

PRODUTTIVITÀ E COSTI DI TRASFORMAZIONE NELL'UTILIZZAZIONE DI MATERIALE LEGNOSO IN BIOMASSA (*CHIPS*) ⁽¹⁾

La cippatura è un'operazione abbastanza diffusa sul territorio italiano, e numerose ditte boschive producono buoni quantitativi di cippato. Nella maggior parte dei casi, il cippato risulta essere un prodotto secondario ottenuto dal materiale legnoso più scadente.

Obiettivo del lavoro è stato quello di fornire una panoramica sulle modalità organizzative di tre cantieri di cippatura nella Regione Toscana e di individuare quali siano le produttività, i tempi di lavoro e i costi di trasformazione.

Le situazioni analizzate sono state le seguenti:

- *Provincia di Pisa, località San Piero a Grado: lavori di taglio selettivo di pioppo e pino domestico.*
- *Provincia di Pisa, località Calambrone: lavori di ripristino di area percorsa da incendio.*
- *Provincia di Pisa, località Santa Luce: lavori di straordinaria manutenzione del corso d'acqua denominato Fine.*

Dato che nei cantieri di cippatura si instaura una catena di lavorazione, per sfruttare a pieno le potenzialità operative, tutta l'organizzazione del cantiere dovrà essere incentrata sulla massimizzazione dei tempi di cippatura e sulla riduzione dei tempi morti per ottenere elevate produttività.

Ciò potrebbe essere attuabile:

- *organizzando le operazioni di cippatura su appositi tracciati, in modo da limitare anche il passaggio delle macchine su tutta la superficie soggetta al taglio;*
- *concentrando il materiale da cippare dal letto di caduta ai tracciati di cippatura in modo da ottenere un aumento dei tempi netti di cippatura limitando gli spostamenti delle macchine;*
- *utilizzando nell'esbosco trattori con rimorchio e cassone in numero adeguato alle distanze di esbosco e alle capacità produttive delle cippatrici.*

Parole chiave: biomassa; meccanizzazione; Alpi; harvester; costi.

Key words: biomass; mechanization; Alps, harvester; cost.

(*) Dottore di Ricerca. Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali (DISTAF), Via S. Bonaventura, 13 – 50145 Firenze (Italy), phone +39 055 3288671, fax +39 055 319179, francesco.neri@unifi.it

(**) Professore Associato. Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali (DISTAF), Via S. Bonaventura, 13 - 50145 Firenze (Italy), phone +39 055 3288670, fax +39 055 319179, piegai@unifi.it

¹ Lavoro svolto nell'ambito del progetto MIUR PRIN 2005 BIO_FOR_ENERGY «Modelli innovativi di gestione forestale per la produzione di biomasse per energia» (coordinatore nazionale: O. Ciancio).

INTRODUZIONE

La cippatura è un'operazione abbastanza diffusa sul territorio italiano e numerose ditte boschive producono buoni quantitativi di cippato. Nella maggior parte dei casi, questo risulta essere un prodotto secondario nelle utilizzazioni forestali ottenuto dal materiale legnoso più scadente o da quello derivante da apposite piantagioni.

In tali situazioni la cippatura rappresenta una valida soluzione per rendere commerciabili anche i rami, i cimali e le piante dalle quali non è possibile ritrarre assortimenti di maggior valore.

Già da qualche anno la tematica delle energie rinnovabili è diventata di primaria importanza sia a livello internazionale che nazionale e locale. A fronte della progressiva diminuzione di fonti energetiche fossili e dei vincoli imposti dal protocollo di Kyoto in merito alla riduzione delle emissioni di «gas serra» nell'atmosfera, la ricerca si è infatti orientata alla valorizzazione di materie prime alternative da cui attingere sia energia termica che elettrica (AA.VV., 2003). La risorsa a cui si guarda con maggiori aspettative è il legno e la politica di incentivazione a favore del settore bioenergetico ha cominciato ad esercitare i suoi effetti sul mercato della biomassa.

In conseguenza di ciò e attratte da considerevoli incentivi, molte imprese private hanno progettato e attivato centrali termiche ed elettriche, di diverse capacità e dimensioni, che utilizzano biomassa, proveniente da svariate lavorazioni, come combustibile principale.

