



**Servizio Ambiente e Territorio della Comunità Montana Mugello**

## **OPPORTUNITA' DI SVILUPPO DELLA FILIERA BOSCO-LEGNO-ENERGIA NEL TERRITORIO DEL MUGELLO**

*UN CONTRIBUTO D'ANALISI NELL'AMBITO DELLA AGENDA 21 LOCALE MUSA Bi*

Con il co-finanziamento Regione Toscana, AgriAmbiente Mugello Scarl



Novembre 2006

---

**ecosoluzioni**

**Autori: Daniele Guidi & Daniele Cesano**

**Responsabile Agenda 21: Vincenzo Massaro**





**OPPORTUNITA' DI SVILUPPO DELLA FILIERA  
BOSCO-LEGNO-ENERGIA NEL TERRITORIO DEL MUGELLO**

*UN CONTRIBUTO D'ANALISI NELL'AMBITO DELLA AGENDA 21 LOCALE MUSA Bi*

Con il co-finanziamento Regione Toscana, AgriAmbiente Mugello Scarl

**Novembre 2006**

**Autori:**

**Daniele Guidi, Ecosoluzioni**

**Daniele Cesano, Ecosoluzioni**

## Contenuti

1. Parte 1: INDAGINE CONOSCITIVA E INQUADRAMENTO MACROECONOMICO DELLA FILIERA .....	5
1.1 Premessa e sommario.....	5
1.1.1 Caratteristiche energetiche delle biomasse legnose .....	7
1.2 La risorsa di biomassa nel territorio del Mugello .....	8
1.3 Indagine sulle tipologie di utenze vocate all'uso della filiera legno-energia.....	15
Agriturismi e hotel .....	18
1.4 Il mercato del cippato e delle applicazioni per il servizio calore.....	21
1.4.1 Il mercato attuale dei combustibili legnosi .....	21
1.4.2 Le opportunità dei combustibili legnosi moderni: il pellet e il cippato .....	24
1.4.3 Il cippato .....	26
1.4.4 I costi dei combustibili legnosi .....	29
1.4.5 Inquadramento normativo e sistema degli incentivi attivabili per l'energia da biomassa legnosa .....	34
1.4.6 Rassegna delle opportunità e delle barriere allo sviluppo per la filiera bosco-legno-energia .....	35
Parte 2: OPPORTUNITA' DI SVILUPPO PER TIPOLOGIE DI FILIERA BOSCO-LEGNO-ENERGIA .....	39
2.1. Introduzione: lo sviluppo del settore nella logica della concertazione di filiera .....	39
2.2. Il modello di impresa per la produzione e vendita a terzi del combustibile .....	42
2.3. Il modello di impresa per autoproduzione e consumo di calore .....	45
2.4. Il modello di impresa integrata per la vendita del servizio calore (Biomassa ESCo).....	48
2.5 Considerazioni conclusive .....	56

