

RAFFAELE SPINELLI
 NATASCIA MAGAGNOTTI
 GABRIELLA RIVABEN

Condizioni di sostenibilità economica nella gestione delle pinete artificiali

Introduzione

L'attività di rimboschimento con il pino nero (*Pinus nigra* Arn.) ha interessato diverse aree del territorio italiano già alla fine del 1800, ha avuto un forte impulso nei primi decenni del 1900 e si è protratta fino al secondo dopoguerra. Le motivazioni di questo massiccio intervento, le condizioni selvicolturali e strutturali dei boschi, le caratteristiche ecologiche della specie, le patologie che ormai da tempo affliggono i popolamenti edificati artificialmente con la conifera sono storia nota ai più.

Il disinteresse per la risorsa legnosa, motivato da aspetti di ordine sociale ed economico, ha caratterizzato buona parte della montagna italiana a partire dal secondo dopoguerra. Un cambiamento di tendenza è avvenuto negli anni '70 del secolo scorso e le foreste hanno risvegliato nuovamente interesse anche se per motivi e con modalità sicuramente diversi dal passato. L'abbandono, nel frattempo, ha giocato un ruolo fondamentale nello sviluppo di tutti i popolamenti forestali, compresi quelli artificiali di pino nero. Dopo circa quarant'anni di mancato utilizzo i boschi si presentavano ricchi di biomassa ma destrutturati rispetto ai modelli selvicolturali di riferimento.

In provincia di Verona le pinete rappresentano un'importante tassello della compagine forestale con i loro 1600 ettari circa

su un totale di quasi 46.800 ha di superficie forestale (DEL FAVERO, 2006). Occupano principalmente la fascia pedemontana dove sono stati messi a dimora per ricoprire superfici denudate ma vocate ad ospitare ostrieti, ostrio-querceti e più raramente faggete, per coniferare cedui da cui ottenere legname da opera, per migliorare cedui degradati da uno sfruttamento irrazionale.

Questi boschi, a seconda delle condizioni edafiche e climatiche, hanno avuto una crescita rigogliosa o, al contrario, stentata. Soprattutto in quest'ultimo caso, non essendo mai stati effettuati diradamenti, presentano ancora oggi densità eccessive, problemi patologici ed assenza di rinnovazione. Alcuni, tuttavia, si caratterizzano per la presenza andante sotto copertura di latifoglie che necessitano di luce e spazio per affermarsi; altre, invece, fitte e buie, mancano del corredo floristico tipico degli strati erbaceo ed arbustivo.

Tutti comunque sono arrivati alla fine del loro ciclo o meglio hanno esaurito, alcuni meglio altri peggio, il compito precipuo per cui erano stati messi a dimora, vale a dire fornire copertura e stabilità ai terreni nudi e migliorare la lettiera per favorire l'insediamento della vegetazione autoctona.

Dubbi nascono su quale possa essere ora la gestione selvicolturale migliore (AMORINI, FABBIO, 1992). Escludendo lo smantellamento contemporaneo, talvolta auspicato

da proprietari di appezzamenti invasi dalla processionaria, ma contrario all'obiettivo primario di salvaguardia idrogeologica sancito dal Regio Decreto del 1923, è necessario adottare una politica gestionale che tenga conto di tutti gli aspetti in gioco.

In questi popolamenti il Servizio Forestale Regionale (SFR) di Verona effettua da un ventennio, con proprie maestranze qualificate e compatibilmente con le risorse a disposizione, interventi che mirano a velocizzare la sostituzione delle conifere con le latifoglie. Sono stati effettuati diradamenti andanti per ridurre la densità eliminando per primi i soggetti con il fenotipo peggiore oppure gli individui di dimensioni tali che, se abbattuti dopo l'affermazione delle latifoglie, avrebbero potuto creare danni.

Inizialmente il SFR si faceva carico delle sole operazioni di abbattimento, stramatura e depezzatura. Il materiale di risulta doveva essere esboscato dal proprietario. Il legname ricavato tuttavia non destava alcun interesse e i costi per portarlo fuori dal bosco superavano gli eventuali benefici quali la vendita presso segherie produttrici di bancali o l'utilizzo come legna da ardere, peraltro scarsamente considerato nell'area veronese. La tendenza, pertanto, era quella di lasciarlo marcire in bosco. Il pino nero, come noto infatti, essendo cresciuto in zone lontane dal suo *optimum* climatico, presenta, nella maggior parte dei casi, caratteristiche tecnologiche scadenti, che impediscono di allocarlo, salvo casi molto rari, sul mercato della paleria e ovviamente meno che meno su quello del materiale da opera.

Il permanere in bosco di grossi quantitativi di legname creava problemi, soprattutto per il rischio di incendi, e pertanto si è stabilito di effettuare anche l'esbosco a bordo della prima strada utile. Tale decisione è stata presa anche perché i rimboschimenti sono stati effettuati nei decenni passati su terreni messi volontariamente a disposizione dell'Amministrazione forestale statale da privati cittadini. Il miglioramento selvicolturale ed ecologico delle pinete è pertanto un impegno che l'Amministrazione forestale regionale ha ereditato dalla precedente e

a cui vuole prestar fede, sempre nei limiti dei finanziamenti concessi.

