

RAFFAELE SPINELLI (*) - NATASCIA MAGAGNOTTI (*)
BRUCE HARTSOUGH (**)

RACCOLTA INTEGRATA DI TONDAME E BIOMASSA NEL TAGLIO A GRUPPI DI FUSTAIE ALPINE

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. In questo ambito, due cantieri sperimentali hanno esplorato il recupero di biomassa dai tagli di maturità condotti in terreno trattorabile. Le prove di raccolta hanno permesso di costruire un modello elettronico, capace di calcolare il profitto ottenibile dai diversi sistemi di lavoro impiegabili nel taglio a scelta delle fustaie mature di abete rosso in terreno trattorabile. Per le ipotesi riportate sopra, la strategia migliore passa attraverso la meccanizzazione degli interventi e il recupero della biomassa. L'esbosco di piante intere e l'allestimento all'imposto con un processore si conferma come l'opzione più remunerativa, anche quando non sia possibile valorizzare la biomassa in modo adeguato.

Parole chiave: biomassa; meccanizzazione; Alpi; processore; utilizzazioni.
Key words: biomass; mechanization; Alps; processor; logging.

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. In questo ambito, cinque cantieri sperimentali hanno esplorato le principali alternative disponibili per il recupero di biomassa dai tagli di maturità: tre cantieri hanno riguardato stazioni a forte pendenza, dove l'esbosco era eseguito con teleferica e il recupero poteva essere effettuato solo esboscando piante intere (SPINELLI *et al.*, 2006); i restanti due cantieri invece sono stati condotti in terreno trattorabile, su cui si potevano adottare diversi sistemi di lavoro.

(*) Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree - San Michele all'Adige (TN).

(**) University of California, Biological and Agricultural Engineering Dept. - Davis, California (USA).

L'accesso di trattori infatti rendeva possibile anche il prelievo separato di tronchi e biomassa, consentendo il recupero anche quando si fosse applicato il sistema di lavoro tradizionale del legno corto.

Questo prevede l'allestimento sul letto di caduta e l'esbosco del legname già in forma di assortimenti. I suoi vantaggi principali consistono nel poter utilizzare mezzi di esbosco relativamente leggeri, e nell'adattarsi anche ad imposti molto angusti. Gli svantaggi stanno invece nella limitata produttività della meccanizzazione leggera e nello sfruttamento incompleto della biomassa disponibile, dal momento che solo i cimali possono essere vantaggiosamente recuperati, mentre i rami vengono abbandonati in bosco.

Il sistema della pianta intera prevede invece l'esbosco di piante complete di rami, che sono allestite una volta all'imposto. Qui i vantaggi consistono nella maggiore comodità di lavoro, eventualmente meccanizzabile con l'uso di un processore. Inoltre è possibile recuperare tutta la biomassa disponibile, dal momento che i rami recisi sono concentrati all'imposto e possono essere raccolti con grande facilità. Gli svantaggi consistono invece nella necessità di trovare imposti più spaziosi, e di impiegare mezzi di esbosco molto potenti, dato che il semplice trattore agricolo non può trascinare agevolmente piante intere dal peso spesso superiore alle due tonnellate. Inoltre, l'allestimento deve essere effettuato appena le piante sono giunte all'imposto, per consentire l'accatastamento del legname e il conseguente sgombero del piazzale: pertanto la squadra addetta all'esbosco e quella addetta all'allestimento devono lavorare in sequenza, con il rischio che si verifichino interferenze o attese.

Questo studio vuole accertare le condizioni che rendono preferibile l'uno o l'altro sistema, ed i risultati economici ottenibili. In sostanza vogliamo capire: a) quale è il costo complessivo dell'intervento con ciascuno dei due sistemi; b) a quale dei due sistemi conviene ricorrere, e quando; c) quale è il beneficio ottenibile dall'uso di un processore; d) come bilanciare le squadre e ridurre interferenze ed attese.

LE PROVE

Le prove sono state effettuate su due siti distinti, entrambi rappresentativi della fustaia Alpina di conifere in terreno trattorabile (tabella 1). Tuttavia, mentre nel cantiere n° 1 la circolazione del trattore era possibile su tutta la superficie, nell'altro era confinata a piste di esbosco predefinite, a causa della relativa acclività del terreno.

In entrambi i casi il trattamento applicato consisteva in un taglio a

Tabella 1 – Descrizione stazionale delle parcelle sperimentali (m³ sopra corteccia).