Le specifiche di questi progetti considerano il cippato come il combustibile primario.

Nel corso degli ultimi anni esperienze del genere si sono già succedute in molte regioni d'Italia ed in particolare, sebbene l'impianto medio raramente superi i 15 MW di potenza (SPINELLI e VERANI, 2000), sono state realizzate soprattutto al nord-Italia vere e proprie centrali termiche di elevate proporzioni alimentate a cippato che offrono un servizio di teleriscaldamento a centinaia di utenti.

Dal momento che, per l'approvvigionamento delle centrali si parla di una richiesta media di circa 150.000 tonnellate di combustibile all'anno è facile comprendere come la domanda di cippato abbia subito un'inversione di tendenza a beneficio soprattutto di quelle ditte boschive che operano in prossimità dei nuovi impianti (HARTSOUGH e SPINELLI, 2001).

ANALISI DEL MERCATO DEL CIPPATO

Un'indagine presso le imprese produttrici ha permesso di stabilire un prezzo di conferimento per il cippato industriale per le centrali termiche

tra i 35 e 45 € a tonnellata fresca il che offre possibilità sostanzialmente diverse rispetto ai 20 € pagati per lo stesso quantitativo nel 2000 (HARTSOUGH e SPINELLI, 2001 e JONAS *et al.*, 2006).

In relazione a quanto detto precedentemente, alcune ditte boschive, specializzate nella cippatura, hanno cercato di incrementare la propria capacità produttiva per poter essere in grado di sfruttare a pieno le nuove opportunità offerte dal mercato ed affermarsi come principali fornitori presso i vari utenti (MARCHI *et al.*, 2005).

Sopralluoghi effettuati nel centro Italia hanno evidenziato che i principali operatori del settore hanno ammodernato il proprio parco macchine con l'acquisto di macchine cippatrici più sofisticate e più potenti.

Nella filiera legno - energia, dato che la raccolta del materiale rappresenta una fase economicamente rilevante, occorre organizzare i cantieri di lavoro in modo da scegliere un livello di meccanizzazione adeguato, che consenta di raggiungere una produttività oraria elevata e di limitare il costo dell'operazione.

L'ammodernamento del parco macchine è sicuramente un'operazione che, nonostante comporti sempre notevoli investimenti, ha un effetto significativo in termini di aumento delle produttività, dobbiamo però considerare che queste dipendono innanzitutto dall'efficienza globale del cantiere e dalla sua capacità di adattamento alle situazioni di lavoro più disparate.

Da un'indagine sommaria presso le principali ditte boschive risulta che esistono differenti modelli organizzativi di cantiere per la cippatura cosiddetta «industriale», pertanto occorre valutare non soltanto gli effetti dell'adozione di macchine più potenti e moderne in termini di costi di lavorazione ma anche le diverse configurazioni operative adottate.

DESCRIZIONE DEI CANTIERI DI UTILIZZAZIONE

Le principali tipologie di cantiere di cippatura presenti nel nostro Paese sono:

- il recupero di biomassa nelle utilizzazioni dei boschi soprattutto quando il sistema di lavoro adottato è quello dell'albero intero - full tree system - FTS (HIPPOLITI e PIEGAI, 2000) e agli impositi, dopo l'intervento di macchine (*processor*) per l'allestimento del legname negli assortimenti definitivi, si accumulano grandi quantitativi di ramaglia che necessitano di essere smaltiti;
- i tagli fitosanitari di pinete;
- il ripristino di aree percorse da incendio;
- i primi diradamenti in soprassuoli a macchiatico negativo;

- la manutenzione straordinaria di alvei fluviali con l'utilizzazione della vegetazione ripariale;
- l'utilizzazione integrale della biomassa derivante da apposite piantagioni (*short rotation forestry* - SRF) realizzate a scopo energetico.

L'analisi delle modalità organizzative dei cantieri di utilizzazione, dei sistemi di raccolta, dei tempi di lavoro, delle produttività e dei costi è stata condotta su tre diverse situazioni d'intervento.