I tecnici del SFR di Verona valutando che, nonostante i diradamenti già effettuati in alcuni centinaia di ettari, la densità appariva, a distanza di dieci anni, ancora colma hanno deciso di intervenire, anziché in maniera andante su tutta la superficie, con tagli a buche o a strisce. I popolamenti fitti edificati da individui filati hanno sempre imposto riprese modeste per scongiurare il pericolo di ribaltamenti e stroncamenti delle piante che restano a dotazione del bosco. Questo modo di operare, del resto già sperimentato in altre realtà forestali (GUGLIOTTA, MERCURIO, 2003), presenta alcuni vantaggi. Il taglio viene localizzato nelle aree dove vi è la presenza di rinnovazione di latifoglie, le operazioni tecniche, dalla scelta delle piante da tagliare fino all'esbosco, sono velocizzate, si ottengono quantitativi di materiale che possono destare interesse per il mercato. Si tratta tuttavia di interventi che senza il finanziamento pubblico, come in seguito sottolineato, avrebbero scarsa o nulla remuneratività, nonostante la recente apertura del mercato del cippato utilizzato per le caldaie a biomasse, che in molti si auspicano rappresenti per le pinete artificiali una possibilità di riscatto economico.

Su commissione dei Servizi Forestali Regionali, il CNR ha condotto due prove di raccolta nel Veronese, con lo scopo di quantificare l'eventuale vantaggio economico del taglio a buche rispetto al diradamento selettivo e di verificare quale sia la migliore strategia produttiva applicabile a questo tipo di interventi. Il prodotto è un modello capace di calcolare il costo di raccolta della biomassa, in funzione delle condizioni di lavoro, della strategia operativa e delle ipotesi di costo applicate da ciascun utente.

Le prove

Le prove sono state effettuate tra il 2005 e il 2006 su due siti distinti in provincia di Verona, e rispettivamente sul Monte Baldo e sui Monti Lessini (tab. 1). I due siti sono

stati scelti per rappresentare due diversi stadi di sviluppo della pineta artificiale, così da poter verificare l'effetto di questo parametro sulla sostenibilità economica dell'intervento: in particolare, la pineta situata sul Monte Baldo offriva individui abbastanza sviluppati da poter fornire una buona quantità di tondame da sega, e ha permesso di paragonare le prestazioni economiche di tre strategie produttive, e cioè la raccolta esclusiva di tondame, quella di biomassa ed infine la raccolta integrata di tondame e biomassa. Inoltre, sul Monte Baldo si è voluto anche sperimentare il solo taglio selettivo, inteso come metodo tradizionale di riferimento. A tale proposito occorre sottolineare come anche in un popolamento sviluppato come quello in oggetto, solo 2 piante su 3 hanno dimensioni e qualità tali da poter fornire tondame, per cui un diradamento selettivo dal basso va necessariamente ad incidere sulle piante che non sono in grado di fornire questo assortimento e non può produrre

altro che biomassa o tondello da cartiera: la scelta del trattamento applicato condiziona la gamma di prodotti ottenibili, e quindi la possibilità di articolare una strategia di valorizzazione ampia e flessibile.

Oltre al diverso stadio di sviluppo, i due siti presentavano differenti condizioni di accesso, poiché la parcella situata sul Monte Baldo non era raggiungibile da autocarri, mentre quella sui Lessini poteva essere raggiunta con autocarri, ma non con autotreni. Questo ha consentito di sperimentare diversi schemi logistici, così da valutarne efficacia e convenienza economica.

Le prove sono state condotte con una meccanizzazione leggera di tipo tradizionale, basata sulla motosega e sugli adattamenti del trattore agricolo. Tale scelta mirava a riflettere le condizioni operative delle ditte locali, che ancora non dispongono di attrezzature più sofisticate. L'innovazione consisteva piuttosto nel tipo di intervento e nella strategia produttiva, e riguardava rispetti-

Località		Lumini	Santa Viola
Comune		S. Zeno di Montagna	Grezzana
Provincia		VR	VR
Superficie	Ha	1,15	1,83
Altitudine prevalente	m slm	714	828
Coordinate	Lat, Long	45°36.9 N, 10° 44.9 E	45°33.4 N, 11°03.1 E
Specie		Pino nero	Pino .nero
Età	anni	67	52
Densità	pianete/ha	705	676
Provvigione*	t tq/ha	552	275
Diametro medio	Cm	28.2	21.3
Altezza media	M	21.8	16.3
Intervento		Buche/Diradamento	Buche
Prelievo	% numero	25	25
Prelievo*	t tq/ha	138/76	69
Pendenza media	Classe	2	1
Accidentalità	Classe	2	1
Densità legno tondo	kg /m ³	952	948
Tenore idrico	% sul fresco	49,1	52,2

Tab. 1 - Descrizione stazionale dei siti di prova.

* Biomassa totale, inclusi rami e cimiali

vamente l'introduzione del taglio a buche e quella della cippatura a bordo strada. In particolare, l'esperimento mirava a verificare: 1) se e quanto un taglio a buche potesse risultare più economico di un tradizionale diradamento selettivo, e 2) se la produzione di cippato possa integrare o sostituire quella tradizionale di tondame, e a quali condizioni. In particolare, si sono sperimentate buche di forma rettangolare con orientamento Est-Ovest, lunghezza di circa 40 m e larghezza compresa tra 12 e 18 m: queste coprivano circa un quarto della superficie da trattare, e corrispondevano ad un prelievo del 25 % in numero – che era quello applicato anche nel diradamento selettivo.

