VENETO AGRICOLTURA
Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare

ARBORICOLTURA

# PRODUZIONE DI CIPPATO OTTENUTO DAL DIRADAMENTO DI UN ARBORETO PER LA PRODUZIONE DI LEGNAME DI PREGIO

Nell'aprile del 2004, con l'organizzazione e il coordinamento del Centro Vivaistico e per le Attività Fuori Foresta di Montecchio Precalcino (VI) di Veneto Agricoltura e la collaborazione dell'Amministrazione Provinciale di Vicenza, è stato effettuato il primo diradamento a carico di un arboreto da legno destinato alla produzione di legname di pregio.
L'arboreto fu realizzato nel 1993 sui terreni dell'azienda Agricola Sperimentale della Provincia di Vicenza a Montecchio Precalcino, su progetto di Giustino Mezzalira e di Enrico Buresti, ed è tuttora inserito in una rete di impianti sperimentali dell'ISSA - Istituto Sperimentale di Selvicoltura di Arezzo.
Le manutenzioni e la gestione dell'impianto sono state curate negli anni dall'ente proprietario, la Provincia di Vicenza, mentre gli interventi di potatura e la rilevazione dei dati morfometrici è stata effettuata direttamente dall'ISSA e da Veneto Agricoltura.
Si tratta di un impianto di noce comune (*Juglans regia*) e di ciliegio selvatico (*Prunus avium*) in consociazione primaria con ontano napoletano (*Alnus cordata*). I moduli sul campo prevedono due tesi in consociazione secondaria, rispettivamente con nocciolo (*Corylus avellana*) ed Umbellata (*Elaeagnus umbellata*). Vi è poi una tesi di controllo priva della componente arbustiva.
Il diradamento in questione è stato effettuato a carico della specie consociata, con l'asportazione totale degli ontani, ormai in evidente concorrenza con le specie principali.

C.N.R.

IVALSA

AIEL



Centro Informazione Permanente CIP Osservatorio Innovazione

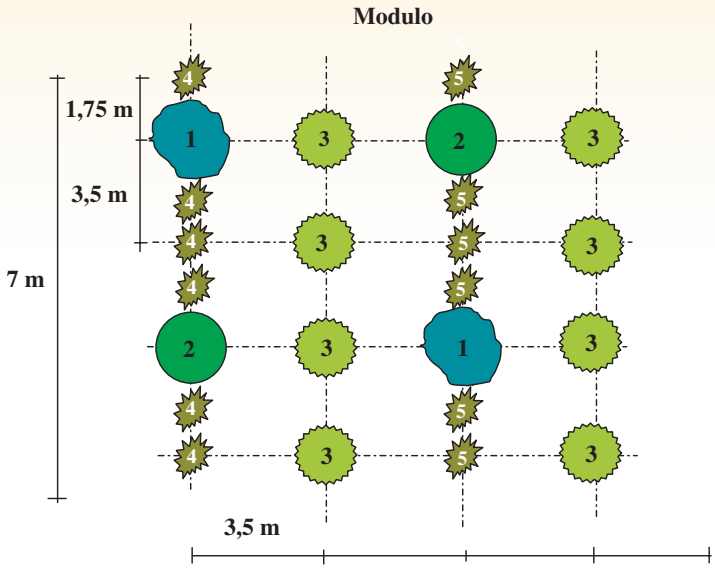
Per effettuare il diradamento il Centro Vivaistico e per le Attività Fuori Foresta ha fatto ricorso ad una meccanizzazione spinta che verrà di seguito illustrata nel dettaglio. Le piante abbattute sono state divise in due cataste distinte, rispettivamente di 497 quintali e di 380 quintali di biomassa.
Il primo gruppo di piante abbattute è stato subito cippato con l'utilizzo di due grosse macchine cippatrici, l'altro è stato lasciato in campo, accumulato in cataste, per far sì che con il tempo perdesse parte dell'umidità contenuta nel legno. Dopo 7 mesi queste piante avevano raggiunto un contenuto di umidità del 30% relativo al peso fresco e si è proceduto alla cippatura sul secco, sempre mediante il noleggio di una grossa macchina cippatrice.

Il cippato ottenuto sia dal primo che dal secondo gruppo di piante è stato poi utilizzato dalla Comunità Montana Leogra Timonchio come combustibile per le proprie caldaie.
In questa scheda verranno di seguito illustrati:

1. ***la composizione e la struttura dell'arboreto***
2. ***le cure colturali***
3. ***le operazioni di abbattimento meccanizzato***
4. ***le operazioni di cippatura***
5. ***la maturazione e lo stoccaggio del cippato prodotto con il primo gruppo di piante***
6. ***le modalità di vendita del cippato prodotto ad un acquirente, in questo caso ente pubblico***

## 1. L' ARBORETO DA LEGNO PER LA PRODUZIONE DI LEGNAME DI PREGIO

Nei primi mesi del 1993, a Montecchio Precalcino, su terreno dell'Amministrazione Provinciale di Vicenza, è stato realizzata una rete di impianti sperimentali e dimostrativi finalizzati alla individuazione di modelli colturali adottabili per una arboricoltura da legno moderna, effettuata su terreni agricoli della pianura veneta (caratteristiche dell'area sperimentale in tab. 1).
Si tratta di una consociazione tra noce comune (*Juglans regia*), ciliegio selvatico (*Prunus avium*) ed altre specie arbustive ed arboree quali ontano napoletano (*Alnus cordata*), umbellata (*Eleagnus umbellata*) e nocciolo (*Corylus avellana*).




| N° | Nome scientifico | Nome comune |
|---|---|---|
| 1 | Juglans regia | Nome comune |
| 2 | Prunus avium | Ciliegio selvatico |
| 3 | Alnus cordata | Ontano napoletano |
| 4 | Corylus avellana | Nocciolo |
| 5 | Eleagnus umbellata | Umbellata |

**Turno**
Il turno previsto per le specie principali è di circa 30-35 anni, cioè il tempo necessario per raggiungere nella parte alta del fusto un diametro minimo di 30 cm.

**La scelta delle specie**
Le specie sono state scelte per la loro adattabilità alle caratteristiche climatiche e pedologiche della stazione.
La realizzazione di un impianto non può infatti mai prescindere da un'oculata scelta delle specie impiegate in funzione di queste caratteristiche, pena il non raggiungimento degli obiettivi prefissati.