In ogni tipologia di cantiere la fase finale del processo operativo è stata la cippatura del materiale legnoso che è stata condotta con mezzi e metodologie organizzative differenti.

In particolare si deve sottolineare che, in ogni situazione d'intervento, il livello di meccanizzazione adottato è stato sempre elevato e in ogni cantiere sono state impiegate macchine ed attrezzature con elevate prestazioni e produttività, ma anche dai costi iniziali d'acquisto particolarmente alti.

Le situazioni analizzate sono state le seguenti:

- Provincia di Pisa, Parco Regionale Migliarino - San Rossore - Massaciucoli, Tenuta di Tombolo, località San Piero a Grado: lavori di taglio selettivo di pioppo e di pino domestico, committente dei lavori Centro di Ricerche Agro Ambientali E. Avanzi – Università di Pisa (Figura 1).
- Provincia di Pisa, località Calambrone: lavori di ripristino di area percorsa da incendio, committente dei lavori Provincia di Pisa (Figura 2).
- Provincia di Pisa, comune di Santa Luce: lavori di straordinaria manutenzione del corso d'acqua classificato in III cat. Idr. (T.U. 523/1904) denominato fiume Fine, committente dei lavori Consorzio di Bonifica Colline Livornesi (Figura 3).



Figura 1 – Cantiere di San Piero a Grado (PI). Cippatura di pioppo e di pino domestico.



Figura 2 – Cantiere di Calambrone (PI). Ripristino di un'area percorsa da incendio.



Figura 3 – Fiume «Fine», Santa Luce (PI). Cippatura della vegetazione ripariale lungo sponda.

ORGANIZZAZIONE DEI CANTIERI E MODALITÀ DI RILIEVO

Per il rilievo dei tempi di lavoro nell'operazione di cippatura è stato utilizzato il metodo del rilievo separato dei tempi delle fasi di lavoro ed è stata utilizzata una tabella di cronometraggio (BERTI *et al.*, 1989).

Le varie fasi dell'operazione di cippatura sono state cronometrate utilizzando il «metodo del rilievo separato dei tempi di lavoro» e questi sono stati espressi in centesimi di minuto (min/100).

Il rilievo è stato organizzato rivolgendo l'attenzione all'insieme uomo

(conduttore) - macchina (*chipforwarder*) e le fasi di lavoro sono state cronometrate in sequenza dall'apertura del cantiere al mattino alla chiusura in serata.

1° Cantiere - S. Piero a Grado (PI)

Nel primo cantiere analizzato sono stati utilizzati, su terreno completamente pianeggiante, fusti di pioppo e di pino domestico con diametri variabili dai 25 ai 60 cm e le operazioni effettuate sono state le seguenti:

- abbattimento con escavatore cingolato dotato di testa di abbattimento a disco (*feller*);
- cippatura con macchina semovente su base *forwarder* con gru di alimentazione, senza cassone di contenimento per il cippato e con cippatrice a tamburo con motore autonomo da 340 kW di potenza;
- esbosco del cippato con 2 trattori doppia trazione allestiti con rimorchio e cassone da 22 m³ di capacità su distanze massime di 900 m e con scarico a terra del cippato.

Per quanto riguarda il sistema di lavoro la cippatura è stata effettuata direttamente sul letto di caduta in prossimità di cumuli di ramaglia da cippare e per non interrompere la catena di lavorazione i 2 trattori si sono alternati nell'operazione di esbosco; ma non sono stati seguiti nella cippatura appositi tracciati ed il passaggio dei mezzi è avvenuto su tutta la superficie in utilizzazione.

L'analisi dei tempi di lavoro è sintetizzata nel Grafico 1.

Rispetto al tempo lordo il 67,9% è stato di tempo netto, mentre il 32,1% è stato tempo morto. È importante sottolineare che tutto il tempo netto non è sola cippatura, in esso ricadono anche altre fasi di lavoro, ottimizzabili, che comunque concorrono al processo produttivo. Il tempo di cippatura all'interno del tempo netto totale è stato del 73,3%.