## **Tabelle**

Tabella 1. Valori di PCI per specie di alberi differenti a scopo energetico. ....	7
Tabella 2. Superficie forestale della Provincia di Firenze. Dati IFT (1996).....	8
Tabella 3. Composizione percentuale dei boschi del Mugello. ....	9
Tabella 4. Lista delle specie principali di alberi presenti nel territorio del Mugello e indicazioni di densità (m <sup>3</sup> /ha) dell'IFT (1996) per il calcolo dei volumi di legname potenzialmente utilizzabili...	10
Tabella 5. Assunzioni per le stime dei volumi e potenziali energetici della biomassa forestale del Mugello.....	11
Tabella 6. Stime dei volumi totali di legna (m <sup>3</sup> ) nei tre scenari di disponibilità .....	11
Tabella 7. Potenziale energetico annuale dei boschi del Mugello.....	12
Tabella 8. Stima indicativa del numero di caldaie servibili utilizzando biomassa del Mugello secondo i tre scenari di riferimento.....	12
Tabella 9. Quantità di legname commerciale in tonnellate venduta sulla base dei piani di taglio sul patrimonio boschivo demaniale del Mugello.....	13
Tabella 10. Fattori identificativi delle condizioni per una valorizzazione energetica della biomassa forestale.....	15
Tabella 11. Tassonomia delle utenze vocate identificate in Mugello.....	16
Tabella 12. Stima della domanda potenziale di legno-energia da alcune utenze vocate .....	18
Tabella 13. Consumi attuali e risparmi medi in percentuale ottenibili annualmente con l'impiego di una caldaia a cippato per edifici pubblici nel Mugello. ....	20
Tabella 14. Consumi attuali e risparmi medi in percentuale ottenibili annualmente con l'impiego di una caldaia a cippato per agriturismi e hotel nel Mugello. ....	20
Tabella 15. Utilizzazioni legnose forestali per regione, Anno 2003 (mc). ....	22
Tabella 16. Relazione tra costo e contenuto energetico per alcune delle specie elencate in Tabella 4. ....	24
Tabella 17. Vantaggi e svantaggi comparati del cippato e del pellet.....	28
Tabella 18. Poteri calorifici e costi comparati di combustibili fossili e combustibili da biomasse ...	29
Tabella 19. Rassegna di costi e prezzi relativi al cippato ed al servizio calore con cippato.....	31
Tabella 20. I benefici potenziali derivanti dallo sviluppo della filiera legno-energia .....	36
Tabella 21. Barriere allo sviluppo di energia dalla biomassa .....	36
Tabella 22. Tavola riassuntiva SWOT sulle potenzialità delle filiere bosco-legno-energia per l'uso del cippato in impianti di riscaldamento a biomassa .....	39
Tabella 23. I principali dati sull'operatività della centrale. ....	53

## Figure

Figura 1. Indice di redditività del pellet in base al prezzo di vendita per pellet derivato da segatura (A) e da materiale di esbosco (B). Fonte: PROBIO, 2004a.....	26
Figura 2. Impatti della filiera sulla sostenibilità locale.....	41
Figura 3. Lo schema di filiera di autoproduzione e consumo.....	45
Figura 4. Lo schema di filiera integrata per il servizio calore (Biomassa ESCO).....	49
Figura 5. Lo schema del partenariato per la centrale di Ormea.....	53

## Grafico

Grafico 1. Ettari di foreste nel Mugello divisi in cedui e fustaie. (Fonte: elaborazione Ecosoluzioni su dati IFT, 1996).....	9
Grafico 2. Consumi di carburante attuale, costi attuali e risparmio medio utilizzando caldaie a biomassa per alcuni dei principali edifici pubblici nel Mugello.....	19
Grafico 3. Costi attuali e risparmio medio utilizzando caldaie a biomassa per alcuni agriturismi e hotel nel Mugello. ....	19
Grafico 4. La dinamica negli usi del legname in Italia.....	21
Grafico 5. Prelievi dalle foreste italiane per scopi energetici (metri cubi x 1000). ....	22
Grafico 6. Contributo energetico di energia sostituita e fornita dal legno in equivalente fossile sostituito, anni 2000-2004 (ktep). ....	23
Grafico 7. Produzione energia elettrica dal legno, anni 2000-2004 (GWh). ....	23
Grafico 8. Consumi di combustibili legnosi nel 2001. La legna da ardere rimane al primo posto come consumo. (Francescano e Antonini, 2004).....	27
Grafico 9. Costi comparati tra diverse fonti energetiche ad uso termico (Euro/kWh). ....	30
Grafico 10. Dinamica del flusso di cassa attualizzato e tempo di ritorno dell'investimento.....	51
Grafico 11. Dinamica del valore attuale netto e tempo di ritorno dell'investimento.....	51

