

CRISTIAN ACCASTELLO, FILIPPO BRUN

Un modello spaziale per l'analisi dei costi di utilizzazione in un'area montana



Introduzione

La valutazione dei costi di utilizzazione è una delle fasi fondamentali della stima del valore di macchiatico di un soprassuolo maturo e, solitamente, ne costituisce uno degli aspetti più impegnativi.

Le radici teoriche di tale stima, che è sostanzialmente un bilancio parziale in cui si sottrae al valore del prodotto trasformato (gli assortimenti legnosi) il costo di trasformazione, sono note e legate soprattutto al contributo di Serpieri (1917), Patrone (1947) e, più recentemente, Borghese (BORGHESI, VENZI, 1990) e Merlo (1991). Esse sono state inoltre analizzate nei recenti contributi di Bernetti (BERNETTI *et al.* 2007) e Carbone (CARBONE, RIBAUDO, 2005; CARBONE, SAVELLI, 2010). Numerosi sono poi gli studi che valutano gli aspetti particolari della stima del valore di macchiatico (BRUN *et al.*, 2003; CARBONE *et al.*, 2007, PETTENELLA *et al.*, 2007), mentre più rare sono le applicazioni che integrano le informazioni territoriali, valutando ad esempio il valore economico totale, nell'ambito di un determinato ambito geografico (GIAU., 1996; BERNETTI *et al.*, 2013, MARINELLI, MARONE, 2013), o realizzando valutazioni dei migliori sistemi di esbosco sulla base della compartimentazione forestale esistente (ADAMS *et al.*, 2003; YOSHIOKA, SAKAI, 2005; KÜHMAIER, STAMPFER, 2010).

Il nostro contributo, che si basa sulla tradizionale impostazione metodologica, intende concentrarsi sulla componente passiva del bilancio, analizzando in un contesto territoriale i costi di tutte le fasi dell'utilizzazione. Si è infatti cercato di mettere a punto un modello in grado di riprodurre l'intero processo esti-

mativo per ricavare il più probabile costo di utilizzazione, in funzione delle peculiari caratteristiche operative delle aree forestali e consentire di cartografare i risultati ottenuti, al fine di fornire un supporto decisionale ai gestori dell'area forestale.

Come è noto, nonostante la notevole e crescente diffusione dei boschi nazionali (10,4 M di ha, INFC, 2005) il settore forestale fornisce oggi solo l'1% della produzione totale del settore primario (MARONGIU *et al.*, 2012) con una percentuale di utilizzo degli incrementi legnosi pari ad appena il 24% (EUROSTAT, 2013), che pone il nostro Paese fra gli ultimi in Europa, sebbene i dati statistici siano poco affidabili e non in grado di cogliere appieno le utilizzazioni legnose a fini energetici. In tale contesto generale, che contribuisce ad alimentare le note problematiche di abbandono e di sottoutilizzo delle risorse nazionali, si differenziano molte realtà territoriali attive, su scala regionale o locale, come quella dell'Alta Valle di Susa (in provincia di Torino), dove dal 1953 il Consorzio Forestale Alta Valle Susa (CFAVS) tutela e valorizza le proprietà forestali comunali attraverso un'attenta attività pianificatoria e gestionale.

E' in quest'area, connotata da una consolidata gestione attiva, che si è concentrato lo studio, realizzato col supporto logistico del CFAVS.

Grazie ad una buona viabilità, con valori di densità viaria che si attestano intorno ai 55 m²·ha⁻¹, le utilizzazioni dei boschi di proprietà comunali ubicati in alta valle di Susa sono piuttosto regolari e tutti i parametri tecnici ed economici considerati costituiscono delle scelte ordinarie.

Più in dettaglio, l'area di studio coincide con la compresa "H" del Monte Cotelivier, estesa su 455,62 ha e individuata dal Piano Forestale Aziendale (PFA) del comune di Oulx, realizzato nel 2006 e attualmente in corso di validità. Dal punto di vista ecologico essa è ricca di suoli bruni forestali (CFAVS, 2006) ed è posta tra i 1200 ed i 2100 m di altitudine; la categoria forestale prevalente è il lariceto, mentre a quote inferiori sul versante nord troviamo peccete (*Picea abies* (L.) H. Karst.) e pinete di pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.), con rimboschimenti di Larice (*Larix decidua* Mill.) sul versante esposto a sud. Sono altresì presenti, in misura molto minore, formazioni a latifoglie. Nel complesso si tratta di una compresa a destinazione prevalente produttiva e con popolamenti caratterizzati da buoni portamenti.

Su tale superficie è stato messo a punto un modello per la valutazione dei costi di utilizzazione degli interventi selvicolturali, basato sull'individuazione delle effettive aree cantierabili. Successivamente si sono individuati i più probabili costi di utilizzazione, attraverso un processo estimativo integrato con un software GIS. Questo è stato utilizzato sia in fase di realizzazione del modello, per zonizzare il territorio sulla base delle fattori considerati, sia nella sua applicazione e successiva restituzione dei risultati, migliorandone l'interpretabilità attraverso rappresentazioni grafiche.

Materiali e metodi

La base cartografica utilizzata per la definizione degli interventi selvicolturali è la *Carta dei Tipi Strutturali*, che definisce l'organizzazione del popolamento in senso verticale e orizzontale, secondo una variabile che ne sintetizza l'assetto evolutivo-culturale e lo stadio di sviluppo (IPLA, 2003). La carta individua sul territorio porzioni di bosco aventi caratteristiche comuni: ognuna di queste *particelle strutturali*, ai fini del modello, è stata considerata come una singola "presa", cioè una parte accorpata di bosco che costituisce l'unità di intervento selvicolturale (BAGNARESI *et al.*, 1986).

