

RAFFAELE SPINELLI  
NATASCIA MAGAGNOTTI

## *Recupero di biomassa residua nel taglio a gruppi in fustaia alpina*

### *Introduzione*

A partire dal 2003 il CNR ha lanciato un programma quadriennale di ricerca destinato a sperimentare le migliori tecnologie disponibili per razionalizzare la raccolta della biomassa forestale sulle Alpi Orientali. Scopo ultimo è quello di sbloccare la risorsa forestale, consentendo anche alla selvicoltura di sfruttare l'opportunità "biomassa", che finora ha portato benefici limitati a chi opera in bosco. Occorre rendere la biomassa forestale più competitiva, abbassandone il costo e migliorandone la qualità. Questo è possibile, ma bisogna strutturare il settore e dotarlo di tecnologie moderne che consentano una raccolta efficace. Le opportunità ci sono tutte: mercato in movimento, operatori interessati e contributi pubblici. Servono però le conoscenze necessarie per progettare cantieri razionali, e la ricerca intrapresa dal CNR inizia già a fornire le prime indicazioni.

Le prove condotte nell'Estate 2004 hanno interessato il recupero di biomassa dai tagli di maturità. Tre prove hanno riguardato stazioni a forte pendenza, dove l'esbosco era eseguito con teleferica. Si tratta della situazione più comune sulle Alpi, in cui il recupero della biomassa può essere contemplato solo se si esboscano piante intere. Una quarta prova invece ha interessato una stazione trattabile - sicuramente meno comune delle altre, ma non così rara da poter essere esclusa dal piano sperimentale.

In terreno trattabile, l'esbosco della pianta intera non è più obbligatorio: i mezzi

di esbosco possono prelevare separatamente tronchi e biomassa, consentendo il recupero anche quando si applichi un sistema di lavoro tradizionale come quello del legno corto. Inoltre, l'impiego del trattore consente l'applicazione di moduli selvicolturali abbastanza rarefatti, come il taglio a piccoli gruppi - molto più difficile da attuare quando si debba ricorrere alla teleferica, che richiede una maggiore concentrazione nei prelievi.

In questa situazione, il recupero di biomassa può avvenire senza alterare il sistema di lavoro tradizionale, semplicemente passando ed esboscando i cimali, che sono poi concentrati ai bordi dell'imposto e cippati in un secondo momento. Semmai si possono apportare modifiche minime, quali l'aumento del diametro di svettatura: tale strategia asseconderebbe una tendenza in atto, giustificata dal progressivo deprezzamento degli assortimenti convenzionali meno pregiati, che in parte sono già avviati alla cippatura. Se questo è il caso, appare illogico perder tempo ad allestire una porzione di pianta che alla fine andrà comunque cippata - poiché l'allestimento comporterebbe un aumento del costo di produzione ed un calo della resa in cippato a causa dell'asportazione dei rami.

Lo scopo della prova descritta in questo rapporto è stato quello di verificare se in queste condizioni il recupero di biomassa sia conveniente, indicando la cantieristica più adatta per attuarlo. Il prodotto della prova è stato un modello che consente di calcolare il costo di raccolta della biomassa

Località		San Martino
Comune		San Martino
Provincia		TN
Superficie	ha	6.7
Altitudine prevalente	m slm	1450
Specie		A. rosso-Larice (95/5)
Età prelievo	anni	150 – 170
Intervento		Taglio a gruppi
Prelievo – Piante	n°	154
Prelievo – Tondame	m <sup>3</sup>	375
Prelievo – Biomassa	t	30
Prelievo – Piante	n°/ha	23
Prelievo – Tondame	m <sup>3</sup> /ha	56
Prelievo – Biomassa	t/ha	4.5
Pianta media prelevata	m <sup>3</sup> corm.	2.44
Pianta media prelevata	t corm.	1.99
Pianta media prelevata	t biomassa	0.19
Ø 1,30 prelievo	cm	48.7
Pendenza media	%	15
Accidentalità	Classe	I
Densità del legno tondo	kg /m <sup>3</sup>	817
Tenore idrico legno tondo	% sul fresco	54.1

Tab. 1 - Descrizione stazionale del sito di prova.

in funzione della strategia operativa e delle ipotesi di costo applicate da ciascun utente.

### La prova

Le prova è stata effettuata nella Foresta Demaniale di San Martino di Castrozza, su una stazione rappresentativa della situazione delineata sopra: fustaia Alpina di conifere in terreno trattorabile. Il trattamento applicato consisteva in un taglio su piccoli gruppi, con prevalente finalità colturale (tab. 1).