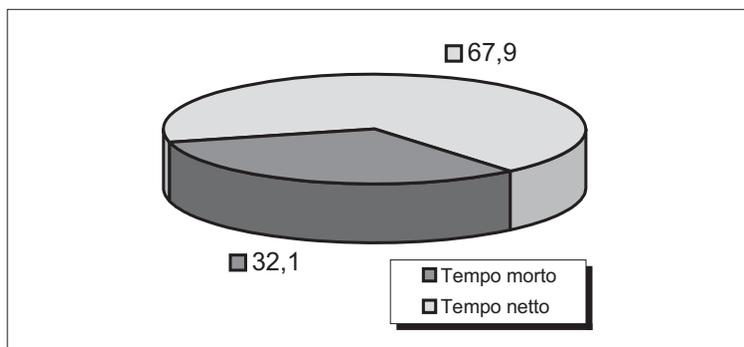


Grafico 1 – Cantiere S. Piero a Grado (PI). Percentuali del tempo netto e del tempo morto rispetto al tempo lordo.

2° Cantiere - Calambrone (PI)

Nel secondo cantiere in località Calambrone (PI) le operazioni effettuate sono state le seguenti:

- abbattimento con motosega dei fusti bruciati rimasti in piedi (Ø 5 - 15 cm);
- concentramento manuale dei fusti non sramati in fastelli pronti per essere cippati;
- cippatura con macchina semovente su base *forwarder* con cassone da 15 mst con organo di taglio a tamburo e motore autonomo con 300 kW di potenza;
- esbosco del cippato su terreno pianeggiante, con *chipforwarder* mediante il cassone da 15 mst di capacità su distanze massime di 700 m e con scarico a terra del cippato.

Il sistema di lavoro con la cippatrice semovente, nonostante il pre-concentramento del materiale in fastelli, non è stato né schematico né geometricamente pianificato e i tempi morti per la movimentazione del materiale con la gru di alimentazione sono risultati elevati.

L'analisi dei tempi di lavoro è sintetizzata nel Grafico 2.

Rispetto al tempo lordo il 60% è stato di tempo netto, mentre il 40% è stato tempo morto. È importante sottolineare che tutto il tempo netto non è sola cippatura, in esso ricadono anche altre fasi di lavoro, ottimizzabili, che concorrono al processo produttivo. Il tempo di cippatura all'interno del tempo netto totale è stato del 44,6%.

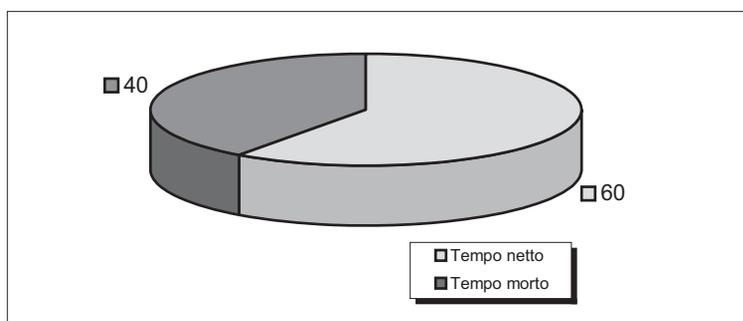


Grafico 2 – Cantiere Calambrone (PI). Percentuali del tempo netto e del tempo morto rispetto al tempo lordo.

3° Cantiere - Santa Luce (PI)

Nel terzo cantiere in località S. Luce (PI) le operazioni effettuate sono state le seguenti:

- abbattimento con motosega della vegetazione ripariale (salice, pioppo nero, ontano nero e carpino bianco con diametri variabili dai 20 ai 40 cm);

- concentrazione approssimativo dei fusti da cippare lungo sponda mediante escavatore e pinza;
- cippatura con macchina semovente su base *forwarder* con cassone da 15 mst con organo di taglio a tamburo e motore autonomo con 300 kW di potenza;
- esbosco del cippato con trattore e rimorchio da 22 mst di capacità su distanze massime di 800 m e con scarico a terra del cippato. In questo caso il cassone da 15 mst del *chipforwarder* è stato impiegato soltanto come contenitore momentaneo del cippato durante il viaggio di esbosco del trattore per non interrompere la catena di lavorazione. Anche in questo cantiere i lavori di cippatura ed esbosco sono stati condotti su terreno pianeggiante.

