

È un'iniziativa della  Camera di Commercio Padova in collaborazione con



# Recupero delle potature di vigneti e frutteti finalizzato alla **VALORIZZAZIONE ENERGETICA**



**Studio di fattibilità per l'organizzazione  
di un innovativo modello di gestione  
delle biomasse residuali agricole**

- 4** CANTIERI DI RACCOLTA  
Macchine utilizzate  
Resa di frutteti e vigneti  
Il modello  
Considerazioni sui cantieri

- 10** POTENZIALITÀ DELLE POTATURE IN PROVINCIA DI PADOVA  
Bacini energetici e domanda di cippato  
Caratterizzazione dei bacini  
Domanda di cippato  
Incrocio domanda-offerta

- 14** QUALITÀ DEL CIPPATO E LOGISTICA  
Pezzatura del cippato  
Consigli per la stagionatura  
Contenuto energetico  
Composizione chimica

- 17** EMISSIONI DELLA COMBUSTIONE

- 18** LINEE GUIDA PER LA SCELTA DELLA CALDAIA

- 19** MERCATO E PREZZI A CONFRONTO

- 20** APPLICAZIONI PRATICHE

*Autori*

Raffaele Spinelli  
CNR IVALSA

Massimo Negrin, Valter Francescato  
AIEL - Associazione Italiana Energie Agroforestali

Si ringrazia il Consorzio Produttori Biomasse di Padova  
che ha collaborato nella realizzazione dei cantieri

*Foto* AIEL e CNR IVALSA

*Grafica* Espodesign / Piazzola sul Brenta

*Stampa* Litocenter srl / Piazzola sul Brenta



Camera di Commercio  
Padova

Nel 2010 la Camera di Commercio di Padova, con la collaborazione delle Organizzazioni Agricole Confagricoltura Padova, Coldiretti Padova e CIA Padova, ha promosso e sostenuto questo importante progetto finalizzato al recupero dei residui delle lavorazioni agricole a scopo energetico.

Il progetto, di cui ora si presentano i risultati, mirava a sperimentare interventi di razionalizzazione che consentono di restituire sostenibilità economica al recupero degli

scarti di potatura nei vigneti e frutteti della campagna padovana, attraverso la realizzazione di cantieri sperimentali di raccolta in collina e pianura, volti allo studio ed alla

sperimentazione di tecnologie funzionali al superamento di problematiche attinenti alla raccolta ed alla logistica.

Tale progetto si inserisce nell'attività connessa all'innovazione e la promozione che la Camera di Commercio di Padova sostiene da più anni sull'uso delle fonti energetiche rinnovabili ed in par-

ticolare sulla possibilità di impiego della biomassa legnosa al fine di diversificare le fonti energetiche, ridurre le emissioni di gas ad effetto serra ed offrire nuove op-

portunità di diversificazione al reddito nelle imprese agricole padovane.

Quest'iniziativa assume perciò un particolare valore per uno sviluppo della "green economy", tramite la promozione di buone pratiche per una economia eco-sostenibile.

*Il Presidente*

*Roberto Furlan*



Il recupero energetico dei residui di potatura può offrire un'interessante opportunità di reddito agli agricoltori, oltre che una soluzione per risolvere il problema del loro smaltimento. Per ottenere il massimo valore aggiunto del materiale di scarto occorre però organizzare la raccolta nel modo più efficiente possibile.

Questo documento riassume i risultati delle prove sperimentali di raccolta dei residui di potatura in frutteti e vigneti, condotte in provincia di Padova dal CNR IVALSA nell'ambito del presente progetto.

Le diverse tipologie dei cantieri analizzate nel presente studio, sono quelle generalmente più consone ad essere impiegate per il recupero delle potature.

Obiettivi dei cantieri sperimentali:

- definire la produttività delle macchine e il costo di recupero dei residui, al variare di: lunghezza dei filari, distanza di estrazione, resa di campo e tipo di raccolta;
- individuare gli elementi di ottimizzazione per ridurre il costo di raccolta delle potature;
- individuare le caratteristiche qualitative del cippato ottenuto (pezzatura, contenuto idrico e contenuto energetico).

Il lavoro di AIEL è stato quello di riorganizzare i dati sperimentali raccolti dal CNR IVALSA e riassumerli in un documento di sintesi in chiave divulgativa e di facile interpretazione.

Nella seconda parte del lavoro è stata condotta da AIEL un'analisi territoriale a scala provinciale sulle potenzialità di questo mercato, considerando alcuni elementi chiave per l'implementazione di filiere energetiche. Sono stati quindi sviluppati i seguenti punti:

- elaborazione dei dati su scala provinciale con l'individuazione della disponibilità potenziale di biomassa da potature agricole, rispetto all'attuale domanda di legno cippato in provincia;
- composizione chimica ed emissioni della combustione di questa tipologia di biomassa;
- consigli per la stagionatura e la scelta della caldaia;
- cenni sul mercato e i prezzi dell'energia delle biomasse legnose;
- valutazioni tecnico-economiche e ambientali di applicazioni energetiche in aziende agricole in Regione Veneto.

*Il Presidente di Confagricoltura Padova*  
*Antonio da Porto*

*Il Presidente di Coldiretti Padova*  
*Marco Calaoon*

*Il Presidente di C.I.A. Padova*  
*Claudio D'Ascanio*

# CANTIERI DI RACCOLTA

## MACCHINE UTILIZZATE

Lo studio in campo condotto dal CNR IVALSA ha analizzato i costi di raccolta e le produttività di quattro diverse attrezzature commerciali, capaci di rappresentare i principali tipi di cantiere.

In particolare è stata analizzata l'operatività di:

**3 macchine trituratrici** (cantiere 1, 2 e 3) progettate per scaricare il trinciato in un apposito contenitore con diverse capacità di carico;

**1 macchina rotoimballatrice** (cantiere 4)



Macchina: Facma.



Macchina: Peruzzo.

Macchina - Cantiere		Peruzzo	Facma	Nobili	Lerda
Caratteristiche		1	2	3	4
Larghezza di lavoro	m	140	140	145	110
Capacità di carico	kg	357	825	1582	187-237
	mc	1,5	3	6	
Motrice	tipo	trattore	idrostatica	trattore	trattore
Potenza	kW	66	62	62	48
Superficie raccolta	ha	3,1	5,4	3,3	3,3
Quantità raccolta	t	7,1	13,1	7,1	7,8
Produttività	t/ha	2,3	2,5	2,2	2,4
Tempo totale	ore	5,7	6,6	5,1	9,2
Tempi morti	%	10%	1%	5%	35%

## LOGISTICA DEI CANTIERI

Le **macchine trituratrici** avanzano negli interfila raccogliendo il residuo accumulato, quando il contenitore è pieno escono dal campo e lo svuotavano in rimorchi agricoli o container parcheggiati in capezzagna. La trituratrice del cantiere 3 traina un rimorchio agricolo equipaggiato con sponde alte che, una volta pieno, viene scambiato con uno vuoto in capezzagna.

La **rotoimballatrice** raccoglie i residui fino al riempimento della camera di compressione, dove la macchina si ferma per qualche secondo e depone a terra la palla confezionata. Le balle vengono recuperate da un trattore agricolo munito di forca che, in capezzagna, le carica su un rimorchio per il trasporto in azienda.

Tutte le macchine impiegate nelle prove sono abbastanza leggere da essere portate o trainate da trattori compatti per frutteto.

La prova è stata condotta su un totale di **15 ha**, che hanno prodotto circa **35 tonnellate di cippato** raccolto dai residui delle patate. Il materiale raccolto e analizzato ha interessato **7 vigneti, 6 meleti e 4 pereti**.

