FRANCO PIEGAI (*) - FABIO FABIANO (*) - ENRICO MARCHI (*)

TAGLI DI AVVIAMENTO E NORMALI UTILIZZAZIONI DEI CEDUI: UNITÀ DI MISURA E PERDITE DI LEGNA DA ARDERE (1)

FDC 222 : 323 : 331 : 831.1

L'aumento del costo della manodopera negli ultimi decenni ha portato ad un innalzamento del diametro minimo del materiale legnoso utilizzato, con vantaggi sulla produttività ma a scapito della massa totale raccolta. Gli autori descrivono le indagini svolte su un ceduo di cerro di 34 anni di età, appartenente al Demanio della Regione Toscana, sottoposto a taglio di maturità e ad avviamento, per quantificare quanta massa legnosa sia abbandonata in bosco all'aumentare del diametro del materiale utilizzato.

Sono state individuate 11 particelle (7 per il ceduo e 4 per l'avviamento) di 2500 m^2 ciascuna. Per ogni particella è stato misurato, in peso e volume, un campione di circa 8 mst di materiale e quindi calcolato: volume sterico, numero di pezzi, peso, volume geometrico e volume reale per carico o gruppi di pezzi e conseguentemente il coefficiente sterico, il rapporto peso/volume, il numero di pezzi per unità di volume e dimensioni e peso medio dei singoli pezzi. Sono stati inoltre considerati: modalità di esecuzione del lavoro, tempi di lavoro in abbattimento/allestimento ed esbosco, quantitativi lavorati e costi di produzione.

Le conclusioni del lavoro sono che:

- *minori sono le dimensioni dei fusti utilizzati maggiore è la quantità del materiale di piccole dimensioni che si raccoglie;*
- *minori sono le dimensioni dei fusti utilizzati e maggiore è l'incidenza, in numero e volume del materiale di piccole dimensioni;*
- *considerando produttività giornaliere complessive di 2,5-4 mst per operaio nel ceduo e di 2,0-2,5 mst per operaio nell'avviamento, il lavoro è economicamente sostenibile a partire da un diametro minimo di circa 5 cm per il ceduo e di 6 cm per l'avviamento;*
- *tali limiti minimi portano ad una perdita di materiale, in volume, di circa il 3% per il ceduo e di circa il 18% per l'avviamento.*

Per migliorare l'economicità degli interventi è quindi utile:

- *allungare i turni per avere piante di diametro maggiore;*
- *utilizzare piante con diametro a 1,30 m a partire da circa 11 cm;*
- *organizzare il lavoro in modo da ridurre i costi ed aumentare le produttività.*

(*) Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali (DISTAF), Facoltà di Agraria, Università di Firenze.

[1] Lavoro svolto nell'ambito del Progetto ARSIA Toscana «Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e colturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno» coordinato dall'Istituto Sperimentale di Selvicoltura di Arezzo, del MIPAF.

Introduzione e scopo del lavoro

Nei lavori di utilizzazione della legna e del legname, le produttività sono prevalentemente e direttamente dipendenti dalle dimensioni dei fusti utilizzati, oltre che da altre caratteristiche meno influenti del lavoro (Hippoliti e Piegai, 2000).

In tal senso, come conseguenza dell'incremento del costo della manodopera che si è verificato dagli anni '60 ad oggi, si è assistito ad un innalzamento dei diametri minimi del materiale legnoso effettivamente utilizzato per ottenere aumenti di produttività, anche a scapito di minori quantitativi di massa legnosa raccolta per unità di superficie (Hippoliti, 1978 e 1983; Hippoliti e Piegai, 2000).

Tale andamento è stato particolarmente evidente nei tagli di avviamento e nelle utilizzazioni dei cedui, dai quali si ricava prevalentemente legna da ardere, dove il lavoro di allestimento è concentrato nella chioma dei polloni, dalla quale si ricava materiale di piccole e piccolissime dimensioni (a partire normalmente dai 3 cm di diametro ed inferiore ai 20 cm) e di scarso valore economico. Infatti per questo tipo di assortimento si è assistito ad un aumento delle dimensioni minime utilizzate: da circa 3 cm di diametro dei pezzi raccolti, sino ad una trentina di anni fa quando ancora si producevano estensivamente il carbone e la carbonella, fino ai 6 ed anche 7 cm di oggi.

Per capire quanta parte di massa legnosa è abbandonata in bosco all'aumentare delle dimensioni minime del materiale utilizzato (passando dai 3 ai 7 cm di diametro minimo) sono state condotte delle indagini sulle quantità e sulle dimensioni della legna da ardere che si ricava da tagli di avviamento e da normali utilizzazioni in cedui a prevalenza di cerro.

Tali indagini, effettuate su alcuni quantitativi campione di materiale, hanno permesso di ricavare anche delle utili informazioni sui rapporti esistenti fra le unità di misura più utilizzate per la misurazione ed il commercio della legna da ardere.

Localizzazione della sperimentazione

La ricerca si è svolta nei boschi del Demanio della Regione Toscana gestiti dalla Comunità Montana «Colline Metallifere», Massa Marittima (GR), nel corso di lavori di abbattimento, allestimento, concentramento ed esbosco in tagli di avviamento ed in utilizzazioni di cedui a prevalenza di cerro.

Per seguire il protocollo sperimentale previsto nel progetto, in tali boschi è stata individuata una zona piuttosto ampia, con soprassuolo coetaneo (34 anni al momento dell'utilizzazione), abbastanza uniforme e regolare

con caratteristiche orografiche sufficientemente omogenee. All'interno di questa zona sono state individuate 7 particelle (CeA1, CeB2, CeB3, CeC4, CeC5, CeD6, CeD7), per il taglio normale del ceduo con alcune diverse tesi di matricinatura, e 4 (AvA1, AvA2, AvB1, AvB2), per il taglio di avviamento con due diverse intensità di prelievo.

Prima degli interventi selvicolturali previsti l'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo (ISS-AR) ha realizzato un inventario dendrometrico e strutturale per conoscere la consistenza, la composizione specifica e l'articolazione sociale del soprassuolo. Per le 7 particelle destinate a ceduazione è stato effettuato un campionamento sistematico tramite aree di saggio a raggio fisso (452,4 m^2). Nelle 4 parcelle destinate al trattamento di avviamento all'alto fusto è stato effettuato il cavallettamento totale (AMORINI *et al.*, 2003). I dati riassuntivi sono sintetizzati in Tabella 1. Successivamente l'ISS-AR ha realizzato la definizione e la trasposizione a terra dei trattamenti previsti.

Per ciascuna di tali particelle, oltre ai rilievi nelle aree di saggio, è stato seguito anche tutto il lavoro di abbattimento, allestimento, concentramento ed esbosco del materiale rilevando i tempi di lavoro e misurando le quantità lavorate (CORSINI, 2001; PETRONZI, 2002; PIEGAI *et al.*, 2003).

Tali lavori sono stati condotti dalla Comunità Montana con proprio personale dipendente che utilizzava il materiale legnoso da un diametro minimo di circa 3 cm (anche se soltanto una parte di questo è stata raccolta), non essendo stimolato da finalità prettamente produttivistiche.

Parte della legna ricavata da tali lavori è stata oggetto delle misurazioni necessarie per analizzare quanto era previsto in questo studio.

RILIEVI EFFETTUATI

L'esbosco del materiale legnoso, classificato come assortimento legna da ardere, è stato effettuato tramite trattore con gabbie (a soma con trattore).

Per ognuna delle 7 + 4 particelle sono stati scelti 2 carichi di trattore con gabbie (circa 4 metri steri–mst[(2)] per carico; il volume esboscato per ogni viaggio è stato maggiore nel ceduo perché le gabbie utilizzate erano più grandi) provenienti da zone diverse delle particelle e costituiti da materiale il più possibile rappresentativo delle caratteristiche medie della particella.

---

[2] Il metro stero (mst) ed il quintale (q) sono unità di misura non riconosciute ufficialmente nel Sistema Internazionale (S.I.), ma sono normalmente utilizzate nel mercato della legna da ardere ed è per ciò che sono considerate in questo lavoro.

Tabella 1 – Caratteristiche dendrometriche delle particelle.

Particella	Numero fusti ad ettaro			Area basimetrica			Diametro medio			Provvigione stimata prima	Provvigione stimata dopo	Volume stimato tagliato	Percentuale tagliata	Volume realmente lavorato
	Polloni	Matricine	Totali	Polloni	Matricine	Totale	Polloni	Matricine	Totale					
	N/ha	N/ha	N/ha	G/ha m^2	G/ha m^2	G/ha m^2	Dgm cm	Dgm cm	Dgm cm	m^3/ha	m^3/ha	m^3/ha	%	m^3/ha
CeA1	2056	221	2277	13,72	5,38	19,10	9,2	17,6	10,3	113,260				156,698
CeB2	2564	177	2741	18,91	6,52	25,43	9,7	21,7	11,0	140,680				105,675
CeB3	4951	111	5062	24,80	2,14	26,94	8,0	15,7	8,2	142,300				143,197
CeC4	5747	309	6056	22,41	5,51	27,92	7,1	15,1	7,7	142,720				150,142
CeC5	3095	177	3272	23,21	4,36	27,57	9,8	17,7	10,4	163,130				144,174
CeD6	1923	287	2210	15,40	20,55	35,95	10,1	30,2	14,5	240,260				288,089
CeD7	1978	122	2100	20,52	5,95	26,47	11,7	25,1	12,9	166,860				153,550
AvA1	4996	236	5232	22,70	5,40	28,10	7,6	17,0	8,3	160,000	95,120	64,880	40,6	75,230
AvA2	3910	314	4224	22,70	7,80	30,50	8,6	17,8	9,6	181,600	113,750	67,850	37,4	89,076
AvB1	2396	220	2616	20,80	7,30	28,10	10,5	20,6	11,7	225,600	181,460	44,140	19,6	46,776
AvB2	3684	172	3856	21,70	4,90	26,60	8,7	19,1	9,4	158,900	120,700	38,200	24,0	45,684

Legenda - **Particella**: particella alla quale si riferiscono i dati; **Numero fusti ad ettaro di Polloni, di Matricine e Totale**: numero di polloni, di matricine e fusti (polloni + matricine) totali per ha prima del taglio; **Area basimetrica di Polloni, di Matricine e Totale**: area basimetrica dei polloni, delle matricine e dei fusti (polloni + matricine) totali in m^2 per ha prima del taglio; **Diametro medio di Polloni, di Matricine e Totale:** diametro medio di area basimetrica media dei polloni, delle matricine e dei fusti (polloni + matricine) totali in cm prima del taglio; **Provvigione stimata prima**: provvigione calcolata nelle aree di saggio in m^3/ha prima del taglio di avviamento; **Provvigione stimata dopo**: provvigione calcolata nelle aree di saggio in m^3/ha dopo il taglio di avviamento; **Volume stimato tagliato**: volume di legna da ardere calcolato da tagliare nelle aree di saggio in m^3/ha; **Percentuale tagliata**: percentuale di provvigione stimata tagliata nell'intervento di avviamento (rapporto percentuale Volume stimato tagliato/Provvigione stimata prima); **Volume realmente lavorato**: volume di legna da ardere effettivamente lavorato, raccolto e misurato in m^3/ha.

Di tale materiale (scaricato all'imposto in mucchi tenuti separati gli uni dagli altri per consentirne le necessarie misurazioni) è stato misurato il volume sterico nelle gabbie, carico per carico, tenendo conto di una lunghezza media unica di 1 m per tutti i pezzi.