Il lavoro è stato eseguito direttamente dalle squadre dei Servizi Forestali Regionali, costituite da personale esperto e adeguatamente addestrato. Nel corso del lavoro gli operatori hanno utilizzato tutti i DPI previsti dalla normativa vigente, dimostrando che il conseguimento di buoni livelli produttivi non implica necessariamente la negligenza delle buone norme di sicurezza, né il ricorso a cottimisti votati al massimo rendimento orario.

Sul Monte Baldo, sono stati effettuati due trattamenti diversi: taglio a buche e diradamento selettivo. Circa due terzi delle piante ricavate dal taglio a buche avevano dimensioni tali da consentire la produzione di uno o due tronchi lunghi 7,5 m e con un diametro minimo in punta di 22 cm. Nessuna delle piante ricavate dal taglio selettivo invece aveva dimensioni adeguate al confezionamento di tondame. In entrambi i casi, le piante sono state abbattute ed eventualmente allestite da un'operatore munito di motosega. Il legname è stato poi esboscato con un trattore munito di verricello forestale e servito da una squadra di tre operai. Nel taglio selettivo, abbattimento ed esbosco sono avvenuti in sequenza, così che l'abbattitore non ha potuto superare la produttività più limitata della squadra addestita all'esbosco. Il legname concentrato a bordo pista è stato prelevato con un trattore munito di rimorchio forestale e gru idraulica e portato ad un imposto abbastanza ampio da consentire l'accesso contemporaneamente ad una cippatrice pesante e agli autotreni destinati a ricevere il cippato.

Sui Monti Lessini è stato praticato il solo taglio a buche, senza però effettuare il recupero di tondame vista l'assenza di potenziali utenze. Anche qui le piante sono state abbattute con motosega ed esboscate con trattore e verricello: tuttavia, la parcella risultava direttamente accessibile a cippatrice ed autocarri, per cui non è stato necessario effettuare alcuna movimentazione intermedia del legname. Poiché l'imposto non era abbastanza spazioso per la manovra degli autotreni, si è deciso di ricorrere a dei portacontainer, che sganciavano il rimorchio circa 500 m più in basso ed impiegavano la motrice per movimentare i container sotto la cippatrice. In tal modo è stato possibile effettuare il trasporto con autotreno nonostante le limitazioni dell'imposto, accettando però una maggiore incidenza dei tempi morti relativi allo scambio dei cassoni. Su entrambi i siti erano presenti varie cataste di legname ottenuto da interventi precedenti e ancora invenduto: anche questo materiale è stato cippato nel corso delle prove, così da verificare l'eventuale effetto del periodo di giacenza sul tenore idrico del cippato.

Materiali e metodi

I quantitativi totali raccolti sono stati misurati portando tutta la biomassa ad una pesa certificata. Il peso individuale di ciascuna pianta invece è stato calcolato applicando i modelli dendrometrici sviluppati recentemente dall'ISAF (FATTORINI *et al.*, 2005), dopo aver cavallettato tutte le piante raccolte, e aver prodotto una curva ipsometrica per ciascun popolamento. Ai valori così ottenuti si sono applicati opportuni fattori di correzione, calcolati sulla base dei quantitativi totali effettivamente raccolti. Il tenore idrico del materiale è stato determinato in base alla norma UNI 9017, su 20 campioni per sito – 10 prelevati all'abbattimento e 10 alla cippatura. La densità del legname solido è stata calcolata dopo aver cubato e pesato 10 campioni per sito. L'ampiezza degli imposti e l'ingombro delle cataste sono stati misurati con i consueti stru-

menti topografici: bussola e rotella metrica.

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", che risulta in generale il metodo più affidabile in queste condizioni (OLSEN *et al.*, 1998). Lo studio dei tempi di lavoro ha riguardato abbattimento, allestimento, esbosco, movimentazione, cippatura e trasporto. Nel caso dell'abbattimento e dell'allestimento l'unità di rilievo (ciclo) era la singola pianta, precedentemente cavallettata ed identificata da un numero d'ordine dipinto sul tronco. Per l'esbosco, la movimentazione ed il trasporto il ciclo invece corrispondeva al singolo viaggio: in tal caso si sono misurate tutte le distanze di spostamento con un topofilo, un distanziometro laser o il contachilometri dell'automezzo - a seconda dei casi. I percorsi comunque sono stati frazionati in funzione delle caratteristiche qualitative: pista di esbosco, strada forestale, strada provinciale, statale e autostrada. Il consumo di gasolio è stato misurato partendo a serbatoio pieno e registrando tutte le eventuali aggiunte fino a fine lavoro.

Il costo delle squadre è stato stimato con le consuete formule di matematica finanziaria adattate per l'uso forestale (MIYATA, 1980). La remunerazione della manodopera è stata fissata a 16 €/ora, gli interessi passivi al 4 % e il costo del gasolio a 1,1 €/litro.

Alla cifra così ottenuta è stato aggiunto un 20 %, per coprire le spese generali e il beneficio d'impresa. I risultati sono riportati in tabella 2.