Le piante sono state abbattute ed allestite con una motosega media (Stihl 044), avendo cura di confezionare tronchi di lunghezza multipla rispetto ai due valori di riferimento: 4.20 m e 2.60 m. Metà delle piante sono state svettate al diametro minimo di 12 cm, e metà a quello di 22 cm. I due trattamenti sono rappresentativi delle strategie alternative descritte in precedenza, e cioè l'allestimento in assortimenti tradizionali di tutto il legname potenzialmente commerciabile

e l'avvio alla produzione di biomassa degli assortimenti tradizionali di minor valore.

Successivamente, tronchi e cimali sono stati esboscati con due trattori agricoli muniti di verricello (Fendt LSA 304 e Fendt 308 Turbomatic) ed allestiti per il lavoro in foresta (Fabiano e Piegai 2000). I trattori differivano solo per la potenza del motore: 51 kW il primo e 59 kW il secondo. In tale occasione si è confrontata la convenienza dell'esbosco separato di tronchi e cimali con quella dell'esbosco misto, in cui il trattore agganciava tronchi e cimali in un medesimo viaggio.

Dall'imposto i tronchi sono stati trasportati ad un piazzale intermedio per mezzo di un secondo trattore munito di rimorchio forestale e gru. Lo stesso attrezzo è stato utilizzato per accatastare in cimali ai bordi dell'imposto, in attesa della cippatura.

Infine, i cimali sono stati cippati con una cippatrice a tamburo Eschlböck Biber 80, azionata da un motore autonomo da 310 kW. La cippatrice era montata su un rimorchio a tre assi ed era alimentata con una gru



idraulica, anch'essa sul rimorchio. Questo era trainato da un trattore agricolo Lamborghini TS da 145 kW. Il cippato era scaricato direttamente nel mezzo di trasporto, un autocarro a tre assi con cassone da 38 m<sup>3</sup> di capacità nominale. In un cantiere bilanciato, almeno avrebbero dovuto essere disponibili almeno 2 autocarri, e questo è stato simulato durante l'elaborazione dei dati escludendo i tempi morti di attesa.

Il piano sperimentale prevedeva il confronto incrociato tra due differenti ipotesi operative:

- 1 - svettatura a 12 cm o a 22 cm;
- 2 - esbosco dei cimali separato da quello dei tronchi, o contestuale.

### Materiali e metodi

I quantitativi di legname tondo sono stati ottenuti cubando individualmente tutti i tronchi direttamente sul letto di caduta (lunghezza totale e diametro a metà - BERNETTI, LA MARCA, 1983). Ciascun tronco è stato identificato con un codice alfanumerico, in modo da poterne tracciare tutto il percorso attraverso le varie fasi di lavorazione. Il diametro a petto d'uomo di tutte le piante è stato rilevato con un cavalletto dendrometrico ed associato ai tronchi ricavati da ciascuna pianta. In tal modo è stato possibile costruire una tavola di cubatura ad una entrata per il popolamento in questione. La tavola è stata costruita utilizzando solo le piante svettate a 12 cm. Per queste piante si è anche calcolato il volume di legname che si sarebbe perso effettuando la svettatura a 22 cm, scorponando dal conto i pezzi con diametro inferiore a tale valore.

La densità del tondame è stata calcolata dopo aver cubato e pesato dieci campioni prelevati da altrettante piante ad altezze diverse. Su questi campioni si è anche rilevato il tenore idrico, secondo quanto prescritto dalla norma UNI 9017.

La quantità di biomassa prodotta è stata calcolata portando tutto il cippato prodotto ad una pesa certificata. La pesatura è stata

effettuata separatamente per la biomassa derivante dalle cime svettate a 12 cm e per quella prodotta con le cime svettate a 22 cm. In tale occasione si è rilevato anche il volume sterico delle due partite di cippato. Il tenore idrico è stato determinato in base alla norma UNI 9017, su 10 campioni per tesi. Di questi si è misurata anche la distribuzione granulometrica, effettuata in base alla raccomandazione CTI SC09 R03/01.

Il contributo dei tronchi difettati al cumulo totale della biomassa residua è stato ottenuto attraverso il conteggio di tutti i tronchi difettati ottenuti da ciascuna tesi (12 e 22), cui si è applicato il peso medio per tronco ottenuto da un apposito campionamento (circa 30 tronchi).

I tempi di lavoro sono stati registrati con computer portatili ognitempo *Husky Hunter*, muniti dell'apposita installazione *Sivork 3* (SPINELLI, KOFMAN, 1995). Il protocollo di rilievo ricalca essenzialmente quanto riportato sul manuale IATF (BERTI *et al.*, 1989) per il "rilievo separato dei tempi delle fasi di lavoro". Lo studio dei tempi di lavoro ha riguardato tutte le fasi di lavoro, inclusi abbattimento ed allestimento, per capire quanto l'aumento del diametro di svettatura possa diminuire il costo di allestimento, e se tale risparmio compensi un'eventuale perdita di valore.