Cantiere	n°	1	2
Località		San Martino	Monte Pertica
Comune		San Martino	Seren del Grappa
Provincia		TN	BL
Superficie	ha	6,7	4,6
Altitudine prevalente	m slm	1450	1510
Specie		A. rosso-Larice (95/5)	A. rosso-Larice (97/3)
Età prelievo	anni	150-170	75-85
Intervento		Taglio a gruppi	Taglio a gruppi
Prelievo – Piante	n°	154	271
Prelievo – Tondame	m ³	375	345
Prelievo – Biomassa	t	30	125
Prelievo – Piante	n°/ha	23	59
Prelievo – Tondame	m ³ /ha	56	75
Prelievo – Biomassa	t/ha	4,5	27,2
Pianta media prelevata	m ³ corm.	2,44	1,27
Pianta media prelevata	t corm.	1,99	1,02
Pianta media prelevata	t biomassa	0,19	0,46
Ø 1,30 prelievo	cm	48,7	42,1
Pendenza media	%	15	38
Accidentalità	Classe	1 (bassa)	2 (media)
Densità del legno tondo	kg /m ³	817	798
Tenore idrico	% sul fresco	54,1	55,1

gruppi con prevalente finalità colturale, ma il popolamento Trentino era più sviluppato ed ha prodotto individui in media più grandi: la minor quantità di biomassa ottenuta da questo popolamento non è dipesa da una minore dotazione, ma piuttosto dall'allestimento effettuato in bosco, che ha consentito di recuperare solo i cimali, mentre i rami sono stati abbandonati. In totale, le prove hanno interessato oltre 11 ha, da cui si sono ricavati 720 m³ di tondame da sega e 1500 quintali di biomassa.

Nel cantiere n° 1 le piante sono state abbattute ed allestite da un operaio munito di motosega media, che aveva 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, per verificare l'effetto del diametro di svettatura sulla produttività dell'allestimento manuale e sulla quantità di biomassa recuperabile: queste analisi hanno poi costituito l'oggetto di uno studio separato (SPINELLI e MAGAGNOTTI, 2005). Successivamente, tronchi e cimali sono stati esboscati da tre operai con un trattore agricolo da 80 CV munito di verricello ed allestito per il lavoro in foresta (FABIANO e PIEGAI, 2000). All'imposto i cimali sono stati accatastati da un altro operaio con un secondo trattore munito di rimorchio forestale e gru, che provvedeva

anche ad accatastare separatamente tronchi e cimali. La disponibilità del rimorchio consentiva all'occorrenza anche la movimentazione del materiale su brevi distanze.

Nel cantiere n° 2 le piante sono pure state abbattute da un operaio munito di motosega media, che eventualmente sezionava in due pezzi gli individui più grandi. Successivamente, le piante intere sono state esboscate da tre operai con un trattore forestale tipo *skidder*, azionato da un motore da 120 CV e munito di doppio verricello radiocomandato. All'imposto le piante erano allestite con motosega da una squadra di due operai, mentre un terzo operaio accatastava separatamente tronchi e ramaglia con un trattore agricolo munito di rimorchio forestale e gru, come nel caso precedente. Tutte le piante sono state svettate al diametro minimo di 22 cm, per velocizzare il lavoro.

Nessuno dei due cantieri prevedeva l'allestimento meccanizzato, e pertanto si sono individuate altre due utilizzazioni dove le piante mature di abete rosso erano allestite all'imposto con processore. Qui i rilievi hanno riguardato solo il lavoro dei due processori, rappresentativi di due diverse tecnologie: quella a moto alternato, più economica ma anche meno produttiva, e quella a rulli, più efficace ma anche più pesante e costosa. Nel primo caso, infatti, la pianta è trascinata attraverso l'abbraccio dei coltelli dal moto alternato di una pinza scorrevole: questa è azionata da un martinetto idraulico, che ha un costo modesto ed un assorbimento di potenza abbastanza contenuto. Il processore a rulli impiega invece due o più rulli per far avanzare la pianta in lavorazione, ed è nettamente più veloce: tuttavia, i rulli sono azionati da potenti motori idraulici, generalmente più costosi del singolo martinetto e molto più esigenti in termini di portata idraulica. Durante il periodo di studio ciascun processore ha lavorato oltre 200 piante, con diametro a petto d'uomo variabile tra 20 e 70 cm: in tal modo è stato possibile rapportare la produttività alla dimensione delle piante lavorate, così da poter poi simulare l'allestimento meccanizzato delle piante esboscate nel cantiere di Seren del Grappa con i due diversi tipi di processore. Entrambe le macchine erano affidate al solo conduttore, che lavorava in proprio. Il cronometraggio effettuato sui due processori ha occupato un tempo totale lordo di 97 ore, da aggiungersi alle 317 necessarie per lo studio completo dei due cantieri sperimentali.