***Specie principale***
Le specie principali sono due: noce nazionale (*Juglans regia*) e ciligio selvatico (*Prunus avium*).
Il noce nazionale produce un legno di grande pregio che spunta sul mercato un prezzo di gran lunga superiore a quello di qualsiasi altro legno di provenienza europea. Per contro, risulta piuttosto difficile ottenere fusti da lavoro con caratteristiche ottimali, sia per motivi di conformazione del fusto, dominanza apicale e ramificazione, sia per motivi fitosanitari.
Per quanto riguarda le esigenze ecologiche, il noce non tollera i ristagni idrici, i terreni argillosi compatti, ma esige terreni soffici, ben drenati, di buona fertilità, pur sopportando brevi periodi di siccità estiva. Questa specie quindi ben si adatta alle caratteristiche stazionali della zona, dove il substrato pedologico è costituito da 60-80 cm di buon terreno e poi da ghiaia, con falda profonda.
Il ciligio selvatico produce anch'esso un legno di ottimo pregio, anche se di valore inferiore rispetto al noce, ma è più facile da gestire per quanto riguarda la dominanza apicale, il portamento del fusto e la ramificazione. Inoltre presenta anch'esso una buona adattabilità alle caratteristiche pedoclimatiche della stazione.

***Accompagnamento primario***
La specie di accompagnamento ha il compito di migliorare le caratteristiche ambientali attorno alla specie principale ed è qui rappresentata dall'ontano napoletano (*Alnus cordata*).

La scelta di questa specie è dovuta alle seguenti caratteristiche:
- adattabilità alle caratteristiche stazionali della zona, prima fra tutte un certo grado di siccità estiva;
- capacità di questa specie di fissare l'azoto atmosferico e quindi di contribuire ad una fertilizzazione naturale del terreno;
- forma piramidale della chioma che, restringendosi in alto, non va a competere con lo sviluppo delle chiome globose delle specie principali;
- rapido accrescimento.

Inoltre questa specie può fornire, con turni relativamente brevi, una biomassa di discreta qualità per la produzione di energia termica, sia sotto forma di cippato, che di legna in pezzi ed allo stesso tempo impedisce lo sviluppo della vegetazione erbacea nell'area di insidenza della chioma, eliminando così la necessità degli sfalci periodici.

***Specie di accompagnamento secondario***
Deve essere un arbusto ed il suo compito principale è quello di avvolgere con la propria chioma il fusto della specie principale. Ciò per impedire il riscoppio dei rami laterali dopo la potatura di formazione che causerebbero la formazione del cosiddetto "nodo su nodo", un difetto del legno tra i più penalizzanti la qualità. L'arbusto ha poi uno sviluppo in altezza che non supera i 4-5 metri per cui non va ad interferire con lo sviluppo della chioma delle specie arboree.
Inoltre esso va ad occupare le chiarie rimaste libere dall'area di insidenza delle chiome delle altre specie, eliminando così completamente la necessità di sfalcio a partire già dai primi 3-4 anni dall'impianto.

Nel nostro caso le specie impiegate sono: il nocciolo e l'umbellata. Entrambe le specie si adattano bene alle caratteristiche stazionali e rilasciano una buona lettiera; l'umbellata in più ha la capacità di fissare l'azoto atmosferico, per cui contribuisce con l'ontano a fertilizzare il terreno. Entrambe le specie risultano utili all'apicoltura per la produzione di polline (nocciolo) e nettare (umbellata) ed a fine turno potrebbero essere cippate e sfruttate quindi come biomassa a fini energetici.

La consociazione offre 2 importanti vantaggi:
- l'impianto è **biologicamente** più stabile in quanto la mescolanza di specie rende molto più difficoltosa la diffusione dei patogeni all'interno dell'arboreto;
- l'impianto è **fisicamente** più stabile in quanto le piante si proteggono le une con le altre contro gli eventi atmosferici, quali vento, grandine, ecc. In particolare il noce, particolarmente fragile nei primi 5-8 anni e soprattutto nel periodo tardo primaverile - inizio estate, viene protetto dalle chiome degli ontani.

**La messa a dimora delle piantine**
La preparazione del terreno venne effettuata prima con una ripuntatura, eseguita nel novembre '92, ad una profondità di di circa 70 cm; una seconda ripuntatura è stata effettuata nel febbraio 1993 eseguita con passaggi incrociati alla stessa profondità. Subito dopo, senza eseguire nessuna concimazione organica o minerale, è stata effettuata un'aratura superficiale (30-35 cm), un'estirpatura ed alla fine si è rifinito il terreno con una fresatura.
Le piantine sono state messe a dimora previa stesura del telo pacciamante stabilizzato ai raggi ultravioletti con Etil-Vinil-Acetato (EVA).

**Funzioni**
La funzione principale è qui rivolta alla produzione di legname di pregio per l'industria del mobile, dei serramenti e dell'arredo in generale.
Contemporaneamente l'arboreto svolge altre funzioni di primaria importanza, che verranno descritte in seguito; ma tutte le operazioni effettuate, dalla progettazione e realizzazione dell'impianto, fino a tutte le cure colturali, hanno come obiettivo primario l'ottimizzazione della funzione principale.
Le altre funzioni sono:
- funzione sperimentale
- funzione dimostrativa
- produzione biomassa a fini energetici
- miglioramento del paesaggio
- formazione di un habitat in grado di ospitare la fauna selvatica
- funzione mellifera
- funzione ambientale

***Prodotto principale: legname di pregio***
Il legname che questo tipo di arboreto è chiamato a produrre sarà destinato alla fabbricazione di mobili, arredo in generale, serramenti ed altri prodotti di falegnameria fine e proprio per questo motivo esso dovrà possedere delle caratteristiche tecnologiche ben precise.
In particolare i fusti da lavoro che si ottengono da questo tipo di arboreti possono seguire due vie:
- tranceria: dove il fusto viene trasformato in fogli dello spessore di qualche decimo di mm;
- segheria: dove il fusto viene trasformato in tavole di vario spessore e lunghezza.

*Tranceria*
Alla trancia possono essere destinati solo i fusti migliori, cioè quelli dritti, a sezione cilindrica, con anelli regolari e concentrici, completamente privi di nodi ed altri difetti del legno dovuti a malattie, attacchi di insetti o traumi di vario genere.
Inoltre ci sono delle misure minime che devono essere soddisfatte: il tronco da trancia deve avere una lunghezza minima di 2,50 metri ed un diametro nella sua sezione inferiore di almeno 30 centimetri.

*Segheria*
Le caratteristiche dei tronchi da sega possono essere un po' meno rigorose, anche perchè il tavolame che se ne ricava viene classificato in classi di qualità, per cui anche la presenza di qualche difetto non esclude la possibilità di un eventuale utilizzo.

In pratica le caratteristiche a cui si tende sono le stesse del legno da trancia, ma anche se il tronco presenta qualche nodo o qualche altra imperfezione può avere lo stesso vari impieghi in falegnameria.

L'arboreto in questione è strutturato proprio per facilitare il più possibile l'ottenimento del prodotto come sopra descritto.