Le distanze di esbosco sono state rilevate con un distaziometro laser, mentre quelle di trasporto semplicemente consultando il contachilometri dell'autocarro.

Tutti i risultati sono stati sottoposti ad analisi statistica, per verificare la significatività di eventuali differenze e per modellizzare i fenomeni, così da effettuare paragoni appropriati, impostati su condizioni di lavoro identiche.

Il costo delle squadre è stato stimato con le consuete formule di matematica finanziaria adattate per l'uso forestale (MIYATA, 1980). Le ipotesi di calcolo sono le seguenti: come investimento si sono considerati 38.000 € per il trattore più piccolo, 45.000 € per quello più grosso e per quello equipaggiato con la gru idraulica, 250.000 € per la cippatrice carrellata, e 110.000 € per l'autocarro. Queste cifre

sono state ammortate su 7 anni con un recupero del 20 % a fine servizio. Il monte ore annuo è stato stimato a 1200 unità, nell'ipotesi di un uso professionale – ad eccezione degli autocarri per i quali si ipotizza un monte ore annuo di 1800 ore ed un ammortamento su 5 anni. La remunerazione della manodopera è stata fissata a 18 €/ora, gli interessi passivi al 6 % e il costo del gasolio a 0.9 €/litro. Alla cifra così ottenuta è stato aggiunto un 25 %, che copre le spese generali e il beneficio d'impresa. Ne risulta un costo orario di esercizio pari a 63 € e 67 € rispettivamente per i due trattori, 134 € per la cippatrice e 58 € per l'autocarro. Gli autori sottolineano che queste ipotesi di costo non sono in grado di rappresentare adeguatamente la grande variabilità riscontrata a livello nazionale e costituiscono solo un esempio. Il lettore è incoraggiato ad utilizzare i modelli descritti più avanti per ricalcolarsi i costi sulla base delle proprie ipotesi economiche, sicuramente più aderenti alla sua specifica realtà operativa.

## Risultati

Lo studio ha permesso di quantificare le masse ottenute, di determinare la produttività delle diverse opzioni tecniche e infine di costruire un modello di calcolo capace di stimare il costo di conferimento della biomassa in funzione delle condizioni di lavoro e delle ipotesi finanziarie impostate dall'utente.

### Quantitativi recuperabili

Il primo passo è stato quello di calcolare la relazione tra volume cormometrico e diametro a petto d'uomo delle piante, illustrata in figura 1. Questa vale per un diametro di svettatura a 12 cm e fornisce il volume sopra corteccia. A questo punto si è determinata la perdita di tonnage relativa ad un diametro di svettatura maggiore. Il volume dei tronchi con diametro  $\leq$

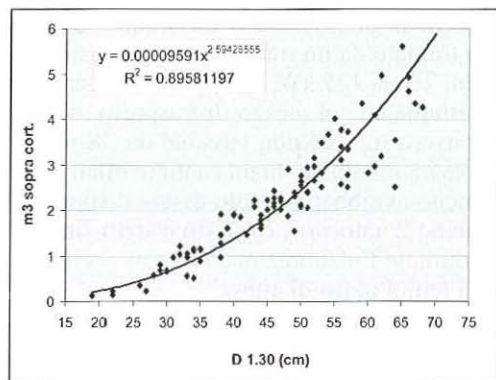


Fig. 1 - Relazione tra diametro a petto d'uomo e volume del fusto svettato a 12 cm.

22 cm è stato scorporato dal volume totale delle stesse piante usate per la costruzione del grafico in figura 1. L'analisi di regressione tuttavia non è riuscita ad evidenziare alcuna relazione tra il volume marginale ricavato dall'allestimento fino a 12 cm e il diametro a petto d'uomo delle piante: per questo motivo si è adottato un valore costante pari alla media dei volumi marginali – cioè 0.154 m<sup>3</sup> a pianta.

In tabella 2 è riportato il volume del tonnage in funzione del diametro a petto d'uomo e del diametro di svettatura.

Al volume del tonnage si aggiunge la massa del cimale, differente a seconda del diametro di svettatura prescelto. Dal momento che i cimali non sono stati pesati individualmente, non è possibile correlare il peso del cimale al diametro a petto d'uomo della pianta di origine. Pertanto, i valori riportati sono esatti solo per la pianta media utilizzata nel corso dello studio, con un diametro a petto d'uomo pari a 47.8 cm. In tal caso, la massa del cimale corrisponde a 106 kg se la pianta è svettata a 12 cm o 256 se la svettatura è eseguita a 22 cm. La differenza (150 kg) trova una buona corrispondenza nella massa del tonnage allocato a biomassa: 0.154 m<sup>3</sup> per 817 kg/m<sup>3</sup> danno un peso di 126 kg, leggermente inferiore allo scarto tra il peso dei due tipi di cimale probabilmente a causa della massa dei rami.