Successivamente, con l'aiuto anche di personale messo a disposizione dall'ISS-AR, sono stati fatti i seguenti rilievi:

– circonferenza a metà e lunghezza, di ogni singolo pezzo costituente i vari carichi, per il calcolo del volume geometrico del materiale;
– peso (con una bilancia tipo bascula da 250 kg) di tutti i carichi per gruppi di pezzi già misurati;
– volume reale dei gruppi di pezzi di ogni pesata tramite una coppia di xilometri, ciascuno costituito da un cilindro graduato d'acciaio di circa 300 l di capacità, per calcolare l'errore tra volume reale e quello geometrico dei pezzi e per conoscere l'effettivo coefficiente sterico del materiale studiato; questo dato è stato rilevato soltanto per il materiale proveniente dal taglio di avviamento.

Conseguentemente a queste misurazioni è stato possibile ottenere, in fase di elaborazione, i seguenti dati relativi ad ogni singolo carico di trattore con gabbie:

– il volume sterico effettivo, rapportando il volume sterico inizialmente misurato, ipotizzando una lunghezza della legna di 1 m, alla lunghezza media effettiva della legna;
– il numero dei pezzi;
– il peso dei vari carichi, in kg, sommando il peso dei gruppi di pezzi che lo costituivano;
– il volume geometrico di ogni singolo pezzo tramite la formula della sezione mediana (BERNETTI e LA MARCA, 1983) e, per somma, il volume geometrico del corrispondente carico in m^3;
– il volume reale dei diversi gruppi di pezzi pesati, in m^3 di acqua spostata negli xilometri, e, per somma, il volume reale del corrispondente carico;
– il coefficiente sterico tra il volume reale ed il volume sterico;
– il peso a m^3 ed il peso a mst;
– le dimensioni minima, media e massima, del diametro, della lunghezza e del volume dei singoli pezzi;
– il peso medio per pezzo;
– il numero di pezzi per m^3 e per mst.

I dati suddetti sono riportati nella Tabella 2, nella quale ogni riga è relativa ad un carico di trattore con gabbie o ad una singola particella (ogni due carichi compaiono i dati relativi alle singole particelle), sia per il lavoro nel ceduo che nel taglio di avviamento, con i totali e le medie dei due interventi selvicolturali.

Tabella 2 – Caratteristiche dimensionali del materiale utilizzato e misurato dei singoli carichi ed in ogni particella.

Particella	Volume sterico	Pezzi	Peso	Volume geom.	Volume reale H_2O	Coeffic.	Massa volum.	Massa sterica	Diametro mediano			Lunghezza			Volume			Peso	Numero pezzi	
									min	med	max	min	med	max	min	med	max	pezzi	a m^3	a mst
	mst	n°	kg	m^3	m^3	sterico	kg/m^3	kg/mst	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm^3	cm^3	cm^3	kg/P	n°P/m^3	n°P/mst
CeA1-3	4,830	399	2913	2,864	2,872	0,595	986	603	4	9	23	74	105	140	1123	7178	40711	7,3	139	83
CeA1-6	5,060	494	2988	2,951	2,946	0,582	986	591	3	8	28	46	110	147	799	5974	61437	6,0	167	98
CeA1	9,890	893	5901	5,815	5,818	0,588	986	597	3	8,2	28	46	107	147	799	6512	61437	6,6	154	90
CeB2-1	4,160	434	2672	2,593	2,635	0,633	986	642	3	8	29	67	104	134	589	5974	47699	6,2	167	104
CeB2-4	4,646	426	2425	2,397	2,391	0,515	986	522	3	8	27	60	101	133	688	5627	58070	5,7	178	92
CeB2	8,806	860	5097	4,990	5,026	0,571	986	579	3	7,7	29	60	102	134	589	5802	58070	5,9	172	98
CeB3-2	4,606	492	2452	2,443	2,418	0,525	986	532	3	8	20	50	98	141	629	4965	28742	5,0	201	107
CeB3-8	4,653	614	2475	2,556	2,440	0,524	986	532	3	7	19	40	99	136	724	4163	28130	4,0	240	132
CeB3	9,259	1106	4927	4,999	4,858	0,525	986	532	3	7,2	20	40	99	141	629	4520	28742	4,5	221	119
CeC4-6	4,738	551	2400	2,410	2,366	0,499	986	507	3	7	19	68	103	141	645	4374	33232	4,4	229	116
CeC4-1	4,312	506	2550	2,515	2,514	0,583	986	591	3	7	20	74	98	171	716	4970	29373	5,0	201	117
CeC4	9,050	1057	4950	4,925	4,881	0,539	986	547	3	7,1	20	68	101	171	645	4659	33232	4,7	215	117
CeC5-2	4,841	424	2764	2,772	2,725	0,563	986	571	3	8	31	70	103	140	692	6537	80672	6,5	153	88
CeC5-6	4,508	402	2795	2,736	2,756	0,611	986	620	4	8	26	70	98	131	895	6806	47181	7,0	147	89
CeC5	9,349	826	5559	5,508	5,481	0,586	986	595	3	8,2	31	70	100	140	692	6668	80672	6,7	150	88
CeD6-2	4,653	225	3038	3,021	2,995	0,644	986	653	3	11	36	72	99	127	573	13425	84338	13,5	74	48
CeD6-13	4,692	261	3020	2,991	2,978	0,635	986	644	3	10	36	72	102	142	645	11460	101612	11,6	87	56
CeD6	9,345	486	6058	6,012	5,973	0,639	986	648	3	10,6	36	72	101	142	573	12370	101612	12,5	81	52
CeD7-5	4,841	373	2885	2,798	2,845	0,588	986	596	3	9	28	70	103	140	660	7500	54811	7,7	133	77
CeD7-7	4,600	375	2749	2,741	2,711	0,589	986	598	3	9	26	68	100	135	580	7311	48768	7,3	137	82
CeD7	9,441	748	5634	5,539	5,555	0,588	986	597	3	8,7	28	68	101	140	580	7405	54811	7,5	135	79
CeTotale	**65,140**	**5976**	**38126**	**37,788**	**37,592**	**0,577**	**986**	**585**	**3**	**8,0**	**36**	**40**	**102**	**171**	**573**	**6323**	**101612**	**6,4**	**158**	**92**

(Segue)

Segue Tabella 2

Particella	Volume sterico	Pezzi	Peso	Volume geom.	Volume reale H_2O	Coeffic.	Massa volum.	Massa sterica	Diametro mediano			Lunghezza			Volume			Peso pezzi	Numero pezzi	
									min	med	max	min	med	max	min	med	max		a m^3	a mst
	mst	n°	kg	m^3	m^3	sterico	kg/m^3	kg/mst	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm^3	cm^3	cm^3	kg/P	n°P/m^3	n°P/mst
AvA1-9	3,763	713	1804	2,000	1,862	0,495	969	479	3	5	19	71	102	120	484	2805	27502	2,5	357	189
AvA1-6	3,777	625	1848	2,058	1,896	0,502	975	489	3	6	15	60	101	131	612	3292	15744	3,0	304	165
AvA1	7,540	1338	3652	4,058	3,758	0,498	972	484	3	5,8	19	60	101	131	484	3033	27502	2,7	330	177
AvA2-3	3,727	606	1825	2,028	1,832	0,492	996	490	3	6	24	58	101	129	407	3346	37476	3,0	299	163
AvA2-11	3,931	434	2144	2,331	2,138	0,544	1003	545	3	7	27	74	104	145	668	5371	51204	4,9	186	110
AvA2	7,658	1040	3969	4,359	3,970	0,518	1000	518	3	6,6	27	58	102	145	407	4191	51204	3,8	239	136
AvB1-2	3,822	338	2066	2,335	2,101	0,550	983	541	4	9	22	83	105	156	1078	6907	36371	6,1	145	88
AvB1-5	3,893	387	2114	2,351	2,121	0,545	997	543	3	8	33	80	103	144	899	6076	75654	5,5	165	99
AvB1	7,715	725	4180	4,686	4,222	0,547	990	542	3	8,2	33	80	104	156	899	6463	75654	5,8	155	94
AvB2-2	4,077	441	1949	2,199	1,974	0,484	987	478	3	7	19	65	104	140	748	4986	30748	4,4	201	108
AvB2-5	3,806	657	1740	1,983	1,785	0,469	975	457	3	6	17	79	104	137	433	3018	21683	2,6	331	173
AvB2	7,883	1098	3689	4,182	3,759	0,477	981	468	3	6,3	19	65	104	140	433	3809	30748	3,4	263	139
AvTotale	**30,796**	**4201**	**15490**	**17,285**	**15,709**	**0,510**	**986**	**503**	**3**	**6,5**	**33**	**58**	**103**	**156**	**407**	**4114**	**75654**	**3,7**	**243**	**136**

Legenda- **Particella**: indicazione dei singoli carichi e del totale misurato; **Volume sterico**: quantitativo reale dei singoli carichi e del totale misurato espresso in metri steri; **Pezzi**: numero di pezzi costituenti i vari carichi e totale misurato; **Peso**: peso dei vari carichi e peso totale dei pezzi misurati espresso in kg; **Volume geom.**: volume geometrico dei vari carichi e totale dei pezzi misurati calcolato con il metodo della sezione mediana; **Volume reale H_2O**: volume reale, misurato in metri cubi con gli xilometri o ricavato con la massa volumica, dei vari carichi e totale dei pezzi misurati; **Coeffic. sterico**: coefficiente sterico ottenuto dal rapporto Volume H_2O/Volume mst; **Massa volum.**: massa volumica del materiale misurato rispetto al Volume H_2O espressa in kg/m^3; **Massa sterica**: peso a metro stero del materiale misurato; **Diametro mediano min**, **med**, **max**: diametro minimo, medio e massimo in centimetri a metà lunghezza dei pezzi misurati; **Lunghezza min**, **med**, **max**: lunghezza minima, media e massima in centimetri dei pezzi misurati; **Volume min**, **med**, **max**: volume minimo, medio e massimo in centimetri cubi dei pezzi misurati; **Peso pezzi**: peso medio in kg dei pezzi misurati; **Numero pezzi a m^3 e a mst**: numero dei pezzi misurati per ogni metro cubo e per ogni metro stero; **CeTotale** e **AvTotale**: totali e medie relativi a tutti i dati raccolti rispettivamente nel ceduo e nel taglio di avviamento.

Tutti i lavori di abbattimento, allestimento, concentramento ed esbosco della legna sono stati eseguiti nei mesi da gennaio ad aprile del 2001 e del 2002, rispettivamente per il ceduo e per l'avviamento, e le varie misurazioni sono state fatte a non più di 20 giorni dal taglio, pertanto si può considerare che la legna sia stata misurata allo stato fresco.

Elaborazioni relative alle unità di misura

Utilizzando il peso ed il volume reale, determinato con gli xilometri, del materiale misurato (8 carichi di trattore con gabbie per un totale di circa 31 mst), è stato determinato il valore medio della massa volumica, risultato essere di 986 kg/m^3. Tale dato è stato utilizzato per calcolare il volume reale dei carichi non misurati con gli xilometri.

Nella Tabella 2 sono infatti riportati, per ogni carico, sia il volume geometrico in m^3 (ottenuto sommando il volume geometrico dei vari pezzi che lo costituivano) sia il volume reale in m^3 (ottenuto in modo diretto sommando le varie misurazioni effettuate con gli xilometri o calcolandolo in modo indiretto conoscendone il peso e utilizzando il valore medio della massa volumica).