Produttività e costi

I principali risultati dello studio sono illustrati in tabella 3. Questi evidenziano un costo di raccolta variabile tra i 4 e i 5 €/q, che include il carico, ma non il trasporto in centrale. In realtà, il confronto diretto tra i valori riportati in tabella può essere fuorviante, perché i due cantieri comportavano differenti condizioni di lavoro, soprattutto per quanto riguarda la taglia delle piante utilizzate e le condizioni di accessibilità dell'imposto. Nel cantiere n°1 infatti si è dovuto ricorrere ad una movimentazione aggiuntiva del materiale esboscato, che non è stata invece necessaria nel cantiere n°2, e che ha aggiunto circa 1 €/q al costo totale di utilizzazione. Inoltre, il costo calcolato per il cantiere n°1 include sia il taglio a buche che il diradamento selettivo, e rappresenta un valore medio tra i due tipi di intervento.

Da qui l'importanza di una modellizzazione dei cantieri, che consenta di ripetere il confronto a parità di condizioni, e di effettuare un calcolo dei costi accurato per ciascuna delle diverse strategie operative, in funzione di specifiche condizioni di lavoro e di ipotesi economiche personalizzate.

Attrezzatura	Investimento €	Vita Servizio anni	Monte ore Ore/anno	Addetti N°	Costo orario €/ora lorda
Motosega	700	2	1000	1	21
Trattore e verricello	38.000	8	1000	3	75
Trattore e rimorchio	90.000	8	1000	1	58
Cippatrice autocarrata	320.000	8	1000	1	152
Cippatrice trattorata	150.000	8	1000	1	78
Autocarro	110.000	5	1800	1	54
Autotreno	150.000	5	1800	1	67

Tab. 2 - Ipotesi impiegate per il calcolo dei costi macchina, e risultato finale.

Il rilievo dettagliato di tutti i tempi di lavoro e delle variabili capaci di influenzarne la durata, ha consentito di evidenziare le differenze fra i trattamenti, e le relazioni tra il tempo impiegato in una specifica operazione e le condizioni sotto cui questa avviene. Tali relazioni sono state ottenute tramite l'analisi statistica dei dati grezzi, utilizzando le tecniche della regressione lineare multipla e dell'analisi della varianza (SAS, 1999). Le equazioni così ottenute sono state assemblate in un foglio di calcolo, dove l'utente può immettere tutte le principali ipotesi operative ed ottenere una stima accurata dei tempi di lavoro, del costo di produzione e del risultato economico finale. Il foglio di calcolo fornisce un paragone immediato

delle quattro strategie operative menzionate sopra, e cioè:

- 1) il taglio a buche con recupero del solo toname;
- 2) il taglio a buche con produzione mista di toname e biomassa;
- 3) il taglio a buche con produzione esclusiva di biomassa;
- 4) il diradamento selettivo con produzione esclusiva di biomassa (dato che dai tagli selettivi non si recuperano quote significative di toname).

In tabella 4 è riportata una simulazione effettuata con il foglio di calcolo in questione, adottando ipotesi operative arbitrarie, ma considerate il più possibile rappresentative della realtà Veronese, e di un eventuale scenario in cui la manutenzione delle pinete possa diventare un'attività commerciale. In particolare, si è ipotizzato un intervento su 3 ha, un diametro medio del popolamento di 27 cm, una distanza massima di concentramento di 60 m e una distanza di esbosco pari a 250 m. Si è anche ipotizzato che entro tale raggio fosse possibile trovare un imposto accessibile agli autocarri, così da evitare la doppia movimentazione del legname. Per il trasporto del cippato si è considerata una distanza di 35 km, immaginando la presenza di una rete di impianti diffusi sul territorio e riforniti con biomassa di provenienza locale. Anche su una distanza così breve, si è preferito progettare una filiera di trasporto basata sugli autotreni portacontainer, più efficienti del semplice autocarro e ancora in grado di accedere ad imposti stretti tramite lo scambio dei cassoni tra rimorchio e motrice. Il prezzo del legname è stato stimato pari a 40 €/m³ per il toname di pino accatastato all'imposto camionabile, e a 45 €/t per il cippato consegnato in centrale.

I risultati della simulazione indicano che a queste condizioni, la produzione esclusiva di toname e quella mista di toname e biomassa sono le sole ad offrire un minimo ritorno economico, che può essere stimato nell'ordine di poche centinaia di Euro ad ettaro. Ai prezzi considerati, la produzione di cippato non migliora la remuneratività dell'intervento, che si regge solo sulla produzione di toname da sega: questa però di-

Cantiere	n°	1	2
Sito		Lumini	Santa Viola
Tondame	q	681	0
Biomassa	q	1308	1263
Abbatte	ore	48	18
	€/ora	21	21
	Euro	1014	370
	€/q	0.51	0.29
Concentramento	m	40	19
Esbosco	m	42	130
Esbosca	ore	66	49
	€/ora	75	75
	Euro	4935	3668
	€/q	2.48	2.90
Movimenta	m	1235	0
	ore	34	0
	€/ora	58	0
	Euro	1978	0
	€/q	0.99	0.00
Cippa	ore	7.8	8.4
	€/ora	152	152
	Euro	1184	1278
	€/q	0.60	1.01
Totale	€/q	4.58	4.21

Tab. 3 - Impegno delle squadre e costi di raccolta.