Cantiere con macchina trituratrice	Logistica	Cambio di volta	Scarico
<b>Peruzzo</b>	Macchina con un container proprio, portata	A pieno carico si determina un cambio importante nella distribuzione dei pesi sul trattore, rendendolo meno manovrabile nel cambio di volta	Scarico per ribaltamento
<b>Facma</b>	Macchina con un container proprio, portata da un agile trattore idrostatico a tre ruote	L'agile sistema di trazione comporta un tempo medio di volta significativamente più breve rispetto agli altri	Percorrenza del viaggio carico dal campo al punto di scarico significativamente più rapida degli altri. Scarico per ribaltamento
<b>Nobili</b>	Macchina portata che a sua volta traina un rimorchio agricolo a due assi (1,5 t di trinciato a pieno carico) sul quale scarica il materiale	Tempi di volta più lunghi a causa del traino del rimorchio che rende il sistema meno manovrabile e veloce rispetto agli altri	Maggiore tempo per lo scarico del prodotto, poiché ciò avviene attraverso lo scambio dei rimorchi, e non per ribaltamento

## PRODUTTIVITÀ E COSTI DI RACCOLTA

Il costo orario dei diversi cantieri è stato calcolato su un uso annuale stimato pari a 1.000 ore per la trattrice e 500 ore per la macchina raccogliitrice. Questo riflette la stagionalità delle operazioni di potatura e la versatilità del trattore agricolo.

		Peruzzo	Facma	Nobili	Lerda
Produttività (sul tempo totale)	t/h	1,3	2,0	1,4	0,9
Costo unitario	Raccogliitrice €/h	6,10	6,80	5,40	6,10
	Trattrice €/h	33,40	36,20	33,40	27,50



Macchina: Lerda.



Macchina: Nobili.

		Facma	Nobili	Media
Velocità di volta	sec/volta	17	52	34
Velocità spostamenti	senza carico km/h			7,2
	con carico km/h	10,1		6,1
Velocità di scarico	min.sec/scarico		4.35	1.11
Tempi morti	%			19%

Il tempo di raccolta a tonnellata è inversamente proporzionale alla resa netta del campo (escluse le perdite), alla lunghezza del filare e alla distanza di estrazione, oltre che relazionata al tipo di macchina impiegata.

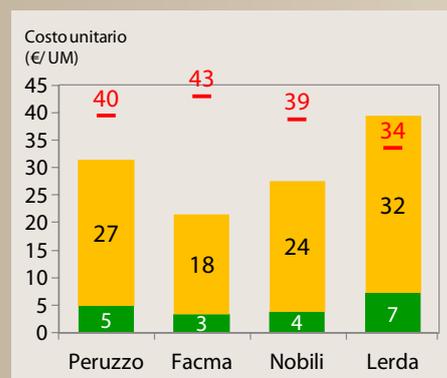
Il cantiere Facma è risultato essere il più veloce, mentre quello di Peruzzo il più lento tra quelli con macchina trituratrice.

## CANTIERI DI RACCOLTA



Il costo orario complessivo del cantiere Facma è risultato superiore agli altri, tuttavia la maggiore produttività oraria (t/h) dello stesso permette di ottenere dei costi unitari alla tonnellata ( $18+3=21$  €/t) inferiori rispetto a tutte le altre macchine, rendendo di per se tale soluzione la più vantaggiosa.

	U.M.
Macchina raccoglitrice	(€/t)
Trattore	(€/t)
Costo orario tot.	(€/h)



## RESA DI FRUTTETI E VIGNETI

Le prove sono state condotte su 15 ha: 4,5 dei quali coltivati a frutteto (3 a mela e 1,5 a pera) e 10,5 a vigneto.

Coltura	Resa totale	Resa netta raccolta	Perdite	Contenuto idrico (M)
	t/ha	t/ha	%	%
Media meleti e pereti	3,5	3,0	13%	43,4%
Media vigneti	2,9	2,0	30%	42,9%
Media complessiva	3,1	2,3	24%	43%



La **resa media** complessiva è di **3,1 t/ha**: 3,5 t/ha per il frutteto e 2,9 t/ha per il vigneto.

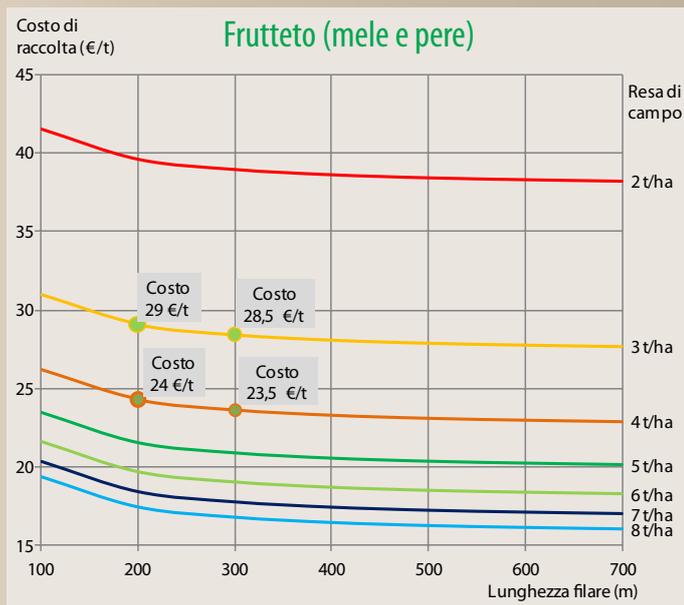
La **resa netta** raccolta, invece, varia **da 2 a 3 t/ha**, rispettivamente per frutteto e vigneto, generando una resa media complessiva netta di 2,3 t/ha e perdite medie del 24%, significativamente diverse tra frutteto (13%) e vigneto (30%).

Il **contenuto idrico** dei campioni raccolti nei diversi campi di prova è caratterizzata da valori quasi sempre molto simili, mediamente è del **43%** (fonte dati: CNR IVALSA).

## IL MODELLO

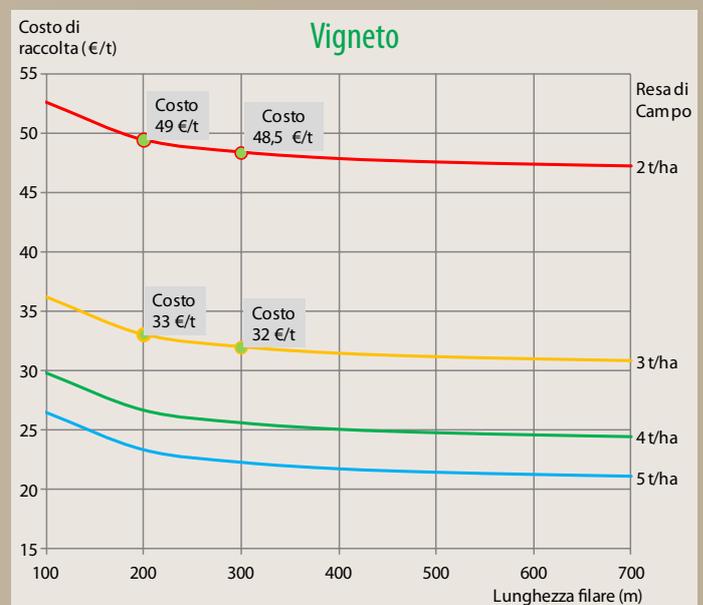
### COSTI IN FUNZIONE DI RESA E LUNGHEZZA DEI FILARI

I risultati delle analisi statistiche condotte nelle prove sperimentali sono stati utilizzati per definire un modello semplificato in grado di calcolare il costo di raccolta, al variare della resa e della lunghezza dei filari.



In un frutteto con una resa di 3 t/ha ed una lunghezza dei filari di 200 m, il costo unitario di raccolta è di 29 €/t. Con una resa di 4 t/ha e filari di 300 m, il costo si riduce a 23,5 €/t.

Le differenze di lunghezza del filare (variabilità di 100 m) incidono, sul costo finale di raccolta, in minor misura rispetto alla resa (variabilità di 1 t/ha).



In un vigneto con una resa di 2 t/ha ed una lunghezza dei filari di 200 m, il costo di raccolta è di 49 €/t. Con una resa di 3 t/ha e filari di 300 m, il costo si riduce a 32 €/t.