***Produzione accessoria: biomassa legnosa a scopo energetico***

Come già specificato in precedenza, l'ontano napoletano va eliminato ad un certo punto del ciclo dell'arboreto, per evitare che ostacoli lo sviluppo delle specie principali. In questa occasione si può ottenere dal diradamento una cospiqua quantità di biomassa legnosa a scopo energetico. L'ontano produce un legno non molto denso che come legna in pezzi per stufe o caldaie è migliore di salice o pioppo, ma assai più scadente di specie a legno duro quali faggio o carpino. Si ottiene invece un cippato di ottima qualità per l'utilizzo nelle caldaie che funzionano con questo tipo di prodotto. La spesa per effettuare le operazioni di diradamento può così trasformarsi in un piccolo guadagno come verrà specificato nei paragrafi seguenti.

## 2. LE CURE COLTURALI

Le cure colturali all'arboreto consistono in:

- trinciatura dell'erba negli interfilari nei primi 3-5 anni, fintanto cioè che le chiome non si sono chiuse impedendovi lo sviluppo dell'erba;
- diserbo chimico o manuale nel foro d'impianto in corrispondenza delle giovani piantine, da eseguirsi solo nei primi 2-3 anni;
- potature di formazione a carico delle specie destinate a produrre fusto da lavoro, in questo caso noce e ciliegio; tali potature devono iniziare al 2°-3° anno e protrarsi fino al 7°-8° anno o comunque fintanto che non si sono ottenuti fusti liberi da rami fino ad un'altezza di almeno 3 m dal suolo;
- diradamento a carico della specie secondaria, cioè l'Ontano napoletano; la scelta del momento in cui diradare è assai delicata in quanto, se eseguita troppo presto lascia esposte agli agenti atmosferici avversi le piante di noce ancora troppo fragili; se eseguita troppo tardivamente, cioè quando le chiome delle due diverse specie già da tempo si toccano e si fanno concorrenza, a carico delle specie principali si forma una riduzione dello spessore degli anelli del legno e, successivamente al diradamento, un aumento di tale spessore; il legno che ne risulta a maturità non sarà omogeneo come invece richiesto dall'industria, e quindi risulterà di minore qualità e valore economico.

## 3. LE OPERAZIONI DI ABBATTIMENTO

Nell'autunno del 2003 gli Ontani napoletani avevano raggiunto dimensioni della chioma tali da ostacolare un regolare sviluppo delle due specie principali, cioè del noce e del ciliegio.
Era quindi giunto il momento di abbatterli, quindi il diradamento prevedeva la rimozione integrale delle file di ontano, che doveva essere effettuata con estrema attenzione, per evitare danni al soprassuolo residuo.

Il lavoro è stato effettuato secondo tre tesi distinte, di cui si è verificata la produttività, il costo unitario di raccolta e la compatibilità con gli obiettivi qualitativi dell'intervento, cioè il rispetto assoluto delle piante rilasciate e del suolo percorso. Tutte le tesi prevedevano l'esbosco della pianta intera, con cippatura all'imposto – in questo caso un campo libero immediatamente adiacente alla piantagione. Le tre tesi si differenziavano essenzialmente per il tipo di meccanizzazione impiegata: bassa, alta e polivalente, alta e specifica.

***La tesi a meccanizzazione bassa*** consisteva in un cantiere classico, basato sulla motosega e sul trattore agricolo. Le piante erano abbattute da una squadra di due operai muniti di motosega, di cui uno effettuava il taglio e l'altro dirigeva la caduta della pianta verso il centro della fila per evitare danni alle piante di noce e ciliegio. Concentramento ed esbosco erano effettuati da un solo operaio, che impiegava un trattore agricolo munito di verricello a due tamburi (fig.1). Questa tesi esemplifica il caso della gestione diretta da parte dell'agricoltore, con conseguente limitazione nella capacità di investimento in attrezzature meccaniche specializzate.

Fig. 1

Fig. 2

***La tesi a meccanizzazione alta e polivalente*** era imperniata su un escavatore leggero munito di testa di abbattimento con sega a catena (fig. 2), capace di tagliare un diametro massimo di 60 cm. Macchine di questo tipo sono abbastanza diffuse in pioppicoltura (Cielo *et. al.*, 2001) e possono essere impiegate per effettuare una varietà di lavorazioni boschive, quali l'abbattimento, il concentramento e il carico - data l'inerente polivalenza dell'escavatore idraulico (Johansson, 2001). L'abbattitrice tagliava le piante e le concentrava in fastelli di 5-8 pezzi, così da facilitarne l'esbosco.
Il preventivo concentramento effettuato dall'abbattitrice consentiva infatti di impiegare un trattore agricolo munito di pinza posteriore da strascico (figg. 3-4), estremamente più rapido del trattore con verricello.

Fig. 3

Fig. 4

Oltretutto, il lavoro con la pinza da strascico era molto più leggero per il trattorista, che non doveva scendere dal trattore per agganciare il carico. Anche in questo caso il lavoro era eseguito da un solo operaio.

***La tesi a meccanizzazione alta e specifica*** impiegava un'abbattitrice-affastellatrice a disco, applicata ad un minicaricatore tipo Bobcat con cingolatura in gomma (fig. 5). L'abbattitrice aveva una capacità di taglio pari a 35 cm e due bracci di presa indipendenti che gli consentivano di afferrare più piante per ciascun ciclo di lavoro. Il peso totale dell'attrezzo sfiorava i 700 kg, contro i quasi 3000 delle grosse abbattitrici a disco di tipo standard, che richiedono una motrice molto più pesante. La macchina impiegata nella prova invece poteva essere applicata all'attacco universale di qualsiasi minicaricatore capace di erogare sufficiente potenza idraulica. In linea generale una motrice di questo tipo pesa al massimo quattro tonnellate ed il suo accoppiamento con l'abbattitrice a disco genera un mezzo agile, leggero ed economico. L'unico limite è la relativa specializzazione della macchina, dato che, in configurazione "abbattitrice", il minicaricatore può solo effettuare abbattimento e concentramento, e si presta male ai lavori di carico, accatastamento e sezionatura. Oltretutto la capacità di taglio limitata e la necessità di raggiungere direttamente il piede di ciascuna pianta da tagliare ne limita l'impiego alle giovani piantagioni poste in terreno agevole, come appunto quelle finalizzate alla produzione di legname di qualità o di biomassa. D'altra parte, il minicaricatore può essere equipaggiato alternativamente con una varietà di attrezzature, quali pinze da carico, decespugliatori o

benne, che ne consentono un impiego abbastanza diversificato. L'attacco universale poi agevola la sostituzione dell'attrezzo, che in genere richiede meno di 15 minuti. Uno degli Autori aveva già lavorato con questo tipo di macchina negli Stati Uniti, convincendosi che la tecnologia potesse essere trasferita con profitto alla realtà Italiana (Spinelli, 2003): con la collaborazione del costruttore Canadese e dell'importatore Italiano, la macchina è stata portata in Italia e utilizzata per la prima volta in occasione della prova di Montecchio. Anche in questo caso, l'abbattitrice formava fastelli di 5-8 piante, che erano esboscati con un trattore agricolo munito di pinza posteriore da strascico.