Il primo passo necessario alla definizione

dell'area su cui applicare il modello è stato la selezione delle particelle strutturali sulla base delle loro caratteristiche territoriali. In particolare sono state eliminate tutte le aree con una destinazione diversa da quella produttiva o protettivo-produttiva e con una superficie inferiore ai 1.000 m², in quanto ritenuta non sufficiente per attivare un cantiere. Il secondo livello di selezione ha riguardato la tipologia di intervento selvicolturale realizzabile: dapprima sono state associate alle particelle le informazioni relative alle caratteristiche dell'intervento di utilizzazione (prelievi legnosi e tipologia di taglio), quindi sono state scartate quelle con un'insufficiente intensità di taglio (la cui soglia minima, espressa in mc·ha⁻¹, varia a seconda del tipo di taglio e di popolamento) o con una massa legnosa retraibile inferiore ai 50 m³, ritenuti il valore minimo per un razionale intervento di utilizzazione forestale.

Alle particelle strutturali risultanti da questa doppia selezione sono state quindi attribuite le *tipologie di cantiere ordinarie* per la realizzazione dell'intervento selvicolturale prescritto e si sono analizzate le condizioni di applicabilità, in base ai parametri tecnici che ne circoscrivono i limiti operativi (SYNEK, KLIMÁNEK, 2015).

Al fine di rendere il modello adattabile e realistico, per ogni possibile operazione forestale (taglio, allestimento, concentrazione ed esbosco) sono stati individuate delle condizioni di esistenza (GIAU, 1996), definendo delle situazioni "ottimali", tipiche di cantieri privi di difficoltà operative, con produttività elevate; e delle condizioni "limite", per gli interventi in situazioni più difficili a causa di uno o più fattori sfavorevoli, con produttività inferiori. Di fatto le utilizzazioni avvengono nell'intervallo circoscritto entro tali condizioni.

L'applicabilità di una determinata operazione è stata valutata in base a parametri tecnici derivati dalla bibliografia, in modo da realizzare un modello generale applicabile a tutte le aree in esame (SYNEK, KLIMÁNEK, 2015). In particolare, per l'abbattimento e l'allestimento non sono state individuate condizioni vincolanti, mentre per le successive fasi, concentrazione ed

esbosco, sono state individuate diverse condizioni limite, sulla base del territorio o delle caratteristiche degli assortimenti legnosi, come di seguito indicato.

I parametri che influenzano il concentrazione del legname sono:

- la pendenza del terreno (P_n), ricavata con un'elaborazione compiuta su carta DEM¹;
- la percorribilità del terreno (P_r), ricavata dai valori di rocciosità affiorante nel PFA (CFAVS, 2006);
- le dimensioni dei principali assortimenti retraibili (D_m), individuate sulla base della struttura del popolamento e sulle ordinarie destinazioni mercantili locali (CFAVS, 2006).
- la distanza massima di concentrazione (D_c), definita, per ogni metodo utilizzato, in relazione al mantenimento della sua validità dal punto di vista produttivo ed economico (HIPPOLITI, PIEGAI, 2000; BLANC, 2010);
- la direzione di concentrazione (D_r), ottenuta suddividendo il territorio in aree sottostanti o sovrastanti la strada più vicina alla cella di territorio analizzata (YOSHIOKA, SAKAI, 2005).

Per l'analisi delle condizioni di esbosco si è considerata invece la "distanza massima di esbosco" (D_e) calcolata rispetto alla più vicina strada o pista camionabile, la cui presenza e tipologia determina pertanto l'esboscabilità di un'area (HIPPOLITI, 1990; HIPPOLITI, PIEGAI, 2000).

Per ricavare un modello che tenesse conto degli effetti complessivi dei fattori elencati e delle possibili interazioni, si è assegnato loro un punteggio che esprime le possibilità di effettuare l'operazione considerata in ogni cella del territorio. Questa metodologia è impiegata in tutti i casi in cui occorra valutare più criteri di diversa natura

contemporaneamente, come nel Multi-Criteria Decision Making (MENDOZA, PRABHU, 2000; KANGAS, KANGAS, 2005; HUTH *et al.*, 2007), e permette di stabilire l'importanza relativa di ogni elemento entro una scala (compresa ad esempio tra 0 e 9) che indica, nel nostro caso, la crescente attitudine all'utilizzazione. Per minimizzare la soggettività nella scelta, i punteggi sono stati individuati dapprima basandosi sulla bibliografia specifica, con particolare riferimento ai dati relativi alla realtà forestale italiana e capaci di descrivere le operazioni in bosco in zone montane (HIPPOLITI, PIEGAI, 2000; ZAMBELLI *et al.*, 2012; SACCHELLI *et al.*, 2013; LUBELLO, 2008). Gli stessi sono stati poi corretti attraverso verifiche sul campo ed un confronto con gli operatori locali (AZIZI *et al.*, 2015, MENDOZA, PRABHU, 2000), fra cui i gestori del CFAVS e i titolari di ditte boschive.

L'elaborazione di questi valori con software GIS ha permesso di individuare le celle unitarie di territorio (di dimensioni 10x10 m) in cui le "condizioni di esistenza" di una determinata operazione forestale si verificano contemporaneamente, escludendo in automatico quelle in cui almeno un fattore ha un punteggio pari a zero, stando a significare che l'operazione stessa non è realizzabile (AZIZI *et al.*, 2015).

Al fine di valutare le effettive superfici cantierabili in base alle dimensioni, alla viabilità ed alla conformazione delle particelle assestamentali e tenendo conto delle prescrizioni contenute nel PFA, si è ipotizzata l'apertura di nuove vie d'esbosco temporanee. Questo processo, che ha richiesto un intervento di progettazione manuale sui sistemi cartografici e una notevole mole di lavoro, ha permesso di incorporare nel modello una prassi operativa ordinaria nei casi in cui la qualità del popolamento sia tale giustificarla. L'apertura di vie temporanee permette infatti di accedere a particelle strutturali attualmente non servite da viabilità, ma caratterizzate da condizioni favorevoli all'utilizzazione. In ragione delle particolari condizioni e delle limitazioni operative, per queste particelle strutturali è stata ipotizzata una fruibilità limitata ai soli

¹ DEM è un modello digitale di elevazione del terreno reperibile gratuitamente sul portale della Regione Piemonte www.geoportale.piemonte.it. È bene puntualizzare che le celle di 10 x 10 m che caratterizzano i valori di quota espressi dal DEM corrispondono al livello minimo di precisione cui tutte le successive elaborazioni sono state adattate.

mezzi cingolati.