Analizzando e confrontando le Tabelle 1 e 2, sulla base delle diverse correlazioni tra i dati raccolti, si possono fare le seguenti osservazioni:

- in 9 delle 11 particelle l'area basimetrica totale ad ettaro e la provvigione totale ad ettaro, misurate nelle aree di saggio, sono state abbastanza uniformi fra di loro, a dimostrazione del fatto che la zona scelta per la sperimentazione era abbastanza omogenea, con due sole eccezioni, la zona più povera (particella CeB2) e la zona più ricca di massa legnosa (particella CeD6), localizzate entrambe dove il soprassuolo è stato utilizzato a ceduo;
- all'aumentare del diametro medio a 1,30 m dei fusti aumenta conseguentemente anche il diametro medio dei pezzi utilizzati passando da circa 6 cm con fusti di 7 cm di diametro medio a 1,30 m ai circa 10 cm con fusti di diametro medio a 1,30 m di 15 cm (Grafico 1);
- all'aumentare del diametro medio a 1,30 m dei fusti diminuisce conseguentemente il numero dei fusti per ettaro passando da circa 6000 fusti per ettaro con diametro medio a 1,30 m di 7 cm a circa 2000 fusti per ettaro con diametro medio a 1,30 m di 13 cm, rimanendo abbastanza costante il valore dell'area basimetrica;
- fra i due interventi selvicolturali, taglio del ceduo e avviamento, si possono osservare quantitativi di materiale utilizzato, in numero, volume, peso e dimensioni, nettamente maggiori nel taglio del ceduo;

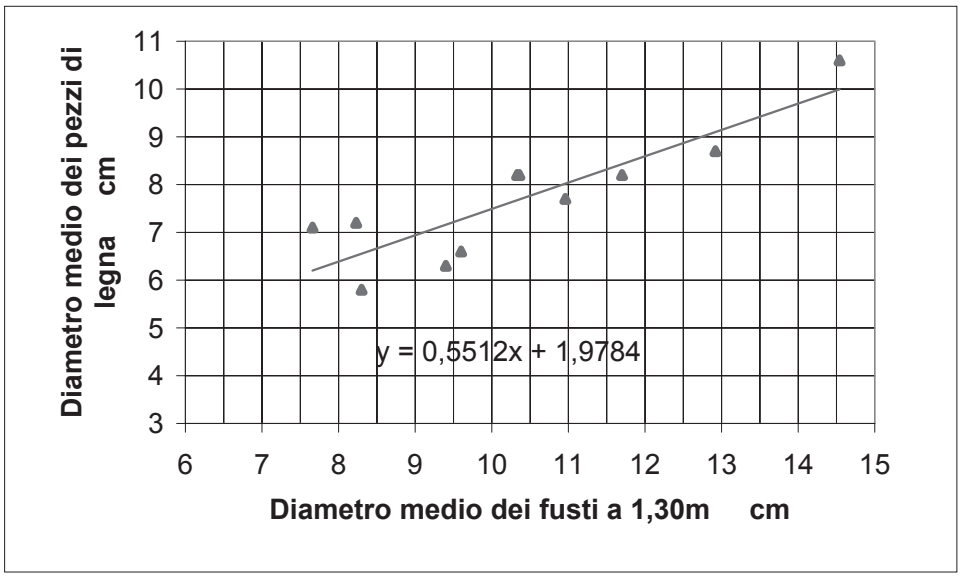

Grafico 1 – Relazione tra il diametro medio ad 1,30 m dei fusti utilizzati ed il diametro medio, a metà lunghezza, dei pezzi di legna da ardere che da questi si ricavano.

- all'aumentare del diametro medio dei pezzi costituenti i vari carichi aumenta conseguentemente:
  - il coefficiente sterico, che passa da circa 0,47, con diametri medi di 5 cm, a circa 0,65, con diametri medi di 11 cm (Grafico 2);
  - il peso a metro stero, che passa da circa 460 kg, con diametri medi di 5 cm, ai circa 670 kg, con diametri medi di 11 cm (Grafico 3);
  - il volume medio dei pezzi, che passa da circa 2,7 dm^3, con diametri medi di 5 cm, ai circa 13,2 dm^3, con diametri medi di 11 cm (Grafico 4);
  - il peso medio dei pezzi, che passa da circa 2,4 kg, con diametri medi di 5 cm, ai circa 13,9 kg, con diametri medi di 11 cm (Grafico 5);
- all'aumentare del diametro medio dei pezzi diminuisce conseguentemente il numero di pezzi a mst, che passa da circa 190 pezzi, con diametri medi di circa 5 cm, ai circa 50 pezzi, con diametri medi di 11 cm (Grafico 6);
- all'aumentare del diametro medio a 1,30 m dei fusti aumenta, come già detto, il diametro medio dei pezzi di legna utilizzata e quindi anche il coefficiente sterico dei pezzi, il loro peso medio, il loro volume medio, il peso a mst e diminuisce il numero dei pezzi a mst;
- fra il volume calcolato geometricamente e quello determinato con xilometro si possono rilevare degli errori massimi fino a circa il 10% in carichi costituiti da pezzi piccoli, mentre gli errori diminuiscono fortemente, quasi ad annullarsi, quando i carichi sono costituiti da pezzi grandi.

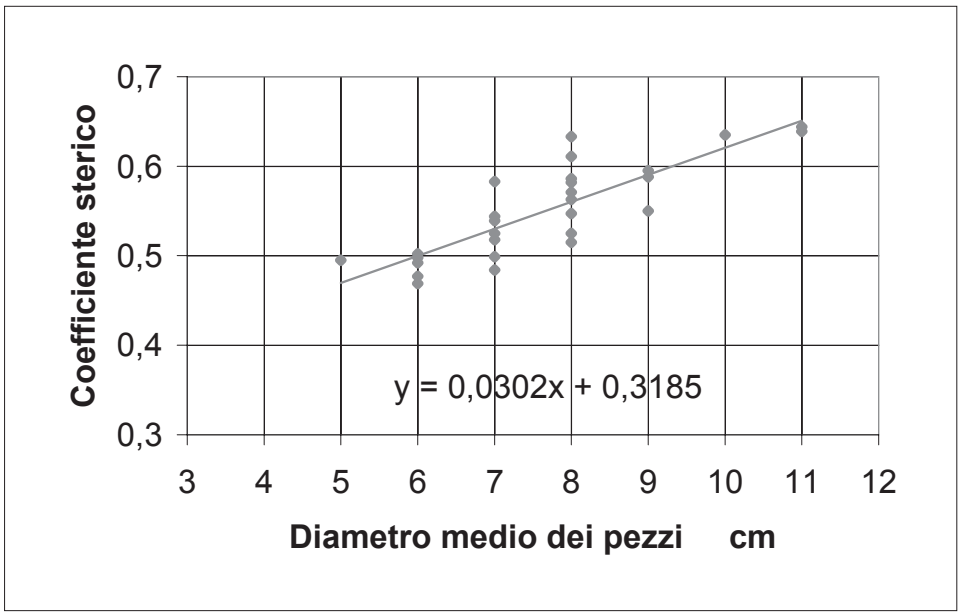

Grafico 2 – Relazione tra il diametro medio dei pezzi di legna da ardere ed il corrispondente coefficiente sterico.

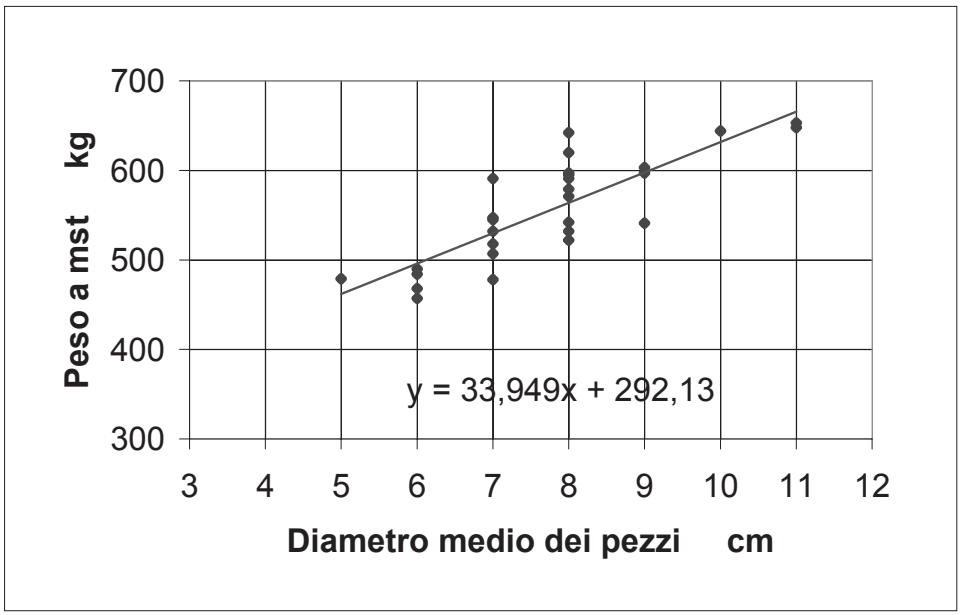

Grafico 3 – Relazione tra il diametro medio dei pezzi di legna da ardere ed il corrispondente peso a metro stero.

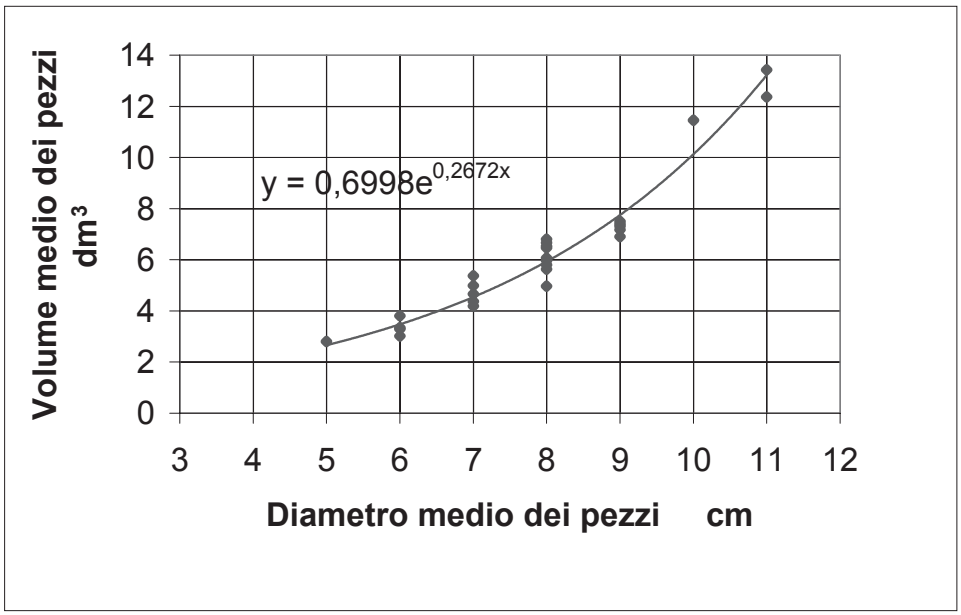

Grafico 4 – Relazione tra il diametro medio dei pezzi di legna da ardere ed il corrispondente volume medio dei pezzi.