### CONSIDERAZIONI SUI CANTIERI

- I costi di raccolta dei residui di potatura nei **vigneti** (compresi **tra 60 e 15 €/t**) sono superiori rispetto a quelli nei **frutteti** (compresi **tra 49 e 11 €/t**) principalmente a causa della minore **concentrazione di residuo** e delle maggiori perdite. Il costo di raccolta inoltre aumenta con la **distanza di estrazione** e diminuisce con l'aumentare della **lunghezza dei filari** e della **concentrazione delle potature**.
- Il cantiere Facma ha avuto prestazioni superiori (costo di raccolta e produttività) rispetto a quelle di tutti gli altri cantieri, in tutte le condizioni operative .
- I cantieri a **doppio passaggio** (imballatura e successiva raccolta) offrono una maggiore flessibilità, ma comportano costi più elevati, al netto della cippatura.



- Il doppio passaggio è preferito rispetto agli altri sistemi di raccolta in particolari situazioni caratterizzate da:
  - scarsa disponibilità di **spazio di manovra** (zone collinari);
  - **condizioni climatiche** avverse;
  - necessità di **stoccare grosse quantità** di materiale per lungo tempo.
- Nei cantieri in zone collinari è necessario dotarsi di macchine con le seguenti caratteristiche:
  - in grado di compiere manovre su spazi ridotti (cambio di volta);
  - dotate di un cassone incorporato di dimensione contenuta,
  - capaci di raccogliere il materiale in un unico passaggio.

Le macchine più adatte a questo contesto sono Peruzzo e Lerda che però, a causa delle dimensioni ridotte del cassone, comportano inevitabilmente costi di raccolta tendenzialmente più elevati.

I risultati delle prove sperimentali in campo confermano la fattibilità tecnico-economica della raccolta delle potature di frutteti e vigneti, grazie alla presenza sul mercato di macchine messe a punto per questa funzione in modo specifico.



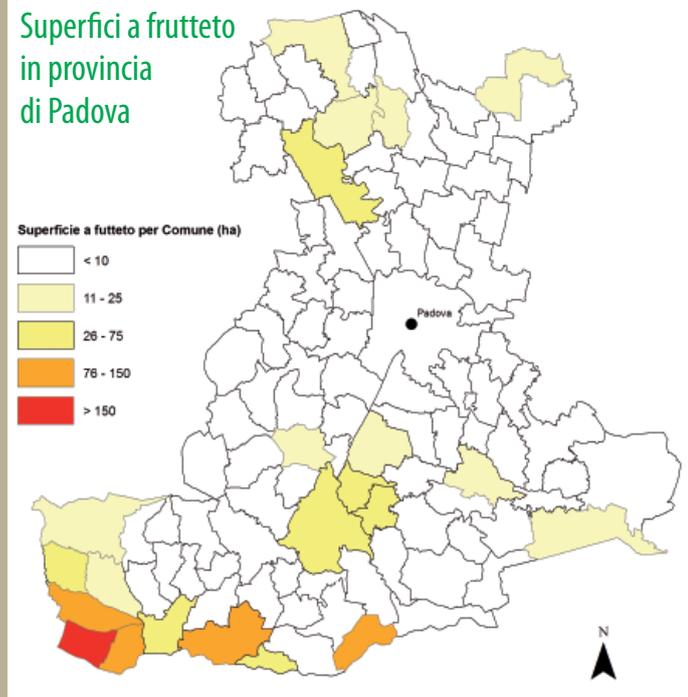
# POTENZIALITÀ DELLE POTATURE IN PROVINCIA DI PADOVA

Al fine di valutare il possibile sviluppo della filiera energetica a scala provinciale, è stata condotta un'analisi territoriale sulle potenzialità produttive delle potature di frutteti e vigneti, sulla base delle rese medie rilevate nei cantieri analizzati e dei dati statistici disponibili a scala comunale (ISTAT, 2011).

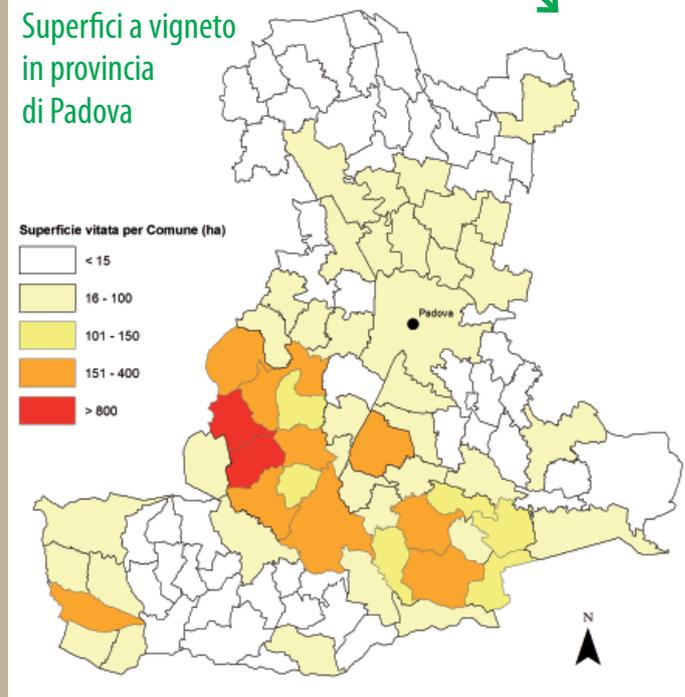


Copertura in Provincia di PD	ha	t (M43)	GWh (M43)	ktep
Frutteto	1.370	4.150	10,8	0,9
Vigneto	5.190	10.482	27,4	2,4
<b>Totale</b>	<b>6.560</b>	<b>14.633</b>	<b>38,2</b>	<b>3,3</b>

Superfici a frutteto in provincia di Padova



Superfici a vigneto in provincia di Padova



## POTENZIALITÀ DELLE POTATURE IN PROVINCIA DI PADOVA

In provincia di Padova sono presenti **1.370 ha di frutteto**, in grado di produrre annualmente circa **4.150 t** di residui legnosi di potatura (con un contenuto idrico medio del 43%), corrispondenti a ca. **11 GWh** di energia primaria (0,9 ktep).

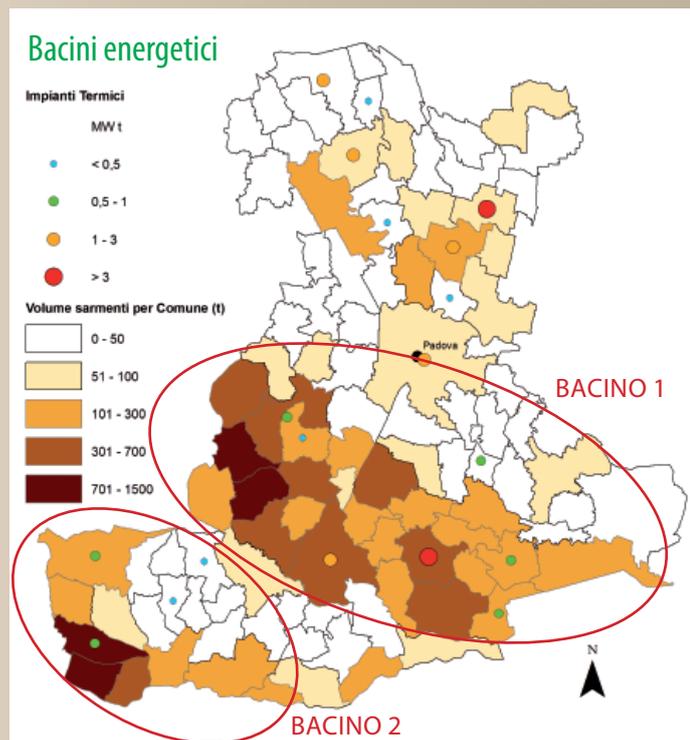
La maggiore distribuzione dei frutteti si colloca nell'**area a sud-ovest** della provincia, in particolare nei comuni di Castelbaldo, Merlara, Masi, Sant'Urbano e Boara Pisani.