Per contro non si è ipotizzato l'impiego della gru a cavo che, in base alla testimonianza dei responsabili del CFAVS, non rappresenta - almeno nel recente passato - un metodo di esbosco ordinario per i popolamenti del Cotolivier.

Per interpretare la natura dei legami che intercorrono tra i parametri considerati è stato utilizzato un modello di calcolo misto additivo-moltiplicativo [1] in grado di valutare separatamente le condizioni legate alle caratteristiche *intrinseche* del popolamento e quelle influenzate dalla tipologia di cantiere in analisi, che perciò condizionano solo la seconda parte dell'equazione. Il risultato ottenuto è un coefficiente, denominato "valore di vocazionalità" (VV), attribuito ad ogni cella elementare, in grado di misurare in modo oggettivo l'attitudine dell'area specifica nei confronti dell'operazione presa in esame:

$$VV_{(xy)} = [P_n(x,y) + P_r(x,y) + D_m(x,y)] \cdot [D_c(x,y) + D_r(x,y) + D_e(x,y)] \quad [1]$$

Dove, per ogni cella di coordinate x,y :

VV è il valore di vocazionalità;

P_n = classe di pendenza;

P_r = classe di percorribilità;

D_m = classe dimensionale massima del legname esboscabile;

D_c = classe relativa alla distanza di concentramento;

D_r = classe relativa alla direzione del concentramento;

D_e = classe relativa alla distanza di esbosco.

Successivamente, il VV relativo ad ogni cella elementare di territorio, è stato normalizzato tra 0 e 1, secondo un approccio sfocato su base *fuzzy* (ZADEH, 1965; ZIMMERMAN, ZYSNO, 1982; MELINI, TRAVAGLINI, 2006) e mediato con i valori delle altre celle appartenenti alla stessa particella strutturale. Tale media fornisce il *valore di vocazionalità* dell'intera particella su cui sarà effettuato l'intervento, ovvero la sua oggettiva attitudine all'utilizzazione selvicolturale, in base alle caratteristiche territoriali, agli assortimenti e alle limitazioni ope-

ratrice imposte dal cantiere considerato.

In ragione di quest'ultima caratteristica, è importante sottolineare che l'indice VV viene ricalcolato per ciascuna delle tipologie di cantiere ipotizzabili, ottenendo risultati diversi che vengono messi a confronto, in modo da stabilire quale sia la metodologia di lavoro che presenta il VV maggiore, risultando la più adatta in una determinata particella strutturale.

La stima dei costi di utilizzazione

I costi di utilizzazione sono stati ricavati considerando tutte le fasi necessarie per l'intervento, secondo criteri di ordinarietà delle tecniche, dei fattori considerati e ipotizzando la permanenza nel tempo degli stessi per tutto il periodo di validità del PFA: queste sono pertanto le condizioni di validità delle stime effettuate (CARBONE, SAVELLI, 2010).

L'analisi ha riguardato l'intero processo di utilizzazione del soprassuolo, considerando i molteplici costi che un'impresa di utilizzazione sostiene lungo l'arco di tempo che intercorre tra l'aggiudicazione del lotto e la conclusione dei lavori (BRUN *et al.*, 2009). I dati riguardanti le caratteristiche dei popolamenti sono stati reperiti nel PFA del comune di Oulx e la loro validità è limitata ai 15 anni di durata del piano, mentre i dati tecnici ed economici, come verrà precisato oltre, sono stati ricavati dalla bibliografia o stimati direttamente.

Anche in questa fase si è fatto uso del valore di vocazionalità precedentemente calcolato per ogni particella strutturale, legando in modo diretto il grado di attitudine all'utilizzazione ai valori di produttività del cantiere. In pratica, il valore VV è stato correlato alle rese orarie delle operazioni del cantiere, consentendo di stimare la produttività delle lavorazioni in maniera puntuale ed oggettiva. Disponendo di una forcella di valori delle rese operative ricavati dalla letteratura, per gli interventi in condizioni ottimali si sono scelte le rese più elevate, mentre in condizioni limite si sono adottate le rese più basse.

La stima dei costi di utilizzazione è stata ripetuta per ognuna delle tipologie di cantiere praticabili in una particella strutturale, ipotiz-

Cantiere	Concentramento	Operatori	Esbosco	Operatori
A	Manuale, con zappino	2	Con trattore e rimorchio	1
B	Manuale, con zappino	2	Strascico indiretto, con trattore	2
C	Strascico diretto, con trattore e verricello	2	Con trattore e rimorchio	1
D	Strascico diretto, con trattore e verricello	2	Strascico indiretto, con trattore	2
E	Manuale, con zappino	2	Strascico indiretto, con skidder	1
F	Strascico diretto, con skidder e verricello	2	Strascico indiretto con skidder	1
G	Manuale, con zappino	2	Con cingolato, trattore e rimorchio	2+1
H	Strascico diretto, con cingolato e verricello	2	Con cingolato, trattore e rimorchio	2+1
I	Manuale, con zappino	2	Con cingolato, trattore e verricello	2+2
L	Strascico diretto, con cingolato e verricello	2	Con cingolato, trattore e verricello	2+2

Tabella 1 – Caratteristiche organizzative dei cantieri - Fonte: ns. elaborazioni da Hippoliti, Piegai, 2000; Spinelli et al., 2006; Lubello, 2008.

zandone la composizione tipo in termini di manodopera e attrezzature. Per l'abbattimento e allestimento si è considerata una sola modalità operativa, con la contemporanea presenza di due operatori dotati di motosega. Per il concentramento si sono valutate due modalità: per avvallamento libero, con due operatori, senza l'ausilio di mezzi a motore, o per strascico diretto, con due operatori, un mezzo meccanico (trattore forestale gommato, cingolato o *skidder*) e verricello. L'esbosco, infine, è stato analizzato secondo tre modalità differenti: con trattore dotato di pinza caricatronchi e rimorchio; con lo strascico indiretto dei topi, effettuato sia da trattori forestali, sia da trattori articolati (tipo *skidder*; SPINELLI et al., 2006), in presenza di due operatori. L'ultima alternativa è lo strascico con un cingolato, unico mezzo in grado di percorrere le vie di esbosco temporanee. In quest'ultimo caso è comunque indispensabile la contemporanea presenza di altri mezzi per l'esbosco se la via d'esbosco non è direttamente collegata con una strada o pista camionabile.