## 4. LE OPERAZIONI DI CIPPATURA

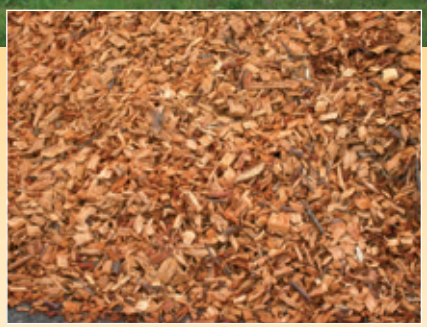
La cippatura è stata effettuata all'imposto con due macchine diverse: una cippatrice carrellata azionata da un trattore agricolo da 215 hp ed una cippatrice autocarrata con motore autonomo da 450 hp (fig. 6). Entrambe le cippatrici erano del tipo a tamburo, avevano una bocca di alimentazione laterale con tavola di appoggio e convogliatore, ed erano munite di una gru idraulica incorporata per la movimentazione del legname. Le due macchine erano destinate a simulare due diversi livelli imprenditoriali: la cooperativa di produttori o il piccolo contoterzista dotati di una capacità di investimento medio-bassa e il contoterzista specializzato pronto ad investire cifre più elevate pur di mettere in campo il massimo della tecnologia disponibile. Il cippato veniva scaricato direttamente in rimorchi agricoli e portato in azienda per la successiva pesatura, scarico e stoccaggio.

Le caratteristiche di tutte le macchine impiegate sono riportate nella tabella qui di seguito illustrata.

Fig. 5

| Macchina | Motosega | Abbattitrice | Abbattitrice | Trattore | Trattore | Cippatrice | Cippatrice |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Motrice | - | Escavatore | Caricatore | Trattore | Trattore | Trattore | Autocarro |
| Marca | Husqvarna | Fiat-Hitachi | Bobcat | Fiat | Fiat | John Deere | Scania |
| Modello | 55 | FH 120.2 | T 300 | F100 | F100 | 8320 | R 113H |
| Potenza (kW) | 2.5 | 63 | 58 | 74 | 74 | 152 | 280 |
| Peso (kg) | 6.2 | 12000 | 4300 | 8100 | 8100 | 10200 | 8100 |
| Traslazione | - | Cingoli | Cingoli | Pneumatici | Pneumatici | Pneumatici | Pneumatici |
| Operatrice | - | Testa | Testa | Verricello | Pinza | Cippatrice | Cippatrice |
| Marca | - | Hultdins | Davco | Farmi | Fransgård | Muss-Max | Jenz |
| Modello | - | SF 560 | QC 1400 | JL 600/2 | HZ 2300 | T 6 | 560D |
| Potenza (kW) | - | 74 | - | - | - | - | 335 |
| Peso (kg) | - | 625 | 680 | 650 | 330 | 2900 | 8200 |
| Operatori | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Investimento (Euro) | 700 | 100000 | 75000 | 55000 | 55000 | 140000 | 240000 |
| Euro/ora lorda | **32** | **53** | **43** | **36** | **36** | **68** | **115** |

Fig. 6



*Quantitativi di cippato al momento della raccolta*

| Modello cippatrice | m steri | Quintali tal quale | UM % riferita al peso fresco | Quintali sost secca |
|---|---|---|---|---|
| Muss-Max | 54,7 | 174,3 | 47,8 | 91,0 |
| Jenz | 80,0 | 322,7 | 47,8 | 168,4 |
| **Totale** | **134,7** | **497,0** | | **259,4** |

**CONSIDERAZIONI RELATIVE AI CANTIERI DI ABBATTIMENTO E CIPPATURA**

Il rilievo dei tempi di lavoro e delle masse prodotte ha consentito di quantificare la produttività dei cantieri, separatamente per ciascuna fase. I dati sono stati sottoposti ad analisi statistica per evidenziare eventuali correlazioni tra il tempo di lavorazione e le condizioni di lavoro: in tal modo è stato possibile ottenere delle equazioni capaci di calcolare la produttività di ciascuna attrezzatura in funzione dello sviluppo del popolamento. I risultati di questi calcoli sono riportati nel grafico 2 per l'abbattimento e nel grafico 3 per l'esbosco. Le figure riportano una produttività lorda, ottenuta aggiungendo una quota fissa di tempi morti al tempo netto ottenuto con le equazioni appena citate. Tale quota è stata considerata pari al 25% per le attrezzature meccaniche e al 40% per la motosega, in considerazione della maggior fatica sofferta dagli operatori.

L'abbattimento meccanizzato è più produttivo rispetto a quello manuale e consente di triplicare la produttività della manodopera. Il minicaricatore supera l'escavatore sui diametri compresi tra 10 e 20 cm, confermandosi come l'attrezzatura ideale per questo tipo di interventi. L'escavatore invece è più efficace con i diametri maggiori di 20 cm, come ci si può aspettare da una macchina progettata per l'impiego nei tagli di maturità.

Indipendentemente dal tipo di macchina, l'abbattimento meccanizzato è molto più comodo e sicuro di quello manuale. Oltretutto, la macchina non si limita ad abbattere le piante, ma le concentra in fastelli, consentendo una modalità di esbosco molto più efficace rispetto a qulla attuabile dopo l'abbattimento manuale. Il trattore con pinza infatti deve solo esboscare i fastelli formati dalla macchina e riesce a mantenere un ritmo di lavoro molto più veloce rispetto al trattore con verricello, che deve anche effettuare il concentramento, un lavoro lento e faticoso. La produttività del trattore con pinza è più che doppia rispetto a quella del trattore con verricello solo se le piante sono molto sviluppate ed è possibile formare un carico adeguato riunendo pochi pezzi.

La produttività delle due cippatrici testate è adeguata al tipo di macchina: 80 q/ora per la versione applicata al trattore e 290 q/ora per quella pesante autocarrata. Questi valori si riferiscono all'ora lorda, comprensiva del 25% di tempi morti. La cippatrice autocarrata ha un costo orario quasi doppio rispetto a quella applicata al trattore, ma produce più di tre volte tanto ed è molto più mobile; essa è adatta al contoterzista specializzato, capace di spostarsi velocemente e mobilizzare lotti dispersi in tempi ridotti. Il discorso è interessante soprattutto se si pensa di stoccare le piante agli imposti per favorirne la stagionatura, trasformandole in cippato solo prima dell'uso. In tal caso, la cippatura avverrebbe durante la stagione invernale, secondo la logica del "just in time", che prevede consegne tempestive e il minimo accumulo di combustibile in centrale.