MATERIALI E METODI

Il diametro a petto d'uomo di tutte le piante è stato rilevato con un cavalletto dendrometrico, e tutte le piante sono state identificate con un numero d'ordine – a sua volta associato ai tronchi ricavati nel corso dell'al-

lestimento, che sono stati tutti cubati attraverso la misura della lunghezza totale e del diametro a metà (BERNETTI e LA MARCA, 1983). La stessa procedura è stata seguita per il legname lavorato con i due processori – pure cubato integralmente pianta per pianta.

La quantità di biomassa effettivamente recuperata è stata misurata avviando tutti i carichi ad una pesa certificata. Il tenore idrico del materiale è stato determinato in base alla norma UNI 9017, su 10 campioni per sito.

I tempi di lavoro sono stati registrati con computer portatili ognitempo *Husky Hunter*, muniti dell'apposita installazione *Siwork 3* (SPINELLI e 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 dell'utilizzazione, dall'abbattimento al trasporto. Le distanze di esbosco sono state rilevate con un distanziometro laser o con un topofilo.

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 riportate in tabella 2.

Tabella 2 – Ipotesi impiegate per il calcolo dei costi macchina, e risultato finale.

ATTREZZATURA	INVESTIMENTO €	VITA SERVIZIO anni	MONTE ORE ore/anno	ADDETTI n°	COSTO ORARIO €/ora lorda
Motosega	700	2	1000	1	22,2
Trattore e verricello	38.000	8	1000	3	78,6
Skidder	140.000	8	1000	3	104,6
Trattore e rimorchio	90.000	8	1000	1	58,2
Processore a sfilo	110.000	8	1000	1	61,7
Processore a rulli	200.000	8	1000	1	94,5

RISULTATI

I principali risultati dello studio sono illustrati in tabella 3, e riguardano tutte le fasi della lavorazione fino all'accatastamento presso un imposto accessibile agli autocarri.

Apparentemente, il sistema della pianta intera comporta un costo di lavorazione doppio rispetto a quello ottenibile con il sistema del legno corto: infatti, il risparmio nella fase di abbattimento non compensa l'aumento dei costi di esbosco e di allestimento all'imposto. Il maggior recupero di biomassa relativo all'esbosco di piante intere non cambia la situazione in maniera sostanziale: applicando un prezzo medio all'imposto di 15 €/t per la biomassa tal quale, e sottraendo il ricavo della vendita di biomassa dal costo totale di lavorazione, si ottiene uno sconto di 1,2 €/ m³ per il cantiere n° 1 e di 5,4 €/ m³ per il cantiere n° 2 – con un saldo rispettivamente di 18 €/ m³ contro 33 €/ m³.

Tabella 3 – Tempo impiegato e costi di raccolta (m³ sopra corteccia).

Cantiere	n°	1	2
Sito		San Martino	Mt. Pertica
Tondame	m ³	375	345
Biomassa	t	30	125
Piante	n°	154	271
Abbattimento	ore	111,9	18,1
	€/ora	22,2	22,2
	Euro	2484,4	401,8
	€/ m³	6,62	1,16
Distanza concentrazione	m	19	36
Distanza esbosco	m	97	227
Esbosco	ore	48,2	66,0
	€/ora	78,6	104,6
	Euro	3788,5	6903,6
	€/ m³	10,10	20,02
Lavoro all'imposto	ore	15,4	58,2
	€/ora	58,2	102,5
	Euro	896,3	5965,5
	€/ m³	2,39	17,29
Totale	€/ m³	19,11	38,46

Tuttavia un paragone diretto tra i dati dei due cantieri può essere fuorviante: il cantiere n° 1 infatti offriva condizioni di lavoro molto più favorevoli rispetto al cantiere n° 2, quali la maggiore dimensione dei fusti e le distanze di concentrazione ed esbosco molto più brevi.