Combinando le diverse possibilità operative di ogni fase, sono stati individuati dieci cantieri-tipo descritti in tabella 1, e denominati con le lettere da "A" a "L".

Operatore/macchina	Costo orario (€/h)
Operaio qualificato - classe D	16,53
Operaio non qualificato - classe E	15,71
Motosega piccola	2,00
Motosega media	3,38
Trattore con scudo, verricello e operatore	47,31
Cingolato con verricello e operatore	60,17
Trattore con pinza e operatore	59,80
Skidder con pinza carica-tronchi	42,80
Rimorchio (140 q)	19,64
Verricello forestale	3,94

Tabella 2 – Costi unitari delle principali macchine e attrezzature impiegate nei cantieri forestali e costi unitari complessivi della manodopera

Fonte: ns. elaborazioni da Piegai et al., 2008; SPINELLI et al., 2006 REGIONE PIEMONTE, 2014 BRUN et al., 2009.

I costi delle macchine, delle attrezzature e della manodopera, ricavati da letteratura (BLANC, 2010; PIEGAI et al. 2008; SACCHELLI et al., 2012; SPINELLI et al., 2006) e prezzari regionali (REGIONE PIEMONTE, 2014), sono riassunti nella tabella 2. Per quanto riguarda

la manodopera si è fatto riferimento al costo pieno per l'impresa, comprensivo cioè di contributi e oneri, relativo al contratto dell'artigianato (BRUN et al., 2009), nell'ipotesi che le utilizzazioni vengano svolte da addetti di tale comparto. Infine si sono considerati i costi generali e amministrativi, comprendenti le spese per i sopralluoghi e per partecipare all'asta di aggiudicazione, i costi della messa in sicurezza dell'area, gli oneri finanziari e delle necessarie garanzie fideiussorie. Tali voci sono state stimate in modo sintetico nel 10% dei costi di utilizzazione parziali (BRUN et al., 2009).

La somma dei costi di ciascuna fase e dei costi generali fornisce i costi complessivi di utilizzazione. Questi sono stati rapportati ai metri cubi di legname esboscato, ottenendo i costi unitari totali, che permettono un confronto per ogni tipologia di cantiere.

Risultati

In base alla selezione effettuata, le particelle strutturali della compresa del Cotolivier adatte all'utilizzazione forestale sono 275, per una superficie complessiva di 366,63 ha, pari all'80% circa dei 455,62 ha totali, ed una corrispondente ripresa retraibile di 14.834 m³.

L'applicazione del modello descritto dà origine a 226 diversi interventi di utilizzazione potenzialmente realizzabili su 86 particelle strutturali (pari al 31% di quelle individuate), per un'area complessiva di 157,61 ha (pari al 43% della superficie cantierabile). Le ragioni di questa riduzione della superficie utilizzabile sono legate all'applicazione dei parametri restrittivi descritti in precedenza (*IV* positivo, dimensioni minime del lotto, superficie minima della particella strutturale, ecc.) che hanno agito da "filtro", individuando solamente le aree effettivamente cantierabili nel perio-

do di validità del piano e con le tecniche normalmente adottate in loco. Inoltre esse sono anche una conseguenza della scelta di non impiegare la gru cavo, che avrebbe esteso le superfici dei soprassuoli utilizzabili, ma che, come anticipato, non è stata considerata nel modello in quanto non ordinaria nelle attuali utilizzazioni.

In totale sono 6.490 i metri cubi di massa legnosa retraibile, che corrispondono al 44% della ripresa calcolata nel periodo di validità del piano di assestamento.

Dei 226 “cantieri” teoricamente ipotizzabili, 192 possono essere effettuati in condizioni “ottimali”; fra questi 138 sono tagli di maturità, mentre dal punto di vista delle tipologie più frequenti, prevalgono i cantieri denominati “A”, “B”, “C” e “D” (cfr. tab.1) caratterizzati da una certa semplicità organizzativa, livello medio di meccanizzazione e buona produttività. Tra questi, il cantiere di tipo “C” è quello potenzialmente realizzabile sul maggior numero di aree, ben 75, prevalentemente in condizioni “ottimali”. Seguono i cantieri “D” e “A”, mentre le rimanenti sei tipologie di cantiere accorpano meno di 40 interventi e sono in genere caratterizzate da una maggiore complessità operativa e condizioni operative “limite”.

Cantiere	Frequenza		Superficie totale		Massa utilizzabile	
	[n]	%	[ha]	%	[m ³]	%
A	6	7,0	13,0	7,8	565	8,7
C	59	68,6	103,0	61,9	4009	61,8
D	11	12,8	26,7	16,0	695	10,7
F	2	2,3	4,9	2,9	194	3,0
G	7	8,1	16,0	9,6	822	12,7
H	1	1,2	3,0	1,8	205	3,2
Totale	86	100	166,4	100	6490	100

Tabella 3 – Caratteristiche dei cantieri con i costi unitari minori per le 86 particelle strutturali
Fonte: ns. elaborazioni.

Successivamente i cantieri realizzabili per ogni particella strutturale sono stati confrontati per individuare la tipologia con i costi unitari minori. Il cantiere “C” è il più conveniente in ben 59 delle 86 aree totali, per una superficie complessiva di 103 ha e oltre 4.000 cubi retraibili. Ad essa seguono, rispettivamente, le tipologie D, G ed A e, molto staccate, la F e la

Cantiere	[n]	Valore di vocazionalità				Costo unitario			
		Medio	MIN	MAX	CV%	Medio	MIN	MAX	CV%
A	6	0,57	0,43	0,82	24,7	54,54	36,58	66,93	19,6
C	59	0,52	0,30	0,82	24,0	46,80	23,55	129,10	44,8
D	11	0,61	0,49	0,73	13,8	42,70	24,64	86,06	63,4
F	2	0,61	0,59	0,64	6,0	42,14	41,80	42,48	1,1
G	7	0,50	0,39	0,75	25,7	96,29	72,64	164,28	31,8
H	1	0,43	0,43	0,43	-	80,64	80,64	80,64	-
Totale	86	0,54	0,30	0,82	23,7	51,13	23,55	164,28	50,3

Tabella 4 – Valore di vocazionalità e costi unitari per cantiere, nelle 86 particelle strutturali cantierabili. Fonte: ns. elaborazioni.