In ogni caso, il ricorso alla cippatura integrale e l'impiego di attrezzature adeguate permettono di abbattere i costi di raccolta in modo considerevole. Nelle condizioni di lavoro del popolamento in oggetto e secondo le ipotesi economiche illustrate in precedenza, ***il costo del cippato a bocca della cippatrice varia dai 3.2 Euro/q per la tesi a bassa meccanizzazione a 1.6 Euro/q per quella più meccanizzata***. Nel grafico 4 è riportato l'andamento dei costi di raccolta in funzione dello sviluppo delle piante utilizzate per le diverse tesi oggetto di studio. In media, la meccanizzazione consente una riduzione dei costi di raccolta del 40%. Cosa altrettanto importante, essa offre

condizioni di lavoro più comode e sicure, e riesce a compensare la crescente carenza di manodopera ormai evidente anche in agricoltura.

Impiegando i valori riportati nel grafico 4 ed ipotizzando un prezzo del cippato di 3,5 Euro/q a bocca della cippatrice, è stato possibile calcolare la redditività dell'intervento. Questo risulta remunerativo a partire da un diametro minimo delle piante prelevate di 14 cm a petto d'uomo per la tesi a bassa meccanizzazione, e di 10 cm per le altre due tesi. Il diradamento meccanizzato dei popolamenti più sviluppati può fornire un reddito interessante all'agricoltore - un risultato ancora più positivo se si considera che finora la prospettiva era quella di un intervento colturale da effettuarsi a titolo oneroso.
Oltretutto, i rilievi effettuati dimostrano che la meccanizzazione del diradamento non comporta alcuna riduzione del suo valore colturale: l'entità dei danni al soprassuolo residuo e il compattamento del terreno sono minimi per tutte le tesi e non differiscono in modo significativo con il tipo di trattamento.

Il cantiere più efficace è costituito da un'abbattitrice, un trattore con pinza da esbosco e una cippatrice. La recentissima introduzione in Italia di teste abbattitrici per l'applicazione sui minicaricatori apre nuove possibilità, svincolando la meccanizzazione dell'abbattimento dall'impiego di macchine grosse e ingombranti. Il minicaricatore non ha la stessa flessibilità operativa delle abbattitrici dotate di un braccio idraulico, ma è molto più agile ed economico: il suo limite principale è dato dalla difficoltà a transitare su terreni pendenti o accidentati, ma questo non è assolutamente il caso delle piantagioni di arboricoltura da legno.

La meccanizzazione integrale della raccolta offre un risultato economico interessante e può rendere remunerativo anche il diradamento. ***Il costo di raccolta può essere abbassato sotto i 2 Euro/q e l'intervento può generare oltre 1000 Euro/ha al netto delle spese - sempre secondo le ipotesi economiche adottate dagli Autori.***

**Tabella 1 - Caratteristiche dell'area sperimentale**

| | | |
|---|---|---|
| Comune | | Montecchio Precalcino |
| Superficie | Ha | 1.73 |
| Specie principale | | Juglans regia, Prunus avium |
| Specie accessoria | | Alnus cordata |
| Età | anni | 10 |
| Intervento | | Rimozione specie accessoria |
| Criterio | | Geometrico |
| File rimosse | Numero | 18 |
| Prelievo | piante/ha | 529 |
| Prelievo | q/ha | 506 |
| Pianta media prelevata | kg | 96 |
| Ø 1,30 prelievo | cm | 14.8 |
| Pendenza media | % | 0 |
| Accidentalità | Classe | 1 |
| Tenore idrico del legno | % | 47.8 |
| Densità del legno | kg/m$^3$ | 972 |

**Tabella 2 - Redditività del diradamento per le diverse opzioni**

| | **Reddito Euro/ha** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D 1.30 | Cippatrice su trattore | | | Cippatrice pesante autocarrata | | |
| cm | Motosega | Escavatore | Bobcat | Motosega | Escavatore | Bobcat |
| 9 | -232 | -46 | 26 | -161 | 26 | 97 |
| 10 | -197 | 44 | 117 | -106 | 135 | 208 |
| 11 | -155 | 148 | 222 | -40 | 262 | 336 |
| 12 | -103 | 267 | 343 | 37 | 407 | 483 |
| 13 | -43 | 402 | 480 | 127 | 572 | 650 |
| 14 | 26 | 556 | 635 | 230 | 759 | 839 |
| 15 | 105 | 728 | 810 | 347 | 969 | 1051 |
| 16 | 195 | 920 | 1005 | 478 | 1203 | 1287 |
| 17 | 296 | 1133 | 1221 | 624 | 1461 | 1549 |
| 18 | 435 | 1368 | 1459 | 813 | 1746 | 1837 |
| 19 | 741 | 1611 | 1719 | 1174 | 2045 | 2153 |
| 20 | 1070 | 1911 | 2004 | 1563 | 2404 | 2497 |
| 21 | 1429 | 2236 | 2312 | 1986 | 2794 | 2870 |
| 22 | 1818 | 2589 | 2645 | 2446 | 3217 | 3273 |

## 5. LA MATURAZIONE E LO STOCCAGGIO DEL CIPPATO PRODOTTO

I 497 quintali di cippato subito prodotto sono stati stoccati presso il piazzale asfaltato del Centro Vivaistico e per le Attività Fuori Foresta di Montecchio Precalcino. Qui, riunito in un cumulo largo 4 m, alto 1,5 m e lungo 25 m, il cippato è stato subito coperto con un telo costituito da un particolare tipo di tessuto non tessuto in grado di far traspirare l'umidità prodotta dal cippato sottostante (il costo del telo è di poco superiore ai 2,00 Euro/mq). Contemporaneamente però, il telo impedisce la penetrazione dell'acqua meteorica.
Al suo interno il cippato ha iniziato subito la fermentazione con la formazione di muffe bianche sulla superficie dei chips e con l'innalzamento della temperatura all'interno del cumulo fino a 65-70 °C. In questo modo l'acqua contenuta dal legno evaporava verso l'alto attraverso gli interstizi presenti tra i chips ed usciva in atmosfera attraverso il telo traspirante. I periodici rilievi effettuati in varie parti del cumulo dimostravano l'abbassamento continuo del contenuto idrico del cippato, con un andamento che dipendeva comunque anche dalle condizioni atmosferiche esterne e, dopo appena 4 mesi, tale contenuto di umidità era passato dal 47,8% iniziale del cippato appena prodotto (riferito al peso fresco) al 28-30% (sempre riferito al peso fresco).
A questo punto il cippato è pronto per l'utilizzo anche in caldaie a griglia fissa, alimentate da coclea.