Da qui l'importanza di una simulazione che consenta di ripetere a tavolino gli stessi confronti, ma in condizioni operative standardizzate. A tale scopo si è costruito un foglio di calcolo capace di restituire le produttività e i costi delle varie fasi di lavoro, in funzione delle condizioni operative e delle ipotesi economiche impostate dall'utente. Il foglio di calcolo coordina semplicemente i diversi modelli matematici che descrivono le relazioni tra il tempo impiegato in una specifica operazione e le condizioni sotto cui questa avviene. Tali relazioni sono state ottenute attraverso l'analisi statistica dei dati grezzi, impiegando le tecniche della regressione lineare multipla e dell'analisi della varianza (SAS, 1999). In totale sono stati costruiti 8 modelli, grazie ai quali è possibile effettuare stime affidabili, per verificare la convenienza di questa o quella scelta.

Inoltre, il foglio di calcolo contiene un'interfaccia per la stima del costo delle squadre, dove ciascuno può impostare liberamente le proprie ipotesi economiche, quali ad esempio il periodo di ammortamento, la retribuzione oraria del personale, il costo della manutenzione, la quota di spese generali etc. Lo stesso vale per il prezzo della biomassa e del tondame, che possono essere cambiati per riflettere specifiche realtà di mercato.

Il foglio di calcolo è stato sviluppato per effettuare la simulazione di cantieri in cui le piante siano svettate al diametro minimo di 22 cm, che è ormai una tendenza generale con le conifere: oltretutto, studi recenti hanno dimostrato che non è conveniente recuperare i cimali quando le piante sono state svettate a diametri inferiori, dal momento che la massa individuale del materiale movimentato è troppo piccola per consentire una produttività adeguata (SPINELLI e MAGAGNOTTI, 2005).

In tabella 4 sono riportati i risultati di una simulazione effettuata per paragonare le prestazioni economiche dei due sistemi di lavoro in condizioni di lavoro identiche, così da evidenziare le reali differenze che sottintendono scelte diverse. Per il sistema della pianta intera si sono previste tre varianti per l'allestimento all'imposto: manuale con motosega, meccanico con processore a moto alternato e meccanico con processore a rulli. Infine si è inclusa anche la simulazione di un cantiere tradizionale, senza recupero della biomassa, che funge da controllo e serve ad indicare l'eventuale beneficio ottenibile meccanizzando l'allestimento e recuperando i residui di utilizzazione. Le ipotesi di calcolo sono quelle medie per tutti i cantieri studiati (inclusi i due cantieri parziali con processore), e cioè: un diametro medio a petto d'uomo della pianta prelevata di 42 cm, una distanza di concentramento fino a 30 m e una distanza di esbosco fino a 300 m. Il valore del legname depositato all'imposto è stato stimato pari a 60 €/m³ per il tondame (ROSSI, 2005) e 30 €/t s.s. per la biomassa da cippare. La consistenza del lotto è stata ipotizzata pari a 100 piante, per un totale di 122,2 m³ sopra corteccia.

La simulazione dimostra che il recupero separato di tronchi e cimali non è conveniente: se la pianta è allestita in bosco è meglio abbandonare i residui di utilizzazione, perché un eventuale recupero costa più di quanto non renda, e alla fine determina una perdita di circa 10 € per metro cubo di tondame utilizzato.

Viceversa, il sistema della pianta intera risulta sempre conveniente, permettendo guadagni aggiuntivi variabili tra il 10 e il 30% rispetto a quanto ottenibile con il sistema tradizionale del legno corto. Tali guadagni sono tanto maggiori quanto più è meccanizzato il cantiere, ed infatti dipendono soprattutto dalla possibilità di sostituire l'allestimento manuale con quello meccanico: l'introduzione del processore consente un abbattimento del costo di lavorazione compreso tra il 10 e il 25%, a seconda del tipo di macchina. I risultati migliori ovviamente si ottengono con il processore a rulli, più efficiente e produttivo di quello a moto alternato. In questo scenario, il recupero della biomassa offre un introito aggiuntivo, che migliora la situazione ma non la cambia in modo sostanziale. Solo quando l'allestimento è effettuato manualmente con la motosega, è la biomassa che fa pendere l'ago della bilancia a favore del sistema della pianta intera: in questo caso, se non fosse possibile vendere il residuo di utilizzazione probabilmente converrebbe restare con il sistema tra-

dizionale, che a fronte di un costo di lavorazione pressoché identico offre i vantaggi di una maggiore semplicità organizzativa e di un investimento complessivo nettamente minore. Tuttavia, per le ipotesi considerate il recupero dei residui determina un introito aggiuntivo di circa 4 € per m³ di tondame e riesce a motivare l'utilizzazione della pianta intera.

