleaner Prod 2010;18(4):336-45.

ISTAT - **Agricoltura e zootecnia. Coltivazioni industriali**. http://agri.istat.it/sag_is_pdwout/jsp/NewDownload.jsp?id=15A|18A|29A (ultimo accesso 7 Dicembre 2012).

NEMEČEK T., HUGUENIN-ELIE O., DUBOIS D., GAILLARD G., SCHALLER B., CHERVET A. 2011 - **Life cycle assessment of Swiss farming systems: II. Extensive and intensive production**. Agr Syst 2011;104(3):233-45.

PALMIERI N., FORLEO M.B., SUARDI A., COALOA D., PARI L. 2012 - **Produzione del colza per fini energetici: impatto ambientale e metodo di coltivazione**. Lavoro preparato per la presentazione al Primo Convegno della Associazione

Italiana di Economia Agraria e Applicata (AIEAA) 'Verso una bio-economia sostenibile: aspetti economici e sfide di politica economica'. Trento, 4-5 giugno 2012.

PARI L. 2012 - **I progetti di ricerca SUSCACE e FAESI: un contributo alle conoscenze scientifiche per promuovere le filiere agro-energetiche**. In: Progetti di ricerca SUSCACE e FAESI. Recenti acquisizioni scientifiche per le colture energetiche. Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi 183, Supplemento 2.

REBITZER G., SEURING S. 2003 - **Methodology and application of Life Cycle costing**. The International Journal of Life Cycle Assessment 8(2):110-111

SANZ REQUENA J.F., GUIMARAES A.C., QUIRÓS ALPERA S., RELEA GANGAS E., HERNANDEZ-NAVARRO S., NAVAS GRACIA L.M., MARTIN-GIL J., FRESNEDA CUESTA H. 2011 - **Life Cycle Assessment (LCA) of the biofuel production process from sunflower oil, rapeseed oil and soybean oil**. Fuel Processing Technology 92 (2): 190-199.

SCHARLEMANN, J.P.W. AND LAURENCE, W.F. 2008 - **How green are biofuels?** Science 319, 43-44.

UNI EN ISO 14040:2006 **Environmental management, Life cycle assessment - Principles and Framework**. International Organization for Standardization (ISO).

UNI EN ISO 14044:2006 **Environmental management, Life cycle assessment - Requirements and Guidelines**. International Organization for Standardization (ISO).

KEYWORDS: Life Cycle Assessment, *Brassica napus* L., sensibility analysis, Oilseed rape.

Abstract: *The research was focused on an environmental impact analysis of the oilseed rape supply chain in Italy in order to find the most sustainable method of cultivation used.*

The environmental analysis was carried out on five cultivation realities that were identified as most representative by using a statistical clustering analysis starting from a sample of 251 lands (2751 hectares in total) spread out to ten Italian Regions in the period 2009-2010. The environmental performance has been evaluated by Life Cycle Assessment method. This allowed to identify the cultivation method that caused the lower environmental impact according to the type and the quantity of productive factors that were used.

L'integrazione degli strumenti di divulgazione scientifica

La disseminazione dei risultati nel caso dei progetti FAESI e SUSCACE

di ENRICO SANTANGELO,
LUIGI PARI

L'attività di chi opera nel settore della ricerca è sottoposta ad una continua valutazione fondata quasi esclusivamente sulla produzione di articoli su riviste specializzate di riconosciuto valore scientifico. In realtà per la diffusione dei risultati della ricerca e delle innovazioni che da essa emergono possono essere utilizzati strumenti diversificati, tra cui anche il Web. Il presente lavoro analizza l'attività svolta nell'ambito dei progetti SUSCACE e FAESI per esemplificare come è possibile realizzare l'integrazione dei diversi strumenti di divulgazione.

PAROLE CHIAVE: divulgazione scientifica, biomasse, progetto FAESI e progetto SUSCACE.