D 1.30	Volume tondo (m3 sopra cort.)		
cm	Svetta 12	Svetta 22	%
25	0.406	0.252	-38.0
30	0.651	0.497	-23.7
35	0.971	0.817	-15.9
40	1.373	1.219	-11.2
45	1.863	1.709	-8.3
50	2.449	2.295	-6.3
55	3.136	2.982	-4.9
60	3.930	3.776	-3.9
65	4.837	4.683	-3.2
70	5.862	5.708	-2.6
75	7.011	6.857	-2.2

Tab. 2 - Volume del tondame in funzione dei diametri a petto d'uomo e di svettatura.

L'applicazione di questi valori a piante di diametro diverso rispetto a quello medio di riferimento va effettuata con cautela, ma può essere comunque supportata dalla generale rispondenza delle relazioni calcolate in questo studio con quelle riportate in bibliografia (PIEGAI, 2003).

Altre indicazioni interessanti può darle il grafico in figura 2, che riporta la distribuzione della sostanza secca effettivamente raccolta tra i diversi tipi di assortimento. È importante sottolineare che il grafico riguarda solo la biomassa effettivamente recuperata, che non corrisponde alla massa totale della pianta.

I rami inseriti sul fusto sotto il cimale sono asportati durante l'allestimento e restano in bosco, dal momento che un eventuale recupero andrebbe effettuato manualmente e risulterebbe antieconomico. Lo stesso vale per buona parte del tondame scartato durante l'allestimento: qui si tratta di porzioni di fusto con evidenti segni di deterioramento

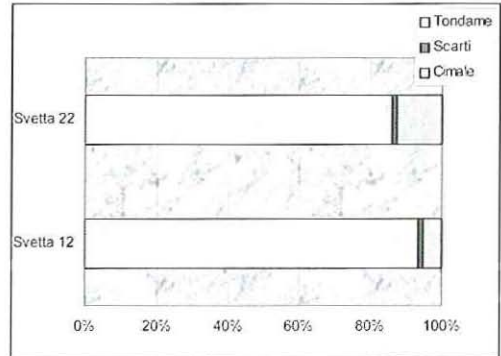


Fig. 2 - Ripartizione della sostanza secca tra i diversi assortimenti.

(discolorazione, marciume) che vengono asportate durante la sezionatura. In tal caso l'operatore cerca di raggiungere la zona ancora indenne, staccando sezioni che spesso sono troppo corte per un esbosco efficace e pertanto vengono abbandonate in bosco.

È evidente che la disponibilità di biomassa dipende anche da specifiche scelte operative: al lettore deve essere chiaro che quello effettuato non è uno studio biometrico, ma un esperimento applicativo destinato a dare indicazioni pratiche a chi opera sul terreno.

### Produttività e costi

Il rilievo dettagliato di tutti i tempi di lavoro ha consentito di quantificare l'impegno delle squadre. Tutti i dati sono stati sottoposti ad analisi statistica (t-test o regressione) per evidenziare differenze fra i trattamenti e/o relazioni tra la produttività e le condizioni di lavoro.

In tabella 3 sono riportati i modelli matematici che collegano il tempo di abbattimento ed allestimento con le caratteristiche della pianta lavorata.

Spostamento	min = 2.6	-
Abbattimento	min = - 3.226 + .176 D 1.30 (cm)	p < .001 R2 = .518
Allestimento	min = - 19.389 + .850 D 1.30 (cm) - .074 Dummy 22 * D 1.30 (cm)	p = .002 R2 = .662
T. preparatori	40.3 % del lavoro netto	-
T. accessori	12.0 % del lavoro netto	-

Tab. 3 - Tempi di abbattimento ed allestimento a pianta (154 osserv.).

D 1.30 cm	Minuti a pianta	
	Svetta 12	Svetta 22
30	16.4	13.0
35	24.2	20.3
40	32.0	27.5
45	39.8	34.8
50	47.6	42.0
55	55.5	49.3
60	63.3	56.5
65	71.1	63.8
70	78.9	71.0
75	86.7	78.3

Tab. 4 - Tempo di abbattimento ed allestimento in funzione del diametro a petto d'uomo.

In base a queste formule è possibile calcolare il tempo di abbattimento ed allestimento in funzione del diametro a petto d'uomo della pianta trattata e del diametro di svettatura. L'abbattimento e allestimento della pianta media lavorata nel corso dello studio ha richiesto 45.6 minuti quando la svettatura è stata effettuata a 12 cm e 40.1 minuti quando invece il cimale è stato reciso ad un diametro di 22 cm: l'aumento del diametro di svettatura ha consentito di

risparmiare oltre 5 minuti di lavoro a pianta, cioè il 12 % del tempo di lavorazione. In tabella 4 sono riportati i tempi di abbattimento ed allestimento per piante con diametro variabile da 25 a 75 cm.