Il foglio di calcolo descritto sopra ha un campo di applicazione molto ampio, e può essere impiegato per verificare l'influenza di vari fattori stagionali ed economici sul rendimento dei diversi cantieri. Le simulazioni condotte di seguito vogliono rispondere ad alcuni interrogativi specifici, ed esemplificano il possibile uso del modello.

Il ricorso al processore apre l'ormai notissima problematica degli ammortamenti. Quante ore all'anno deve lavorare una macchina costosa e specializzata per risultare conveniente rispetto ai sistemi di lavoro tradizionali? All'interrogativo è possibile rispondere in modo agevole, attraverso un'apposita simulazione: mantenendo inalterate tutte le ipotesi della simulazione iniziale riportata in tabella 4, abbiamo testato diversi livelli di utilizzazione annua. I risultati sono riportati in figura 1, e mostrano come i cantieri meccanizzati siano comunque più remunerativi rispetto al sistema di lavoro tradizionale già a partire dal livello minimo di utilizzo considerato, pari a 400 ore/anno. Evidentemente, essi sono più sensibili dei cantieri tradizionali ad un eventuale incremento del volume di lavoro, e la loro remuneratività cresce rapidamente con il monte ore annuo. Tale aumento è particolarmente marcato tra le 400 e le 700 ore di lavoro/anno – e quest'ultimo valore potrebbe rappresentare infatti il «livello minimo ottimale» per l'impiego del processore. Sicuramente è opportuno specificare che i processori considerati in questo studio sono entrambi allestiti a partire da un escavatore, e quindi molto più economici rispetto alle versioni Scandinave su motrice dedicata. La mobilità di un escavatore è decisamente molto minore rispetto a quella di una motrice forestale specializzata, ma ciò non costituisce un grosso pregiudizio per macchine destinate a lavorare all'imposto. Per contro, l'investimento iniziale è quasi dimezzato, restando entro i 110.000 € per la macchina a moto alternato e intorno ai 200.000 € per quella a rulli. Da questo dipende la possibilità di operare economicamente anche a livelli di utilizzo molto ridotti, che invece potrebbero rivelarsi limitanti nei confronti di macchine specializzate più costose.

In figura 1 si nota anche come il sistema tradizionale sia più conveniente del sistema della pianta intera non meccanizzato quando l'utilizzo annuo delle macchine sia inferiore alle 500 ore: questo si spiega con il fatto che l'esbosco di piante intere impone comunque l'uso dello *skidder*, nettamente più costoso del trattore agricolo versione forestale. Abbiamo già visto che il sistema della pianta intera consente margini di guadagno abbastanza limitati quando non sia possibile meccanizzare l'allestimento, ed evi-

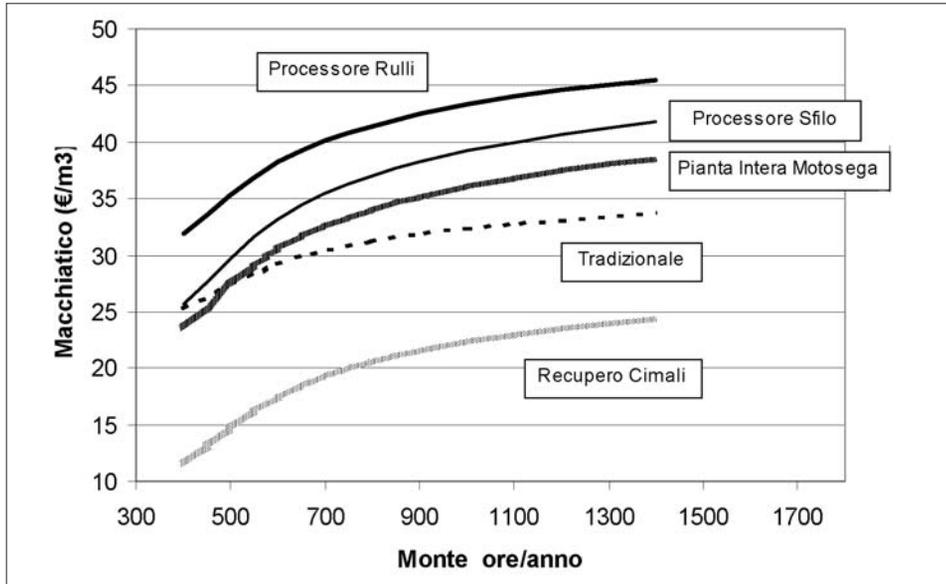


Figura 1 – Utilizzo annuo delle macchine e valore di macchiatico del tonname.

dentemente questi margini di guadagno non sono sufficienti a compensare il costo addizionale di uno *skidder* sottoutilizzato.