L'analisi dei tempi di lavoro è sintetizzata nel Grafico 3.

Rispetto al tempo lordo il 62,5% è stato di tempo netto, mentre il 37,5% è stato tempo morto. È importante sottolineare che tutto il tempo netto non è sola cippatura, in esso ricadono anche altre fasi di lavoro, ottimizzabili, che concorrono al processo produttivo. Il tempo di cippatura all'interno del tempo netto totale è stato del 41,4%.

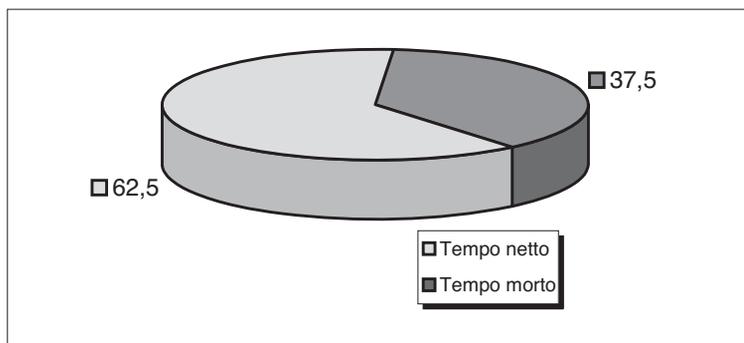


Grafico 3 – Cantiere Santa Luce (PI). Percentuali del tempo netto e del tempo morto rispetto al tempo lordo.

CONSIDERAZIONI SUI TEMPI MORTI E SULLE PRODUTTIVITÀ

Le cause dei tempi morti sono principalmente imputabili a carenze organizzative dei cantieri ed in particolare a:

- disposizione casuale dei siti di cippatura sulla tagliata;
- eccessivi spostamenti della macchina semovente e manovre con la gru di alimentazione ritenute evitabili;
- difficoltà in fase di alimentazione della cippatrice;

- interruzioni della catena di lavorazione per il ritardo del trattore impegnato nell'esbosco;
- numerosi inconvenienti di natura meccanica.

Riguardo alle produttività lorde nell'operazione di cippatura sono stati ottenuti i risultati riportati nella Tabella 1.

Si può notare che le maggiori produttività lorde sono state ottenute nel primo cantiere di S. Piero a Grado (PI) dove l'incidenza dei tempi morti è stata minore e dove i tempi netti di cippatura sono risultati più elevati.

Tabella 1 – Quantitativi lavorati e produttività lorde.

Cantiere	Superficie analizzata ha	mst totali di cippato	Tempo lordo h	mst/h	t/h
San Piero a Grado	2,43	594	18,7	31,7	9,5
Calambrone	2,30	645	48,2	13,4	4,0
Santa Luce	2,95	462	36,7	12,6	3,8

1 mst di cippato pari a 0,3 t

ANALISI DEI COSTI DI CIPPATURA

Dopo aver analizzato i tempi di lavoro e le produttività delle operazioni di cippatura nei tre cantieri oggetto dello studio, per valutare la convenienza economica dei notevoli investimenti monetari sostenuti dalle ditte, è stato necessario effettuare l'analisi dei costi.

Per la determinazione dei costi e per il calcolo dei costi macchina sono stati presi in considerazione vari parametri. Alcuni di essi sono derivati da dati reali, in possesso dei titolari delle ditte impegnate nei lavori, altri sono stati rilevati direttamente in cantiere.

Per lo specifico calcolo dei costi macchina sono state utilizzate le formule di calcolo analitiche, pubblicate da Hippoliti (HIPPOLITI, 1997), che hanno fornito i parametri necessari per il conteggio finale dei costi.

Nelle formule sono stati inseriti come dati di partenza i prezzi di acquisto delle macchine nuove, diminuiti del valore di recupero delle stesse.