I **vigneti** coprono nel complesso **5.190 ha**, che potenzialmente potrebbero produrre circa **10.500 t** (M 43%) di sarmenti, ovvero ca. **27 GWh** di energia primaria (2,4 ktep).

La distribuzione dei vigneti è principalmente concentrata nell'area limitrofa ai Colli Euganei, in particolare nei comuni di Vo', Cinto Euganeo, Due Carrare, Baone, Galzignano Terme, Teolo, Bagnoli di Sopra, Rovolon, Monselice, Conselve e Merlara.



## BACINI ENERGETICI E DOMANDA DI CIPPATO



La mappa mostra la disponibilità potenziale di biomassa legnosa ritraibile dai frutteti e dai vigneti, a scala comunale, in provincia di Padova.

La biomassa legnosa si concentra prevalentemente in due bacini a sud di Padova.

A livello provinciale sono potenzialmente disponibili quasi **15.000 t di biomassa** corrispondenti a ca. **38 GWh** primari (3,3 ktep), ottenibili da una superficie aggregata di **6.560 ha**.

A titolo indicativo con questa biomassa **si potrebbero riscaldare circa 4.000 abitazioni** da 80-100 m<sup>2</sup>.



## POTENZIALITÀ DELLE POTATURE IN PROVINCIA DI PADOVA

### CARATTERIZZAZIONE DEI BACINI

	U.M.	Bacino 1	Bacino 2
Quantità disponibile (M 43)	t	8.880	3.330
Energia Primaria	GWh	23	9
	ktep	2,0	0,8
Frazione rispetto al totale	%	60	23

All'interno del **bacino 1** ricade prevalentemente la frazione di scarto proveniente dal recupero dei sarmenti di vite. Nel complesso sarebbe possibile raccogliere da quest'area più del 60% del materiale potenzialmente producibile a livello provinciale (8.880 t e 23 GWh).

All'interno del **bacino 2** invece ricade in parte maggioritaria la frazione di materiale proveniente dai frutteti. Nel complesso questo bacino potrebbe fornire circa il 23% di tutto il materiale ritraibile in provincia (3.330 t e 9 GWh).



### DOMANDA DI CIPPATO

Dai dati a disposizione di AIEL, relativi a un censimento degli impianti a biomassa legnosa in Veneto, emerge che nella provincia di Padova c'è una domanda complessiva di cippato stimata in ca. 15.000 t. Il 36% di questo volume è destinato agli impianti con potenza superiore a 3 MW, il 40% a quelli di potenza compresa tra 1 e 3 MW, mentre la restante parte ai piccoli-medii impianti (12% a impianti tra 0,5 e 1 MW e 11% a impianti < a 0,5 W).



## POTENZIALITÀ DELLE POTATURE IN PROVINCIA DI PADOVA

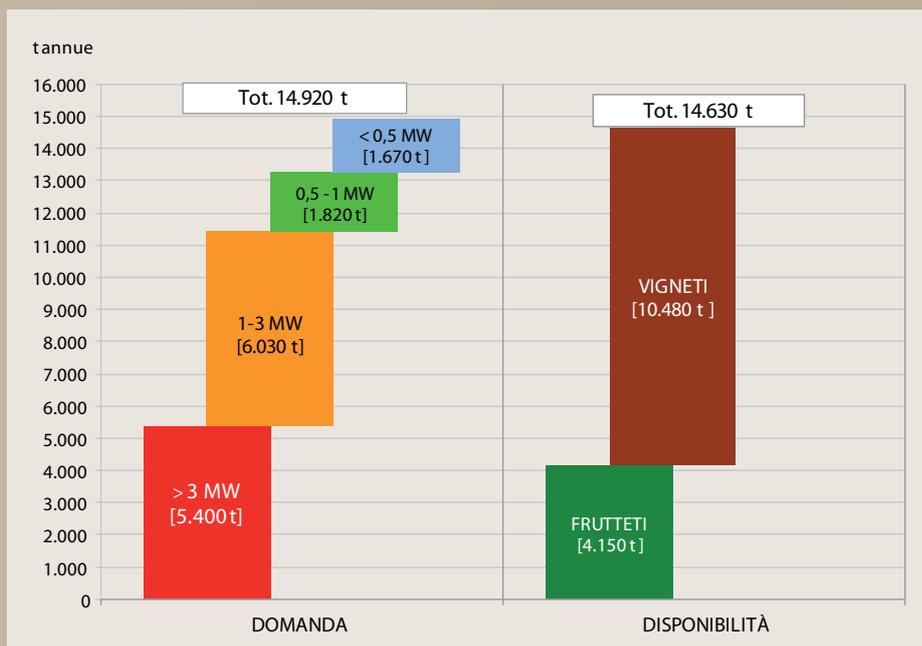


Gli impianti di grossa taglia (> 1MW), quindi più idonei - ma non necessariamente gli unici - a poter ricevere biomasse da residui di potatura, ricadono principalmente nella parte settentrionale della provincia e all'interno del bacino 1.

L'area più a nord risulta essere quella maggiormente "scoperta" dal punto di vista della disponibilità di biomassa da potature agricole, mentre il materiale ritraibile dal "bacino 1" può trovare parte della destinazione negli impianti ricadenti al proprio interno.

## INCROCIO DOMANDA-OFFERTA

Dai dati emerge che, a titolo puramente indicativo, tutto il residuo potenzialmente raccogliabile dai frutteti e vigneti in Provincia di Padova (**14.630 t**) potrebbe coprire quasi interamente il fabbisogno degli impianti a cippato attualmente operativi nella stessa area (**14.920 t**).



# QUALITÀ DEL CIPPATO E LOGISTICA

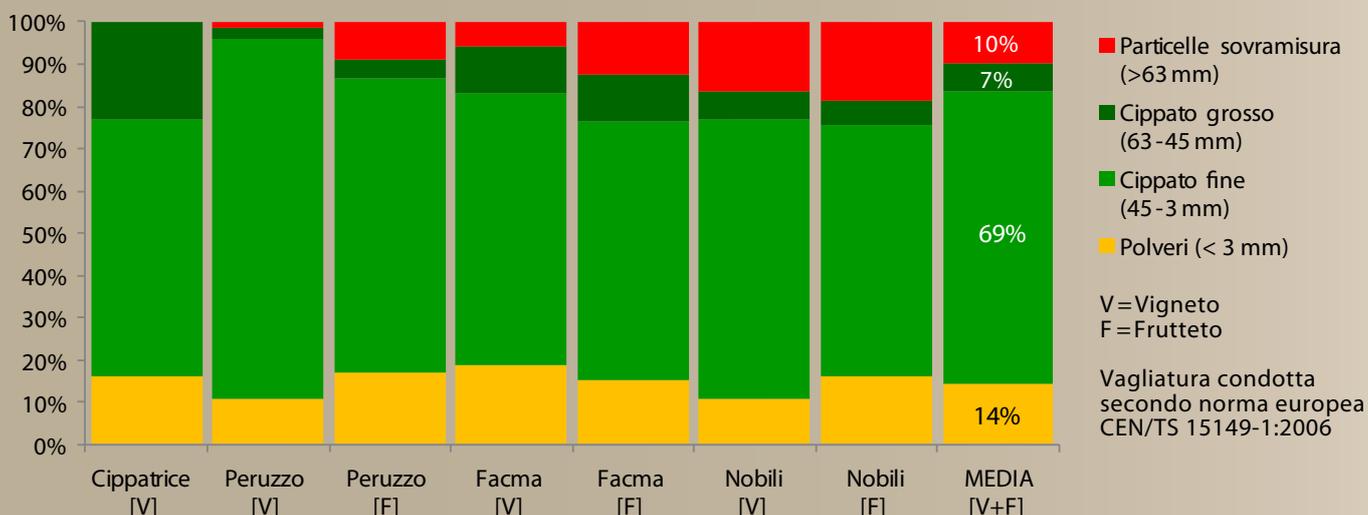
## PEZZATURA DEL CIPPATO

Per l'impiego energetico in caldaie di piccola-media potenza risulta importante ottenere una pezzatura del cippato il più omogenea possibile (almeno per l'80% dei pezzi che lo compongono), al fine di evitare blocchi al sistema meccanico di estrazione e caricamento.