		BUCHE 40 x 15 m				SELETTIVO	
Solo Tondame		Tondame e Biomassa		Solo Biomassa		Solo Biomassa	
Abbattimento Allest.		Abbattimento Allest.		Abbattimento		Abbattimento	
Trasf. €	0	Trasf. €	0	Trasf. €	0	Incluso nell'esbosco	
Ore	43	ore	43	ore	26	ore	0
Euro	908	Euro	908	Euro	555	Euro	0
Esbosco		Esbosco		Esbosco		Abbatt. ed Esbosco	
Trasf. €	43	Trasf. €	43	Trasf. €	43	Trasf. €	43
Ore	39	ore	83	ore	83	ore	61
Euro	2.938	Euro	6.260	Euro	6.260	Euro	5.923
Movimentazione		Movimentazione		Movimentazione		Movimentazione	
Trasf. €	0	Trasf. €	0	Trasf. €	0	Trasf. €	0
Ore	0	ore	0	ore	0	ore	0
Euro	0	Euro	0	Euro	0	Euro	0
Cippatura		Cippatura		Cippatura		Cippatura	
Trasf. €	0	Trasf. €	57	Trasf. €	57	Trasf. €	57
Ore	0	ore	9	ore	18	ore	11
Euro	0	Euro	1.440	Euro	2.713	Euro	1.618
Trasporto		Trasporto		Trasporto		Trasporto	
Ore	0	ore	20	ore	38	ore	23
Euro	0	Euro	1.345	Euro	2.534	Euro	1.511
Costo €	3.889	Costo €	10.053	Costo €	12.163	Costo €	9.153
Ricavo €	4.728	Ricavo €	10.551	Ricavo €	10.972	Ricavo €	6.544
€/ha netto	280	€/ha netto	166	€/ha netto	-397	€/ha netto	-869

Tab. 4 - Simulazione delle principali strategie operative a parità di condizioni.

pende dall'applicazione del taglio a buche, che è l'unico trattamento a poterne offrire una quota consistente, e rappresenta la vera innovazione in grado conferire sostenibilità economica alla manutenzione delle pinete artificiali. Nelle stesse condizioni infatti il classico diradamento selettivo comporta una passività di circa 800 €/ha, che spiega in gran parte l'attuale situazione di stallo. D'altronde, la produzione di tondame richiede la presenza di segherie locali in grado di impiegarlo, e capaci di offrire un prezzo interessante per la materia prima. Se queste mancano, è necessario ripiegare sulla produzione esclusiva di cippato, che ad oggi non è ancora conveniente, ma potrebbe diventarlo in un prossimo futuro, qualora i

prezzi dell'energia continuassero ad aumentare, spingendo verso l'alto anche quelli del cippato. Un discorso analogo potrebbe farsi per il prezzo del tondame, che è soggetto a periodiche oscillazioni. Da qui l'interesse a individuare i livelli di prezzo che rendono preferibile l'una o l'altra strategia produttiva, così da poter scegliere sempre la più remunerativa. L'esercizio d'altronde è molto semplice, perché basta ripetere la stessa identica simulazione per diversi prezzi del tondame e del cippato, e seguire il cambiamento degli equilibri tra le varie strategie assortimentali. La tabella 5 mostra il risultato di un tale procedimento, dove si sono mantenute inalterate le stesse ipotesi operative descritte in precedenza (diametro a pet-

to d'uomo 27 cm, distanza di trasporto 35 km, distanza di esbosco 250 m etc.) ma si è variato il prezzo del cippato tra 30 e 65 €/t, e quello del toname tra 30 e 50 €/m³.

La tabella indica che in queste condizioni la produzione di cippato è conveniente solo quando l'utente può offrire almeno 50 €/t alla consegna: se il prezzo è inferiore conviene produrre solo toname, ed abbandonare i residui in bosco. Viceversa, la scelta tra la produzione mista di toname e cippato e quella di solo cippato dipende dal valore del toname: se all'imposto questo ottiene 30 €/m³, conviene cippare tutto (sempre che il cippato riceva 50 €/t); se invece ottiene 50 €/m³ conviene produrre sempre una miscela di toname e cippato, trasformando in tronchi tutto il materiale di dimensioni adeguate e cippando il resto; infine, se il toname ottiene 40 €/m³ la scelta tra la produzione mista o la cippatura integrale dipende dal prezzo del cippato, che sopra i 55 €/t giustifica anche la cippatura del materiale altrimenti destinato all'allestimento di toname.

Il concetto può essere semplificato ulteriormente, dicendo che nelle condizioni di lavoro considerate, un prezzo alla consegna di 50 €/t copre il costo di produzione del cippato, e un prezzo all'imposto poco inferiore ai 40 €/m³ copre il costo di produzione del toname da sega: ulteriori variazioni dei prezzi spostano l'equilibrio in favore dell'uno o dell'altro assortimento.