La disseminazione dei risultati scientifici costituisce un aspetto fondamentale dell'attività di ricerca. Tale attività ha ricadute particolarmente importanti sulle prospettive di sviluppo e sostenibilità della ricerca, sulla capacità di

attrarre investimenti pubblici e privati, sull'avanzamento professionale. Inoltre, negli ultimi decenni la componente della divulgazione ha assunto un peso sempre maggiore nella presentazione di programmi di ricerca nazionali ed europei, in quanto espressamente richiesta e fattore spesso fondamentale per l'approvazione o meno di un progetto (GRASSI 2004). La comunicazione scientifica è un processo complesso per il quale sono richieste competenza scientifica ed efficacia comunicativa e mediante il quale i risultati prodotti dagli studiosi vengono elaborati, predisposti secondo schemi più o meno standardizzati, proposti, valutati e diffusi utilizzando soluzioni editoriali la cui scelta va adeguatamente valutata tenendo presente diversi fattori quali la platea verso cui è destinata, il livello scientifico dei risultati raggiunti, l'obiettivo finale della divulgazione. Uno dei compiti dei ricercatori è, dunque, anche quello di selezionare di volta in volta i mezzi, le strategie e i luoghi più opportuni per indirizzare nella maniera più adeguata e funzionale allo scopo prefisso il flusso delle informazioni, una parte cruciale del processo di produzione del sapere. Semplificando, è possibile



Foto 1 - Info-point del CRA ING presso la Fiera EIMA Energy 2012.

ENRICO SANTANGELO, CRA-ING. E-mail enrico.santangelo@entecra.it - LUIGI PARI, CRA-ING.

distinguere due macro-tipologie di divulgazione. Esiste una **divulgazione interna alla comunità scientifica** effettuata preferenzialmente sia attraverso la pubblicazione su riviste specializzate caratterizzate da un determinato *impact factor* (IF), indice utilizzato per valutare la qualità delle singole pubblicazioni scientifiche (FIGA-TALAMANCA 2000), sia mediante “prodotti di ricerca non censiti” ovvero non catalogati nella banca dati dell’*Institute for Scientific Information* (ISI), ma talvolta di elevato valore scientifico e culturale (CASAGLI 2009). Questo tipo di divulgazione viene effettuata seguendo canoni e schemi (dall’*abstract* alla bibliografia) ben definiti, piuttosto rigorosi ed utilizzando un linguaggio altamente specializzato. Si può poi considerare una seconda vasta branca di diffusione delle informazioni tramite la **divulgazione verso un pubblico più ampio, vario, spesso direttamente interessato all’applicabilità di quanto divulgato** e con un “*social impact factor*” (GRASSI 2004) di ardua valutazione. Anche in questo caso è possibile, ed anzi frequente, il ricorso a “prodotti di ricerca non censiti”, ma le norme seguite ed il contesto in cui si opera è completamente diverso. Per capire la differenza tra i due tipi di disseminazione della conoscenza potrebbe essere utile riportare un esempio concreto. I fondamentali risultati scientifici ottenuti da ISAAC NEWTON raccolti, nella seconda metà del seicento, in un volume dal titolo “*Philosophiae naturalis principia mathematica* (Principi matematici della filosofia naturale)” furono scritti dallo scienziato in latino ed utilizzando un linguaggio geometrico. L’opera poteva essere, quindi, letta e compresa solo ed esclusivamente da esperti della materia, ma non dalle persone comuni. Nella prima metà del seicento, un altro grande scienziato, GALILEO GALILEI, aveva prodotto una pietra miliare del pensiero scientifico, “Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo”, ma l’approccio scelto per la sua divulgazione fu del tutto diverso: l’opera era scritta completamente in italiano e senza riportare alcuna formula in modo tale che tutti potessero leggerla, capirla e discuterne (ODIFREDDI 2012).

È chiaro, dunque, che la complessità insita nella comunicazione scientifica cui si è fatto cenno riguarda sia i contenuti (complessi e standardizzati nel caso di divulgazione interna alla comunità scientifica; semplificati e facilmente accessibili quando rivolti agli utilizzatori dell’innovazione) sia la forma, concretizzandosi quest’ultima nelle soluzioni più diverse come articoli scientifici su riviste specializzate, opere editoriali divulgative di tipo tecnico, ma anche convegni, fiere (Foto 1), incontri con le organizzazioni di filiera o agricole, i seminari, i corsi di formazione rivolti ai tecnici del settore.