H. Le tipologie B, E, I ed L danno origine a costi unitari più elevati rispetto alle possibili tecniche alternative e non risultano così le più convenienti in alcun cantiere (cfr. tab. 3).

Passando ad esaminare gli indici di vocazionalità ed i costi unitari, la tabella 4 evidenzia i risultati delle elaborazioni per ogni tipologia di cantiere risultata più conveniente, unitamente ai *range* di variazione delle variabili ed i coefficienti di variazione.

Come si può notare, il costo unitario varia mediamente da circa 42 ad oltre 95€·m⁻³, con un valore medio ponderato (in base ai volumi) pari a 51,13€·m⁻³ e una variabilità abbastanza elevata. Infatti il coefficiente di variazione supera il 50% e lo scostamento complessivo dei dati spazia da circa 24 a oltre 160 €·m⁻³: si tratta di condizioni estreme che si verificano da un lato in un cantiere “C” in condizioni ottimali e taglio di maturità effettuato direttamente su strada camionabile e, dall’altro, di un taglio intercalare, in condizioni limite con concentramento manuale ed esbosco in due fasi, prima con cingolato, poi con trattore e rimorchio (cantiere G).

Il valore di vocazionalità, risulta inversamente correlato al costo unitario di utilizzazione e si dimostra un buon indicatore del grado di attitudine all’utilizzazione di ogni particella strutturale, permettendo di stimare in modo speditivo i costi di utilizzazione sulla base dei soli parametri oggettivi che lo compongono. In particolare, nelle 86 particelle strutturali valutate, il *VV* varia mediamente da 0,43 a 0,61, attestandosi su un valore medio complessivo di 0,54, che conferma la natura produttiva di questi soprassuoli. Analizzando la variazione del *VV*, nell’ambito di tipologie di cantiere e condizioni di lavoro omogenee

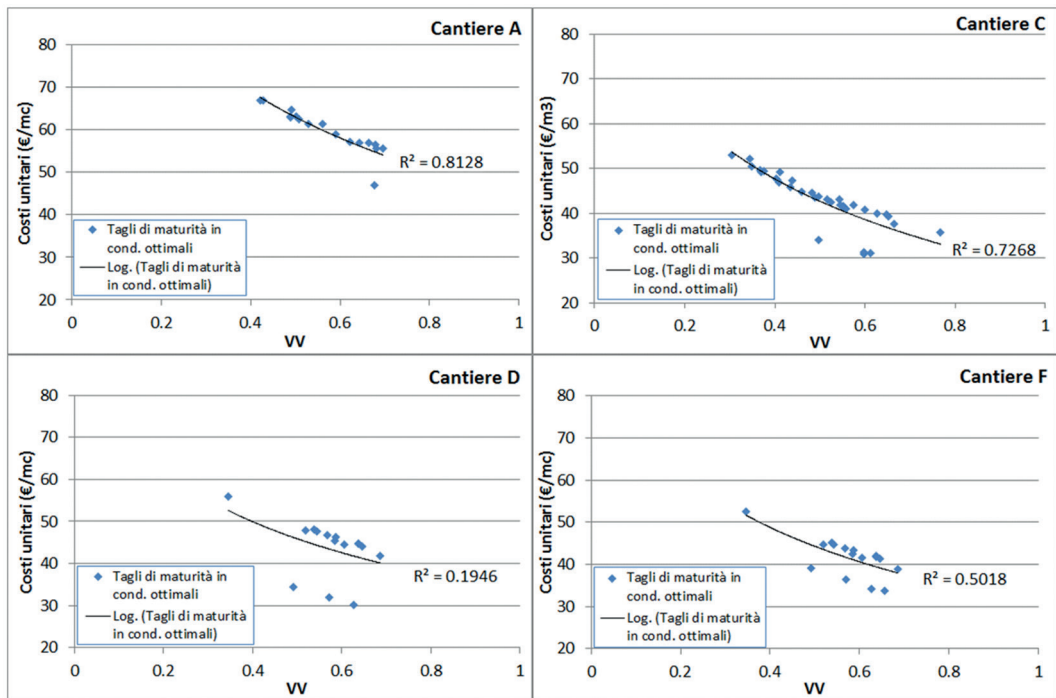


Figura 1 – Relazioni fra costi unitari e VV nelle 4 tipologie di cantiere più frequenti. Fonte: ns. elaborazioni.

(fig. 1), risulta evidente la relazione fra costi unitari e VV , espressa con una funzione di tipo logaritmico. Infatti i livelli di variabilità spiegata sono elevati² a dimostrazione del legame che intercorre tra i due elementi. La figura 1 mostra, a tal riguardo, la variazione dei costi unitari, in funzione del VV per le quattro tipologie di cantiere più frequenti applicate a tagli di maturità, in condizioni ottimali.

Attribuita ad ogni particella strutturale la tipologia di cantiere con i costi unitari più bassi, è possibile analizzare dal punto di vista spaziale i risultati. Ciò è stato fatto suddividendo i costi in cinque classi (≤ 30 ; $30-|50$; $50-|70$; $70-|90$; $>90 \text{ €}\cdot\text{m}^{-3}$) e rappresentando cartograficamente i risultati, come evidenziato in figura 2.

² Il valore del coefficiente di determinazione r^2 è influenzato negativamente dalla presenza, in ognuno dei casi in esame, di alcuni dati fuori scala. La loro presenza però non è da imputare ad un difetto del modello, bensì all'assenza della fase di esbosco per le particelle strutturali attraversate direttamente da una strada camionabile.