A queste considerazioni si ricollega la simulazione effettuata di seguito, che riguarda il solo esbosco. Lo scopo è quello di paragonare l'efficienza economica di trattore e *skidder* in funzione della distanza di esbosco. I risultati sono importanti perché servono a chiarire meglio le effettive possibilità di impiego dei diversi sistemi di lavoro: infatti, la lavorazione all'imposto richiede spazi maggiori rispetto a quelli necessari quando si esboscano i tronchi già allestiti, e a parità di condizioni può imporre una movimentazione su distanze più elevate, nella ricerca di un imposto idoneo. In tal caso, un paragone corretto tra i due sistemi non avviene più su distanze uguali, ma su distanze diverse – che sono maggiori per il sistema della pianta intera. Per questo motivo, è importante sapere se lo *skidder* offre un margine di efficienza capace di compensare una eventuale maggior distanza di esbosco. In figura 2 sono riportati i costi di esbosco in funzione della distanza coperta: nel caso dello *skidder* il calcolo è stato effettuato secondo due modalità distinte, e cioè senza considerare il valore della biomassa aggiuntiva trasportata, oppure considerandolo pari alla metà del prezzo pagato all'imposto, nell'ipotesi che l'altra metà vada a coprire il costo aggiuntivo dell'accatastamento.

Se non si considera il valore addizionale della biomassa, l'impiego dello *skidder* risulta vantaggioso solo quando la distanza di esbosco supera i

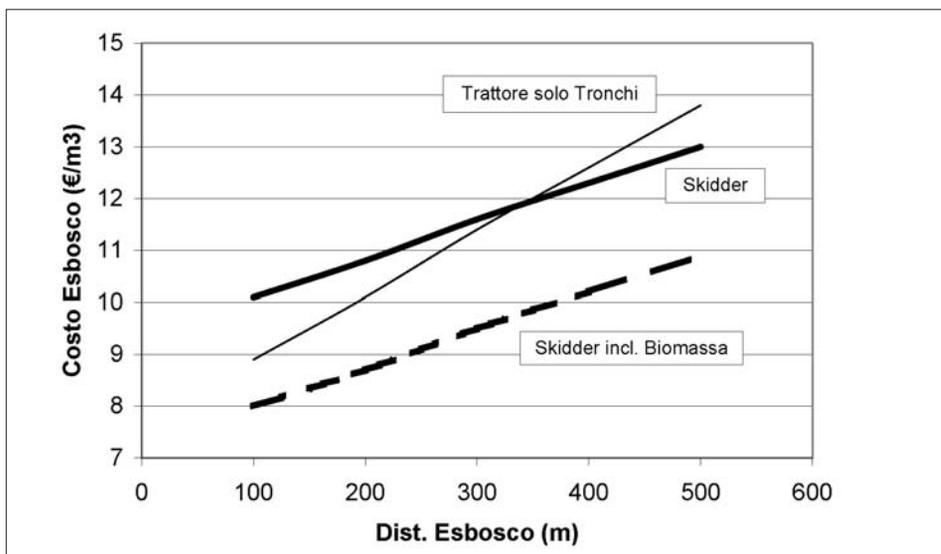


Figura 2 – Costo di esbosco in funzione della distanza coperta.

300 m. Il quadro cambia nettamente se si considera il valore addizionale della biomassa trasportata, che è pari a circa 380 kg s.s. per viaggio. In tal caso, l'impiego dello *skidder* è sempre vantaggioso e consente di ridurre il costo di esbosco di una quota variabile tra il 10 e il 20% in funzione della distanza coperta. Fissando il costo di esbosco a 10 €/m³, il trattore arriva ad esboscare solo fino a 200 m e lo *skidder* a quasi 400: si verifica perciò il caso ipotizzato, in cui il sistema meccanizzato riesce ad esplorare distanze maggiori, compensando almeno in parte la minore disponibilità di imposti adatti per un suo eventuale impiego.