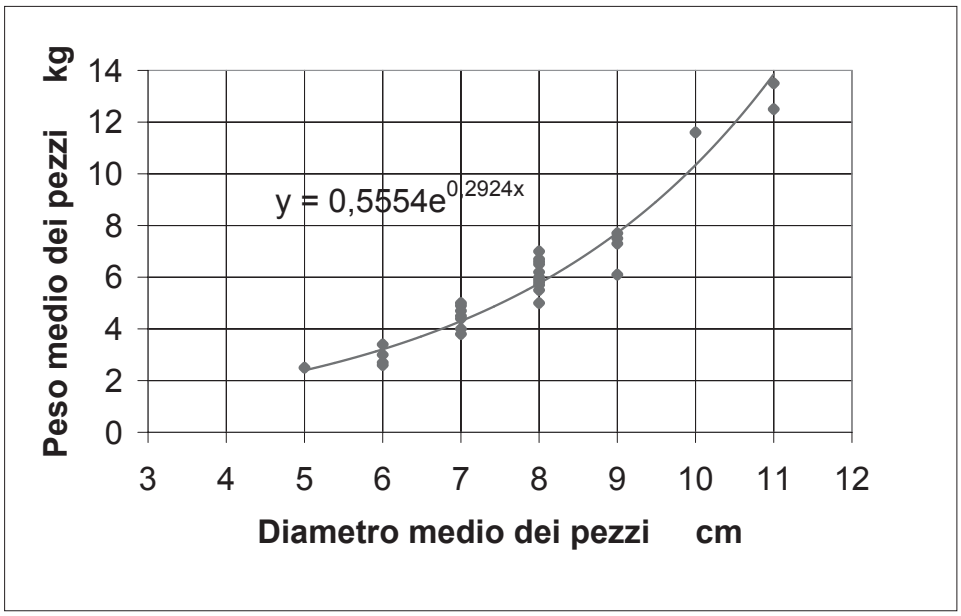

Grafico 5 – Relazione tra il diametro medio dei pezzi di legna da ardere ed il corrispondente peso medio dei pezzi.

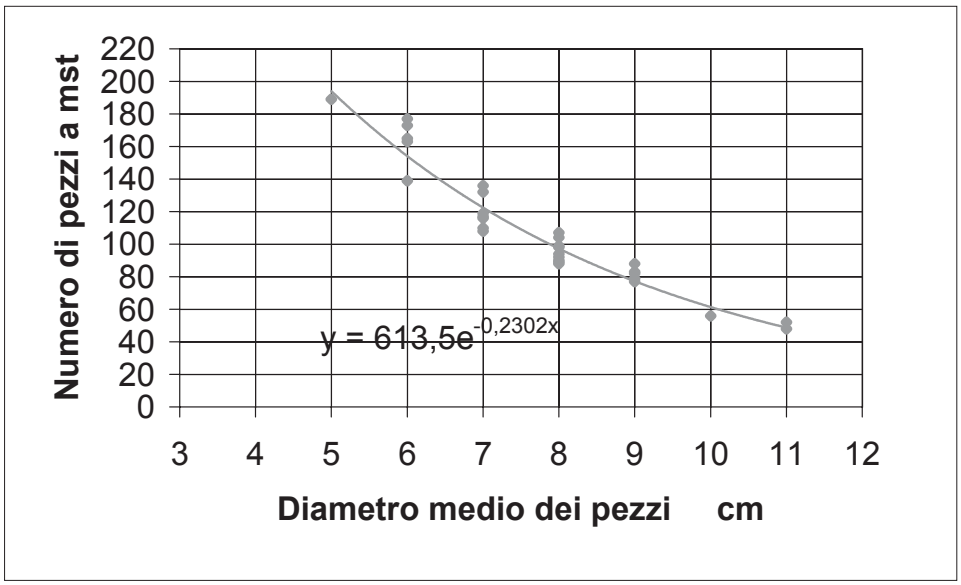

Grafico 6 – Relazione tra il diametro medio dei pezzi di legna da ardere ed il corrispondente numero di pezzi a metro stero.

Elaborazioni relative alle dimensioni ed ai volumi dei pezzi

Utilizzando i diametri ed i volumi dei singoli pezzi, è stato possibile analizzare quanto materiale si perda e sia lasciato in bosco innalzando il diametro minimo di utilizzazione. Tale operazione è stata fatta sul volume misurato geometricamente e non su quello misurato con gli xilometri perché, in questo caso, la misurazione del volume era riferita non ai singoli pezzi ma a gruppi di questi.

Per ogni particella i dati dei singoli pezzi (circonferenza, diametro mediano, lunghezza e volume) dei due carichi misurati sono stati ordinati in serie crescenti in modo da avere per ogni classe di circonferenza e di diametro (Tabelle 3 e 4):

– il numero di pezzi;
– la percentuale del numero di pezzi rispetto al totale;
– il volume complessivo dei pezzi;
– la percentuale del volume dei pezzi rispetto al volume totale.

I dati delle varie particelle sono stati poi riuniti per ottenere dei valori medi indicativi per gli interventi di normale utilizzazione dei cedui e per i tagli di avviamento (Tabelle 5 e 6).

Analogamente si è provveduto a fare, per i due carichi di ogni particella e complessivamente per i due diversi interventi selvicolturali (ceduo e

Tabella 3 – Numero di pezzi, volumi e loro percentuali in funzione della circonferenza e diametro dei pezzi nelle diverse particelle tagliate a ceduo.

Particella	Circon-ferenza cm	Diametro cm	Pezzi n°	Pezzi %	Pezzi n°	Pezzi %	Volume cm^3	Volume %	Volume cm^3	Volume %
A1	9	3								
	10	3	1	0,11	1	0,11	851	0,01	851	0,01
	11	4	6	0,67			6471	0,11		
	12	4	12	1,34			15584	0,27		
	13	4	25	2,80			39915	0,69		
	14	4	41	4,59	85	9,52	73055	1,26	135876	2,34
	15	5	52	5,82			104151	1,79		
	16	5	48	5,38			111147	1,91		
	17	5	43	4,82	228	25,53	108928	1,87	460102	7,91
	18	6	43	4,82			120973	2,08		
	19	6	47	5,26			148893	2,56		
	20	6	37	4,14	355	39,75	133629	2,30	863597	14,85
	21	7	34	3,81			131948	2,27		
	22	7	41	4,59			170201	2,93		
	23	7	42	4,70	472	52,86	191542	3,29	1357288	23,34
	24-87	8-28	421	47,15	421	47,14	4457487	76,66	4457487	76,66
Totale			**893**	**100,00**	**893**	**100,00**	**5814775**	**100,00**	**5814775**	**100,00**

Particella	Circon-ferenza cm	Diametro cm	Pezzi n°	Pezzi %	Pezzi n°	Pezzi %	Volume cm^3	Volume %	Volume cm^3	Volume %
B2	9	3	1	0,12			632	0,01		
	10	3	10	1,16	11	1,28	7306	0,15	7938	0,16
	11	4	13	1,51			13106	0,26		
	12	4	45	5,23			52578	1,05		
	13	4	36	4,19			50109	1,00		
	14	4	41	4,77	146	16,98	65820	1,32	189551	3,80
	15	5	56	6,51			103025	2,06		
	16	5	50	5,81			105853	2,12		
	17	5	44	5,12	296	34,42	106559	2,14	504988	10,12
	18	6	43	5,00			115275	2,31		
	19	6	43	5,00			131801	2,64		
	20	6	46	5,35	428	49,77	154379	3,09	906443	18,17
	21	7	25	2,91			91067	1,83		
	22	7	34	3,95			136078	2,73		
	23	7	32	3,72	519	60,35	138034	2,77	1271622	25,48
	24-90	8-29	341	39,65	341	39,65	3718223	74,52	3718223	74,52
Totale			**860**	**100,00**	**860**	**100,00**	**4989845**	**100,00**	**4989845**	**100,00**

Particella	Circon-ferenza cm	Diametro cm	Pezzi n°	Pezzi %	Pezzi n°	Pezzi %	Volume cm^3	Volume %	Volume cm^3	Volume %
B3	9	3								
	10	3	3	0,27	3	0,27	2125	0,04	2125	0,04
	11	4	12	1,08			11239	0,22		
	12	4	47	4,25			54683	1,09		
	13	4	44	3,98			60426	1,21		
	14	4	78	7,05	184	16,64	122049	2,44	250522	5,01
	15	5	69	6,24			123223	2,47		
	16	5	72	6,51			146392	2,93		
	17	5	63	5,70	388	35,08	145590	2,91	665727	13,32
	18	6	61	5,52			158357	3,17		
	19	6	65	5,88			187734	3,76		
	20	6	50	4,52	564	50,99	162213	3,25	1174031	23,49
	21	7	55	4,97			189400	3,79		
	22	7	50	4,52			184796	3,70		
	23	7	47	4,25	716	64,74	195453	3,91	1743680	34,88
	24-63	8-20	390	35,26	390	35,26	3255170	65,11	3255170	65,12
Totale			**1106**	**100,00**	**1106**	**100,00**	**4998850**	**100,00**	**4998850**	**100,00**

(Segue)

Segue Tabella 3

Particella	Circon-ferenza cm	Diametro cm	Pezzi n°	Pezzi %	Pezzi n°	Pezzi %	Volume cm^3	Volume %	Volume cm^3	Volume %
C4	9	3	1	0,09			645	0,01		
	10	3	4	0,38	5	0,47	3199	0,06	3844	0,08
	11	4	28	2,65			26566	0,54		
	12	4	38	3,60			45699	0,93		
	13	4	71	6,72			95952	1,95		
	14	4	75	7,10	217	20,53	121180	2,46	293241	5,95
	15	5	54	5,11			99964	2,03		
	16	5	66	6,24			137451	2,79		
	17	5	60	5,68	397	37,56	141979	2,88	672635	13,66
	18	6	49	4,64			128451	2,61		
	19	6	52	4,92			153030	3,11		
	20	6	56	5,30	554	52,41	179397	3,64	1133513	23,02
	21	7	39	3,69			139641	2,84		
	22	7	44	4,16			170315	3,46		
	23	7	39	3,69	676	63,95	164090	3,33	1607559	32,64
	24-63	8-20	381	36,03	381	36,05	3317098	67,36	3317098	67,36
Totale			**1057**	**100,00**	**1057**	**100,00**	**4924657**	**100,00**	**4924657**	**100,00**

Particella	Circon-ferenza cm	Diametro cm	Pezzi n°	Pezzi %	Pezzi n°	Pezzi %	Volume cm^3	Volume %	Volume cm^3	Volume %
C5	9	3								
	10	3	4	0,48	4	0,48	2976	0,05	2976	0,05
	11	4	15	1,82			14654	0,27		
	12	4	30	3,63			34482	0,63		
	13	4	42	5,08			57720	1,05		
	14	4	61	7,38	152	18,4	96863	1,76	206695	3,75
	15	5	47	5,69			86122	1,56		
	16	5	40	4,84			85908	1,56		
	17	5	35	4,24	274	33,17	82708	1,50	461433	8,38
	18	6	37	4,48			97099	1,76		
	19	6	39	4,72			115025	2,09		
	20	6	36	4,36	386	46,73	118476	2,15	792033	14,38
	21	7	17	2,06			62290	1,13		
	22	7	30	3,63			119899	2,18		
	23	7	34	4,12	467	56,54	144391	2,62	1118613	20,31
	24-96	8-31	359	43,47	359	43,46	4389055	79,69	4389055	79,69
Totale			**826**	**100,00**	**826**	**100,00**	**5507668**	**100,00**	**5507668**	**100,00**

Particella	Circon-ferenza cm	Diametro cm	Pezzi n°	Pezzi %	Pezzi n°	Pezzi %	Volume cm^3	Volume %	Volume cm^3	Volume %
D6	9	3								
	10	3	6	1,23	6	1,23	4050	0,07	4050	0,07
	11	4	8	1,65			7105	0,12		
	12	4	16	3,29			18119	0,30		
	13	4	17	3,50			23453	0,39		
	14	4	16	3,29	63	12,96	25516	0,42	78243	1,30
	15	5	30	6,17			54110	0,90		
	16	5	20	4,12			42517	0,71		
	17	5	19	3,91	132	27,16	45172	0,75	220042	3,66
	18	6	18	3,70			47106	0,78		
	19	6	16	3,29			49956	0,83		
	20	6	18	3,70	184	37,86	61020	1,02	378124	6,29
	21	7	14	2,88			48780	0,81		
	22	7	16	3,29			66672	1,11		
	23	7	11	2,26	225	46,30	47442	0,79	541018	9,00
	24-113	8-36	261	53,72	261	53,70	5470676	91,00	5470676	91,00
Totale			**486**	**100,00**	**486**	**100,00**	**6011694**	**100,00**	**6011694**	**100,00**