DIVULGAZIONE SCIENTIFICA E WEB

Da quanto discusso precedentemente è chiaro che la variabile discriminante è il pubblico, la platea verso cui le informazioni che si intende comunicare sono dirette.

Il quadro risulta ulteriormente complicato dalla multipli-



Foto 2 - Homepage del sito Panacea (www.gruppo-panacea.it).

cazione dei mezzi di comunicazione e soprattutto dalla diffusione di uno strumento potente quale Internet, le cui opportunità potenziali non sono state ancora ben esplorate. La ricerca scientifica è stata completamente trasformata dalla disponibilità della rete, modificando sia il modo di impostare l’elaborazione di un’idea progettuale, sia le modalità di divulgazione dei risultati ottenuti. Apparentemente il Web sembra possedere i principali requisiti per diventare il sistema più idoneo per l’attività di comunicazione senza, però, avere le restrizioni dei mezzi tradizionali: grazie alla relativa semplicità tecnica, tutti possono pubblicare a costi ridotti; esiste spazio per chiunque voglia diffondere informazioni ed i contenuti possono essere facilmente mantenuti indefinitamente nel tempo; l’informazione arriva direttamente a casa o in ufficio; spesso i contenuti sono gratuiti. È, dunque, uno strumento particolarmente valido nel caso in cui si voglia raggiungere quante più persone possibile o anche comunità (scientifiche e non) accomunate dallo stesso interesse ed è diventato un canale indispensabile per chi produce informazione, soprattutto nel settore tecnico e scientifico (Commissione Europea 2006). Come detto la rete è uno strumento potente, ma che **richiede attenzione nella gestione delle informazioni che vengono da essa veicolate**. Un aspetto fondamentale di cui tener conto è la visibilità: molti siti sono visitati da poche persone oppure consultati solo per pochi attimi. Da questo punto di vista la struttura del sito, la grafica, la navigabilità, l’interesse dei contenuti, i servizi offerti ed il suo costante aggiornamento sono fattori determinanti per garantire l’accesso (e, dunque, la divulgazione) al più vasto pubblico possibile. Semplificando, si possono distinguere siti pensati per la comunicazione tra membri di un ben definito insieme di persone (*internally-oriented*), ad esempio per migliorare la comunicazione tra partner di un consorzio di ricerca; oppure siti (*externally-oriented*) utilizzati come strumento per valorizzare gli obiettivi di un progetto e migliorare la disseminazione delle informazioni verso gli specialisti, i potenziali utilizzatori delle

tecnologie sviluppate, i politici e le autorità preposte al finanziamento, ma anche al pubblico meno specializzato (Commissione europea 2004). In pratica, un sito web può fungere sia da strumento di comunicazione interno (per lo scambio di opinioni e commenti relativi allo sviluppo del progetto e dei risultati ottenuti, magari con l'impiego di *password* per l'accesso) che da veicolo di divulgazione. Elementi ritenuti chiave nella costruzione di un sito dedicato a progetti finanziati, ad esempio, dalla Comunità europea sono: la descrizione del progetto, le informazioni sui partner, il regolare aggiornamento sui progressi (prevedendo, idealmente una *press room* elettronica con un'eventuale rassegna stampa). Altre opzioni del sito potrebbero riguardare la creazione di una *newsletter* e la versione scaricabile della letteratura prodotta dall'attività di ricerca inerente il progetto. Al momento attuale, la scienza su Internet si traduce in un mondo variegato di opzioni e possibilità. Tra queste, la possibilità di accesso a riviste elettroniche e la creazione di siti istituzionali con la descrizione di progetti di ricerca e dei risultati dell'attività costituiscono gli strumenti più importanti a disposizione del ricercatore.

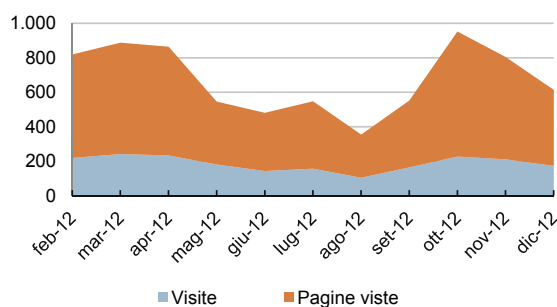


Grafico 1 - Numero di visite e di pagine consultate durante il periodo Febbraio-Dicembre 2012 sul sito www.gruppo-panacea.it (Fonte <http://s6.shinystat.com>).