Per questo tipo di biocombustibile inoltre la cippatura non dovrebbe essere eseguita con un tenore idrico inferiore al 25%, per evitare di generare un'eccessiva quantità di frazione fine (superiore al 10%) che può essere causa di una combustione non ottimale.



La dimensione del trinciato è la caratteristica qualitativa più strettamente legata al tipo di macchina. Le analisi condotte dal CNR IValsa nel corso di questo studio indicano che il cantiere Peruzzo produce un trinciato più fine e regolare del cantiere Facma e che le differenze qualitative tra i due cantieri sono statisticamente significative.



L'elemento più critico è rappresentato dalla quantità di sovramisura (mediamente 10%), sensibilmente più elevata rispetto al cippato normalmente ottenibile da legno tal quale.

### CONSIGLI PER LA STAGIONATURA

Per l'impiego energetico in caldaie di piccola-media potenza risulta importante ottenere un cippato con contenuto idrico inferiore al 30%. Questo aspetto è molto importante, oltre che per il corretto funzionamento della caldaia, anche per l'eventuale conservabilità in un silo di stoccaggio chiuso, nel quale deve essere garantita la stabilità biologica del cippato. Come dimostrano le analisi condotte dal CNR IVALLSA sui campioni di cippato (con metodo gravimetrico ai sensi CEN/TS 14774-2), il **contenuto idrico** del materiale appena raccolto, nel contesto territoriale di riferimento, varia **dal 43 al 45%**.



L'imballatura è particolarmente indicata quando si intende operare su ampie superfici e quindi è richiesto uno stoccaggio del materiale prolungato nel tempo. Questa modalità di conservazione presenta la minore perdita di sostanza legnosa, essendo il legno stoccato tal quale.



Per raggiungere un contenuto idrico inferiore al 30% il cippato deve essere conservato per circa 4 mesi (fino a giugno-luglio) in un deposito coperto, soleggiato e ventilato, preferibilmente sopra una superficie impermeabile.

In alternativa si possono ottenere risultati soddisfacenti con l'impiego di appositi teli geotessili, che presentano la proprietà di non lasciare permeare l'acqua piovana, ma allo stesso tempo permettono la traspirazione del contenuto idrico dal cumulo di cippato.

Seguendo questa modalità di stagionatura il cippato di vite mostra un elevato livello di conservabilità e la perdita di sostanza legnosa si mantiene inferiore al 5%.



### CONTENUTO ENERGETICO

Il potere calorifico superiore (HHV) è stato determinato su 7 campioni di trinciato ottenuti dai vigneti, individuati come il caso più critico. La determinazione è stata condotta dal CNR IVALSÀ secondo la norma CEN/TS 14918.

Il potere calorifico superiore dei residui di potatura anidri del vigneto è pari in media a **18,7 MJ kg<sup>-1</sup>** (2,6 kWh kg<sup>-1</sup> con M 43%) con una lieve differenza tra i diversi campioni.

Il potere calorifico superiore della potatura di vigneto è pertanto leggermente inferiore a quello del cippato forestale, che varia nel range **19.4-20.2 MJ kg<sup>-1</sup>** (2,7 – 2,85 kWh kg<sup>-1</sup> con M 43%), rispettivamente per latifoglie e conifere.



Parametri	U.M.	Sarmenti di vite	Legno non trattato
Contenuto in ceneri	% s.s	4,0	2,1
Cloro	% s.s	0,02	0,1
Zolfo	% s.s	0,02	0,1
Azoto totale	% s.s	0,9	0,3
Arsenico	mg/kg	0,2	1,4
Piombo	mg/kg	< 3	31,3
Cadmio	mg/kg	< 0,3	0,6
Mercurio	mg/kg	< 0,1	0,1
Rame	mg/kg	35,0	22,3
Cromo	mg/kg	10,3	22,8
Zinco	mg/kg	42,3	52,5
Sodio	mg/kg	89,3	426,5

Dalle analisi è stato possibile determinare che i sarmenti di vite sono caratterizzati da un contenuto di ceneri elevato, mediamente pari al 4% s.s. Anche i livelli di azoto e del rame sono superiori rispetto ai valori medi rilevati nel legno non trattato; questo è - con ogni probabilità - riconducibile ai trattamenti fitosanitari ai quali

è comunemente sottoposta la vite. Tuttavia, le lievi differenze riscontrate non comportano un evidente effetto negativo sul fattore di emissione (NOx), come indicato successivamente. Anche il cloro rilevato, principale elemento precursore di diossine e furani, si mantiene sotto il valore medio del legno vergine.

### COMPOSIZIONE CHIMICA

Secondo i risultati raccolti nel corso di un altro studio condotto da AIEL sull'analisi della composizione chimica dei sarmenti di vite sono emersi i risultati riportati nella tabella a lato. I valori dei sarmenti di vite sono confrontati con quelli relativi all'analisi di legno non trattato.

# EMISSIONI DELLA COMBUSTIONE

La tabella riporta i valori limite delle norme vigenti in Italia (D.Lgs. 152/2006) e in Europa (FprEN 303-5:2011) in materia di emissioni della combustione di biomassa legnosa.

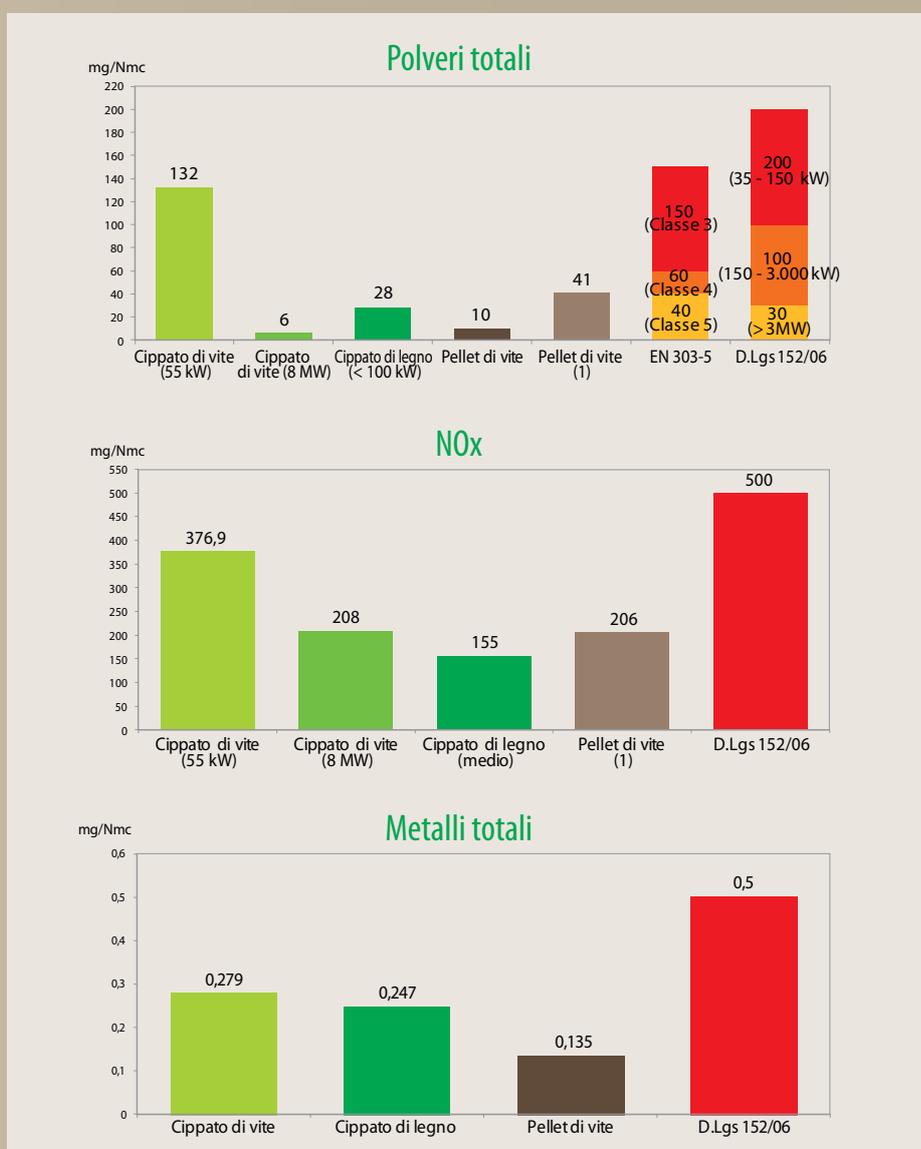
mg/Nm<sup>3</sup>

descrizione	D.Lgs. 152/2006		EN 303-5 (≤500kW)		
	35-150 (kW)	150-3.000 (kW)	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Polveri totali	200	100	150	60	40
CO	350	300	3.000	1.000	500
NOx	500	500			
SOx	200	200			