(Segue)

Segue Tabella 3

Particella	Circon-ferenza cm	Diametro cm	Pezzi n°	Pezzi %	Pezzi n°	Pezzi %	Volume cm^3	Volume %	Volume cm^3	Volume %
D7	9	3	2	0,27			1205	0,02		
	10	3	4	0,53	6	0,80	3087	0,06	4292	0,08
	11	4	7	0,94			6683	0,12		
	12	4	23	3,07			26412	0,48		
	13	4	34	4,55			46546	0,84		
	14	4	40	5,35	110	14,71	66150	1,19	150083	2,71
	15	5	37	4,95			67878	1,23		
	16	5	35	4,68			73031	1,32		
	17	5	27	3,61	209	27,94	66447	1,20	357439	6,45
	18	6	26	3,48			69898	1,26		
	19	6	30	4,01			90662	1,64		
	20	6	29	3,88	294	39,30	95492	1,72	613491	11,08
	21	7	21	2,81			78926	1,42		
	22	7	28	3,74			110655	2,00		
	23	7	30	4,01	373	49,87	129992	2,35	933064	16,84
	24-87	8-28	375	50,12	375	50,13	4606065	83,15	4606065	83,16
Totale			**748**	**100,00**	**748**	**100,00**	**5539129**	**100,00**	**5539129**	**100,00**

Legenda **- Particella**: particella alla quale si riferiscono i dati; **Circonferenza** e **Diametro**: circonferenza e corrispondente diametro, in centimetri a metà lunghezza dei pezzi, di cm in cm fino ai 7 cm di diametro ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi; **Pezzi**: numero di pezzi e loro percentuale rispetto al totale di pezzi di quella circonferenza ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi; **Pezzi**: numero di pezzi e loro percentuale rispetto al totale di pezzi di quel diametro ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi; **Volume**: volume dei pezzi e corrispondente percentuale rispetto al volume totale, in centimetri cubi, dei pezzi di cm in cm di circonferenza fino ai 7 cm di diametro ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi; **Volume**: volume dei pezzi e corrispondente percentuale rispetto al volume totale, in centimetri cubi, dei pezzi di cm in cm di diametro fino ai 7 cm di diametro ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi.

avviamento), la distribuzione delle frequenze dei diametri mediani dei singoli pezzi per vederne la tipologia e capire quale parte del materiale è stato effettivamente raccolto (Grafici 7-8).

È stato così possibile ottenere, in numero ed in volume dei pezzi, quali possono essere le perdite di materiale legnoso che si hanno (la legna che è abbandonata in bosco) aumentando le dimensioni minime del materiale utilizzato.

Le osservazioni che si possono fare, relativamente ai dati dei quali disponiamo, sono:

– minori sono le dimensioni dei fusti utilizzati (tagli di avviamento) e maggiore è la quantità di materiale di piccole dimensioni che si tende a raccogliere; il diametro minimo del materiale allestito è di 3 cm, ma buona parte di questo è abbandonato in bosco e non lavorato. Questo dato è molto più evidente nel ceduo, meno nell'avviamento (nel ceduo si comincia a non raccogliere circa il 5% di pezzi con 5 cm di diametro, circa il

Tabella 4 – Numero di pezzi, volumi e loro percentuali in funzione della circonferenza e diametro dei pezzi nelle diverse particelle avviate all'alto fusto.

Particella	Circon-ferenza cm	Diametro cm	Pezzi n°	Pezzi %	Pezzi n°	Pezzi %	Volume cm^3	Volume %	Volume cm^3	Volume %
A1	8	3	1	0,07			484	0,01		
	9	3	20	1,49			12581	0,31		
	10	3	58	4,33	79	5,90	46124	1,14	59189	1,46
	11	4	84	6,28			81266	2,00		
	12	4	117	8,74			135502	3,34		
	13	4	94	7,03			127625	3,15		
	14	4	106	7,92	480	35,87	167535	4,13	571117	14,07
	15	5	123	9,19			226597	5,58		
	16	5	73	5,46			152298	3,75		
	17	5	90	6,73	766	57,25	211531	5,21	1161543	28,62
	18	6	75	5,61			201056	4,95		
	19	6	62	4,63			182877	4,51		
	20	6	67	5,01	970	72,50	217724	5,37	1763200	43,45
	21	7	43	3,21			153919	3,79		
	22	7	37	2,77			146904	3,62		
	23	7	33	2,47	1083	80,94	141147	3,48	2205170	54,34
	24-60	8-19	255	19,06	255	19,06	1852672	45,66	1852672	45,66
Totale			**1338**	**100,00**	**1338**	**100,00**	**4057842**	**100,00**	**4057842**	**100,00**

Particella	Circon-ferenza cm	Diametro cm	Pezzi n°	Pezzi %	Pezzi n°	Pezzi %	Volume cm^3	Volume %	Volume cm^3	Volume %
A2	8	3	1	0,10			407	0,01		
	9	3	7	0,67			4473	0,10		
	10	3	26	2,50	34	3,27	20777	0,48	25657	0,59
	11	4	43	4,13			40179	0,92		
	12	4	56	5,38			65349	1,50		
	13	4	64	6,15			88922	2,04		
	14	4	74	7,12	271	26,06	119787	2,75	339894	7,80
	15	5	67	6,44			123472	2,83		
	16	5	68	6,54			143050	3,28		
	17	5	53	5,10	459	44,13	125764	2,89	732180	16,80
	18	6	67	6,44			178782	4,10		
	19	6	52	5,00			155982	3,58		
	20	6	51	4,90	629	60,48	170323	3,91	1237267	28,39
	21	7	41	3,94			150691	3,46		
	22	7	46	4,42			181296	4,16		
	23	7	30	2,88	746	71,73	128268	2,94	1697522	38,95
	24-86	8-27	294	28,29	294	28,27	2661087	61,05	2661087	61,05
Totale			**1040**	**100,00**	**1040**	**100,00**	**4358609**	**100,00**	**4358609**	**100,00**

(Segue)

Segue Tabella 4

Particella	Circon-ferenza cm	Diametro cm	Pezzi n°	Pezzi %	Pezzi n°	Pezzi %	Volume cm^3	Volume %	Volume cm^3	Volume %
B1	8	3								
	9	3								
	10	3	1	0,14	1	0,14	899	0,02	899	0,02
	11	4	5	0,69			4958	0,11		
	12	4	15	2,07			17554	0,37		
	13	4	21	2,90			29720	0,63		
	14	4	30	4,14	72	9,93	51235	1,09	104366	2,23
	15	5	45	6,21			86890	1,85		
	16	5	43	5,93			94647	2,02		
	17	5	36	4,97	196	27,03	87354	1,86	373257	7,97
	18	6	38	5,24			105192	2,24		
	19	6	38	5,24			115941	2,47		
	20	6	32	4,41	304	41,93	106953	2,28	701343	14,97
	21	7	32	4,41			116896	2,49		
	22	7	24	3,31			95520	2,04		
	23	7	29	4,00	389	53,66	125616	2,68	1039375	22,18
	24-105	8-33	336	46,34	336	46,34	3646527	77,85	3646527	77,82
Totale			**725**	**100,00**	**725**	**100,00**	**4685902**	**100,00**	**4685902**	**100,00**

Particella	Circon-ferenza cm	Diametro cm	Pezzi n°	Pezzi %	Pezzi n°	Pezzi %	Volume cm^3	Volume %	Volume cm^3	Volume %
B2	8	3	1	0,09			433	0,01		
	9	3	4	0,36			2436	0,06		
	10	3	22	2,00	27	2,46	17588	0,42	20457	0,49
	11	4	52	4,74			51422	1,23		
	12	4	60	5,46			70200	1,68		
	13	4	88	8,01			125405	3,00		
	14	4	97	8,83	324	29,51	158300	3,79	425784	10,18
	15	5	69	6,28			131191	3,14		
	16	5	75	6,83			162386	3,88		
	17	5	53	4,83	521	47,45	126983	3,04	846344	20,24
	18	6	76	6,92			206518	4,94		
	19	6	60	5,46			179486	4,29		
	20	6	46	4,19	703	64,03	153870	3,68	1386218	33,15
	21	7	53	4,83			192837	4,61		
	22	7	42	3,83			172321	4,12		
	23	7	35	3,19	833	75,87	156559	3,74	1907935	45,62
	24-59	8-19	265	24,15	265	24,13	2274026	54,37	2274026	54,38
Totale			**1098**	**100,00**	**1098**	**100,00**	**4181961**	**100,00**	**4181961**	**100,00**

Legenda- **Particella**: particella alla quale si riferiscono i dati; **Circonferenza** e **Diametro**: circonferenza e corrispondente diametro, in centimetri a metà lunghezza dei pezzi, di cm in cm fino ai 7 cm di diametro ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi; **Pezzi**: numero di pezzi e loro percentuale rispetto al totale di pezzi di quella circonferenza ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi; **Pezzi**: numero di pezzi e loro percentuale rispetto al totale di pezzi di quel diametro ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi; **Volume**: volume dei pezzi e corrispondente percentuale rispetto al volume totale, in centimetri cubi, dei pezzi di cm in cm di circonferenza fino ai 7 cm di diametro ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi; **Volume**: volume dei pezzi e corrispondente percentuale rispetto al volume totale, in centimetri cubi, dei pezzi di cm in cm di diametro fino ai 7 cm di diametro ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi.

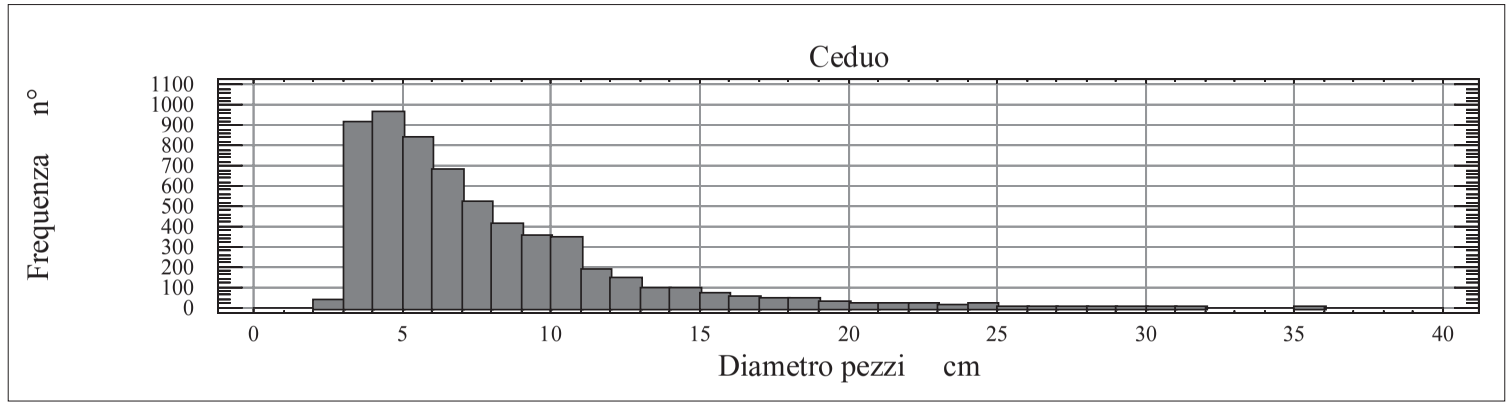

Grafico 7 – Frequenze dei diametri dei pezzi lavorati e raccolti in complesso nel ceduo.