Per ogni caso di studio, dalle tabelle riepilogative dei tempi di lavoro è stato estratto il *tempo di operatività* delle macchine che è stato considerato pari al tempo totale produttivo, in modo da poter calcolare, sulla base di questo, l'utilizzazione oraria giornaliera ed i costi orari di utilizzo delle varie macchine impiegate.

I consumi di carburante e di lubrificante sono stati rilevati in cantiere,

durante le operazioni di rifornimento ed elaborati rispetto al *tempo di operatività*; i costi sostenuti sono stati chiesti direttamente alle ditte.

Il costo orario della manodopera è stato chiesto agli operatori e il dato medio nei tre cantieri percepito in busta paga è stato di 14 €/h.

Il prezzo medio di vendita del cippato a destinazione finale è stato di 40 €/t.

Nella Tabella 2 sono stati riportati i parametri impiegati per il calcolo del costo orario di utilizzo delle macchine cippatrici.

Tabella 2 – Riepilogo dei costi di utilizzazione oraria delle cippatrici e dei trattori con rimorchio e cassone.

Parametri di calcolo	1° cantiere	2° cantiere	3° cantiere
	S. Piero a Grado	Calambrone	Santa Luce
	cippatrice semovente senza cassone	cippatrice semovente con cassone	cippatrice semovente con cassone
Prezzo di acquisto diminuito del valore di recupero, €	400000,00	360000,00	360000,00
Tasso d'interesse	0,04	0,04	0,04
Costo annuo dei materiali di rapido consumo, €	2500,00	2500,00	2500,00
Periodo di ammortamento, anni	10	10	10
Durata tecnica, h	10000	10000	10000
Coefficiente di riparazione	0,50	0,50	0,50
Percentuale spese varie	0,07	0,07	0,07
Utilizzazione oraria giornaliera, h/d	6,36	5,79	5,74
Utilizzazione giornaliera annua d/anno	140	140	140
Consumo orario carburante l/h	47,13	38,07	34,81
Prezzo carburante (agricolo) €/l	0,80	0,80	0,80
Consumo orario lubrificante kg/h	0,07	0,07	0,07
Prezzo lubrificante €/kg	4,90	4,90	4,90
<i>Costo orario di utilizzo della macchina €/h</i>	146,21	136,27	134,42
<i>Costo orario di utilizzo del trattore e rimorchio €/h</i>	53,06	—	46,83

Nei cantieri analizzati le cippatrici semoventi su base *forwarder* sono state impiegate per un numero di ore giornaliere di operatività, variabile da 5,74 a 6,36. Di conseguenza i valori ottenuti dall'analisi del costo orario di utilizzo di queste macchine sono stati particolarmente elevati e variabili da 134,42 a 146,21 €/h.

Lo scopo di questa analisi è quello di risalire al costo di produzione effettivo di 1 mst di cippato, depositato all'imposto, al netto dei costi relativi alle operazioni di abbattimento, di carico e di trasporto.

Per il calcolo del costo del cippato (soltanto di cippatura ed esbosco) sono stati considerati i seguenti parametri:

- n. operatori impiegati;

- costo orario manodopera;
- costo orario di utilizzo delle macchine;
- quantitativi prodotti;
- tempi di lavoro.

I costi del cippato sono stati calcolati al metro stereo e a tonnellata e sono stati riportati nella Tabella 3.

Tabella 3 – Costi di cippatura ed esbosco del cippato.

Cantiere	Costo cippato	
	mst	t
S. Piero a Grado	€ 4,66	€ 15,5 (cippatura - esbosco)
Calambrone	€ 8,73	€ 29,1 (cippatura - esbosco)
Santa Luce	€ 9,76	€ 32,5 (cippatura - esbosco)

Se confrontiamo le produttività ottenute nei tre cantieri con i relativi costi di cippatura e di esbosco si ottengono costi di produzione del cippato, al metro stereo, variabili da 4,66 a 9,76 €, e a tonnellata variabili da 15,5 a 32,5 €.