I grafici riportano una sintesi dei dati sperimentali rilevati in prove di combustione condotte negli ultimi anni nell'ambito di diversi progetti. In particolare i dati sono stati ottenuti dal progetto Biotec, coordinato dalla Fondazione Mach e condotto in collaborazione con il CNR IVALSa e la Fondazione Bruno Kessler e dal progetto Vitis Energetica condotto da AIEL.

Emerge che la combustione di sarmenti di vite in appositi impianti di combustione rientra nei limiti imposti dalla normativa nazionale (D.Lgs. 152/2006), sia per quanto concerne l'emissione di polveri totali e NOx sia per i metalli pesanti. Confrontando il dato delle polveri con la nuova normativa europea (EN 303-5:2011), il modello di caldaia testata (55 kW) rispetta solo il limite della classe 3.



Pellet di vite (1):  
Vitis Energetica – AIEL

Cippato e pellet di vite  
e Cippato di legno:  
Biotec - Fondazione Mach, CNR IVALSa  
e Fondazione Bruno Kessler

# LINEE GUIDA PER LA SCELTA DELLA CALDAIA

Non tutte le caldaie di piccola-media taglia ( $\leq 500$  kW) sono adatte all'impiego del cippato di vite. Si tratta, infatti, di un cippato con elevato contenuto di cenere, che contiene sempre una certa quantità di pezzi fuori misura e che, per effetto dell'intreccio dei filamenti di corteccia, tende a «legare» e quindi a formare ponti nel silo di stoccaggio e nel sistema di caricamento.

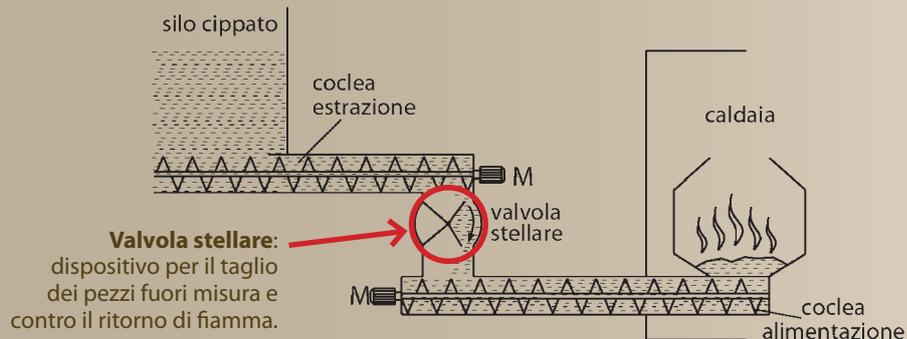
Sulla base di questi elementi di criticità si raccomanda:

- un sistema di estrazione a bracci articolati o a rastrelli;
- un dispositivo meccanico per il taglio dei pezzi fuori misura (valvola stellare o monocamera) in corrispondenza del pozzetto di carico che collega la coclea di estrazione con quella di caricamento;
- un focolare a griglia mobile o ribaltabile dotato di un sistema automatico di evacuazione delle ceneri;
- un dispositivo meccanico o pneumatico di pulizia automatica dello scambiatore di calore;
- un dispositivo di regolazione della combustione (sonda Lambda), che consente l'ottimizzazione dei parametri della combustione.



Nel caso di generatori con potenza superiore ai 500 kW si suggerisce sempre l'applicazione di un filtro a maniche o elettrofiltro a valle del separatore a gravità (multiciclone). Questa configurazione, nella prassi, garantisce livelli di emissione di polveri inferiori ai  $10 \text{ mg/Nm}^3$ , come dimostrano i risultati dei test di combustione qui presentati.

Principio	Tipo	Schema	Potenza nominale	Combustibile
Focolari a griglia alimentati lateralmente (coclea o spintore)	Griglia mobile (rotativa, a scalini)		da 15 kW (fino > 20 MW)	cippato pellet corteccia segatura tralci
Focolari alimentati lateralmente (coclea o spintore)	Griglia a rullo laminato		da 4 kW (fino a 450 kW)	cippato pellet tralci
Focolari alimentati per caduta	Griglia ribaltabile		da 15 kW (fino a 30 MWW)	pellet cippato tralci



**Elettrofiltro**



**Multiciclone**

# MERCATO E PREZZI A CONFRONTO

Il prezzo del cippato dipende da molti fattori, tra i quali:

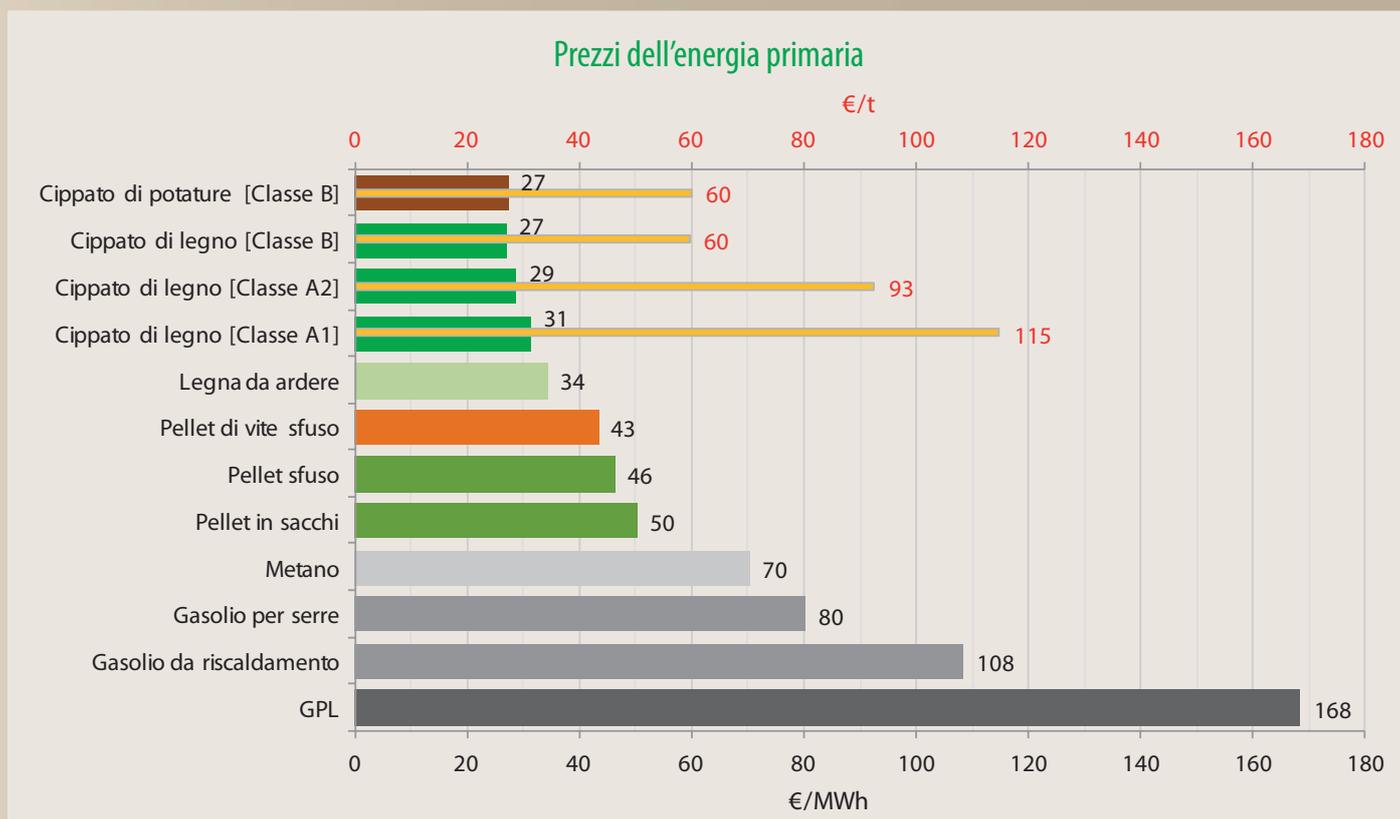
- il livello del contenuto idrico, che ne influenza sia la resa calorica che il peso;
- il tipo di materiale di partenza, che può influenzare la pezzatura e il contenuto di cenere;
- la tecnica di raccolta, la logistica e il trasporto.