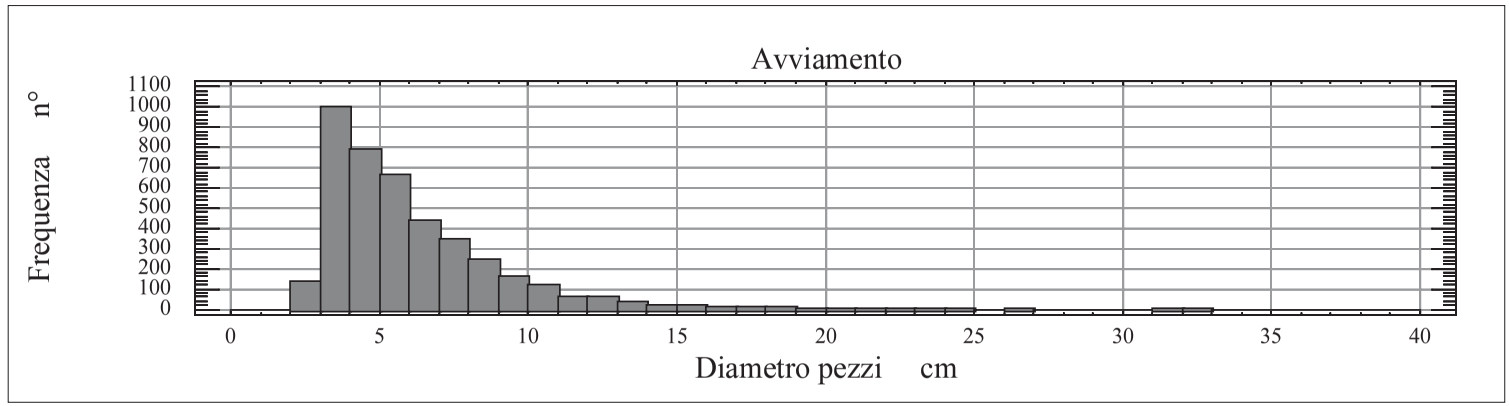

Grafico 8 – Frequenze dei diametri dei pezzi lavorati e raccolti in complesso nell'avviamento all'alto fusto.

15% con 4 cm ed il 95% con 3 cm, nell'avviamento non si raccoglie soltanto l'80% con 3 cm, il resto si raccoglie quasi tutto; Grafici 7 e 8);
- diminuendo le dimensioni dei fusti utilizzati (tagli di avviamento) aumenta in proporzione l'incidenza del materiale di piccole dimensioni, sia in numero sia in volume, che si può abbandonare se si aumentano le dimensioni minime di utilizzazione. L'incidenza percentuale in numero di pezzi può anche essere rilevante ma, se si tratta del materiale di più piccole dimensioni (3, 4 ed anche 5 cm di diametro), l'incidenza percentuale in volume rimane su valori trascurabili (meno del 9% nel ceduo, circa il 18% nei tagli di avviamento; Tabelle 5 e 6);
- abbandonando in bosco materiale al di sotto dei 3, 4, 5, 6 e 7 cm di diametro si hanno rispettivamente perdite percentuali in numero di pezzi di circa 1, 16, 32, 46 e 58%, ma perdite in volume di circa 0, 3, 9, 16 e 23% nelle normali utilizzazioni dei cedui, mentre si hanno rispettivamente perdite percentuali in numero di pezzi di circa 3, 27, 46, 62 e 73%, ma perdite in volume di circa 1, 8, 18, 29 e 40% nei tagli di avviamento (Tabelle 5 e 6).

Discussione

Nella Tabella 7, oltre ad alcuni dati relativi a dimensioni e pesi dei campioni del materiale raccolto, sono indicati i dati globali dell'utilizzazione, particella per particella: modalità del lavoro, tempi di lavoro, quantitativi totali lavorati, costi delle maestranze e delle attrezzature, produttività, costo e prezzo del materiale lavorato.
- *Modalità del lavoro*: abbattimento e allestimento sono stati eseguiti da 2 squadre, di 2 operatori ciascuna, con 2 motoseghe, 1 per squadra; l'esbosco è stato fatto da 1 squadra, di 2 operatori, con un trattore munito di gabbie.
- *Tempi di lavoro:* sono riportati i tempi lordi di lavoro, in ore di operaio, misurati per le due diverse operazioni di abbattimento ed allestimento e di esbosco ed i tempi lordi totali del lavoro effettuato.
- *Quantitativi lavorati:* i quantitativi lavorati sono stati rilevati durante l'operazione di esbosco misurando il volume sterico dei diversi carichi esboscati da ogni particella con il trattore con gabbie.
- *Costo e prezzo del materiale lavorato:* i costi del materiale lavorato sono stati ricavati seguendo il metodo di Hippoliti (1997) ed attribuendo i parametri indicati nelle Tabelle 8 e 9; il costo orario della manodopera utilizzata è stato determinato in 13,00 € ed il prezzo a quintale del materiale lavorato è stato fissato con un valore medio di mercato della legna di cerro all'imposto di 6,50 €.

Tabella 5 – Numero di pezzi, volumi e loro percentuali in funzione della circonferenza e diametro dei pezzi nel lavoro complessivo sul ceduo.

Ceduo	Circon-ferenza cm	Diametro cm	Pezzi n°	Pezzi %	Pezzi n°	Pezzi %	Volume cm^3	Volume %	Volume cm^3	Volume %
	9	3	4	0,07			2482	0,01		
	10	3	32	0,54	36	0,60	23594	0,06	26076	0,07
	11	4	89	1,49			85824	0,23		
	12	4	211	3,53			247557	0,66		
	13	4	269	4,50			374121	0,99		
	14	4	352	5,89	957	16,01	570633	1,51	1304211	3,45
	15	5	345	5,77			638473	1,69		
	16	5	331	5,54			702299	1,86		
	17	5	291	4,87	1924	32,20	697383	1,85	3342366	8,85
	18	6	277	4,64			737159	1,95		
	19	6	292	4,89			877101	2,32		
	20	6	272	4,55	2765	46,27	904606	2,39	5861232	15,51
	21	7	205	3,43			742052	1,96		
	22	7	243	4,07			958616	2,54		
	23	7	235	3,93	3448	57,70	1010944	2,68	8572844	22,69
	24-113	8-36	2528	42,29	2528	42,29	29213774	77,30	29213774	77,31
Totale			**5976**	**100,00**	**5976**	**100,00**	**37786618**	**100,00**	**37786618**	**100,00**

Legenda **- Circonferenza** e **Diametro**: circonferenza e corrispondente diametro, in centimetri a metà lunghezza dei pezzi, di cm in cm fino ai 7 cm di diametro ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi; **Pezzi**: numero di pezzi e loro percentuale rispetto al totale di pezzi di quella circonferenza ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi; **Pezzi**: numero di pezzi e loro percentuale rispetto al totale di pezzi di quel diametro ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi; **Volume**: volume dei pezzi e corrispondente percentuale rispetto al volume totale, in centimetri cubi, dei pezzi di cm in cm di circonferenza fino ai 7 cm di diametro ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi; **Volume**: volume dei pezzi e corrispondente percentuale rispetto al volume totale, in centimetri cubi, dei pezzi di cm in cm di diametro fino ai 7 cm di diametro ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi.

Tabella 6 – Numero di pezzi, volumi e loro percentuali in funzione della circonferenza e diametro dei pezzi nel lavoro complessivo di avviamento all'alto fusto.

Avvia-mento	Circon-ferenza cm	Diametro cm	Pezzi n°	Pezzi %	Pezzi n°	Pezzi %	Volume cm^3	Volume %	Volume cm^3	Volume %
	8	3	3	0,07			1324	0,01		
	9	3	31	0,74			19490	0,11		
	10	3	107	2,55	141	3,36	85388	0,49	106202	0,61
	11	4	184	4,38			177825	1,03		
	12	4	248	5,90			288605	1,67		
	13	4	267	6,36			371672	2,15		
	14	4	307	7,31	1147	27,30	496857	2,87	1441161	8,34
	15	5	304	7,24			568150	3,29		
	16	5	259	6,17			552381	3,20		
	17	5	232	5,52	1942	46,23	551632	3,19	3113324	18,01
	18	6	256	6,09			691548	4,00		
	19	6	212	5,05			634286	3,67		
	20	6	196	4,67	2606	62,03	648870	3,75	5088028	29,44
	21	7	169	4,02			614343	3,55		
	22	7	149	3,55			596041	3,45		
	23	7	127	3,02	3051	72,63	551590	3,19	6850002	39,63
	24-105	8-33	1150	27,36	1150	27,36	10434312	60,38	10434312	60,37
Totale			**4201**	**100,00**	**4201**	**100,00**	**17284314**	**100,00**	**17284314**	**100,00**

Legenda **- Circonferenza** e **Diametro**: circonferenza e corrispondente diametro, in centimetri a metà lunghezza dei pezzi, di cm in cm fino ai 7 cm di diametro ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi; **Pezzi**: numero di pezzi e loro percentuale rispetto al totale di pezzi di quella circonferenza ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi; **Pezzi**: numero di pezzi e loro percentuale rispetto al totale di pezzi di quel diametro ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi; **Volume**: volume dei pezzi e corrispondente percentuale rispetto al volume totale, in centimetri cubi, dei pezzi di cm in cm di circonferenza fino ai 7 cm di diametro ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi; **Volume**: volume dei pezzi e corrispondente percentuale rispetto al volume totale, in centimetri cubi, dei pezzi di cm in cm di diametro fino ai 7 cm di diametro ed in ultimo i rimanenti fino ai valori massimi.

Tabella 7 – Modalità del lavoro, tempi di lavoro, quantitativi totali lavorati, costi delle maestranze e delle attrezzature, produttività, costo e prezzo del materiale lavorato.

Particella	Volume	Peso	Pezzi	Diametro medio	Abbattimento e Allestimento				Esbosco				Abba-Alle-Esbo		Produttività lorda oraria			TL a quintale	Costo a quintale	Prezzo a quintale	Peso a pezzo	Costo a pezzo	Prezzo a pezzo
					Maestranze		Motoseghe		Maestranze		Trattore con gabbie		TL totale	Costo	metri steri	numero pezzi	quintali						
					TL	Costo	TL	Costo	TL	Costo	TL	Costo											
	mst	q	n°	cm	h op	€	h ma	€	h op	€	h ma	€	h op	€	mst/h op	n° P/h op	q/h op	h/q	€/q	€/q	kg	€/P	€/P
CeA1	64,70	386,26	5823	8,2	125,73	1634,49	47,15	115,99	29,30	380,90	10,99	134,41	155,03	2265,79	0,417	38	2,49	0,40	5,87	6,5	6,6	0,39	0,43
CeB2	44,99	260,49	4409	7,7	114,80	1492,40	43,05	105,90	21,78	283,14	8,17	99,92	136,58	1981,36	0,329	32	1,91	0,52	7,61	6,5	5,9	0,45	0,38
CeB3	66,35	352,98	7896	7,2	128,00	1664,00	48,00	118,08	35,80	465,40	13,43	164,23	163,80	2411,71	0,405	48	2,15	0,46	6,83	6,5	4,5	0,31	0,29
CeC4	67,66	370,10	7916	7,1	117,40	1526,20	44,03	108,30	31,72	412,36	11,90	145,52	149,12	2192,38	0,454	53	2,48	0,40	5,92	6,5	4,7	0,28	0,31
CeC5	59,73	355,39	5256	8,2	115,33	1499,29	43,25	106,39	26,60	345,80	9,98	122,03	141,93	2073,51	0,421	37	2,50	0,40	5,83	6,5	6,8	0,40	0,44
CeD6	109,59	710,14	5699	10,6	161,48	2099,24	60,56	148,97	56,44	733,72	21,17	258,92	217,92	3240,85	0,503	26	3,26	0,31	4,56	6,5	12,5	0,57	0,81
CeD7	63,40	378,50	5009	8,7	126,30	1641,90	47,36	116,51	32,56	423,28	12,21	149,37	158,86	2331,06	0,399	32	2,38	0,42	6,16	6,5	7,6	0,47	0,49
AvA1	37,77	182,81	6685	5,8	125,90	1636,70	47,21	116,14	19,84	257,92	7,44	91,02	145,74	2101,78	0,259	46	1,25	0,80	11,50	6,5	2,7	0,31	0,18
AvA2	42,99	222,69	5847	6,6	119,70	1556,10	44,89	110,42	19,92	258,96	7,47	91,38	139,62	2016,86	0,308	42	1,59	0,63	9,06	6,5	3,8	0,34	0,25
AvB1	21,36	115,77	2008	8,2	77,70	1010,10	29,14	71,68	11,32	147,16	4,25	51,93	89,02	1280,87	0,240	23	1,30	0,77	11,06	6,5	5,8	0,64	0,38
AvB2	23,94	112,04	3328	6,3	70,30	913,90	26,36	64,85	10,80	140,40	4,05	49,55	81,10	1168,70	0,295	41	1,38	0,72	10,43	6,5	3,4	0,35	0,22