# 1. Parte 1: INDAGINE CONOSCITIVA E INQUADRAMENTO MACROECONOMICO DELLA FILIERA

## 1.1 Premessa e sommario

Il percorso di Agenda 21 Locale, avviato nel maggio 2003 con il progetto MU.S.A. - Mugello per la Sostenibilità Ambientale - a seguito della costruzione di una prima bozza di Piano d'Azione ambientale ha maturato un livello di progettualità che ha portato la Comunità Montana ad investire in una fase di consolidamento. E' stato così avviato il progetto MU.S.A. Bi - con il co-finanziamento della Regione Toscana - allo scopo di strutturare azioni specifiche e studi di prefattibilità in alcuni ambiti identificati come prioritari nel Piano di Azione Ambientale, tra cui l'ambito dello sviluppo delle energie rinnovabili.

L'approccio allo sviluppo delle fonti rinnovabili ha in passato riguardato prevalentemente gli aspetti o di potenzialità generale o di sviluppo delle tecnologie. Per passare però da esempi isolati ad una generalizzazione di interventi tali da produrre effetti marcati e ben visibili anche su scala regionale, occorre far sviluppare le imprese interessate al settore, separando la ricerca sulle potenzialità dallo studio dei problemi di crescita e di espansione degli operatori di mercato per le fonti e tecnologie più mature. Indubbiamente l'uso energetico delle biomasse costituisce una delle fonti rinnovabili più mature e con maggiore potenziale di espansione. Infatti, già oggi, operano numerosi grandi impianti e milioni di applicazioni residenziali. Il mercato compie i primi passi per una razionalizzazione della filiera bosco-legno-energia, il passo successivo sarà quello di legare la valorizzazione del combustibile "legno" ad una gestione sostenibile delle nostre aree montane e collinari, cioè delle nostre foreste, e l'identificazione di tutte le opportunità di recupero nel settore agricolo e in quello manifatturiero. Infatti occorre passare da una miriade di attività legate alla disponibilità locale di materiali di scarto ad un sistema di imprese che siano radicate nel territorio, e capaci di adottare e sviluppare innovazione tecnologica, di rifornire i mercati e le utenze in modo garantito, e di utilizzare in modo trasparente gli eventuali strumenti di incentivo pubblico.

Questo studio di opportunità analizza le condizioni di convenienza all'utilizzo di biomasse di origine forestale per fini energetici (prevalentemente per servizi energetici termici) nel territorio del Mugello. Come descritto, tale convenienza, oltre ad essere evidentemente connessa ai costi di produzione della materia prima, dipende da almeno altri quattro fattori tecnici e strategici:

- La gestione razionale dei cantieri di taglio ed esbosco, dell'attività di trasformazione (i.e. cippatura) e della connessa attività logistica, ovvero i costi di trasporto e stoccaggio, che possono fortemente incidere sui costi del materiale alla bocca dell'impianto energetico;
- I sistemi di produzione di energia, ovvero il tipo e le dimensioni degli impianti, le modalità di alimentazione degli stessi, l'assortimentazione del materiale e il rendimento energetico;
- La dinamica dei costi di produzione di energia da altri combustibili convenzionali;
- La capacità degli Enti Locali di operare scelte a sostegno dello sviluppo della filiera bosco-legno-energia che, nel concreto, dimostrino la volontà di contabilizzare e "pagare" per i benefici macro-economici locali e per i servizi ambientali derivanti dalla gestione sostenibile della risorsa forestale.

Questi fattori di convenienza, come descritto nella prima parte dello studio, assieme a considerazioni di natura imprenditoriale sui fattori organizzativi e gestionali afferenti alla sfera della produzione locale e della commercializzazione, influenzano l'analisi delle condizioni tecnico-economiche per l'attivazione di alcune tipologie di filiere, su cui si concentra la seconda parte dello studio, ed in cui si delineano i caratteri essenziali di tre modelli di filiera bosco-legno-energia:

1. La filiera della produzione e commercializzazione del biocombustibile;
2. La filiera dell'autoproduzione e consumo del biocombustibile;
3. La filiera "integrata" che coinvolge diversi operatori per l'offerta del servizio calore.