CONCLUSIONI

Le prove di raccolta hanno permesso di costruire un modello elettronico, capace di calcolare il profitto ottenibile dai diversi sistemi di lavoro impiegabili nel taglio a scelta delle fustaie mature di abete rosso in terreno trattorabile.

Per le ipotesi riportate sopra, la strategia migliore passa attraverso la meccanizzazione degli interventi e il recupero della biomassa. L'esbosco di piante intere e l'allestimento all'imposto con un processore si conferma come l'opzione più remunerativa, anche quando non sia possibile valorizzare la biomassa in modo adeguato. Evidentemente, la vendita della biomassa non può che aumentare il beneficio economico dell'intervento, e va considerata con attenzione, soprattutto alla luce di un mercato che ormai è in rapida crescita.

Tuttavia, il sistema di lavoro della pianta intera non può sostituire quello tradizionale del legno corto senza che siano soddisfatte talune specifiche condizioni. Tra queste le più importanti sono: un utilizzo abbastanza intenso delle attrezzature impiegate, la disponibilità di imposti sufficientemente spaziosi e un adeguato bilanciamento dei cantieri. Tutte possono essere soddisfatte anche nella realtà Alpina Italiana, almeno in buona parte dei casi.

La necessità di utilizzare in modo intenso le costose attrezzature meccaniche può essere alleviata dal ricorso a versioni semplificate e più economiche: trattandosi qui di processori, è possibile suggerire l'impiego di versioni su escavatore, molto meno costose di quelle su motrice dedicata, e quasi altrettanto produttive se impiegate all'imposto. Lo studio indica che un impiego minimo di 700 ore/anno può essere adeguato per queste macchine, e consente di mantenerne la competitività rispetto ai sistemi di lavoro tradizionali a bassa meccanizzazione.

La lavorazione all'imposto richiede spazi più ampi rispetto a quelli necessari per il solo scarico ed accatastamento: tuttavia l'esbosco di piante intere implica il ricorso allo *skidder*, che è più efficiente del trattore agricolo e può coprire distanze anche doppie per il medesimo costo di esbosco. Questo facilita la ricerca di imposti idonei, dal momento che non è necessario fermarsi subito a quello più vicino per timore di un aumento eccessivo del costo di esbosco, come quando l'operazione sia affidata al trattore agricolo.

Il bilanciamento dei cantieri è un'operazione particolarmente delicata, che può essere condotta con successo solo da operatori esperti e motivati. In assenza di imposti eccezionalmente ampi, l'esbosco di piante intere determina una stretta dipendenza tra la squadra che effettua l'esbosco e quella incaricata dell'allestimento. Tale dipendenza è ancora maggiore quando l'allestimento è meccanizzato, perché in tal caso non è possibile spostare operai da una squadra all'altra per velocizzare quella momentaneamente rimasta indietro. Lo studio dimostra che il processore è generalmente più veloce dello *skidder*, e può subire tempi di attesa anche importanti: per limitarne l'incidenza è possibile adottare diverse strategie. Innanzitutto, si può scegliere un processore meno produttivo, se si prevede che l'esbosco non riesca a procedere in modo abbastanza rapido. Nel caso specifico del nostro studio, si può optare per il processore a moto alternato piuttosto che per quello a rulli, accettando in controparte un minor profitto potenziale. Altrimenti, è possibile aumentare la consistenza delle unità di esbosco, rifornendo il processore con due *skidder* invece di uno. Questa strategia implica ovviamente la disponibilità di un secondo *skidder* e la presenza di più vie di esbosco dirette al medesimo imposto, così da evitare che entrambi gli *skidder* lavorino sulla stessa pista e si intralcino a vicenda. Evidentemente stiamo parlando già di un notevole sforzo organizzativo, che però è senz'altro più generalizzabile di quello già adottato in precedenza su terreno pendente, e che consiste nell'al-

lestire contemporaneamente due linee di teleferica e farle convergere sul medesimo piazzale (AA.VV., 2003). La terza strategia è quella ancora meno esplorata, e forse la più promettente, e consiste nel trovare al processore un lavoro alternativo per riempire i momenti di attesa. I processori osservati in questo studio sono particolarmente adatti a lavorare anche come caricatori, e potrebbero essere impiegati eventualmente per riempire dei container scarrabili lasciati all'imposto dai mezzi di trasporto. In tal modo, mentre gli autocarri effettuano il viaggio, il processore potrebbe caricare i container alternativamente con tronchi e biomassa, a seconda dei casi. Recenti studi Americani (RAWLINGS *et al.*, 2004) confermano il notevole potenziale di questa soluzione, che offrirebbe il duplice vantaggio di agevolare il bilanciamento dei cantieri e di ridurre il costo di trasporto del legname.