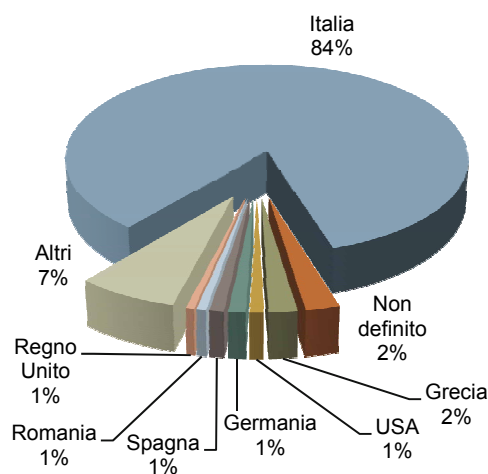


Grafico 2 - Distribuzione degli accessi al sito PANACEA distinti per paese di provenienza nel periodo Febbraio - Dicembre 2012 (Fonte <http://s6.shinystat.com>).

L'integrazione degli strumenti divulgativi nei progetti FAESI e SUSCACE

Lo sviluppo delle filiere agroenergetiche ha richiesto un'attenta definizione di tutti gli aspetti (tecnici, agronomici, economici) legata allo studio di nuove specie o alla riconversione di specie tradizionali, ma da destinare a produzioni *non food*, chiamando, dunque, il mondo della ricerca ad uno sforzo di analisi e valutazione delle diverse problematiche ed al successivo trasferimento dell'informazione verso la comunità scientifica e verso i principali attori della filiera. In questo contesto il gruppo di lavoro Polo Agricoltura Non Alimentare Colture Energetiche Alternative (PANACEA) afferente all'Unità di ricerca per l'ingegneria agraria (CRA-ING) del Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura (CRA) è da diversi anni coinvolto, in risposta alla domanda di **innovazioni tecnologiche nel settore delle agroenergie**, all'individuazione di soluzioni idonee mirate alla riduzione dei costi di produzione, minimizzando il possibile impatto ambientale sul territorio della filiera agroenergetica attraverso un'efficiente scelta delle macchine agricole nelle diverse fasi produttive (e, laddove non disponibili, attraverso la realizzazione di specifici prototipi) e nell'organizzazione dei cantieri logistici.

Il CRA, Ente nazionale di ricerca e sperimentazione con competenza scientifica generale nel settore agricolo, agroindustriale, ittico e forestale, a cui il CRA-ING affrisce, prevede tra i suoi compiti statuari, oltre alla promozione, lo svolgimento e la valorizzazione dell'attività di ricerca al fine di favorire uno sviluppo ispirato a criteri di qualità, sostenibilità e multifunzionalità, per la valorizzazione degli spazi rurali e dei sistemi acquedotti ed all'integrazione delle aree marginali e svantaggiate, anche azioni a favore del trasferimento dei risultati ottenuti, il trasferimento tecnologico dei risultati di ricerca svolta dalla propria rete scientifica, la comunicazione delle conoscenze derivanti dalle attività di ricerca istituzionali e il diritto all'informazione dei consumatori (<http://sito.entecra.it/portale/public/documenti/statutocra.pdf>).