Oltre a riportare gli schemi organizzativi delle suddette tre tipologie di impresa agri-energetica, la seconda parte di questo studio si sofferma su alcuni esempi virtuosi di avviamento e gestione della filiera bosco-legno-energia, soffermandosi anche su alcuni semplici elementi di analisi finanziaria, per cogliere in prima approssimazione la potenziale redditività di questo tipo di imprese e di mercato. Esula da questo breve studio e da queste semplici considerazioni di mercato – limitate all'ottica dell'imprenditore privato – una analisi economica più ampia (nell'ottica del decisore pubblico) che necessariamente indirizzerebbe ad internalizzare nel giudizio sull'opportunità di "investimento" nella filiera bosco-legno-energia parametri positivi e generalmente non monetizzati sul mercato, come ad esempio il valore della creazione di opportunità di occupazione locale o come il valore del contributo alla erogazione di servizi ambientali che derivano da una razionalizzazione e da un potenziamento della filiera.



### 1.1.1 Caratteristiche energetiche delle biomasse legnose

Per comprendere le opportunità di sviluppo degli usi energetici della biomassa forestale è importante partire da una premessa tecnica sulle caratteristiche energetiche delle biomasse legnose. Va infatti tenuto conto del fatto che i boschi possono produrre un'ampia gamma di materia prima, con diverse caratteristiche qualitative. Ai fini di una razionale gestione di questa biomassa nel contesto di mercati energetici c'è dunque bisogno di identificarne le caratteristiche energetiche e qualificare il "prodotto" in termini di potenziale servizio energetico reso. Un indicatore efficace del valore del legno per uso combustibile è rappresentato dal potere calorifico (PCI), che definisce la quantità di calore prodotta dalla combustione completa di una unità di peso di un materiale energetico. Il potere calorifico dipende molto dalle caratteristiche fisiche e dalla composizione chimica del materiale. A parità di peso, ad esempio, il legno delle conifere ha un potere calorifico maggiore delle latifoglie, a causa della presenza di resine a più elevata quantità di lignina. I valori massimi in letteratura sono tra i **18.1-19 MJ/kg** (5-5.2 kWh/kg; 4323-4538 kcal/kg) per le conifere e **17.6-18.5 MJ/Kg** (4.8-5.1 kWh/kg; 4200-4419 kcal/kg) per le latifoglie. Il potere calorifico dipende fondamentalmente da due fattori:

- Il *tipo di legno* impiegato per la produzione energetica;
- Il contenuto di *umidità* (relativa alla materia prima tal quale).

I valori presenti nella Tabella 1 sono una raccolta di valori di PCI presenti in letteratura per tipi differenti di latifoglie e conifere a livelli differenti di umidità.

**Tabella 1. Valori di PCI per specie di alberi differenti a scopo energetico.**

Specie	Umidità'	PCI (Mj/kg)	PCI (kWh/kg)	PCI (kcal/kg)	Massa volumetrica solido (Kg/m3)	Massa volumetrica cippato (kg/m3)
faggio	30%	12.7	3.5	3033	920	287
pioppo	30%	10.1	2.8	2408	500	-
faggio	50%	10.7	3.0	2556	1100	402
pioppo	50%	6.8	1.9	1634	850	-
abete	30%	13.4	3.7	3201	540	192
pino	30%	12.2	3.4	2923	650	223
larice	30%	11.5	3.2	2752	750	244
abete	50%	11.3	3.1	2699	1150	269
pino	50%	-	-	-	1100	313
larice	50%	-	-	-	1000	342

Fonti: Hellrigl, 2001; Regione Piemonte, 2004; ITABIA.