Decisamente più complesse le relazioni che collegano il tempo di concentramento ed esbosco con le condizioni di lavoro, illustrate in tabella 5. Queste si riferiscono al lavoro con il trattore più leggero (Fendt 304), affidato ad una squadra di 2 operai. L'eventuale effetto del trattore più grosso e/o del terzo operaio è espresso con variabili "Dummy".

Questo set di equazioni permette di simulare il processo in modo accurato, eliminando i fattori di disturbo. Solo così è possibile effettuare paragoni appropriati per selezionare l'opzione migliore tra più alternative. Nel caso specifico ci interessa sapere come cambia il costo di esbosco della biomassa in funzione del diametro di svettatura e della strategia operativa: esbosco separato di tronchi e cimale, o esbosco contestuale con la formazione di carichi misti.

Un esempio è riportato in tabella 6, dove la simulazione è stata effettuata utilizzando i valori medi delle distanze di concentramento ed esbosco, del volume del carico e

Viaggio a vuoto	$\text{min} = 86.429 + 1.137 \text{ dist (m)} - .265 \text{ dist (m) se Fendt 308}$	$p < .01 \quad R^2 = .402$
Viaggio carico	$\text{min} = 9.870 + 2.175 \text{ dist (m)} - .398 \text{ dist (m) se Fendt 308}$	$p < .001 \quad R^2 = .758$
Concentramento e carico	a) <b>viaggio solo tronchi, oppure misto tronchi e cimale</b> $\text{min} = -9.514 + 9.571 \text{ dist conc. (m)} + 111.332 \text{ carico (m3)} + 88.687$ carico (pezzi) - 53.930 carico (pezzi) se 3 operai + 17.800 dist conc. (m) se misto cime	$p < .001 \quad R^2 = .538$
	b) <b>viaggio solo cime</b> $\text{min} = -39.199 + 7.422 \text{ dist conc. (m)} + 153.867 \text{ carico (pezzi)}$	$p < .03 \quad R^2 = .801$
Scarico	a) <b>viaggio solo tronchi, oppure misto tronchi e cimale</b> $\text{min} = 29.483 + 42.966 \text{ carico (pezzi)} + 225.946 \text{ se misto cime}$	$p < .001 \quad R^2 = .419$
	b) <b>viaggio solo cime</b> $\text{min} = 105.470 + 42.373 \text{ carico (pezzi)}$	$p < .001 \quad R^2 = .335$
Sezionatura	$\text{min} = 51.770 - 47.240 \text{ se tre operai}$	$p < .001$
Accatastamento	$\text{min} = -18.727 + 14.530 \text{ carico (m3)} + 51.782 \text{ se misto cime}$	$p < .001 \quad R^2 = .177$
T. morti e accessori	$\text{min} = 1.44$	-

Tab. 5 - Tempi di concentramento ed esbosco - minuti a viaggio (232 osserv.).



Trattamento		Svetta 12	Svetta 22
Distanza esbosco		100	100
Distanza concentrazione		15	15
<i>Esbosco cimali separato</i>			
Impegno	ore/T	0.78	0.32
Costo operativo	Euro/ora	63	63
<b>Costo unitario</b>	<b>Euro/T</b>	<b>49.2</b>	<b>20.4</b>
<i>Esbosco misto tronchi e cimali</i>			
Impegno addizionale	ore/T	0.55	0.23
Costo operativo	Euro/ora	63	63
<b>Costo unitario</b>	<b>Euro/T</b>	<b>34.8</b>	<b>14.4</b>

Tab. 6 - Simulazione del concentramento ed esbosco secondo varie ipotesi operative.

del numero di pezzi agganciati. L'esercizio dimostra che l'esbosco congiunto di tronchi e cimali consente un risparmio di quasi il 30 % nel costo di esbosco della biomassa, e che la svettatura a 22 cm permette di ridurre il costo di esbosco della biomassa di oltre la metà. Quest'ultimo risultato dipende in parte dalla dispersione del prelievo, che raramente consentiva di riunire un numero elevato di cimali in un unico viaggio: pertanto, risultava molto difficile compensare il peso ridotto dei cimali da 12 cm con la formazione di carichi più abbondanti – da cui un esbosco particolarmente costoso.

Una volta all'imposto i cimali sono stati accatastati con una gru applicata al trattore agricolo più grosso, il Fendt 308. La gru era piuttosto lenta ed il tempo totale di accatastamento misurato su 154 cimali è stato pari a 1.43 minuti a pezzo per i cimali da 12 cm e 1.83 minuti a pezzo per quelli da 22 cm.