Legenda - **Particella**: particella alla quale si riferiscono i dati; **Volume**: volume totale lavorato espresso in mst; **Peso**: quantitativo totale lavorato espresso in q; **Pezzi**: numero dei pezzi lavorati e raccolti; **Diametro medio**: diametro medio, in centimetri a metà lunghezza, dei pezzi lavorati e raccolti; **Abbattimento e Allestimento Maestranze TL e Costo**: tempo lordo di lavoro, espresso in ore di operaio, e costo delle maestranze ottenuto moltiplicando il costo orario dell'operaio specializzato (13 €) per il relativo tempo lordo lavorato (TL); **Abbattimento e Allestimento Motosega TL e Costo**: tempo lordo di lavoro, espresso in ore, e costo delle motoseghe ottenuto moltiplicando il costo orario delle motoseghe (Tabella 8) per il relativo tempo lordo lavorato (TL); **Esbosco Maestranze TL e Costo**: tempo lordo di lavoro, espresso in ore di operaio, e costo delle maestranze ottenuto moltiplicando il costo orario dell'operaio specializzato (13 €) per il relativo tempo lordo lavorato (TL); **Esbosco Trattore con gabbie TL e Costo**: tempo lordo di lavoro, espresso in ore di macchina, e costo del trattore con gabbie ottenuto moltiplicando il costo orario del trattore (Tabella 9) per il relativo tempo lordo lavorato (TL); **Abba-Alle-Esbo TL totale e Costo**: tempo lordo totale del lavoro di abbattimento, allestimento ed esbosco, espresso in ore di operaio, e costo complessivo del lavoro di abbattimento, allestimento ed esbosco ottenuto sommando il Costo Maestranze e Motosega, in abbattimento e allestimento, ed il Costo Maestranze e Trattore con gabbie, in esbosco; **Produttività lorda oraria**: quantitativo lavorato complessivamente in un'ora di operaio, espresso rispettivamente in metri steri, in numero di pezzi ed in quintali; **TL a quintale**: tempo lordo, espresso in ore di operaio, che ci vuole per lavorare un quintale di legna; **Costo a quintale**: costo complessivo del lavoro per un quintale di legna; **Prezzo a quintale**: valore medio di mercato della legna di cerro all'imposto; **Peso a pezzo**: peso medio di un pezzo di legna da ardere; **Costo** e **Prezzo a pezzo**: rispettivamente costo di lavorazione e prezzo all'imposto di un pezzo di legna da ardere.

Tabella 8 – Calcolo per il costo di impiego di una motosega (da HIPPOLITI, 1997).

Motosega classe media (da HIPPOLITI, 1997)

Parametri di calcolo		Formula		
Prezzo di acquisto	Pa		€	750,00
Tasso d'interesse	i			0,02
Prezzo carburante	Pc		€/kg	1,20
Prezzo lubrificanti	Pl		€/kg	3,00
Costo annuo materiali rapido consumo	Pr		€/anno	200,00
Periodo di ammortamento	N		anni	3
Durata tecnica	D		ore	2000
Coefficiente di riparazione	r			0,6
Percentuale spese varie (ass., rimessa, etc.)	v			0
Consumo giornaliero carburante	cc		kg	3,0
Consumo giornaliero lubrificante	cl		kg	2,0
Utilizzazione giornaliera oraria	d		ore/d	6
Utilizzazione giornaliera annua	G		d/anno	120
Utilizzazione oraria annua	H	G x d	ore/anno	720
Costi fissi annui				
Quota di ammortamento	A	Pa / N	€/anno	250,00
Quota interessi sul capitale	I	(Pa / 2) x i	€/anno	7,50
Quota spese varie	V	Pa x v	€/anno	0,00
Costi variabili giornalieri				
Quota manutenzioni	M	Pr / G	€/d	1,67
Quota riparazioni	R	(Pa / D) x d x r	€/d	1,35
Quota carburanti	C	Pc x cc	€/d	3,60
Quota lubrificanti	L	Pl x cl	€/d	6,00
Totale costi fissi				
annui	Cfa	A + I + V	€/anno	257,50
giornalieri	Cfd	Cfa / G	€/d	2,15
orari	Cfo	Cfd / d	€/ora	0,36
Totale costi variabili				
annui	Cva	(M + R + C + L) x G	€/anno	1514,00
giornalieri	Cvd	M + R + C + L	€/d	12,62
orari	Cvo	Cvd / d	€/ora	2,10
Costo macchina				
annuo	Ma	Cfa + Cva	€/anno	1771,50
giornaliero	Md	Cfd + Cvd	€/d	14,76
orario	Mo	Cfo + Cvo	€/ora	2,46

È stato così possibile costruire i Grafici 9 e 10 nei quali sono indicati, in funzione dei diametri medi dei pezzi costituenti i carichi misurati relativi alle diverse particelle, i costi ed i prezzi all'imposto della legna, rispettivamente a quintale e a pezzo.

Da questi grafici, relativamente ai dati dei quali disponiamo e con il procedimento di calcolo seguito, è possibile osservare che la legna al di sotto di circa 8 cm di diametro medio ha un costo di lavorazione superiore al suo prezzo di vendita e che di conseguenza, economicamente parlando e

Tabella 9 – Calcolo per il costo di impiego di un trattore equipaggiato forestale e con gabbie (da HIPPOLITI, 1997).

Trattore 80CV equipaggiato forestale e con gabbie (da HIPPOLITI, 1997)

Parametri di calcolo		Formula		
Prezzo di acquisto	Pa		€	35000,00
Tasso d'interesse	i			0,03
Prezzo carburante	Pc		€/kg	0,44
Prezzo lubrificanti	Pl		€/kg	3,00
Costo annuo materiali rapido consumo	Pr		€/anno	500,00
Periodo di ammortamento	N		anni	10
Durata tecnica	D		ore	10000
Coefficiente di riparazione	r			0,35
Percentuale spese varie (ass., rimessa, etc.)	v			0,03
Consumo giornaliero carburante	cc		kg	20
Consumo giornaliero lubrificante	cl		kg	0,5
Utilizzazione giornaliera oraria	d		ore/d	6
Utilizzazione giornaliera annua	G		d/anno	100
Utilizzazione oraria annua	H	G x d	ore/anno	600
Costi fissi annui				
Quota di ammortamento	A	Pa / N	€/anno	3500,00
Quota interessi sul capitale	I	(Pa / 2) x i	€/anno	525,00
Quota spese varie	V	Pa x v	€/anno	1050,00
Costi variabili giornalieri				
Quota manutenzioni	M	Pr / G	€/d	5,00
Quota riparazioni	R	(Pa / D) x d x r	€/d	7,35
Quota carburanti	C	Pc x cc	€/d	8,80
Quota lubrificanti	L	Pl x cl	€/d	1,50
Totale costi fissi				
annui	Cfa	A + I + V	€/anno	5075,00
giornalieri	Cfd	Cfa / G	€/d	50,75
orari	Cfo	Cfd / d	€/ora	8,46
Totale costi variabili				
annui	Cva	(M + R + C + L) x G	€/anno	2265,00
giornalieri	Cvd	M + R + C + L	€/d	22,65
orari	Cvo	Cvd / d	€/ora	3,78
Costo macchina				
annuo	Ma	Cfa + Cva	€/anno	7340,00
giornaliero	Md	Cfd + Cvd	€/d	73,40
orario	Mo	Cfo + Cvo	€/ora	12,23

limitatamente ai costi vivi di utilizzazione, prescindendo dal prezzo del bosco in piedi e dal reddito d'impresa, non è conveniente raccoglierla.

Per determinare da quale diametro minimo è necessario utilizzare la legna, per avere un diametro medio di circa 8 cm, si sono tolti, dai dati globali rilevati (Tabelle 5 e 6), i dati dei pezzi più piccoli (prima quelli di 3 cm, poi quelli di 4 cm e via via fino ai 7 cm di diametro) calcolando, ogni volta, il diametro medio dei pezzi rimanenti.

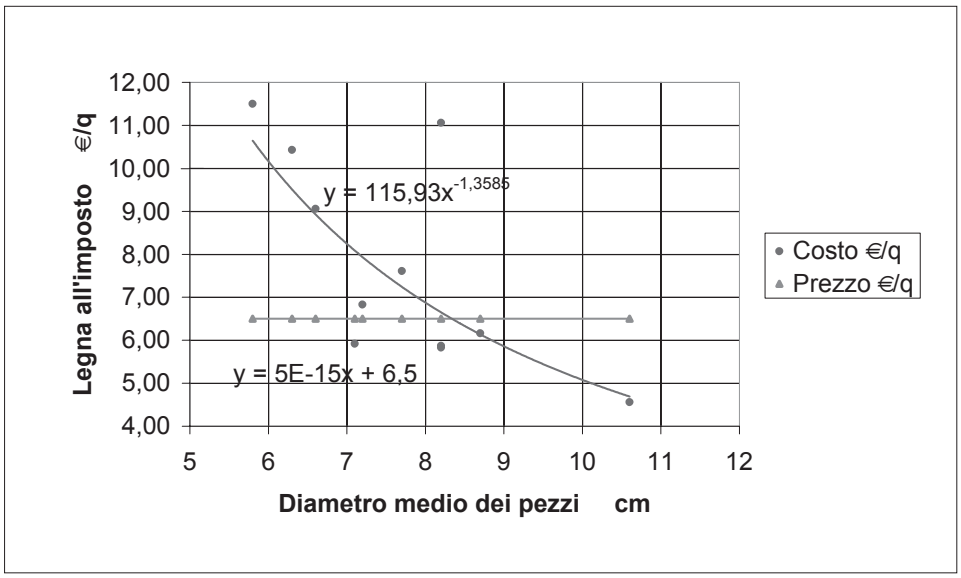

Grafico 9 – Costo e Prezzo a quintale della legna all'imposto in funzione del diametro medio dei pezzi utilizzati.