Evidentemente, per giustificare la cippatura del materiale idoneo alla produzione di toname il differenziale deve essere molto elevato, perché la cippatura costa di più rispetto all'allestimento in tronchi. Lo studio dettagliato dei tempi di lavoro infatti ha consentito di calcolare il costo esatto del solo allestimento dei tronchi da sega, così come quello di una loro eventuale cippatura. Il risultato è interessante, perché il primo ha un costo di 2,8 €/t e il secondo invece di 7,8 €/t – cioè quasi tre volte tanto. Questo spiega bene perché la cippatura integrale sia conveniente solo per un differenziale di prezzo molto elevato, che si verifica ad esempio quando il prezzo del cippato raggiunge i 50 €/t e quello del toname rimane a 30 €/m³, o quando il primo salga a 60 €/t contro i 40 €/m³ del secondo (tab. 5).

Evidentemente, questo discorso vale per le porzioni di pianta che hanno dimensioni e qualità tali da consentirne la trasformazione in toname da sega: per tutto il resto, la cippatura rimane l'unica alternativa tecnica, che risulta remunerativa se il prezzo offerto per il cippato raggiunge almeno i 50 €/t.

Stagionatura del legname

Sui due siti di prova il legname è stato abbattuto nello stesso periodo – in Ottobre – ma cippato in due momenti distinti, e ri-

Cippato	Toname a 30 €/m ³			Toname a 40 €/m ³			Toname a 50 €/m ³		
	€/t	tondo	misto	chip	tondo	misto	chip	tondo	misto
30	-114	-875	-1616	280	-481	-1616	674	-87	-1616
35	-114	-659	-1210	280	-265	-1210	674	129	-1210
40	-114	-444	-803	280	-50	-803	674	344	-803
45	-114	-228	-397	280	166	-397	674	560	-397
50	-114	-12	10	280	382	10	674	776	10
55	-114	203	416	280	597	416	674	991	416
60	-114	419	822	280	813	822	674	1207	822
65	-114	635	1229	280	1029	1229	674	1423	1229

Tab. 5 - Resa economica dell'intervento (€/ha) in funzione dei prezzi del legname e della strategie produttiva.

spettivamente a Febbraio nel sito n° 2 ed a Maggio nel sito n° 1. Inoltre, su entrambi i siti era disponibile altro legname ottenuto da interventi precedenti, che è stato pure cippato in occasione della prova. Le diverse partite di materiale sono state tenute separate, così da poterne confrontare la qualità, ed in particolare il tenore idrico: questo è un parametro molto importante soprattutto nel caso della biomassa energetica, che dovrebbe essere il più asciutta possibile. Da qui l'interesse a sviluppare opportune strategie di stagionatura, e quindi a definire la durata ottimale del tempo di giacenza in catasta prima della cippatura.

I risultati delle analisi sono illustrati in tabella 6, dove è riportato il tenore idrico delle diverse partite di materiale ed il tempo di giacenza accumulato in occasione della cippatura. L'analisi della varianza ha consentito di verificare se le eventuali differenze tra i valori medi dei vari gruppi di campioni abbiano valore statistico, e quindi possano ritenersi indicative di una reale differenza tra le diverse partite. In tabella, valori statisticamente differenti tra loro sono stati indicati con una lettera differente: quelli contrassegnati invece dalla stessa lettera non presentano differenze statisticamente significative, e testimoniano una sostanziale omogeneità tra i gruppi rappresentati.

Al momento del taglio, il legname aveva un tenore idrico compreso tra il 49 ed il 52 %, ed era nettamente più umido sul sito n°2 (differenza statisticamente significativa). Tuttavia, sei mesi dopo, le differenze risultano livellate, perché la partita più umida si è leggermente asciugata ed ha raggiunto lo stesso tenore idrico di quella che in partenza era più asciutta. Tuttavia, questo valore non è significativamente differente da quello registrato al momento del taglio per la partita meno umida tra le due: essenzialmente questo vuol dire che anche dopo sei mesi di giacenza, il legname di pino nero non si asciuga in modo significativo e mantiene più o meno lo stesso tenore idrico presente normalmente al momento del taglio. Tale risultato potrebbe essere legato al fatto che il legname è restato in giacenza

Sito	n°	1	2
Località		Lumini	S. Viola
Al taglio	%	49.1 ^a	52.2 ^b
Stagionatura in catasta	gg	201	112
Alla cippatura	%	48.1 ^a	49.2 ^a
Materiale vecchio	gg	350	694
Alla cippatura	%	48.4 ^a	54.8 ^c

Tab. 6 - Effetto del tempo di giacenza sul tenore idrico del cippato. N.B: lettere differenti denotano differenze statisticamente significative per $p \leq 0.05$

za durante il periodo invernale, quando la stagione è meno favorevole ad una eventuale perdita di umidità. Tuttavia, neanche le cataste restate in giacenza per un anno intero (quindi anche in estate) hanno un tenore idrico inferiore a quello del legno fresco: per cui, o il legname di pino nero non si asciuga, oppure riacquista l'umidità durante il periodo invernale. Sicuramente uno stoccaggio all'aperto per periodi più lunghi non migliora la situazione, perché i tronchi iniziano a marcire e acquistano umidità, invece di perderla: questo è dimostrato dalle condizioni del legname nella partita rimasta in giacenza per due anni, che è di gran lunga la più umida tra tutte. Qui il tenore idrico è superiore anche a quello del legno fresco, e la differenza risulta statisticamente significativa.