## 1.2 La risorsa di biomassa nel territorio del Mugello

Il territorio dei nove comuni della Comunità Montana, come già evidenziato nella Relazione sullo Stato dell'Ambiente prodotta in seno all'Agenda 21 MUSA, pone il Mugello in una posizione di primo piano rispetto al patrimonio boschivo, potendo contare su una superficie boscata che copre il 65 % del territorio<sup>1</sup> (rispetto al 51% per la Provincia di Firenze e al 47 % per la Regione Toscana). Questa naturale vocazione del territorio come bacino potenziale d'offerta di biomassa legnosa, si deve confrontare con diversi fattori che incidono sulla reale opportunità di utilizzo economicamente efficiente della biomassa forestale ad uso energetico. L'appetibilità dei boschi per produrre biomassa energetica dipende infatti da svariati fattori limitanti, tra cui l'accessibilità ovvero la presenza di una infrastruttura viaria, le acclività del territorio boscato e le tipologie di legname presenti. D'altra parte, va considerato che le politiche di gestione sostenibile del patrimonio forestale nei comuni di montagna hanno ricadute importanti sull'economia territoriale e benefici sociali ed ambientali non internalizzati (o non facilmente contabilizzabili) nel semplice calcolo micro-economico della redditività della filiera agri-energetica forestale. Queste considerazioni di tipo macro-economico e di valorizzazione ambientale, dunque, dovranno affiancare gli scenari di redditività a livello di impresa, per impostare una corretta politica locale che porti eventualmente a misure di supporto e di incentivazione dei nuovi mercati della filiera legno-energia.

La dotazione forestale in Provincia di Firenze è descritta in Tabella 2 sulla base dei dati dell'Inventario Forestale Toscano (IFT, 1996): circa il 75 % della superficie forestale è ad uso produttivo, ovvero non soggetta a conservazione e protezione, ed è costituita da boschi produttivi (119328 ha) ed alcune aree oggetto di riforestazione, per un totale di circa 131.344 ettari, con la prevalenza di specie quali roverella, cerro, carpino nero, e castagno. La quota di boschi cedui produttivi al 1996 era di 88912 ettari, mentre la quota di fustaie si attestava a 30416 ettari.

Nel contesto della Provincia di Firenze e del Mugello, sono i boschi cedui produttivi che offrono maggiori potenzialità di valorizzazione a fini energetici, in quanto costituiti da piante che non hanno usi competitivi importanti, spesso sono stati oggetto di abbandono, e l'uso competitivo principale per i moderni combustibili legnosi (cippato e pellet) è semmai costituito dalla produzione di legna da ardere in ciocchi.

**Tabella 2. Superficie forestale della Provincia di Firenze. Dati IFT (1996)**

Superficie forestale ad uso produttivo – Provincia (dato 1996)	
Superficie forestale ad uso produttivo	137.520 ha
	Di cui bosco: 119.328 ha
Sup. forestale produttiva - Boschi Cedui	88.912 Ha
Sup. Forestale produttiva – Boschi Fustaie	30.416 ha

A partire dalla base dati della Provincia di Firenze (IFT, 1996), è possibile effettuare una stima e disaggregare i valori della dotazione forestale per i nove comuni del Mugello. Si giunge così a rappresentare il totale della risorsa forestale teoricamente disponibile sul territorio Mugellano. La

---

<sup>1</sup> Questo elevato indice di boscosità relativo all'area del Mugello è superiore all'indice medio dei 101 comuni Toscani a più elevata superficie boscata, che si attesta sul 63,7 %.

Tabella 3, descrive la ripartizione a livello comunale di un totale di 7261 ettari di boschi a conifere e della prevalente quota di boschi a latifoglie (69946 ha).