Contrariamente a quanto atteso, il tempo richiesto dalla cippatura non è significativamente differente tra le due tesi: la produttività lorda, inclusiva di tempi morti ed accessori, è risultata pari a 14.1 tonnellate/ora. La produttività netta ovviamente è molto più elevata e raggiunge le 20 tonnellate/ora. Studi precedenti (SPINELLI, HARTSOUGH, 2001) hanno dimostrato che la produttività delle cippatrici è direttamente proporzionale al peso del pezzo medio cippato: occorre capire perché invece nel nostro caso la produttività sia stata pres-

soché identica per due partite di legname che differivano nelle dimensioni medie di un fattore 2.5. La spiegazione più plausibile sta nella differente lunghezza dei cimali: quelli svettati a 22 cm non sono solamente molto più pesanti di quelli svettati a 12 cm, ma sono anche molto più lunghi. Dal momento che le cataste non erano perfettamente allineate, spesso la gru ha dovuto riorientare i cimali durante l'inserimento nella cippatrice, e questa operazione potrebbe essere stata più laboriosa con i cimali di dimensioni maggiori: si tratta però di un'osservazione soggettiva che non è possibile sostanziare con i risultati di misurazioni dirette.

Il cippato prodotto ha una densità di 362 kg/metro stero ed un tenore idrico del 53.8 %. A questi valori corrisponde una densità basale di 167 kg ss/ metro stero, che conferma i risultati delle altre prove eseguite durante l'estate: queste infatti avevano permesso di determinare un valore della densità basale del cippato di circa 175 kg ss/metro stero.

I dati relativi al trasporto sono riportati invece in tabella 7 e sono stati mutuati dai rilievi effettuati precedentemente nel corso dell'estate su veicoli del tutto analoghi a quello impiegato nella prova. Questi rilievi hanno riguardato un numero di osservazioni molto più elevato rispetto a quelle registrate a San Martino di Castrozza, e pertanto sono da ritenersi più affidabili. In particolare si sono adottati i seguenti

Carico	T	13.4	
		Media	Err.Std.
Viaggio su asfalto	min	30.5	0.3
Viaggio su strada forestale	min	18.1	0.1
Manovre	min	4.1	0.4
Carico	min	57.8	9.1
Scarico	min	4.1	0.7
Pesa	min	4.3	0.4
Tempi Morti	min	8.1	1.0
Totale viaggio	min	127.0	
Produttività	T/h	6.3	
Costo orario	€/h	58	
<b>Costo Unitario</b>	<b>€/T</b>	<b>9.2</b>	

Tab. 7 - Produttività e costo del trasporto (Dist.=10 km su asfalto + 2 km su strada forestale).

valori per le velocità di spostamento: 39.4 (Err. Std. 1.3) km/h per il viaggio su strada asfaltata e 13.3 (Err. Std. 0.8) km/h per il viaggio su strada forestale. I tempi di viaggio in tabella si riferiscono ad una distanza di trasporto pari a 10 km su asfalto e 2 km su strada forestale.

Le relazioni illustrate finora hanno permesso di articolare un modello per il calcolo dei costi di lavorazione relativi al recupero di biomassa residua nell'utilizzazione delle fustaie Alpine in terreno trattabile. Esso restituisce il costo di recupero conseguibile con ciascun cantiere in funzione delle ipotesi operative (es. distanze di trasporto) e finanziarie (es. costo orario delle squadre) immesse dall'utente. Il modello è disponibile su richiesta, ed è fornito a tito-

lo gratuito. Per ottenerlo basta inviare una richiesta motivata a: [spinelli@ivalsa.cnr.it](mailto:spinelli@ivalsa.cnr.it) con oggetto "Modello Fustaie Alpine Trattabili".

In tabella 8 è riportato il calcolo del costo di conferimento del cippato, effettuato sulla base di tale modello. Tale costo è pari a 65 e 44 €/T (23 e 16 €/mst) rispettivamente nel caso di svettatura a 12 e a 22 cm. La seconda opzione è certamente più remunerativa, nonostante il mancato ricavo relativo alla conversione in cippato di parte del toname, che rappresenta un costo addizionale.

In figura 3 è rappresentato l'effetto del valore di questo materiale sul costo del cippato, mantenendo inalterato il valore delle altre ipotesi operative (distanza di esbosco,

Trattamento		Svetta 12	Svetta 22
Risparmio allest.	Euro/T		-7.1
Perdita vendita tondo	Euro/T		12.0*
Esbosco	Euro/T	34.8	14.4
Accatastamento	Euro/T	11.3	6.0
Cippatura	Euro/T	9.5	9.5
Trasporto	Euro/T	9.3	9.3
<b>TOTALE</b>	<b>Euro/T</b>	<b>64.8</b>	<b>44.0</b>
	<b>Euro/mst</b>	<b>23.5</b>	<b>15.9</b>

\* calcolato nell'ipotesi di un costo dell'imballo di scarsa qualità pari a 20 €/m<sup>3</sup> allestito in bosco.