Pertanto è possibile affermare che, negli ultimi due casi di studio, *soltanto i costi di cippatura e di esbosco*, hanno quasi raggiunto il prezzo medio di vendita del cippato a destinazione finale, che è stato di 40 €/t. Se analizziamo nello specifico ogni singolo cantiere, soltanto nel primo caso di studio, dove si sono ottenute le produttività orarie più elevate ed il maggior numero di ore giornaliere di operatività, è possibile pensare che il bilancio complessivo del lavoro, quindi comprensivo anche dei costi di abbattimento, di carico e di trasporto, possa chiudersi in pareggio.

I valori di costo ottenuti sono in accordo con quanto riportato dal prezzario regionale della Regione Toscana pubblicato nel Marzo 2007 che indica come costi di cippatura e di raccolta del materiale legnoso valori compresi da 55 a 65 €/t (AA.VV., 2007).

OSSERVAZIONI FINALI

In primo luogo l'analisi dei dati sui tempi di lavoro nelle tre operazioni di cippatura dimostra che i tempi produttivi netti di lavoro e le produttività

dipendono principalmente dall'organizzazione generale dei cantieri e dall'esperienza degli operatori.

L'elevata incidenza percentuale dei tempi morti (non produttivi), soprattutto negli ultimi due cantieri analizzati, dimostra che la cippatrice semovente su base *forwarder* dovrebbe essere impiegata preferibilmente per l'operazione di cippatura e non anche per l'esbosco del cippato o peggio ancora per la movimentazione del materiale prima della fase di alimentazione. Naturalmente i trattori con rimorchio e cassone per l'esbosco del cippato devono essere in numero adeguato alle distanze di esbosco e alla capacità della cippatrice. In alcuni casi al crescere delle distanze di esbosco può essere necessario ricorrere anche ad un terzo trattore, sempre per non interrompere la catena di lavorazione.

CONCLUSIONI

Dall'analisi complessiva dei tempi di lavoro e dei costi di trasformazione, emerge che:

- le modalità organizzative del primo cantiere (S. Piero a Grado - PI) sono state sostanzialmente corrette e ciò è evidenziato anche dalle discrete produttività ottenute e dai costi di lavorazione del cippato che, soltanto in questo caso, sono risultati sostenibili. Nell'ottica di aumentare le produttività del cantiere, per razionalizzare il lavoro, si potrebbe pensare di predisporre già in fase di abbattimento dei siti di cippatura individuati uniformemente sulla superficie in modo da ridurre gli spostamenti della macchina semovente e aumentare così il tempo di cippatura.
- Il sistema di lavoro adottato nel secondo cantiere (Calambrone - PI) non è stato del tutto razionale. L'impiego della macchina semovente, anche per l'esbosco del cippato, ha comportato l'inevitabile interruzione della cippatura e pertanto le produttività e le ore di operatività sono risultate modeste, ma non i costi della cippatura. Sarebbe stato più razionale impiegare un trattore con rimorchio e cassone per l'esbosco del cippato e procedere in maniera ordinata e pianificata nella cippatura dei fastelli.
- Nel terzo cantiere (fiume Fine - Santa Luce - PI), sebbene le modalità organizzative siano state corrette e sia stato impiegato un trattore con rimorchio per l'esbosco del cippato, si sono rilevati comunque notevoli tempi morti e i costi della cippatura sono risultati particolarmente elevati. Il tempo di cippatura e le produttività sono risultate modeste a causa dei notevoli inconvenienti che si sono verificati durante il lavoro e a causa del tempo impiegato per la movimentazione del legname da cippare con la gru di alimentazione. In una situazione come questa, per miglio-

rare l'efficienza globale del cantiere, si potrebbe pensare di rimandare la cippatura all'imposto, magari anche con macchine non semoventi e meno costose, ed esboscare a strascico i fusti interi con trattore e verricello.

Infine, se consideriamo che durante il lavoro le due unità che compongono il *chipforwarder* non lavorano mai contemporaneamente e che sarebbe più razionale, per contenere i costi di lavorazione, organizzare il cantiere in modo da non dover interrompere la cippatura, la presenza anche del *forwarder* insieme alla cippatrice, risulta poco vantaggiosa e spesso poco sfruttata.