## 6. LA MODALITÀ DI VENDITA DEL CIPPATO A CONTENUTO ENERGETICO

**Il potere calorifico del legno**
Il potere calorifico del legno (P.C.I.) esprime la quantità di energia che può essere ricavata dalla combustione completa di un'unità di peso e si esprime, secondo il Sistema Internazionale di misura, in MJ/kg. Il contenuto idrico[1] (w%) del legno modifica - riducendolo - il potere calorifico. Parte dell'energia liberata nel processo di combustione è infatti assorbita dal processo di evaporazione dell'acqua e quindi non è disponibile per l'uso termico desiderato. Tale processo «dissipa» 2,44 MJ ogni kg di acqua (0,68 kWh).
Se riferito all'unità di peso, il potere calorifico del legno nelle diverse specie, a parità di contenuto idrico, **varia molto poco**. Inoltre, contrariamente alla comune percezione, il legno di latifoglie ha un potere calorifico - allo stato anidro - leggermente inferiore a quello delle conifere. Il Giordano, per il legno anidro, riporta 18,1 MJ/kg e 17,6 MJ/kg, rispettivamente per le conifere e le latifoglie. A. Jonas e H. Hartmann indicano entrambi, per il legno anidro, un solo valore sia per le conifere che per le latifoglie pari a rispettivamente **19 MJ/kg e 18,5 MJ/kg**.
Le lievi differenze in termini di potere calorifico riscontrabili tra le varie specie, sono da imputarsi alla composizione del legno: la lignina ha un potere calorifico di circa 1,5 volte superiore alla cellulosa. Ancora superiore è quello di resine, lipidi, cere e gomme. La formula per il calcolo del P.C.I. di un legno generico ad un certo contenuto idrico (w%) è la seguente (riportata in Hartmann, grafico 1):

$$\text{P.C.I.}_{\,w} = \frac{18{,}5(100-w-2{,}44w}{100}\ 0{,}27[\text{kWh/kg}]$$

**Proposte per la commercializzazione del cippato**
Così come per gli altri combustibili convenzionali, i combustibili legnosi possono essere acquistati e venduti sulla base del loro contenuto energetico. Questo già avviene in altri paesi (Austria, Francia, e nei paesi del nord Europa) e sarebbe un ulteriore strumento per creare un mercato più trasparente.

La variazione del contenuto energetico per unità di volume di un metro stero di cippato - in funzione del contenuto idrico - è più contenuta rispetto a quella riferita all'unità di peso (t) e poiché il legno cippato è comunemente commercializzato ad un contenuto idrico uguale o superiore al 30%, non si verificano le diminuzioni di volume - causate dai fenomeni di ritiro e dilatazione - che si manifestano invece con valori di contenuto idrico inferiori.
Per questo motivo, oggi in Italia, il cippato è venduto a volume (msr), senza alcuna misurazione del contenuto idrico.

Tuttavia, impiegando questo metodo di commercializzazione, il materiale acquistato al minor prezzo non necessariamente corrisponde ad un minor costo dell'energia prodotta e quindi ad un risparmio complessivo da parte dell'utilizzatore. In due impianti altoatesini (tab. 3) è stato calcolato il costo dell'energia prodotta approvvigionando gli stessi per 6 mesi con cippato proveniente da segheria e per 6 mesi con cippato proveniente da legname prodotto nei boschi locali e stagionato tal quale prima di essere cippato.

Considerando il solo costo del combustibile, si può notare come in entrambi gli impianti, il cippato pagato (a volume) al minor prezzo ha comportato un maggior costo dell'energia prodotta. In altri termini, l'energia erogata è pressoché simile in entrambi gli impianti, ciò che invece è assai diverso è il quantitativo di cippato che è stato impiegato per erogare la medesima energia termica.

Questa analisi dimostra come il valore (o prezzo) del volume di cippato acquistato, non rispecchi l'effettivo contenuto energetico.
Per questo motivo proponiamo - quale strumento di trasparenza del mercato - di adottare - di comune accordo tra le parti - delle **forme contrattuali** tese a definire il

[1] Esprime la massa di acqua presente in rapporto alla massa di legno fresco.

prezzo di compravendita del cippato ***sulla base del contenuto energetico.***

**Modalità di acquisto del cippato a contenuto energetico**

Il potere calorifico del legno è - a parità di contenuto idrico - pressoché uguale per le diverse specie legnose. Perciò, determinando il peso e il contenuto idrico con metodi oggettivi, è possibile acquistare l'equivalente contenuto energetico di cippato.

Supponiamo di acquistare 10 t di cippato con contenuto idrico (w) del 30% al prezzo di 50 /t. Il costo del carico quindi è di 500 Euro.
Determinando peso e contenuto idrico, anche con la più ampia differenza della **composizione specifica,** la variazione del contenuto energetico è piuttosto limitata.

La determinazione del **peso** può avvenire con due diverse modalità:
- pesatura integrale del carico con una normale pesa;
- pesatura - con una bilancia da laboratorio - di un certo numero di campioni di volume noto e rapportare il tutto al peso di un metro stero; si rapporta quindi per il volume del carico.

**Variazione del contenuto energetico e composizione specifica**

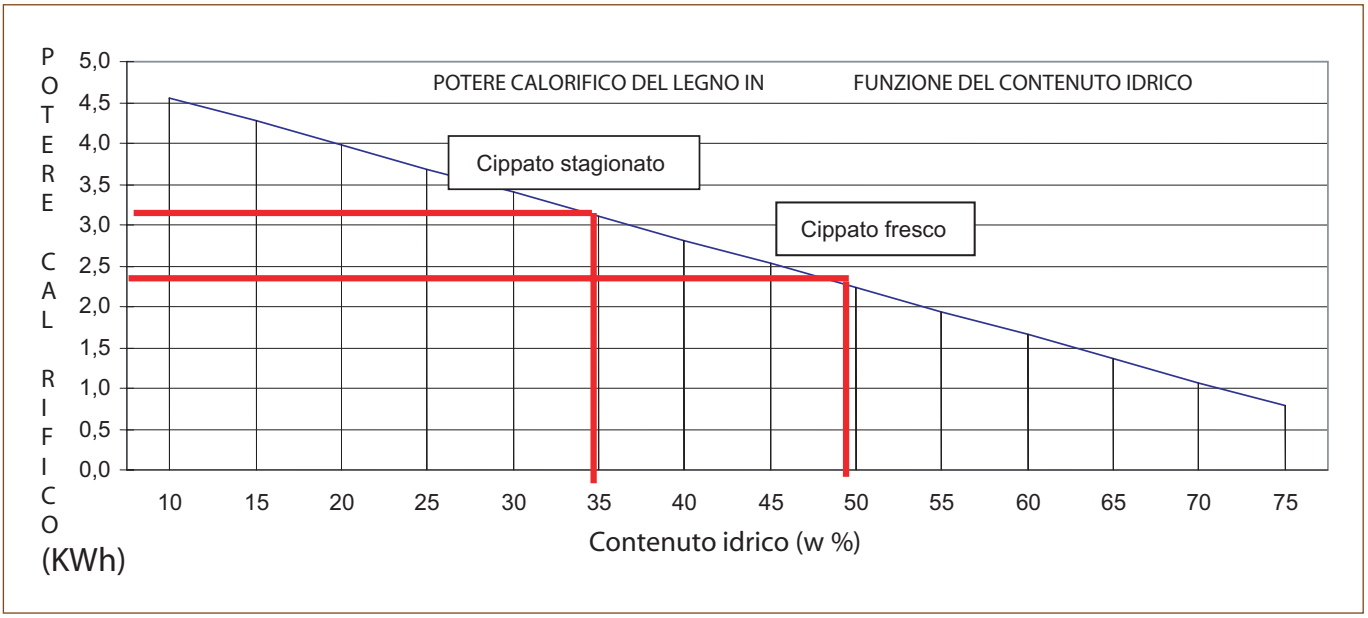
| Composizione Cippato | Contenuto energetico (kWh) | Diff. kWh | Diff % | Cent €/kWh |
|---|---|---|---|---|
| 100% faggio | 35.306 | 1946 | **5,5** | 1,42 |
| 100% abete | 37.252 | | | 1,34 |
| 50% faggio e 50% abete | 36.279 | | | 1,38 |