Tab. 8 - Calcolo del costo di conferimento del cippato.



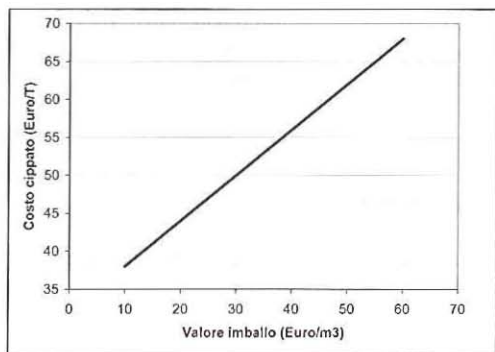


Fig. 3 - Relazione tra costo del cippato e valore del ton-dame con diametro  $\leq 22$  cm.

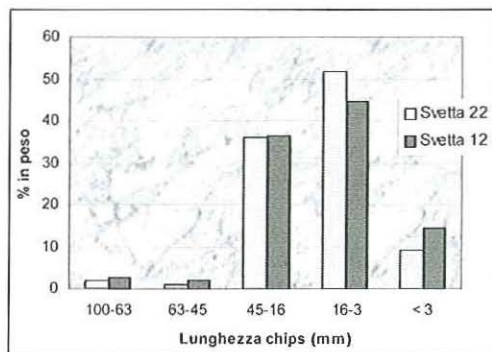


Fig. 4 - Distribuzione dimensionale del cippato per i due trattamenti.

distanza di trasporto, costi di esercizio). Nelle condizioni dello studio, aumentare il diametro di svettatura consente di abbattere il costo di produzione del cippato fino a che il valore dell'imballo di bassa qualità non raggiunge i 50 €/m<sup>3</sup> in bosco, cioè oltre 60 € all'imposto.

### Aspetti qualitativi

La valutazione del cantiere non può prescindere dalla qualità del cippato prodotto: in prima istanza, questa è definita dalla specie legnosa prevalente, dal tenore idrico e dalla granulometria (ZANUTTINI *et al.*, 1998).







Tutto il cippato è stato ottenuto dalla stessa specie arborea, che quindi non costituisce una variabile discriminante.

I due trattamenti non hanno prodotto campioni con umidità significativamente differente, e pertanto si è adottato un valore medio di 53.8 % per il tenore idrico indipendentemente dal trattamento – cioè sveltatura a 12 o a 22 cm.

In figura 4 è riportata la distribuzione dimensionale del cippato prodotto da ciascun trattamento. Non tutte le differenze evidenziate dal grafico sono statisticamente significative. L'analisi della varianza comprova solo la minor percentuale di cippato fine (16-3 mm) e la maggior percentuale di polvere (< 3 mm) contenuta nei campioni ottenuti da cimali sveltati a 12 cm. Entrambe le differenze sono spiegabili con una più elevata incidenza degli aghi, che caratterizza i cimali più piccoli: negli altri invece c'è più legno, e con esso una maggiore tendenza a formare scaglie relativamente grosse. Resta

minima la percentuale di cippato grossolano (63-45 mm) e di sovramisure (> 63 mm) – e questo è un indice di buona qualità.

### Conclusioni

Il taglio a piccoli gruppi genera una *forte diluizione del prelievo che può aumentare il costo di utilizzazione*, soprattutto se si vogliono recuperare anche i cascami per la produzione di biomassa.

L'allestimento fino al diametro minimo in punta di 12 cm e l'esbosco separato degli scarti non fanno altro che aggravare il problema, diluendo ulteriormente il prelievo. In queste condizioni, i trattori deputati all'esbosco non riescono ad accumulare carichi sufficientemente elevati per raggiungere buoni livelli produttivi, ed in effetti è proprio l'esbosco a costituire la voce di costo più elevata in entrambi i trattamenti posti a confronto nel cantiere di San Martino.

Viceversa, il rilascio di cimali più grandi e il loro esbosco in viaggi misti riescono in parte a contrastare la diluizione del prelievo e consentono di abbattere il costo di recupero, che scende di circa un terzo. Anche così il costo di conferimento supera il prezzo medio pagato oggi dagli impianti di teleriscaldamento (12 €/mst), attestandosi su valori che potrebbero risultare accettabili solo in casi particolari, ad esempio durante i ricorrenti periodi di carenza, quando il costo del cippato arriva effettivamente a sfiorare i 16 €/mst.