L'attuale mercato del cippato è caratterizzato da notevoli elementi di complessità:

- costi di produzione molto disomogenei;
- mancanza spesso di una caratterizzazione merceologica e di forme contrattuali standardizzate che definiscano la qualità del combustibile ed il suo prezzo sulla base del contenuto energetico reale,
- tipo di materia prima di partenza.

I prezzi di mercato dei vari combustibili, sia legnosi sia fossili, sono espressi con unità di misura diverse (ponderali e volumetriche) e sono altresì caratterizzati da poteri calorifici assai differenti, perciò si rende difficile un loro immediato confronto. Il parametro che permette di confrontare il prezzo dei combustibili è il **prezzo dell'energia primaria** (€/MWh), ovvero il costo dell'energia che essi contengono prima della loro conversione in energia utile. Questo si ottiene semplicemente dividendo il prezzo per il suo contenuto energetico a un dato contenuto idrico (commerciale).

Nel grafico sottostante si riporta un confronto tra i prezzi di alcuni biocombustibili rispetto ai più comuni combustibili fossili.



Attualmente (Novembre 2011), ipotizzando per il cippato di potature un prezzo di vendita di circa 60 €/t (M 45%) questo equivale al prezzo dell'energia primaria del legno cippato di qualità B (M 50% e contenuto di cenere < 3%).

Il grafico indica chiaramente l'elevata competitività dei combustibili legnosi rispetto ai fossili, in particolare gasolio e GPL. Tuttavia, una

caldaia a biomasse costa oltre 3 volte una caldaia a gasolio o GPL. Ciò nonostante, imputando i costi di investimento e le relative spese annue, il costo dell'energia utile rimane spesso ancora competitivo. Per i due casi esempio che seguono il costo dell'energia utile varia da 50 a 80 €/MWh, mentre nel caso del gasolio e GPL si attesta, in questo momento, rispettivamente a 130 e 200 €/MWh.

# APPLICAZIONI PRATICHE

## AZIENDA AGRICOLA CALRONCHE

L'Azienda Agricola Calronche, composta da una superficie di circa 30 ha di cui 14 a vigneto e 4 a bosco, ha realizzato una filiera completa per la valorizzazione energetica delle potature provenienti dai vigneti della propria azienda e da quelli di aziende terze limitrofe.

Dal 2008 impiega i residui agricoli in una moderna caldaia a cippato, che sostituisce il vecchio

impianto termico a GPL, per riscaldare un edificio di 2.000 m<sup>3</sup> adibito ad agriturismo, con la previsione di realizzare un ampliamento di ulteriori 1.500 m<sup>3</sup>. I tralci di vite utilizzati per alimentare la caldaia vengono raccolti con una Cobra Collina Peruzzo 1600.

La centrale termica a cippato è composta da un silo interrato provvisto di un sistema di estrazione a bracci articolati collegato a una

coclea di estrazione conica dotata di valvola stellare sul pozzetto di carico.

La caldaia è una Heizomat RHK-AK 200 con una potenza termica di 180 kW, dotata di griglia mobile orizzontale in grado di ricevere materiale con un contenuto idrico del 45%. Lo scambiatore di calore della caldaia è inoltre dotato di un sistema meccanico autopulente.

### DATI AZIENDALI

Superficie vitata (propria + az. terze)	ha	14 + terzi
Cippato ottenibile annualmente	t	90
Costi produzione cippato	€/t	50

### DATI IMPIANTO

Alimentazione	Cippato di vite + legno
Potenza caldaia	180 kWt
Energia prodotta	200 MWh/anno
Accumulo (puffer)	2.000 l → 3 sottostazioni
Silo cippato	75 m <sup>3</sup>
Rete teleriscaldamento	100 ml



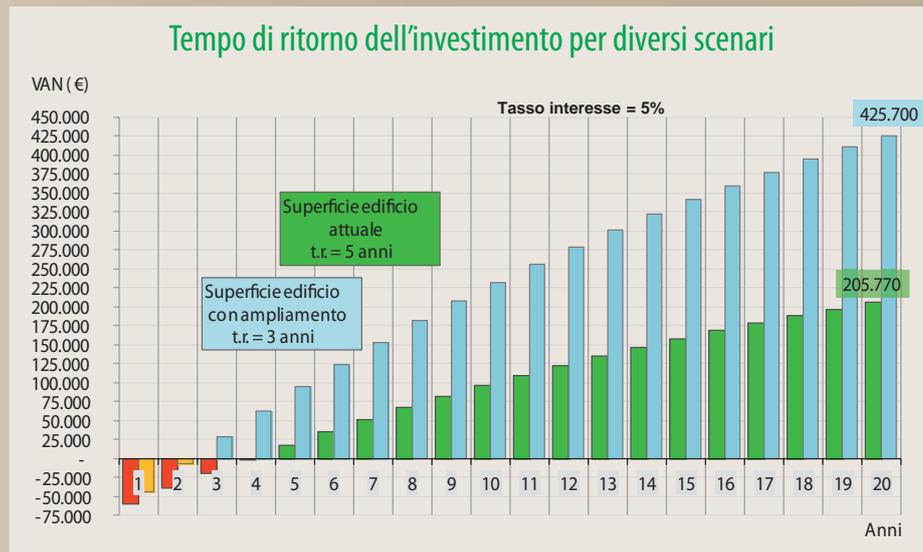
### COSTI ANTE

GPL: (32.000 l/anno) x (0,84 €/l)	26.880
Con ulteriore riscaldamento dell'ampliamento in progetto (1.500 m <sup>3</sup> )	47.000

### COSTI POST

investimento	€
Caldaia (180 kW) + puffer + silo (75 m <sup>3</sup> ) + rete (100 m x 100 €/ml)	150.000
Contributo PSR	45%
<b>totale investimento</b>	<b>82.500</b>
costi di gestione	€/anno
Cippato di vite (20 t/a)	4.500
Manutenzione + en. elettrica	250
<b>totale</b>	<b>4.850</b>
Costi tot. con ampliamento in progetto (1.500 m <sup>3</sup> )	8.200





Risparmio annuo sui costi di gestione	22.000 €
con ampliamento	38.800 €
Tempo di ritorno	5 anni
con ampliamento	3 anni
VAN 20° anno	205.800 €
con ampliamento	425.800 €



RIDUZIONE EMISSIONE DI POLVERI (con ampliamento)		
	Kg/MWh	Kg polveri annue
Cielo aperto	0,42	147 -
Cippato di vite	0,02	7 =
		140

RIDUZIONE EMISSIONE DI CO <sub>2</sub> (con ampliamento)			
	CER	Kg CO <sub>2</sub> /MWh	t CO <sub>2</sub> annue
GPL	15,03%	272,51	104 -
Cippato di vite	7,8%	21,13	7 =
			97

## AZIENDA AGRICOLA RUSALEN FRANCO

L'azienda agricola Rusalen gestisce una superficie di circa 9 ha a vigneto e dal 2010 conduce una filiera aziendale per la valorizzazione energetica delle potature del vigneto. I tralci di vite vengono raccolti per mezzo di un'imbaltatrice e, successivamente a una prima stagionatura, vengono cippati e conferiti al silo dell'impianto.