La distribuzione delle frequenze (fig. 3) mostra infine come la seconda classe di costi unitari sia la più diffusa, risultato che è conforme con i valori stimati dal CFAVS per le particelle produttive migliori. Complessivamente, 64 degli interventi proposti rientrano nelle due fasce di costo inferiori, mentre solo 6 interventi hanno costi maggiori di $90 \text{ €}\cdot\text{m}^{-3}$.

Discussione dei risultati

Il modello misto additivo-moltiplicativo messo a punto per il calcolo del valore di vocazionalità ha dimostrato di poter essere proficuamente impiegato per descrivere le condizioni che determinano i risultati economici delle utilizzazioni forestali. Esso permette infatti di valutare l'effetto di più fattori, morfologici e operativi, che determinano la scelta di diverse metodologie di cantiere. Inoltre, lo stesso VV misura l'attitudine all'utilizzazione di ciascuna particella forestale, permettendo di parametrare

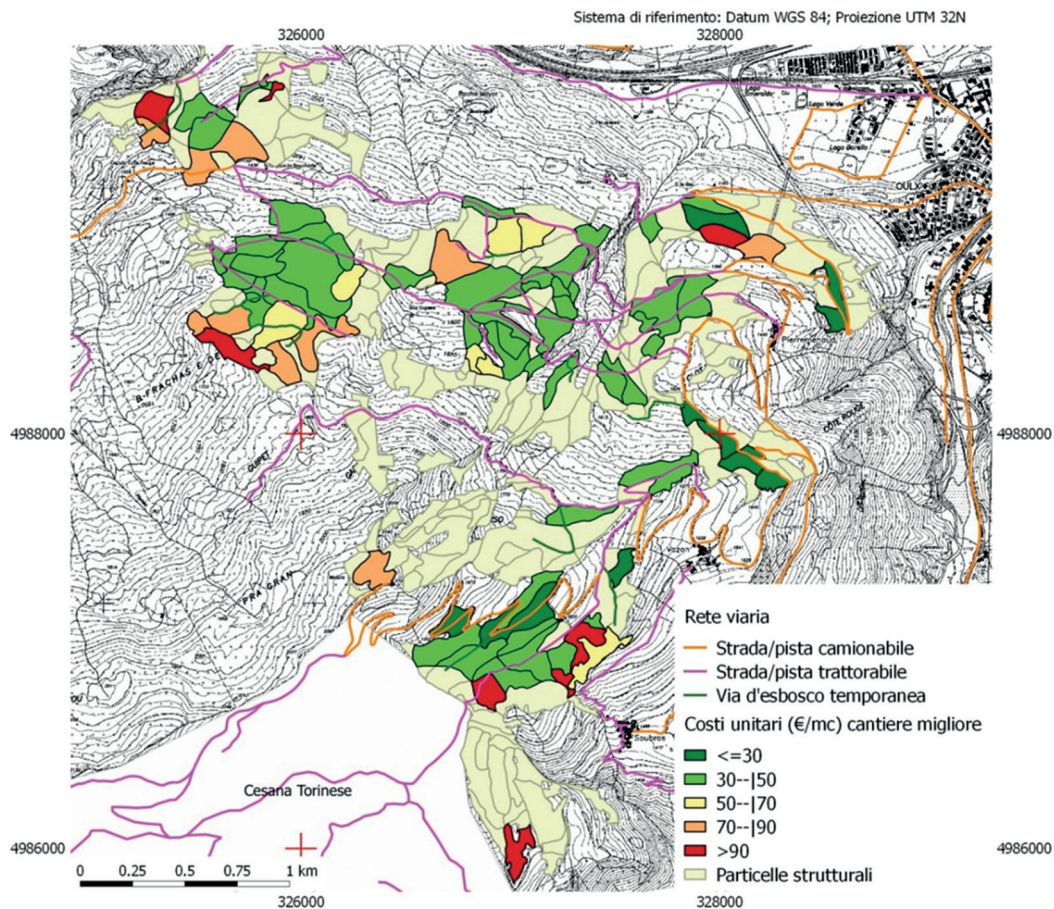


Figura 2– Carta dei costi unitari (€/m³) per la tipologia di cantiere più conveniente

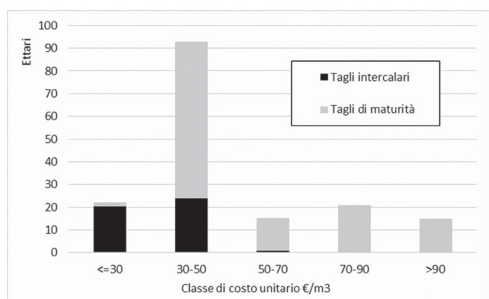


Figura 3– Distribuzione dei costi unitari (€/m³) della tipologia di cantiere più conveniente per ogni particella strutturale

l'efficienza delle varie fasi di utilizzazione, le cui rese orarie possono essere stabilite in modo più oggettivo.

Per questo tipo di analisi è prassi basare le stime su dati bibliografici che contengo-

no normalmente rese espresse in “forcelle” di valori, minimi e massimi, fra i quali è necessario stimare il valore puntuale, in funzione delle condizioni peculiari del cantiere. Uno dei risultati è proprio quello di permettere di stimare il valore dei parametri all'interno di tali *range*, grazie ad un'analisi oggettiva. Un ulteriore merito è di poter applicare l'analisi ad un sistema spaziale, realizzando un sistema esperto a supporto alle decisioni. L'impiego del GIS legato al modello consente di attribuire valori cardinali di valutazione georeferenziata, con una risoluzione adeguata e un dettaglio di informazioni utili alle decisioni pianificatorie. In tal senso è confortante che i valori monetari ottenuti siano allineati con quelli stimati dal gestore per la zona in esame.

Il modello elaborato non è scevro da limitazioni e da vincoli che potranno essere superati, come quelli inerenti una certa rigidità nell'individuazione e determinazione delle stesse particelle strutturali su cui si basa. In particolar modo, al fine di stimare in modo più corretto la dimensione delle aree cantierabili è necessario che il loro accorpamento possa avvenire sulla base di vincoli meno formali, unendo ad esempio particelle simili e contigue in un unico intervento. Ciò comporta tuttavia un minore livello di automazione e una correzione manuale delle aree che non è stata effettuata in questa prima applicazione.