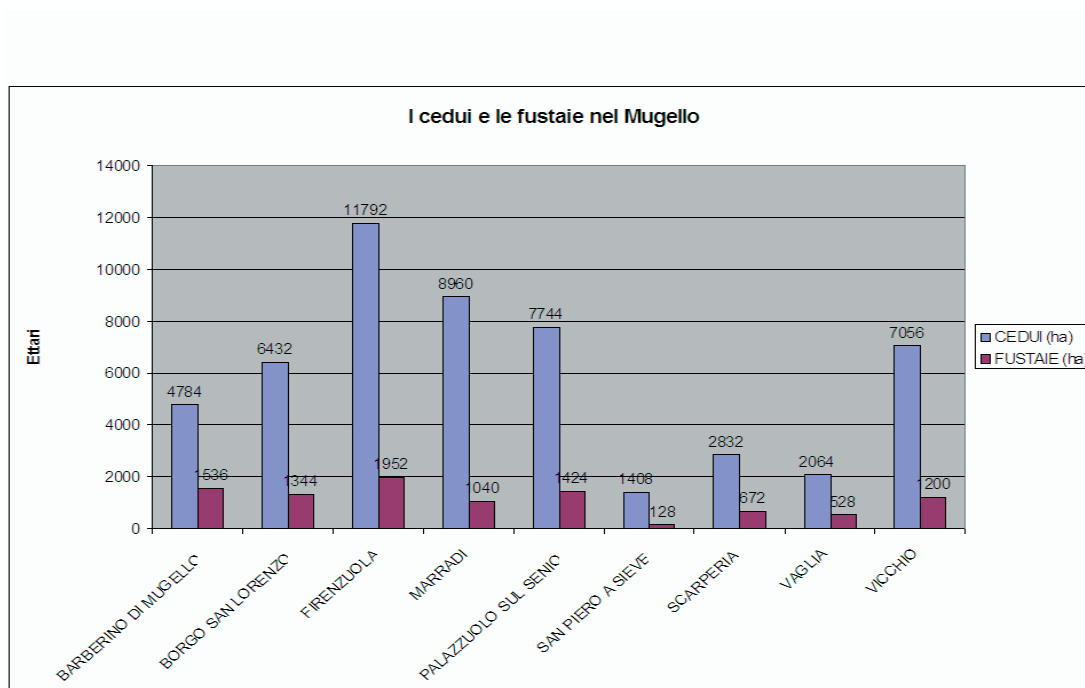
**Tabella 3. Composizione percentuale dei boschi del Mugello.**

	CONIFERE (%)	LATIFOGLIE (%)
<b>BARBERINO DI MUGELLO</b>	15%	85%
<b>BORGO SAN LORENZO</b>	13%	87%
<b>FIRENZUOLA</b>	9%	91%
<b>MARRADI</b>	7%	93%
<b>PALAZZUOLO SUL SENIO</b>	4%	96%
<b>SAN PIERO A SIEVE</b>	100%	0%
<b>SCARPERIA</b>	13%	87%
<b>VAGLIA</b>	8%	92%
<b>VICCHIO</b>	3%	97%
<b>TOTALE MUGELLO</b>	<b>9%</b>	<b>91%</b>

Fonte: Elaborazioni Ecosoluzioni su dati IFT 1996.

Come riportato nel Grafico 1 i boschi dei comuni del Mugello sono comunque prevalentemente boschi cedui, con circa 53072 ettari, mentre 9824 ettari sono costituiti da fustaie. I territori con le più ampie dotazioni di risorsa forestale sono nei comuni di Firenzuola, Marradi, e Palazzuolo.

**Grafico 1. Ettari di foreste nel Mugello divisi in cedui e fustaie. (Fonte: elaborazione Ecosoluzioni su dati IFT, 1996)**



Ma sia per assicurare un uso sostenibile della risorsa, sia per tener conto degli ovvi limiti tecnico-economici per una efficiente valorizzazione di mercato della risorsa, è opportuna l'introduzione di ipotesi e parametri tecnici di stima che permettano di ricostruire scenari di effettiva disponibilità di biomassa per uso energetico.