L'azienda ha installato un impianto termico centralizzato alimentato a cippato di vite, dotato di una minirete che distribuisce calore agli uffici della cantina di nuova realizzazione, oltre che alle due abitazioni dei proprietari (300 m<sup>2</sup> complessivi), precedentemente riscaldate con due caldaie a gasolio (30+30 kW) e con due stufe a legna.

La caldaia ha una potenza di 60 kW ed è dotata di un estrattore a balestra obliquo. Per la realizzazione della centrale – ancora soggetta a piccoli interventi di ultimazione – è stato possibile accedere alla detrazione fiscale del 55% sull'investimento totale.



DATI AZIENDALI		
Superficie vitata	ha	9
Cippato ottenibile annualmente	t	20
Costi produzione cippato	€/t	80



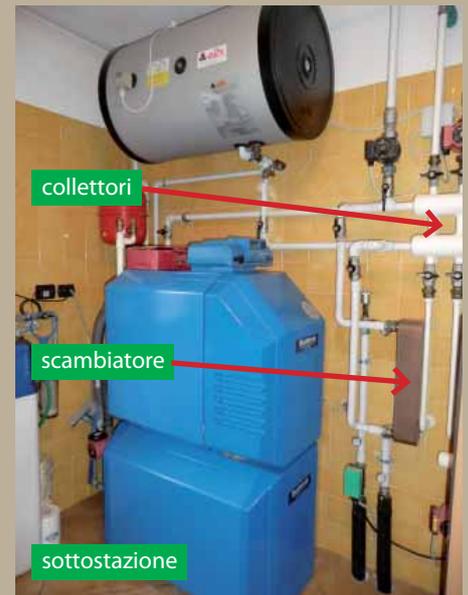
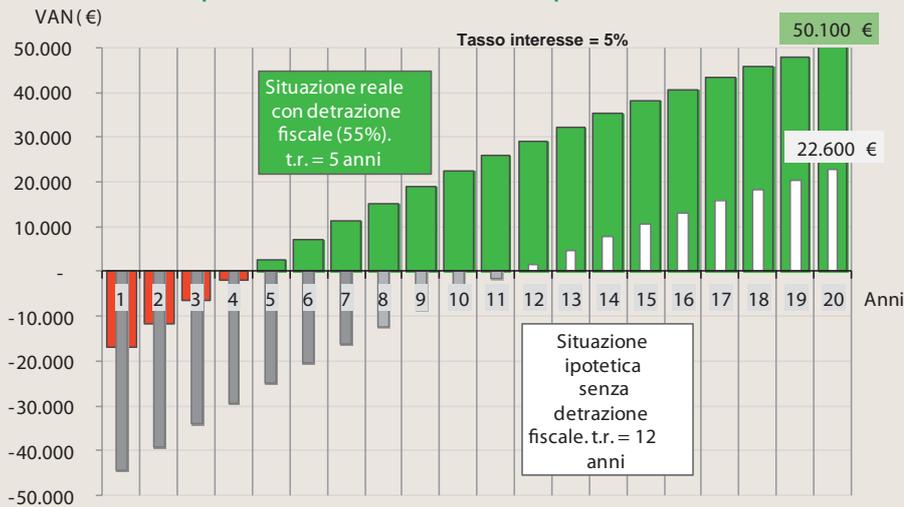
DATI IMPIANTO	
Alimentazione	Cippato di vite
Potenza caldaia	60 kWt
Energia prodotta	78 MWh/anno
Accumulo (puffer)	3.000 l (50 l/kW) - autonomia 5 h
Silo cippato	25 m <sup>3</sup> (m 4x4x1,5)
Rete teleriscaldamento	100 ml (auto-realizzata)

COSTI ANTE	€/anno
Gasolio: (1.000 l/anno) x (1,1 €/l)	1.100
Legna da ardere: (30 t) x (200 €/t)	6.000
Riscaldamento nuovi uffici (10kWt)	300
<b>totale</b>	<b>7.400</b>

COSTI POST	
investimento	€
Caldaia (60 kW) + puffer	35.000
Silo (25 m <sup>3</sup> )	5.000
Rete (100 m x 100 €/ml)	10.000
Detrazione fiscale	55%
<b>totale investimento</b>	<b>22.500</b>

costi di gestione	
	€/anno
Cippato di vite (20 t/a)	1.600
Manutenzione + en. elettrica	250
<b>totale</b>	<b>1.850</b>

## Tempo di ritorno dell'investimento per diversi scenari



Risparmio annuo sui costi di gestione		5.500 €
Tempo di ritorno	con detrazione	5 anni
	senza detrazione	12 anni
VAN 20° anno	con detrazione	50.100 €
	senza detrazione	22.600 €

RIDUZIONE EMISSIONE DI POLVERI		
	Kg/MWh	Kg polveri annue
Cielo aperto	0,42	33 +
Legna da ardere	0,07	4,5 -
Cippato di vite	0,02	1,5 =
		36

RIDUZIONE EMISSIONE DI CO <sub>2</sub>			
	CER	Kg CO <sub>2</sub> /MWh	t CO <sub>2</sub> annue
GPL	17,3%	315,82	3,6 +
Legna da ardere	3,7%	9,76	0,9 -
Cippato di vite	7,8%	21,13	1,3 =
			3,2



## CONSORZIO PRODUTTORI BIOMASSE

Via Strada Battaglia n° 71/C int. 4  
35020 Albignasego (PD)  
Tel. 049 8223511  
Fax 049 8223520  
Presidente: Simone Menesello

Il Consorzio Produttori Biomasse è una società consortile con attività esterna che progetta, realizza e gestisce la filiera legno – energia. Nasce nell'ottobre 2003, per organizzare in forma operativa l'offerta di biomasse agroforestali per uso energetico, tramite le imprese agricole. Il Consorzio è operativo nei seguenti ambiti di attività e servizi: organizza, produce, trasforma e commercializza biocombustibili provenienti da filiere agricole dedicate e non; effettua attività di rimboscimento; svolge attività forestale; propone la fornitura diretta di energia, tramite E.S.Co (Energy Service Company), grazie a moderni impianti termici e/o cogeneranti alimentati a biomasse, il tutto al servizio di edifici pubblici e privati; coordina attività di gestione del territorio avvalendosi di imprese agricole, con le quali, secondo il Decreto Legislativo n° 228 del 18 Maggio 2001 art 15, le pubbliche amministrazioni possono stipulare convenzioni con gli imprenditori agricoli, valorizzando nel contempo le biomasse ottenute da manutenzioni ordinarie e straordinarie.

Da Dicembre 2011, a seguito della selezione intercosa dalla Provincia di Padova tramite bando pubblico, è gestore dell'impianto termico a legno cippato di proprietà della stessa Provincia, funzionale al riscaldamento del polo scolastico "San benedetto da Norcia" di Padova.



ASSOCIAZIONE ITALIANA  
ENERGIE AGROFORESTALI

Pubblicazione realizzata con la collaborazione di  
**AIEL – Associazione Italiana Energie Agroforestali**  
Agripolis – Viale dell'Università 14 – 35020 Legnaro / PD  
Tel. 049 8830722 fax 049 8830.718  
segreteria.aiel@cia.it - www.aiel.cia.it

*Si ringrazia il Consorzio Produttori Biomasse di Padova, che ha collaborato nella realizzazione dei cantieri.*