Rispondendo a questa esigenza di divulgazione delle conoscenze scientifiche, nel corso degli anni l'attività del gruppo PANACEA è stata documentata attraverso pubblicazioni su riviste nazionali ed internazionali, partecipazione a convegni e congressi, organizzazione di seminari e corsi di formazione al fine di diffondere i risultati ottenuti nella maniera più estesa e capillare possibile, ad addetti ai lavori e non, utilizzando i diversi sistemi di disseminazione a disposizione. A partire dal 2008 tutta l'attività scientifica del gruppo è stata resa disponibile anche in rete allestendo un sito web dedicato alla meccanizzazione agricola delle colture energetiche (www.gruppo-panacea.it). Il sito (Foto 2), disponibile anche nella versione inglese, è organizzato in otto aree (Il gruppo PANACEA, Scopi e finalità, Attività concluse, Progetti, Brevetti, Attività di ricerca in atto, Prototipi costruiti, Pubblicazioni). Nella sezione Prototipi sono disponibili i filmati delle varie mac-

chine durante la loro utilizzazione in campo ed il numero di visualizzazioni del filmato. Questi ultimi sono stati resi disponibili anche su YouTube. L'interesse verso il lavoro portato avanti dal gruppo è stato valutato attraverso un monitoraggio degli accessi al sito, utilizzando come indicatori principali il numero di visite ricevute e di pagine aperte dai visitatori. Tenendo in considerazione che i contenuti proposti sono molto specifici e rivolti ad un *target* ristretto di utenti (specialisti del settore, agricoltori, ricercatori, studenti) è possibile affermare che, relativamente agli scopi di divulgazione per i quali è stato pensato il sito il risultato ottenuto appare particolarmente importante. Il sito è stato attivato nel Novembre 2008 ed ha mantenuto nel tempo un numero costante di visitatori. Dall'inizio del 2012, il flusso di visite ha continuato ad essere piuttosto interessante con un *trend* sostanzialmente positivo (Grafico 1): nel periodo Febbraio-Dicembre 2012 gli accessi sono stati complessivamente 2.056 con 5.037 pagine consultate. I visitatori sono risultati essere in prevalenza italiani (84%) ed il rimanente 16% di provenienza preferenzialmente europea (Grafico 2).

Nell'ambito della sua attività ed in virtù della consolidata esperienza nel settore delle agro-energie, il gruppo PANACEA è stato dotato di idonei finanziamenti dal Mipaaf, attraverso l'approvazione di due importanti progetti di ricerca, SUSCACE e FAESI i cui risultati scientifici sono stati oggetto di numerose pubblicazioni (PARI 2009, 2010, 2011, 2012).

Come accennato precedentemente, il *trait d'union* indispensabile tra conoscenza e applicazione pratica della stessa è costituito dalla divulgazione dei risultati, che non sia, però, limitata alla mera rappresentazione del dato asettico, ma che si spinga oltre, comprendendo anche dimostrazioni e confronto con i tecnici del settore in modo tale da rendere concreto ciò che viene indicato come trasferimento tecnologico.

Per tale motivo, nei progetti SUSCACE e FAESI, le attività di divulgazione e disseminazione dei risultati hanno trovato ampio spazio tanto da formalizzarne la valenza in specifiche schede di ricerca inserendole negli obiettivi di progetto. In entrambi i casi **è stato elaborato un**

approccio integrale alla diffusione delle conoscenze

che ha incluso pubblicazioni scientifiche, giornate tecniche e divulgative, convegni, incontri con le organizzazioni di filiera o agricole coinvolte, seminari, corsi di formazione e produzione di materiali didattici. Per quel che concerne gli **eventi divulgativi** (ovvero attività diverse dalla pubblicazione scientifica), tutto ciò si è tradotto in una notevole produzione (46 eventi in quattro anni) differentemente distribuita tra i due progetti (Grafico 3). L'attività di divulgazione ha richiesto ai partner dei progetti, come è possibile immaginare, un notevole sforzo, ma ha, al contempo, generato una consistente mole di pubblicazioni (154) distribuite tra riviste internazionali (con o senza IF), riviste nazionali, atti di convegni o conferenze internazionali e nazionali, monografie e libri a diffusione nazionale. Tra esse vanno segnalati: il volume "Lo sviluppo delle colture energetiche in Italia - Il contributo dei progetti di ricerca SUSCACE e FAESI" (PARI 2011); il supplemento a Sherwood "Innovazioni tecnologiche per le agro energie - Sinergie tra ricerca e impresa" (PARI 2010); un secondo supplemento a Sherwood "Progetti di ricerca SUSCACE e FAESI - Recenti acquisizioni scientifiche per le colture energetiche" (PARI 2012); lo speciale su L'Informatore Agrario "Agroenergie, dall'impianto alla raccolta" (PARI 2009). I due supplementi a Sherwood costituiscono un interessante esempio di come la divulgazione possa utilmente giovare di più canali di diffusione e di come, qualora i contenuti vadano a colmare *gap* informativi rispondendo a quesiti pratici, l'integrazione dei diversi sistemi da un lato favorisca la diffusione delle informazioni e dall'altro agevoli la valutazione della fase di divulgazione nell'ambito di un giudizio complessivo sulla rispondenza tra quanto elaborato in fase progettuale e quanto poi realmente realizzato.