Dal momento che i costi di acquisto di queste macchine sono particolarmente elevati e che nei cantieri di cippatura si instaura una vera e propria catena di lavorazione, per sfruttare a pieno le potenzialità operative di queste macchine tutta l'organizzazione del cantiere dovrà essere incentrata sulla massimizzazione dei tempi di cippatura e sulla riduzione dei tempi morti in modo da ottenere elevate produttività.

Ciò potrebbe essere attuabile:

- predisponendo, già dopo l'abbattimento, dei siti di cippatura con il legname disposto ordinatamente in modo da facilitare il lavoro con la gru di alimentazione;
- organizzando le operazioni di cippatura su appositi tracciati, in modo da limitare anche il passaggio indiscriminato delle macchine su tutta la superficie soggetta al taglio;
- concentrando il materiale da cippare dal letto di caduta ai tracciati di cippatura in modo da ottenere un aumento dei tempi netti di cippatura limitando gli spostamenti delle macchine semoventi;
- utilizzando per l'esbosco del cippato trattori con rimorchio e cassone in numero adeguato alle distanze di esbosco e alle capacità produttive delle cippatrici.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori intendono ringraziare per le indicazioni fornite il Centro di Ricerche Agro Ambientali E. Avanzi dell'Università di Pisa ed il Dott. Raffaele Spinelli presso il Consiglio Nazionale delle Ricerche - I.V.A.L.S.A.

SUMMARY

Productivity and costs in biomass chipping operations

Many Italian logging companies produce substantial amounts of wood - chips. Chip is usually a product obtained from less valuable trees and residuals.

The aim of the Italian and European companies is to transform a low value residue into an industrial product.

This paper describes chipping operations in 3 different sites in Tuscany (Central Italy):

1. Pisa - selective cut of poplar and Italian stone pine;
2. Pisa - Calambrone: clearcut and chipping of a burned area of maritime pine;
3. Pisa - Santa Luce: vegetation clearcut and chipping of the river «Fine» banks.

Two different chip extraction systems were used: tractors with trailer and container, chipforwarder with an integral chip bin.

The main aim of the study was to give a survey of the working systems and the methods in chipping operations and to analyse chipping times, productivity and costs.

The results show that to increase chipping time, productivity and to reduce costs it is necessary to:

- organize chipping as soon as possible after cutting operations to have an easier work with the integral loader;
- bunch timber along the extraction trails to reduce chipforwarder movements and increasing chipping time;
- use 1 or 2 tractors with container on trailer for chip extraction instead of the chipforwarder with its integral chip bin, especially for long extraction distances (more than 500 metres);
- drive the chipforwarder on the extraction trails to spend less time for movements and to reduce soil impact.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 2003 – *Come produrre energia dal legno*. Quaderno ARSIA, n. 3/2003.
- AA.VV., 2007 – *Prezzario Regionale per interventi ed opere forestali*. Regione Toscana.
- BERTI S., PIEGAI F., VERANI S., 1989 – *Manuale d'istruzioni per il rilievo dei tempi di lavoro e delle produttività nei lavori forestali*. Quaderni dell'Istituto di Assestamento e Tecnologia forestale, n. 4. Università degli Studi di Firenze.
- HARTSOUGH B., SPINELLI R., 2001 – *Indagine sulla cippatura in Italia*. CNR-IRL. Contributi scientifico-pratici, n. XLI. Firenze.
- HIPPOLITI G., 1997 – *Appunti di meccanizzazione forestale*. Studio Editoriale Fiorentino, Firenze.
- HIPPOLITI G., PIEGAI F., 2000 – *Tecniche e sistemi di lavoro per la raccolta del legno*. Compagnia delle Foreste, Arezzo.
- JONAS A., HANEDER H., FURTNER K., 2006 – *Energie aus Holz*. Landwirtschaftskammer, Austria.
- MARCHI E., PESARE A., SPINELLI R., 2005 – *La cippatura in campo. Modelli organizzativi con cippatrice semovente su base forwarder*. Sherwood, n. 108. Compagnia delle Foreste, Arezzo.
- SPINELLI R., VERANI S., 2000 – *La raccolta del legno per uso energetico industriale*. Sherwood, n. 59. Compagnia delle Foreste, Arezzo.