Anche la scelta di basare la definizione dei cantieri sulla carta della struttura forestale ha comportato delle difficoltà. Infatti, se da un lato ha permesso di individuare con certezza le aree omogenee su cui ipotizzare gli interventi, a causa delle ridotte dimensioni delle particelle strutturali, ha spesso impedito di realizzare interventi sufficientemente estesi e tali da garantire risultati economici soddisfacenti, anche in un'area forestale dalle caratteristiche favorevoli.

Altri elementi suscettibili di miglioramento riguardano alcuni aspetti di dettaglio, come l'aver considerato le distanze delle strade come lineari o la loro mancata correzione con la pendenza. Ancora vanno segnalate alcune semplificazioni, inerenti le caratteristiche selvicolturali degli interventi ipotizzati e dei cantieri: fra queste occorre ricordare che si è considerato un numero volutamente ridotto di tipologie di cantiere e che si è escluso l'impiego delle gru a cavo.

In sintesi, i risultati raggiunti, pur rappresentando il frutto di un compromesso, permettono di fornire una chiave di lettura inedita dei soprassuoli forestali, generando un indice sintetico che può essere legato in modo oggettivo ai risultati economici.

Il modello, grazie all'attenta definizione dei fattori che rendono possibile l'utilizzazione, è stato in grado di interpretare le diverse condizioni territoriali e le tecniche ordinarie di un'area. Le caratteristiche territoriali prese in esame si sono rivelate appropriate e la scala territoriale scelta è risultata

adatta.

L'applicazione del modello su aree differenti, unita alla disponibilità di nuovi dati e al superamento dei limiti citati potranno migliorarne le basi teoriche e l'affidabilità, contribuendo ad aiutare i gestori delle proprietà boschive nelle scelte gestionali e nella pianificazione. Infatti, la disponibilità di indicazioni puntuali, oggettive e adeguate alle realtà locali, è indispensabile per assumere corrette decisioni in merito agli interventi selvicolturali nel breve-medio periodo.

Per la mole ed il livello delle informazioni richieste è ipotizzabile l'impiego del modello in aree diverse da quella per cui è stato ideato solo dopo un'attenta calibrazione dei parametri, per rispondere anche alle esigenze di ordinarietà del nuovo territorio oggetto di analisi, che dovrà forzatamente essere munito di un PFA in corso di validità.

BIBLIOGRAFIA

ADAMS J. D., VISSER R. J. M., PRISLEY S. P., 2003 - Modeling Steep Terrain Harvesting Risks Using GIS. *Precision Forestry*, 99.

AZIZI Z., HOSSEINI, S. M., YARALI N., 2015 - Mapping the harvesting potential of forest stands using fuzzy sets theory. *Forest Science and Technology*, 11: 147-152.

BAGNARESI U., BERNETTI G., CANTIANI M., HELLRIGL B., 1986 - Nuove metodologie nell'elaborazione dei piani di assestamento dei boschi. ISEA. Bologna.

BERNETTI J., ROMANO S., 2007 - Economia delle risorse forestali. Liguori Editore, Napoli.

BERNETTI I., ALAMPI SOTTINI V., MARINELLI N., MARONE E., MENGHINI S., RICCIOLI F., SACCHELLI S., MARINELLI A., 2013 - Quantification of the total economic value of forest systems: spatial analysis application to the region of Tuscany (Italy). *AESTIMUM*, vol. 62, pp. 29-65, ISSN:1592-6117.

BLANC, S., 2010 - Analisi e valutazioni sull'impiego della manodopera e delle macchine nel comparto agroforestale. Quaderni del Dipartimento di Economia e Ingegneria Agraria, Forestale e Ambientale, Università degli Studi di Torino.

BORGHESE W., VENZI L., 1990 - Il valore di macchiatico ed il valore di mercato delle piante in piedi. *Linea Ecologica*, 1: 47-50.

BRUN F., GIAU B., MAGNANI C., BLANC S., 2009 - Guida alla stesura della stima del prezzo di macchiatico. Univer-

sità degli studi di Torino.

CARBONE F., RIBAUDDO F., 2005 - Stima del valore di macchiatico nel sistema forestale attuale. *Estimo e Territorio* 6: 9-18.

CARBONE F., COLETTA A., LAUDATI G., 2007. Analisi delle componenti che incidono sulle quotazioni dei lotti di castagno all'utilizzazione di fine turno nel comprensorio della bassa Irpinia. *Aestimum* 50: 17-43.

CARBONE F., SAVELLI S., 2010 - Determinazione del valore di macchiatico per la vendita dei soprassuoli in piedi: presupposti teorici e procedimenti di calcolo. *Aestimum*, 57: 197-210.

CFAVS - CONSORZIO FORESTALE ALTA VALLE SUSA, 2006 - Piano Forestale Aziendale delle proprietà comunali del Comune di Oulx. Regione Piemonte.

EUROSTAT, 2013 - Forest area, European Commission, disponibile su http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/for_area (ultima visita: 12 Gennaio 2016).

GIAU, B. (a cura di), 1996 - Manuale per la valutazione della qualità economica dei boschi e per la sua rappresentazione. Edizioni Bosco e Ambiente, Frontone (PS).

HIPPOLITI G., 1990 - Le utilizzazioni forestali. Edizioni CUSL, Milano.

HIPPOLITI G., PIEGAI, F., 2000 - Tecniche e sistemi di lavoro per la raccolta del legname. Compagnia delle foreste, Arezzo.

HUTH A., DRECHSLER M., KÖHLER P., 2005 - Using multi-criteria decision analysis and a forest growth model to assess impacts of tree harvesting in Dipterocarp lowland rain forests. *Forest Ecology and Management*, 207: 215-232.

INFC, 2005 - Inventario Forestale Nazionale dei Serbatoi di Carbonio. Roma, Corpo Forestale dello Stato.

IPLA, 2003 - Norme tecniche regionali di pianificazione silvo-pastorale. Regione Piemonte, Direzione Economia montana e Foreste, Settore Politiche forestali.