I supplementi sono, infatti, disponibili sia in forma cartacea che scaricabili da internet sul sito www.rivistasherwood.it/pubblicazioni-cdf.html. In questa forma, il primo, disponibile in rete dall'inizio del 2010, è stato letto 3036 volte (ultimo accesso il 7 Gennaio 2013) in poco meno di 3 anni, mentre il secondo, disponibile in rete dall'inizio del 2012, è già stato consultato, in soli

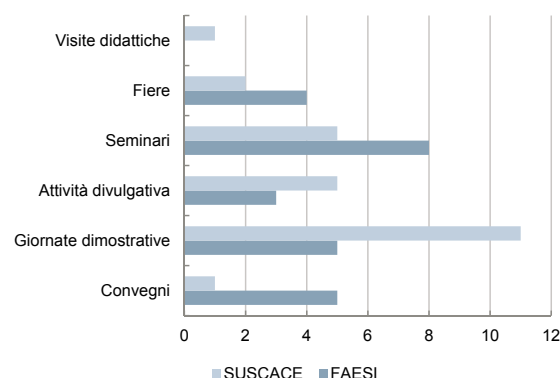


Grafico 3 - Numero di eventi divulgativi realizzati nell'ambito dei progetti FAESI e SUSCACE.



Foto 3 - Homepage del sito Biomasse (<http://ing.entecra.it/Biomasse>).

11 mesi, 1340 volte (ultimo accesso il 7 Gennaio 2013). La fruibilità in rete è un'opzione scelta non solo per favorire la visibilità dei singoli lavori prodotti nel corso dello svolgimento dei due progetti, ma anche per dare la massima visibilità al *rationale*, agli obiettivi e ai risultati dei progetti citati: a tale scopo è stato progettato e costruito il sito dedicato <http://ing.entecra.it/Biomasse> (Foto 3). Quest'ultimo è stato pensato con l'intento di fornire il massimo dell'informazione possibile senza appesantire troppo i contenuti, al fine di rendere scorrevole la navigazione. Nella schermata principale sono distinte quattro aree (Main Menu, Schede colturali, Risultati scientifici e Pubblicazioni) più un quinto campo in cui è possibile scaricare il volume sulle colture energetiche precedentemente citato (PARI 2011), sia in versione integrale che distinto per singole sezioni (Indice e introduzione, Colture legnose, Colture erbacee annuali, Colture erbacee poliennali e Biomasse residuali). A tale proposito va segnalato che il volume è stato adottato da alcune università come libro di testo sulle agroenergie. Rendendone gratuito,

insieme ai supplementi a Sherwood, il *downloading*, il sito costituisce un prezioso riferimento, non solo per gli addetti ai lavori, ma anche per gli studenti che si formano nel settore delle bioenergie. Nella sezione Pubblicazioni viene, infine, riportato l'elenco dei lavori bibliografici (154) prodotti dai gruppi di ricerca dei progetti SUSCACE e FAESI, distinto sia per tipo di coltura (legnose, erbacee annuali, erbacee poliennali, con l'aggiunta di una sezione sulle bioenergie) che per area interessata (agronomia, meccanizzazione, post-raccolta).

I risultati raccolti per il suddetto sito (Grafico 4 e 5), in termini di visibilità, risultano essere ancora più promettenti se confrontati con quelli del sito PANACEA. In 10 mesi (Febbraio-Dicembre 2012) di monitoraggio sono state registrate 2.238 visite delle quali 1.767 (78,9%) attribuite a nuovi visitatori. Così come registrato per il sito "PANACEA", anche in quello "Biomasse" è stata rilevata una preponderante presenza di visitatori provenienti dall'Italia, pari al 96%, valore superiore al precedente in quanto in questo secondo sito non è ancora disponibile la versione inglese.