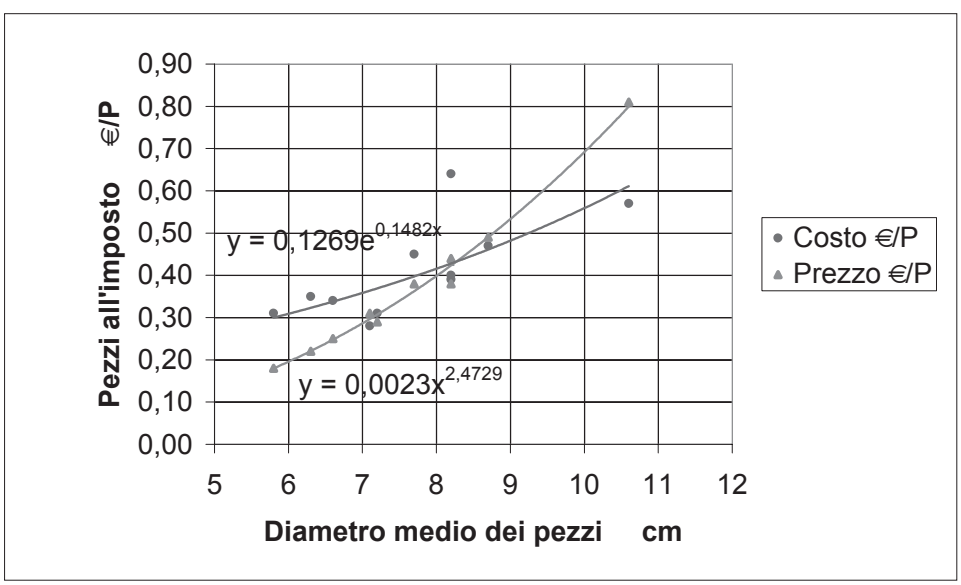

Grafico 10 – Costo e Prezzo a pezzo della legna all'imposto in funzione del diametro medio dei pezzi utilizzati.

Nelle Tabelle 10 e 11 sono riassunte le elaborazioni fatte e si può osservare quanto segue:

– Partendo da produttività lorde giornaliere di lavoro completo (abbattimento, allestimento ed esbosco) che oscillano dai 2,5 ai 4,0 mst per operaio nel ceduo e dai 2,0 ai 2,5 mst per operaio negli avviamenti, si constata che il lavoro di utilizzazione è economicamente sostenibile solo se si raccoglie il materiale da un diametro minimo di circa 5 cm nel ceduo e di circa 6 cm negli avviamenti (non vengono considerati ancora il prezzo del bosco in piedi ed il reddito d'impresa).
– L'utilizzazione di legna dai 5 cm nel ceduo e dai 6 cm negli avviamenti comporta perdite di materiale, rispettivamente in numero di pezzi ed in volume, di circa il 16% ed il 3% nel ceduo e di circa il 46% ed il 18% negli avviamenti.

Il fatto che le ditte private, che eseguono questo tipo di interventi selvicolturali cercando di massimizzare il profitto, ormai raccolgano la legna a partire dai 6-7 cm di diametro, lasciando in bosco quella di più piccole dimensioni, è un'ulteriore conferma di quanto sopra esposto.

Conclusioni

L'aumentare delle dimensioni dei fusti porta ad un miglioramento e ad una maggiore economia del lavoro: si hanno normalmente meno fusti per unità di superficie, dai quali si ricava però materiale di più grandi dimensioni con conseguenti caratteristiche migliori (maggior coefficiente sterico, maggiore massa e minor numero di pezzi per unità di volume).

Tabella 10 – Come cresce, nel ceduo, il diametro medio dei pezzi raccolti non lavorando la legna con diametro al di sotto di un certo diametro minimo.

Taglio Ceduo	Diametro pezzi tolti cm	Pezzi tolti n°	Pezzi tolti %	Diametro medio pezzi restanti cm
	3	36	0,60	8,0
	4	921	15,41	8,0
	5	967	16,18	8,8
	6	841	14,07	9,7
	7	683	11,43	10,6
	8	521	8,72	11,6
	9	414	6,93	12,6
	10	358	5,99	13,5
	…..	…..	…..	
	11-36	1235	20,67	
Totale		5976	100,00	

Tabella 11 – Come cresce, nell'avviamento, il diametro medio dei pezzi raccolti non lavorando la legna con diametro al di sotto di un certo diametro minimo.

Taglio Avviamento	Diametro pezzi tolti cm	Pezzi tolti n°	Pezzi tolti %	Diametro medio pezzi restanti cm
	3	141	3,36	6,5
	4	1006	23,95	6,7
	5	795	18,92	7,5
	6	664	15,81	8,4
	7	445	10,59	9,4
	8	348	8,28	10,4
	9	250	5,95	11,4
	10	162	3,86	12,5
	…..	…..	…..	
	11-33	390	9,28	
Totale		4201	100,00	

Nei tagli di avviamento si utilizzano generalmente fusti di minori dimensioni, rispetto alle normali utilizzazioni dei cedui e si tende di conseguenza a raccogliere più materiale di piccole dimensioni per incrementare la massa raccolta.

Dai dati raccolti risulta sicuramente che, nel modo nel quale si è lavorato, i tagli d'avviamento non sono economicamente convenienti e che nei normali tagli del ceduo il macchiatico è molto vicino a zero.

Si possono pertanto dare i seguenti suggerimenti per cercare di limitare e di contenere alcuni aspetti economici negativi legati a certe tipologie di lavori in bosco:

– Allungamento dei turni, in funzione anche della fertilità della stazione, per ottenere soprassuoli con piante di dimensioni maggiori da utilizzare;
– Convenienza ad utilizzare fusti in piedi a partire da almeno 11 cm di diametro medio ad 1,30 m (Grafico 1) per avere legna con almeno 8 cm di diametro medio e fare più o meno pari con i costi di utilizzazione (sempre non considerando il prezzo del bosco in piedi ed il reddito d'impresa);
– Organizzazione diversa, nelle operazioni di abbattimento ed allestimento del materiale, che preveda di operare individualmente, invece che in coppia, con un conseguente incremento delle produttività stimabile indicativamente tra un 15 ed un 25% (FABIANO *et al.*, 2002);
– Pianificazione dell'operazione di esbosco legata ad un'adeguata viabilità forestale e ad adeguate attrezzature (trattori equipaggiati forestali con gabbie di grande capacità, intorno ai 5 mst: nel caso in esame si è passati da circa 4,6 mst nel ceduo a 3,7 mst nell'avviamento) e organizzazione del lavoro impiegando due trattori equipaggiati con gabbie, quindi

2 trattoristi con i rispettivi trattori ed 1 solo aiutante in bosco (FABIANO *et al*., 2002, op.cit.; FABIANO e PIEGAI, 2000; FABIANO *et al*., 2001);
– Impiego di maestranze dotate di alta professionalità, da acquisire con corsi di formazione finalizzati ai diversi lavori, e non di manodopera occasionale priva, fra l'altro, delle adeguate conoscenze tecniche oltre che delle, non meno importanti, conoscenze selvicolturali.

I risultati di questo studio sono dipendenti dai tipi di intervento, dalle caratteristiche del territorio, ecc. e sono relativi ad una specifica tipologia retributiva. Non sono quindi generalizzabili, ad esempio è impensabile di cessare i tagli di avviamento, ma è una scelta razionale limitarli alle situazioni effettivamente utili o necessarie. Analogamente può essere utile incrementare la biomassa inutilizzata per non impoverire troppo le stazioni meno fertili e se non ci sono altri problemi importanti da tenere in giusta considerazione (p.e. pericolo di incendi). Resta comunque il fatto che queste considerazioni dovrebbero sempre essere fatte tenendo conto di tutti gli altri aspetti, selvicolturali e non (biologico, economico, faunistico, idrogeologico, ecc.), ma mai generalizzando anzi intervenendo più puntualmente sul territorio forestale.

SUMMARY

Harvesting in conversion to high forest and in coppice: units and losses of fuel wood

During forest operations, outputs are mostly influenced by tree and log size. From an economic point of view, increased labour costs in the last decades caused an increase of the minimum log diameter that can be harvested. As a consequence outputs improved and wood volume totally harvested decreased. The authors describe a work carried out in order to quantify the relationship between log diameter and the woody volume released in forest. The forest investigated, belonging to Tuscany Region, is a 34-yr-old coppice dominated by *Quercus cerris*. Eleven plots of 2,500 m^2 each were selected: seven plots differed in the number of standards; four plots differed in the intensity of tree cutting. In each plot, a wood sample of about 8 mst (stere) was analysed to determine: stacked volume; number and size of each log; total weight, geometric and real volume; stacked coefficient; weight/volume ratio. On the basis of collected data about logging systems, work times, total harvested volume, and costs, the main conclusions can be drawn as follows:
– the lower the log size, the higher the amount of small-size logs that can be harvested;
– the lower the tree size, the higher the number and volume of small-size logs;
– with total daily outputs of 2.5 to 4 mst per worker in coppice or of 2 to 2.5 mst per worker in conversion to high forest, the thresholds for economic advantage started when logs were 5 or 6 cm in diameter, respectively;
– these thresholds led to a loss in volume of harvested fuel wood of 3% and 18%, respectively, in coppice and in conversion to high forest.

In order to gain economic advantages, we would suggest:
– longer rotations would allow trees to reach higher diameters;
– cutting of trees with chest diameter higher than 11 cm would allow to compensate the costs;
– to organize the work so as to reduce the costs and to increase the productivity.

BIBLIOGRAFIA

AMORINI E., CANTIANI P., FABBIO G., 2003 – *Progetto «Selvicoltura sostenibile per i cedui di cerro».* Incontro tecnico Montieri (GR) 15 maggio 2003. ISS-AR Editor. 14 p.

BERNETTI G., LA MARCA O., 1983 – *Elementi di dendrometria*. Edizioni SCAF, Poppi (AR).

CORSINI E., 2001 – *Produttività nelle operazioni d'abbattimento, allestimento ed esbosco a soma con trattore, in un taglio di maturità di un ceduo di cerro nel Complesso Forestale «Bandite di Follonica» (GR)*. Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali, Facoltà di Agraria, Università di Firenze. Tesi di Laurea.

FABIANO F., PIEGAI F., 2000 – *L'equipaggiamento forestale per i trattori agricoli*. Sherwood n. 58.

FABIANO F., MARCHI E., PIEGAI F., 2001 – *Note pratiche per l'impiego dei trattori con gabbie (esbosco a soma con trattori).* Progetto Operativo Multiregionale: «Nuove metodologie per la gestione sostenibile dei sistemi forestali complessi dell'Italia Meridionale» (POM – Misura 2, Progetto B28, SISFOR). Pubblicato a cura di Regione Sicilia, Assessorato Agricoltura e Foreste; Regione Basilicata, Agenzia Lucana di Sviluppo ed Innovazione in Agricoltura; Regione Campania, Assessorato Agricoltura.

FABIANO F., MARCHI E., PIEGAI F., 2002 – *Sistemi di lavoro nelle utilizzazioni dei cedui e nei tagli di conversione*. In «Il bosco ceduo in Italia», a cura di Orazio Ciancio e Susanna Nocentini. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.

HIPPOLITI G., 1978 – *A proposito delle utilizzazioni dei cedui* – L'Italia Forestale e Montana, 33 (2): 97-98.

HIPPOLITI G., 1983 – *L'utilizzazione della produzione legnosa.* L'Italia Agricola (La gestione del bosco). REDA, Roma.

HIPPOLITI G., 1997 – *Appunti di meccanizzazione forestale* – Collana Universitaria. Studio Editoriale Fiorentino, Firenze.

HIPPOLITI G., PIEGAI F., 2000 – *Tecniche e sistemi di lavoro per la raccolta del legno*. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

PETRONZI F., 2002 – *Produttività nelle operazioni di abbattimento, allestimento ed esbosco a soma con trattore, in una conversione di ceduo di cerro nel Complesso Forestale «Bandite di Follonica» (GR)* – Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali, Facoltà di Agraria, Università di Firenze. Tesi di Laurea.

PIEGAI F., FABIANO F., MARCHI E., 2003 – *Progetto «Selvicoltura sostenibile per i cedui di cerro»* – Incontro tecnico Montieri (GR) 15 maggio 2003. DISTAF Editor. 8 p.