Evidentemente l'argomento andrebbe approfondito, per verificare l'effetto di altri parametri oltre alla durata del tempo di giacenza, ed in particolare del periodo di giacenza (estate o inverno), dell'annata e del luogo di stoccaggio.

Studi precedenti suggeriscono che la possibilità di far asciugare il legname durante l'estate dipende molto dalle caratteristiche del luogo di stoccaggio e dall'andamento della stagione: un'estate piovosa e un ambiente troppo chiuso possono rallentare la perdita di umidità e vanificare ogni strategia di essiccazione. In futuro occorrerà studiare metodi più sofisticati per ridurre l'umidità del combustibile - magari prevedendo un diverso periodo di abbattimento o la copertura delle cataste con appositi teli.

In ogni caso, le prove dimostrano che non è facile far asciugare il legname di pino nero, e che la biomassa prodotta può avere un tenore idrico elevato anche dopo mesi di stoccaggio: pertanto, l'interposizione di un periodo di stagionatura tra l'abbattimento e la cippatura non è obbligatorio, perché non garantisce il risultato e può complicare la logistica dell'operazione.

Conclusioni

La sostituzione del diradamento selettivo con il taglio a buche aumenta nettamente la sostenibilità economica degli interventi di manutenzione nelle pinete artificiali di pino nero, perché facilita l'utilizzazione e produce assortimenti di maggior valore rispetto a quelli ottenuti da un diradamento selettivo di tipo tradizionale: il beneficio è notevolissimo, perché in condizioni favorevoli, il taglio a buche consente di ottenere un profitto di alcune centinaia di Euro ad ettaro, dove normalmente si registrerebbero forti passività.

Il taglio a buche consente di applicare diverse strategie produttive, volte a raccogliere esclusivamente tondate, esclusivamente cippato o una miscela dei due. La convenienza di ciascuna dipende dal prezzo ottenibile per i due assortimenti: nelle condizioni di lavoro considerate, un prezzo alla consegna di 50 €/t copre il costo di produzione del cippato, e un prezzo all'imposto poco inferiore ai 40 €/m³ copre il costo di produzione del tondate da sega. Ulteriori variazioni dei prezzi spostano l'equilibrio in favore dell'uno o dell'altro assortimento, eventualmente giustificando anche la cippatura del materiale idoneo alla produzione di tondate.

La cippatura è un processo di lavorazione ancora relativamente nuovo, e lo studio ha consentito di illustrarne le potenzialità ed i limiti. I cantieri industriali sono molto efficaci, ma comportano un certo ingombro e richiedono la disponibilità di imposti abbastanza spaziosi per consentire l'accatastamento del legname da cippare, lo stazionamento della cippatrice e la manovra degli autocarri adi-

biti al trasporto del cippato. Esistono cantieri più compatti e in grado di sfruttare imposti relativamente angusti, ma la loro produttività è troppo limitata, e questo determina un costo di cippatura pressoché doppio rispetto a quello ottenibile con un cantiere industriale (circa 16 €/t contro 8 €/t).

Quanto detto evidenzia il ruolo fondamentale della logistica, tanto più importante in un contesto montano spesso penalizzato dalla carenza di infrastrutture. La ditta utilizzatrice deve saper valutare la convenienza di effettuare movimentazioni intermedie per spostare il legname presso imposti adeguati, accessibili con cantieri di tipo industriale. La scelta dipende dall'efficienza con cui può essere effettuata l'eventuale movimentazione intermedia e dalla distanza di trasporto su strada, che a sua volta determina l'effettiva convenienza ad utilizzare mezzi più capienti e veloci. In linea generale, la movimentazione intermedia aggiunge circa 10 €/t al costo di utilizzazione e conviene solo quando è l'unico modo per portare il materiale ad un imposto autocarrabile. Ricorrere ad essa solo per passare da un imposto buono ad uno migliore non è mai conveniente.

Teoricamente, l'interposizione di un periodo di stagionatura tra il taglio e la cippatura consente di migliorare la qualità della biomassa, e potrebbe motivarne una remunerazione più attraente. Tuttavia, le prove dimostrano che non è facile far asciugare il legname di pino nero, che può mantenere un tenore idrico elevato anche dopo mesi di stoccaggio: sicuramente occorrerà approfondire ulteriormente questo argomento, per sviluppare procedure operative più efficaci.

In ogni caso, la prova ha dimostrato che non è necessario trascurare le norme di sicurezza o sfruttare la manodopera per ottenere un buon risultato produttivo: ottime rese qui sono state raggiunte in un cantiere condotto da dipendenti pubblici, che operavano nel pieno rispetto della normativa antinfortunistica, inclusa quella relativa all'impiego dei DPI. Una pianificazione operativa intelligente e una buona tecnica di lavoro valgono più della fretta, e sono molto meno pericolose.

Le prove di raccolta hanno permesso la costruzione di un modello elettronico capace di calcolare il costo del taglio a buche e del diradamento selettivo, in funzione delle condizioni di lavoro, della strategia assortimentale e delle ipotesi di costo applicate da ciascun utente. In modo analogo, è stato assemblato anche un modello logistico per assistere la scelta tra le diverse opzioni che possono presentarsi alla ditta utilizzatrice quando debba effettuare la movimentazione, la cippatura e il trasporto della biomassa. In tal modo è possibile scegliere la filiera complessivamente più produttiva ed economica, in funzione delle condizioni specifiche offerte da ciascun sito.