Dati gli interessanti risultati ottenuti tramite la creazione dei siti Internet descritti, relativamente all'utilizzazione della rete come mezzo di disseminazione delle informazioni, nell'immediato futuro si potranno prevedere ulteriori strategie di sviluppo ed implementazione per il Web, come ad esempio la promozione dei siti attraverso la registrazione di parole chiave su motori di ricerca e/o il ricorso a strumenti quali *pay-per-click* e/o l'*AdWords*.

VALUTAZIONE FINALE

Con il presente lavoro si è cercato di affrontare il tema della divulgazione scientifica considerando le opzioni disponibili per rendere ampia la diffusione dei risultati provenienti dalla ricerca ed esemplificare come è possibile realizzare l'integrazione dei diversi strumenti di divulgazione esaminando un caso concreto relativo ai progetti di ricerca SUSCACE e FAESI. Per chi opera nel settore della ricerca la condivisione dei risultati soprattutto all'interno della comunità scientifica costituisce un'attività che ha un

Totale visite	n. 2238
Visitatori unici	n. 1767
Visualizzazioni di pagina	n. 6577
Pagine/visita	n. 2,94
Frequenza di rimbalzo	% 60,95

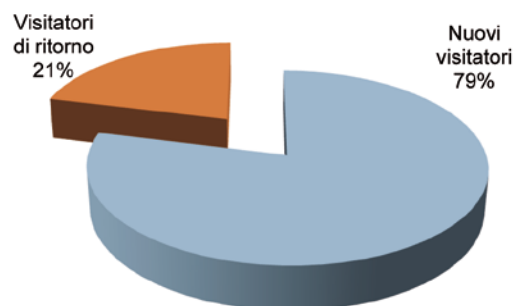


Grafico 4 - Dati di accesso al sito <http://ing.entecra.it/Biomasse> durante il periodo Febbraio 2012 - Dicembre 2012 (fonte www.google.com/analytics/).

Paese/zona	Visite (n)	Pagine/visita (n)	Nuove visite (%)
Italia	2.155	2,9	78,8
Germania	10	6,0	60,0
Non definito	9	2,0	100,0
Spagna	7	3,0	100,0
Svezia	7	6,6	28,6
Romania	5	2,8	100,0
Svizzera	4	6,0	50,0
Grecia	4	3,0	100,0
Portogallo	4	4,5	100,0
Argentina	3	1,7	33,3
Altri	30		
Totale	2.238		

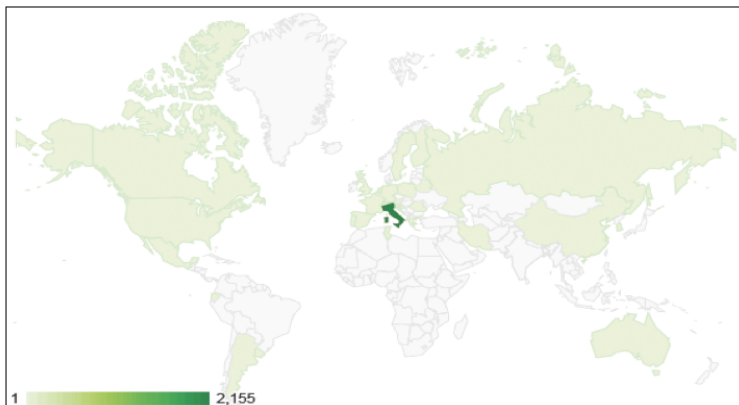


Grafico 5 - Distribuzione della provenienza degli accessi al sito <http://ing.entecra.it/Biomasse> durante il periodo Febbraio 2012 - Dicembre 2012 (fonte www.google.com/analytics/).