KANGAS J., KANGAS A., 2005 - Multiple criteria decision support in forest management - the approach, methods applied, and experiences gained. *Forest Ecology and Management*, 207: 133-143.

KÜHMAIER M., STAMPFER K., 2010 - Development of a multi-attribute spatial decision support system in selecting timber harvesting systems. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 31: 75-88.

LUBELLO D., 2008 - A rule-based SDSS for integrated forest harvesting planning. Scuola di dottorato di ricerca dell'Università degli Studi di Padova.

MARINELLI A., MARONE E. (a cura di), 2013 - Il valore economico totale dei boschi della toscana, Agricoltura e Benessere. Franco Angeli, Milano.

MARONGI, S., CESARO L., FLORIAN D., TARASCONI L., 2012 - The use of FADN accounting system to measure the profitability of forestry sector. *L'Italia forestale e montana*, 67: 253-257.

MENDOZA G. A., PRABHU R., 2000 - Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria and indicators: a case study. *Forest Ecology and Management*, 131: 107-126.

MERLO M., 1991 - Elementi di Economia ed Estimo Forestale-Ambientale. Patron Editore, Padova.

MELINI D., TRAVAGLINI D., 2006 - Identificazione dell'attitudine a usi diversi delle aree forestali mediante un approccio sfocato su base GIS: il caso della Toscana. *L'Italia forestale e montana*, 5: 354.

PATRONE, G., 1950 - Osservazioni sul calcolo del prezzo di macchiatico. *L'Italia Forestale e Montana*, 5: 111-114.

PETTENELLA D., SIMONELLI M., 1997 - La vendita dei lotti boschivi. Unipress, Padova.

PIEGAI F., FRATINI R., PETTENELLA D., 2008 - Costi macchina: confronto tra diversi metodi di calcolo. *Sherwood*, 145: 10.

REGIONE PIEMONTE, 2014 - Prezzi di riferimento per opere e lavori pubblici nella Regione Piemonte - edizione dicembre 2014 - valevole per il 2015 - Sezione 01 opere edili. Osservatorio regionale dei lavori pubblici.

SACCHELLI S., DE MEO I., PALETTO A., 2012 - Bioenergy production and forest multi-functionality: a trade-off analysis using multiscale GIS model in a case study in Italy. *Applied Energy*, 104: 11-14.

SACCHELLI S., FAGARAZZI C., BERNETTI I., 2013 - Economic evaluation of forest biomass production in central Italy: A scenario assessment based on spatial analysis tool. *Biomass and bioenergy*, 53: 2-5.

SERPIERI, A. 1917 - Osservazioni sul prezzo di macchiatico. *L'Alpe*, 3: 76-82.

SPINELLI R., MAGAGNOTTI N., HARTSOUGH B., 2006 - Raccolta integrata di tondame e biomassa nel taglio a gruppi di fustaie alpine. *L'Italia forestale e montana*, 4: 306-314.

SYNEK M., KLIMÁNEK M., 2015 - Spatial modeling of a new technological typification in forestry based on multi-criteria evaluation of skidding technologies. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 63: 841-852.

YOSHIOKA T., SAKAI H., 2005 - Amount and availability of forest biomass as an energy resource in a mountainous region in Japan: A GIS-based analysis. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 26: 59-70.

ZADEH L.A., 1965 - Fuzzy sets. *Information and Control*, 8: 338-353.

ZAMBELLI P., LORA C., SPINELLI R., TATTONI C., VITTI A., ZATELLI P., CIOLLI M., 2012 - A GIS decision support system for regional forest management to assess biomass availability for renewable energy production. *Environmental modelling and software*, 38: 204-212.

ZIMMERMANN, H.J., ZYSNO, P., 1982 - Latent connectives in human decision making. *Fuzzy Sets and Systems*, 4:37-51.

Cristian Accastello

Borsista di ricerca, Unità di Economia del Dipartimento
di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari,
Università di Torino
Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO)
Email: cristian.accastello@unito.it

Filippo Brun

Prof. Ordinario, Unità di Economia del Dipartimento di
Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari,
Università di Torino
Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO)
Email: filippo.brun@unito.it

PAROLE CHIAVE: *economia forestale, costi di
utilizzo, modello spaziale, Piemonte.*

RIASSUNTO

L'articolo descrive un modello spaziale, applicato ad un'area forestale montana, in cui si è ripercorso il processo di stima dei costi di utilizzazione in funzione delle caratteristiche territoriali, degli assortimenti retraibili e degli interventi previsti dalla pianificazione forestale. Basato sui dati del Piano Forestale Aziendale del comune di Oulx (TO), il modello opera a livello delle particelle individuate su base strutturale in una compresa forestale produttiva e restituisce un indice, chiamato Valore di Vocazionalità, che misura l'attitudine all'utilizzazione forestale di ciascuna area in cui si può intervenire con i cantieri forestali. Tale indice viene poi utilizzato per calcolare le rese delle singole operazioni dei cantieri forestali al fine di stimare in modo oggettivo il loro costo. I risultati mostrano un forte legame tra i costi unitari di utilizzazione, compresi mediamente tra 30 e 50 €/m³, e l'indice, che pertanto si presta ad essere efficacemente utilizzato per fornire indicazioni speditive sui risultati economici degli interventi forestali.

KEY WORDS: *Forest economics, forest utilization costs, spatial model, Piedmont Region.*

ABSTRACT

This essay describe a spatial model, applied on a mountain forest area, able to evaluate the stumpage cost of lumbering in relation to territorial features, main timber assortments and fellings prescribed by the forest planning. Based on data from the current Forest Business Plan of Oulx, (Torino, Italy), the model, applied on units defined by their structural features into a productive forest stand, defines an index call Vocational Value able to assess the attitude of an area to a prescribed silvicultural treatment. This value is then related to hourly yields of forest operations, so to estimate their costs with objective and precise data for each area. Results show a strong bound between the unitary logging costs, mostly included between 30 and 50 €/mc⁻¹, and the index, which can be effectively used to provide information to forest managers on economic results of utilization cuts.