Ulteriori miglioramenti produttivi sono possibili solo attraverso il passaggio ad un livello di meccanizzazione più elevato, che oggi interessa soprattutto le ditte private. In effetti, i popolamenti osservati si presterebbero molto bene all'introduzione della classica coppia harvester-forwarder, ormai ubiquitaria nei Paesi d'oltralpe. All'occorrenza, si potrebbe sviluppare lo stesso concetto del taglio a buche in quello del taglio a strisce, che presenta analoghi benefici colturali e produttivi ed in più offre una maggiore facilità di circolazione in bosco, soprattutto in occasione degli interventi successivi al primo, perché evita il passaggio sulle aree utilizzate in precedenza. L'accesso direttamente in bosco di macchine relativamente pesanti suscita ovvie preoccupazioni circa i possibili impatti ambientali, ed in particolare modo su un eventuale danneggiamento del suolo forestale: tuttavia, i terreni su cui cresce il pino nero presentano generalmente un'acclività moderata e una fortissima dose di scheletro, che costituiscono una protezione efficacissima contro erosione e compatamento. Visti gli auspici così favorevoli, forse varrebbe la pena di provare l'idea, che offrirebbe il duplice vantaggio di consentire un ulteriore abbattimento dei costi di raccolta e di facilitare un'assortimentazione ancora più articolata, rendendo economicamente possibile il confezionamento di tondame da sega, di tondello da cartiera, di sezioni per biomassa di qualità e di cimali per la produzione di biomassa andante.

Riconoscimenti

Lavoro effettuato per conto e con il contributo di: Giunta Regionale del Veneto – Servizi Forestali Regionali.

Gli Autori ringraziano in particolare i dott. Alfonsi, Carraro, Perazzolo e Tancon per il validissimo sostegno operativo, le squadre del Servizio Forestale di Verona per la messa in opera dei cantieri e per l'aiuto in fase di lavoro, le Ditte Bottega e Magnifica Comunità di Fiemme per la collaborazione durante i rilievi.

dott. Raffaele Spinelli

dott.ssa Natascia Magagnotti

CNR - Istituto per la Valorizzazione del Legno
e delle Specie Arboree
San Michele *a/*Adige (TN)

dott.ssa Gabriella Rivaben

Regione Veneto - Servizio Forestale Regionale
Off. Attività Silvo Pastorali, Verona

BIBLIOGRAFIA

- AMORINI E., FABBIO G., 1992 – *La gestione dei rimboschimenti con pino nero*. Monti e boschi, n° 4, 27-30.
- 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.
- DEL FAVERO R., 2006 – *Carta Regionale dei tipi forestali: documento base*. Regione del Veneto.
- FATTORINI L., GASPARINI P., NOCETTI M., TABACCHI G., TOSI V., 2005 – *Observations and forecast models for above-ground tree and shrub phytomass in the forest stands of Trentino*. In corso di pubblicazione su *Acta Biologica*.
- GUGLIOTTA O.I., MERCURIO R., 2003 – *Prime osservazioni su tagli a buche in pinete di pino nero in Abruzzo*. Monti e Boschi, n° 1, 18-21.
- 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. e MILLER M., 1998 – *Statistical comparison of Methods Used in Harvesting Work Studies*. OSU FRL Research Contribution 23. Corvallis. Oregon. 41 pp.
- 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., HARTSOUGH B. 2001 - *Indagine sulla cippatura in Italia*. CNR-IRL. Contributi Scientifico-Pratici n° XLI, Firenze, 112 pp.

Riassunto

Condizioni di sostenibilità economica nella gestione delle pinete artificiali

La prova verifica la convenienza a sostituire il diradamento tardivo con il taglio a buche nelle pinete artificiali di pino nero. Quest'ultimo si è dimostrato capace di aumentare nettamente la sostenibilità economica degli interventi di manutenzione nelle pinete artificiali di pino nero, perché facilita l'utilizzazione e produce assortimenti di maggior valore rispetto a quelli ottenuti da un diradamento selettivo di tipo tradizionale: il beneficio è notevolissimo, perché in condizioni favorevoli, il taglio a buche consente di ottenere un profitto di alcune centinaia di Euro ad ettaro, dove normalmente si registrerebbero forti passività. Il taglio a buche consente di applicare diverse strategie produttive, volte a raccogliere esclusivamente tonde, esclusivamente cippato o una miscela dei due. Fondamentale anche il ruolo della logistica, tanto più importante in un contesto montano spesso penalizzato dalla carenza di infrastrutture.

Summary

Conditions for the economically-sustainable management of pine plantations

The trials checked the benefit eventually obtained by replacing the delayed thinning of Austrian pine plantations with patch cuts. The latter treatment resulted capable of increasing the economic sustainability of forest management, by making harvesting easier and by increasing the value of the harvest. The benefit of applying patch cuts instead of selection thinning is remarkable, because - under favourable conditions - patch cuts obtain a profit of several hundreds Euros per hectares, where selection thinning would incur heavy financial losses. Patch cutting allows the implementation of several production strategies, aimed at producing logs, chips or a mix of both. Logistics proved crucial, especially in mountain regions suffering from the lack of appropriate infrastructure.