peso piuttosto rilevante nella valutazione del suo operato. In questa sede si ritiene, però, opportuno sottolineare anche l'importanza della divulgazione verso un pubblico "esterno" al mondo scientifico, spesso a torto ritenuta più "facile", ma che richiede altri tipi di competenze sia linguistiche che scientifiche ed una buona conoscenza dei diversi tipi di mezzi (editoriali o informatici) mediante cui viene veicolata. Si vuole, altresì, sottolineare che **le due forme di divulgazione (specializzata ed interna alla comunità scientifica oppure "diffusa" e semplificata per una platea più ampia) possono coesistere, purché siano soddisfatti i requisiti di competenza scientifica e capacità comunicativa.**

La valutazione dei prodotti della divulgazione della ricerca dovrà, in futuro, tener conto delle nuove tecnologie. Senza dubbio, infatti, la notevole espansione delle reti telematiche (Internet e il World Wide Web) ha completamente modificato il modo di comunicare, divenendo lo spazio in cui, in misura sempre crescente, si creano e si disseminano informazioni, dati, conoscenze e competenze (Di DONATO 2009). Per tale motivo il numero di accessi ad un sito di progetto, così come il numero di pagine visitate o, ancora, il numero di *download* di articoli, rapporti, relazioni potrebbero e dovrebbero trovare spazio nel momento in cui si procede al vaglio della produzione scientifica di un ricercatore, anche in sede di verifica dell'attività di disseminazione dei risultati, ormai parte integrante dei *task* di progetti nazionali ed europei.

Bibliografia

CASAGLI N., 2009 - **La valutazione dei prodotti di ricerca non censiti**. Rivista di cultura e politica scientifica, 3-4: 14-23.

COMMISSIONE EUROPEA 2004 - **European research - A guide to successful communications**. 48pp. ISBN 92-894-7882-9. http://ec.europa.eu/research/science-society/science-communication/index_en.htm

COMMISSIONE EUROPEA 2006 - **Communicating science - A scientist's survival kit**. Giovanni Carrada (Ed.) 76pp. ISBN

92-79-01947-3. http://ec.europa.eu/research/science-society/science-communication/index_en.htm

DI DONATO F. 2009 - **La scienza e la rete: l'uso pubblico della ragione nell'età del Web**. Firenze University Press, 2009. (Strumenti per la didattica e la ricerca; 93).

FIGA-TALAMANCA A., 2000 - **L'Impact Factor nella valutazione della ricerca e nello sviluppo dell'editoria scientifica**. IV Seminario Sistema Informativo Nazionale - SINM, Lecce, 2000.

GRASSI G. 2004 - **Una guida per la divulgazione scientifica**. Forest@, 1 (2): 74-75. www.sisef.it

ODIFREDDI P. 2012 - **Isaac Newton, La gravità la luce e i colori del mondo**. Gruppo Editoriale L'Espresso, Roma 2012.

PARI L. (a cura di) 2009 - **Agroenergie, dall'impianto alla raccolta**. 50 pp. In L'Informatore Agrario, Supplemento al n. 29.

PARI L. (a cura di) 2010 - **Innovazioni tecnologiche per le agro energie - Sinergie tra ricerca e impresa**. 68 pp. In Sherwood 168, Supplemento 2.

PARI L. (a cura di) 2011 - **Lo sviluppo delle colture energetiche in Italia. Il contributo dei progetti di ricerca SUSCACE e FAESI**. 895 pp. ISBN 978-88-6134-730-4. Edizioni. Nuova Cultura.

PARI L. (a cura di) 2012 - **Progetti di ricerca SUSCACE e FAESI. Recenti acquisizioni scientifiche per le colture energetiche**. 100 pp. In Sherwood 183, Supplemento 2.

KEYWORDS: science communication, energy biomass, FAESI project, SUSCACE project.

Abstract: *Integration of communication tools for the diffusion of scientific results. The case of Faesi and Suscace projects. The researcher's activity involves a continuous assessment based almost exclusively on the production of scientific articles in journals of recognized scientific value. Actually, the dissemination of research results and innovations may occur using different instruments including the net. The paper affords the theme of the different type of scientific communication and the evolution of its diverse forms, lingering on the role and the potentiality of the net. Subsequently, a case history related to the activities carried out within the projects SUSCACE and FAESI is discussed in order to illustrate how it is possible to achieve the integration of different means of dissemination.*