In ogni caso, i risultati di questo studio ci indirizzano sulla strada giusta, che è quella di ottenere la massima concentrazione possibile della biomassa da recuperare. Fermo restando il tipo di intervento, tale concentrazione potrebbe ottenersi esboscando piante intere ed allestendole all'imposto. Così è molto più facile massimizzare il carico del trattore che effettua l'esbosco, riducendo anche il numero dei pezzi da agganciare, con una conseguente riduzione dei tempi di lavoro. La biomassa residua viene concentrata tutta all'imposto e risulta maggiorata dall'inclusione dei rami inseriti sotto



il cimale, che in questo caso vengono recuperati. Ovviamente occorrerà un imposto abbastanza ampio e ben organizzato, ma la giacitura dei siti trattorabili spesso presenta maggiori opportunità per l'organizzazione di imposti relativamente spaziosi. Ne d'altra parte l'esbosco della pianta intera va inteso in modo letterale, dal momento che le piante possono essere sezionate in due o tre pezzi per facilitarne la movimentazione: l'importante piuttosto è evitare un allestimento completo, che serve solo a moltiplicare il numero di pezzi sparsi in bosco, aumentando l'effetto "diluizione" del taglio a gruppi. Inoltre, la lavorazione all'imposto potrebbe anche consentire una maggiore efficienza nell'utilizzazione del tonname, facilitando esbosco, allestimento ed accatastamento.

Queste comunque sono tutte supposizioni che, per quanto fondate, non sono state ancora verificate in campo: pertanto il lettore dovrebbe analizzarle con il dovuto spirito critico, almeno fino a quando ulteriori studi non saranno in grado di validarne l'esattezza, magari in termini numerici come è stato fatto qui.

Quello che possiamo dire con certezza è che *allo stato attuale e nei tagli a gruppi, non conviene recuperare i cimali svettati in bosco a 12 cm*, e che il recupero di quelli svettati a 22 cm è interessante solo in occasione di particolari congiunture di mercato, che si verificano periodicamente. In tal caso bisognerà portare i cimali presso un imposto accessibile tutto l'anno per sfruttare l'opportunità appena questa si presenti: qui il fattore tempo è fondamentale.

Qualche marginale miglioramento potrebbe ottenersi anche sezionando i cimali più grossi, per facilitare l'alimentazione della cippatrice ed aumentarne la produttività.

*Risultati migliori si potrebbero ottenere esboscando piante intere o applicando il recupero a trattamenti selvicolturali differenti dal taglio a gruppi*, e in grado di offrire un prelievo più concentrato. In tal caso, si potrebbe pensare anche all'uso di macchine più complesse, quali ad esempio il forwarder. Si tratta però di altre situazioni che andrebbero sondate con ulteriori studi.

## Riconoscimenti

Lavoro effettuato per conto e con il contributo di: Servizio Foreste e Fauna della Provincia Autonoma di Trento.

Gli Autori ringraziano in particolare la Dott.ssa Carla Nati per l'impeccabile lavoro di rilievo, il Dott. Roberto Bonfioli per l'ottimo coordinamento generale delle prove e gli Ispettori Fabio Azzalini e Ivan Mott per il validissimo sostegno operativo.

**dott. Raffaele Spinelli**  
**dott.ssa Natascia Magagnotti**

CNR - Istituto per la Valorizzazione  
del Legno e delle Specie Arboree  
San Michele a/Adige (TN)  
e-mail: spinelli@ivalsa.cnr.it

## BIBLIOGRAFIA

BERNETTI G., LA MARCA O., 1983 - *Elementi di dendrometria con esemplificazioni di problemi tecnico-forestali*. Edizioni SCAF, Poppi (AR).

CTI SC09, 2003 - *R03/01 Raccomandazione del Comitato Termotecnico Italiano sui biocombustibili solidi: specifiche e classificazione*. Milano, 54.

FABIANO F., PIEGAI F., 2000 - *L'equipaggiamento forestale per i trattori agricoli*. Sherwood, 58: 23-30.

MİYATA E. S., 1980 - *Determining fixed and operating costs of logging equipment*. General Technical Report NC-55. Forest Service North Central Forest Experiment Station, St. Paul, MN. 14 pp.

OLSEN E., HOSSAIN M., MILLER M., 1998 - *Statistical comparison of Methods Used in Harvesting Work Studies*. OSU FRL Research Contribution 23. Corvallis, Oregon. 41 pp.

PIEGAI F., 2003 - *Tondame di conifere: possibili assortimenti ricavabili*. Sherwood, 89: 33-45.

SPINELLI R., KOFMAN P., 1995 - *Cantieri agricoli e forestali, informatizzazione dei rilievi*. Macchine e Motori Agricoli, 11: 33-35

SPINELLI R., HARTSOUGH B., 2001 - *Indagine sulla cippatura in Italia*. CNR-IRL Contributi Scientifico-Pratici n° XLI, Firenze, 112 p.

ZANUTTINI R., CASTRO G., BERTI S., 1998 - *XILOGLOS - Glossario multilingue dei termini usati in tecnologia del legno. Contributi scientifico-pratici per una migliore conoscenza ed utilizzazione del legno*. C.N.R.-I.R.L., Firenze, pp. 258.