**Tabella 3 - Calcolo del costo dell'energia termica erogata in due impianti di teleriscaldamento**

| Impianto | Periodo | Provenienza cippato | Consumo cippato msr/anno | Prezzo cippato €/msr | Spesa annua cippato (€) | P.C.I. calcolato kWh/msr | En. Termica erogata MWh/anno | Costo dell'energia €/MWh |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Impianto Valburga | 17/12/2000 30/06/2001 | Segheria | 4.274 | 11,86 | 50.709 | 446,14 | 1.906,8 | 26,6 |
| | 01/07/2001 31/12/2001 | Bosco (*) | 2.938 | 13,35 | 39.214 | 686,14 | 2.015,8 | 19,5 |
| Impianto S. Pancrazio | 17/12/2000 31/07/2001 | Segheria | 2.300 | 10,40 | 23.919 | 431,17 | 991,7 | 24,1 |
| | 31/07/2001 31/12/2001 | Bosco (*) | 1.239 | 15,80 | 19.580 | 738,20 | 914,6 | 21,4 |

(elaborazione di G. Staffler, gestore degli impianti in Val d'Ultimo - BZ)
(*) il cippato di bosco è stato prodotto da piante di abete e larice sramate e stagionate in bosco

**Grafico 1 - Variazione del potere calorifico del cippato in funzione del contenuto idrico (PCI anidro 5,14 kwh/kg)**



| MJ/t | MWh/t | w(%) | €/t | €/MWh |
|---|---|---|---|---|
| 14312,00 | 3,98 | 20 | € 64,06 | 16,10 |
| 14102,60 | 3,92 | 21 | € 63,12 | 16,10 |
| 13893,20 | 3,86 | 22 | € 62,18 | 16,10 |
| 13683,80 | 3,80 | 23 | € 61,25 | 16,10 |
| 13474,40 | 3,75 | 24 | € 60,31 | 16,10 |
| 13265,00 | 3,69 | 25 | € 59,37 | 16,10 |
| 13055,60 | 3,63 | 26 | € 58,44 | 16,10 |
| 12846,20 | 3,57 | 27 | € 57,50 | 16,10 |
| 12636,80 | 3,51 | 28 | € 56,56 | 16,10 |
| 12427,40 | 3,45 | 29 | € 55,62 | 16,10 |
| 12218,00 | 3,40 | 30 | € 54,69 | 16,10 |
| 12008,60 | 3,34 | 31 | € 53,75 | 16,10 |
| 11799,20 | 3,28 | 32 | € 52,81 | 16,10 |
| 11589,80 | 3,22 | 33 | € 51,87 | 16,10 |
| 11380,40 | 3,16 | 34 | € 50,94 | 16,10 |
| 11171,00 | 3,11 | 35 | € **50,00** | **16,10** |
| 10961,60 | 3,05 | 36 | € 49,06 | 16,10 |
| 10752,20 | 2,99 | 37 | € 48,13 | 16,10 |
| 10542,80 | 2,93 | 38 | € 47,19 | 16,10 |
| 10333,40 | 2,87 | 39 | € 46,25 | 16,10 |
| 10124,00 | 2,81 | 40 | € 45,31 | 16,10 |
| 9914,60 | 2,76 | 41 | € 44,38 | 16,10 |
| 9705,20 | 2,70 | 42 | € 43,44 | 16,10 |
| 9495,80 | 2,64 | 43 | € 42,50 | 16,10 |
| 92,86,40 | 2,58 | 44 | € 41,56 | 16,10 |
| 9077,00 | 2,52 | 45 | € 40,63 | 16,10 |
| 8867,60 | 2,47 | 46 | € 39,69 | 16,10 |
| 8658,20 | 2,41 | 47 | € 38,75 | 16,10 |
| 8448,80 | 2,35 | 48 | € 37,82 | 16,10 |
| 8239,40 | 2,29 | 49 | € 36,88 | 16,10 |
| 8030,00 | 2,23 | 50 | € 35,94 | 16,10 |

**Bilancia a infrarossi: restituisce il valore del contenuto idrico (w) mediamente dopo 15'.**

**Misuratore dielettrico del contenuto idrico: restituisce il valore del contenuto idrico (w) dopo pochi secondi.**

A titolo di esempio la procedura è la seguente: riempire un recipiente di 13 litri con cippato senza comprimere il materiale. Fare una pesata a cui, naturalmente togliere la tara.
Il contenuto del recipiente così determinato è di 3,36 kg, ciò significa che un metro stero pesa 258,46 kg. Allo stesso tempo, per ogni campione pesato si determina anche il **contenuto idrico**[1] al fine di arrivare alla determinazione del contenuto energetico.

Quale indicazione generale, il numero di campioni da eseguire sul carico è funzione del grado di omogeneità del carico - più è omogeneo meno campioni si possono fare - e alle dimensioni del carico - più è grande più campioni è necessario fare.

A titolo di esempio, proponiamo in questa pagina una tabella per il calcolo del prezzo del cippato in un range di w% 20-50, dove la costante è il prezzo del contenuto energetico del cippato: **16,10 €/MWh**, calcolato su un prezzo base di € 50/t.
All'arrivo del carico di cippato presso l'impianto (di peso noto), si entra nella tabella con il valore del contenuto idrico[2] e si calcola il prezzo del carico.
Esempio: un rifornimento di 15 t di cippato al 40% (w), avrà un prezzo di 45,31 €/t x 15 t = 679.65 € a cui va aggiunta l'IVA (10%).

[1] La determinazione del contenuto idrico si ottiene per via analitica (bilancia a infrarossi) o per via speditiva (misuratori con sistemi dielettrici) (Podesser e Gutkauf, 1994).
[2] Determinato sulla base di un protocollo di analisi che indica quanti campioni devono essere prelevati dal carico.