In ogni caso, meccanizzazione e recupero della biomassa sono due elementi imprescindibili per migliorare il rendimento economico degli interventi forestali. Lo sviluppo del settore deve saper sfruttare queste opportunità in modo adeguato, per valorizzare le risorse disponibili, aumentare la sostenibilità economica della selvicoltura e migliorare le condizioni di lavoro degli operatori.

RICONOSCIMENTI

Lavoro svolto nell'ambito del progetto transnazionale Leader Plus «Sviluppo della filiera foresta-legno-energia attraverso il rafforzamento dell'associazionismo forestale» ed effettuato con il contributo di: Comunità Montana Feltrina, Servizio Foreste e Fauna della Provincia Autonoma di Trento, Servizio Selvicoltura e Antincendi Boschivi della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Associazione Montegrappa, Magnifica Comunità di Fiemme, Consorzio Boschi Carnici.

Gli Autori ringraziano in particolare la Dott.ssa Carla Nati, il Dott. Francesco Scopel, il Dott. Matteo Aguanno e la Dott.ssa Erika Antenna per il validissimo sostegno operativo, e le Ditte Scariot, Bettega e BDM per la collaborazione durante i rilievi.

SUMMARY

Integrated harvesting of roundwood and biomass from the group-cuts in Alpine forests

In 2003 CNR has launched a four-year research programme aimed at testing the best technology options for harvesting forest biomass on the Eastern Alps. The experimental plan included two tests on the recovery of residue biomass from maturity cuts in tractor terrain. The tests allowed assembling an electronic model that can

calculate the profit obtained with alternative technology options, suitable for the group-selection harvest of mature spruce stands in tractor terrain. For the hypotheses tested, the best strategy includes mechanical processing and biomass recovery. Skidding whole trees and processing them at the landing confirms as the most profitable alternative, even when biomass prices are low.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 2003 – *Tagungskatalog zur AUSTROFOMA 2003*. Landwirtschaftskammer für Oberösterreich, Linz. pag. 121-122.
- BERNETTI G., LA MARCA O., 1983 – *Elementi di dendrometria con esemplificazioni di problemi tecnico-forestali*. Edizioni SCAF, Poppi (AR).
- BERTI S., PIEGAI F., VERANI S., 1989 – *Manuale d'istruzione per il rilievo dei tempi di lavoro e delle produttività nei lavori forestali*. Quaderni dell'Istituto di Tecnologia ed Assestamento Forestale – Università degli Studi di Firenze, Fascicolo IV.
- FABIANO F., PIEGAI F., 2000 – *L'equipaggiamento forestale per i trattori agricoli*. Sherwood n. 58: 23-30.
- MIYATA 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.
- RAWLINGS C., RUMMER B., SEELEY C., THOMAS C., MORRISON D., HAN H., CHEFF L., ATKINS D., GRAHAM D., WINDELL K., 2004 – *A study of how to decrease the costs of collecting, processing and transporting slash*. Montana Community Development Corporation. Missoula (MT). 21 pp.
- ROSSI V., 2005 – *Borsa Legno*. Tecnico Pratiko n. 14: 18-19.
- SAS INSTITUTE INC., 1999 – *StatView Reference*. SAS Publishing, Cary, NC. p. 84-93. ISBN-1-58025-162-5.
- SPINELLI R., KOFMAN P., 1995 – *Cantieri agricoli e forestali, informatizzazione dei rilievi*. Macchine e Motori Agricoli, n.11: 33-35
- SPINELLI R., MAGAGNOTTI N., 2005 – *Recupero di biomassa residua nel taglio a gruppi in fustaia alpina*. Dendronatura n. 2: 49-60.
- SPINELLI R., NATI C., MAGAGNOTTI N., 2006 – *Recupero di biomassa: alcune utilizzazioni di boschi Alpini*. Sherwood n. 119:1-7.