**Grafico 2 - Produttività dell'abbattimento**

| D 1.30 cm | Motosega | | Escavatore | | Bobcat | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Piante /ora | q/ora | Piante /ora | q/ora | Piante /ora | q/ora |
| 8 | 114 | 26.4 | 104 | 24.0 | 113 | 26.2 |
| 9 | 105 | 31.7 | 101 | 30.7 | 110 | 33.4 |
| 10 | 96 | 37.1 | 99 | 38.2 | 107 | 41.4 |
| 11 | 88 | 42.5 | 96 | 46.5 | 104 | 50.3 |
| 12 | 81 | 47.8 | 94 | 55.5 | 101 | 60.0 |
| 13 | 74 | 53.0 | 91 | 65.3 | 98 | 70.4 |
| 14 | 67 | 57.8 | 88 | 75.7 | 95 | 81.5 |
| 15 | 61 | 62.4 | 85 | 86.6 | 91 | 93.0 |
| 16 | 56 | 66.4 | 82 | 97.9 | 88 | 104.9 |
| 17 | 50 | 69.8 | 79 | 109.4 | 84 | 117.0 |
| 18 | 45 | 72.6 | 76 | 120.9 | 81 | 129.2 |
| 19 | 43 | 78.9 | 70 | 127.9 | 77 | 141.2 |
| 20 | 40 | 84.3 | 70 | 145.5 | 73 | 152.8 |
| 21 | 38 | 89.9 | 70 | 164.6 | 69 | 163.7 |
| 22 | 36 | 95.7 | 70 | 185.3 | 66 | 173.7 |

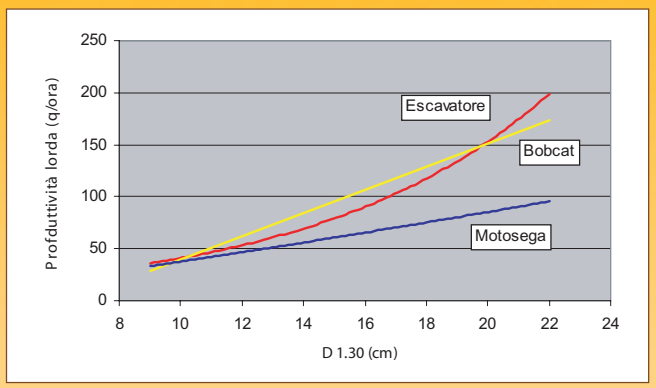



**Grafico 3 - Produttività dell'esbosco su una distanza media di 200 m**

| D 1.30 | Pinza | Verricello |
|---|---|---|
| cm | q/ora | q/ora |
| 9 | 29.1 | 11.4 |
| 10 | 33.6 | 12.9 |
| 11 | 37.7 | 14.1 |
| 12 | 41.4 | 15.3 |
| 13 | 44.9 | 16.4 |
| 14 | 48.1 | 17.3 |
| 15 | 51.0 | 18.2 |
| 16 | 53.8 | 19.0 |
| 17 | 56.4 | 19.8 |
| 18 | 58.9 | 20.8 |
| 19 | 61.2 | 23.9 |
| 20 | 63.4 | 27.1 |
| 21 | 65.5 | 30.7 |
| 22 | 67.5 | 34.6 |

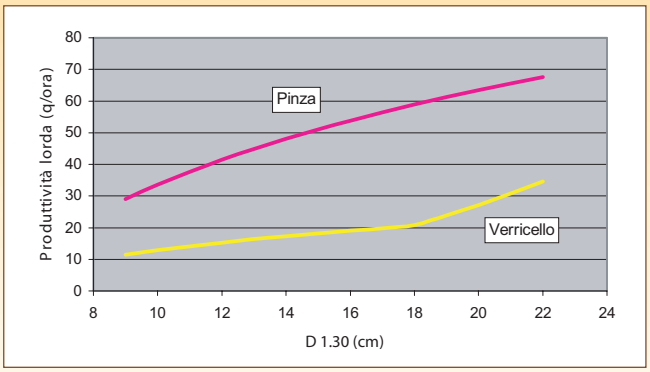
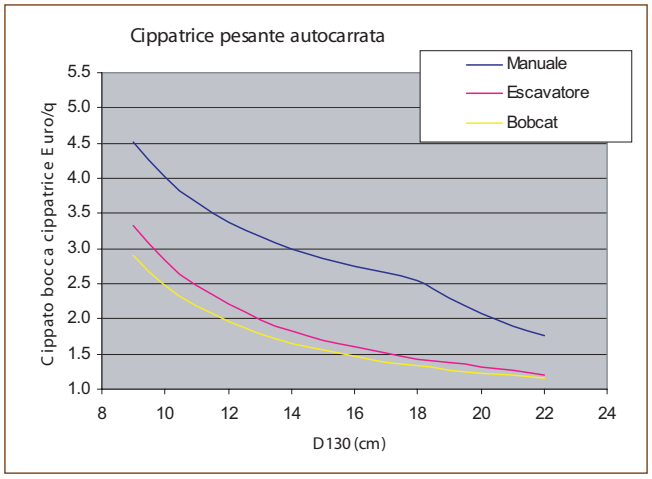
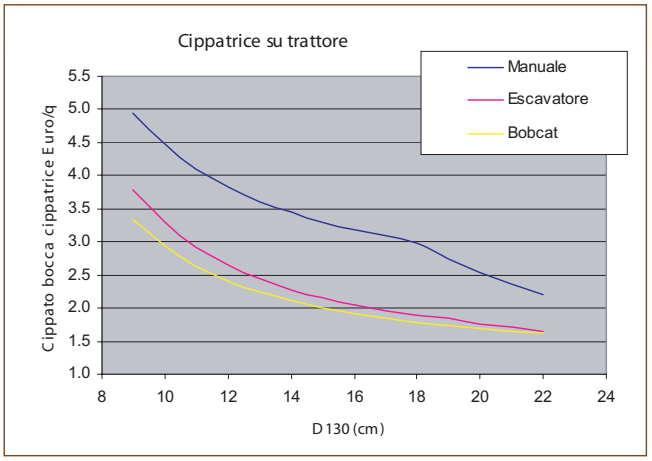



**Grafico 4 - Costo unitario del cippato a bocca cippatrice per le varie ipotesi di lavoro**




*Per eventuali approfondimenti:* Azienda Regionale Veneto Agricoltura - Legnaro (PD) - Settore Ricerca e Sperimentazione Agraria e Ittica
Tel. 049-8293711 - Fax 049-8293815 - E-mail: ricerca@venetoagricoltura.org
*Autori:* Raffaele Spinelli, Carla Nati, Loris Agostinetto, Valter Francescato, Eliseo Antonini
*Foto:* Loris Agostinetto, Stefano Dimartino, Francesco Pernigotto Cego
*Realizzazione Editoriale:* Azienda Regionale Veneto Agricoltura
*Coordinamento editoriale:* Isabella Lavezzo - Alessandra Tadiotto - Settore Divulgazione Tecnica e Formazione Professionale
Corte Benedettina - Via Roma, 34 - 35020 Legnaro (PD) - Tel. 049-8293920 - Fax 049-8293909
E-mail: divulgazione.formazione@venetoagricoltura.org - www.venetoagricoltura.org
*Stampa:* Think Adv - Conselve (Pd) - Novembre 2004