A partire dalla base dati IFT 1996, che fornisce una campionatura della tipologia di biomassa forestale prevalente al livello disaggregato comunale<sup>2</sup>, si è quindi proceduto ad una stima di massima della massa volumetrica e dell'associato potere calorifico per le grandi categorie di boschi cedui del Mugello (prevalentemente latifoglie e in percentuale molto minore conifere). I campioni sono stati riclassificati e sono stati assegnati dei valori specifici di volumetria (m<sup>3</sup>/ettaro) a seconda della specie prevalente sul territorio sulla base di parametri tecnici riportati dall'IFT (1996) come descritti nella Tabella 4 seguente.

**Tabella 4. Lista delle specie principali di alberi presenti nel territorio del Mugello e indicazioni di densità (m<sup>3</sup>/ha) dell'IFT (1996) per il calcolo dei volumi di legname potenzialmente utilizzabili.**

Specie		Volume (m <sup>3</sup> /ha)	Specie		Volume (m <sup>3</sup> /ha)
<b>castagno</b>	cedui	197.8	<b>Leccio</b>	cedui	136.1
	fustaie	244.5		fustaie	204.2
<b>Faggio</b>	cedui	255.3	<b>Robinia</b>	cedui	101.6
	fustaie	276.1		fustaie	282.1
<b>carpino nero</b>	cedui	125.7	<b>abete bianco</b>	fustaie	429.9
	fustaie	128.8	<b>pini medit</b>	fustaie	252.4
<b>roverella</b>	cedui	91.4	<b>pino nero</b>	fustaie	277.4
	fustaie	157.3	<b>Cipressi</b>	fustaie	135.5
<b>Cerro</b>	cedui	109.1	<b>altre specie</b>	cedui	137.9
	fustaie	172.9		fustaie	197.9

Fonte: IFT (1996)

Una volta elaborati e riclassificati i dati campionari, sono stati elaborati tre scenari di disponibilità della risorsa con volumetrie (m<sup>3</sup>) minime e massime, e stime di potenziali energetici (MWh) della biomassa forestale seguendo le assunzioni indicate in Tabella 5.

<sup>2</sup> Sono stati utilizzati dati in formato spreadsheet Excel che descrivono il territorio forestale in celle di 16 ettari di superficie. Le principali variabili disponibili per introdurre ipotesi restrittive nella stima sono state: a) le percentuali di copertura forestale del territorio campionato, che offrono tre classi di copertura e permettono l'identificazione delle specie prevalenti ed il relativo valore di densità di biomassa per ettaro; e b) la pendenza media del territorio boscato che, in assenza di ulteriori disponibilità informative, è stata assunta come variabile proxy del grado di accessibilità. Le celle codificano anche la tipologia forestale, e la predominanza in tale tipologia come cedui o fustaie.

**Tabella 5. Assunzioni per le stime dei volumi e potenziali energetici della biomassa forestale del Mugello.**

Parametri ed assunzioni utilizzati per la stima	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
<b>Tipologia boschiva</b>	Solo cedui	Solo cedui	Solo cedui
<b>Densita' (% di copertura boschiva per ettaro)</b>	Qualsiasi densita'	Solo boschi con >40% di copertura boschiva	Solo boschi con >70% di copertura boschiva
<b>Accessibilita' totale (% boschi cedui)</b>	Solo 20% dei boschi sono direttamente accessibili	Solo 20% dei boschi sono direttamente accessibili	Solo 10% dei boschi sono direttamente accessibili
<b>Pendenza</b>	Boschi utilizzabili con un massimo del 20% di pendenza	Boschi utilizzabili con un massimo del 20% di pendenza	Boschi utilizzabili con un massimo del 20% di pendenza
<b>Contenuto idrico del legno (w%)</b>	30%	30%	30%
<b>Densita' media di legna dei boschi cedui (kg/m<sup>3</sup>)</b>	733	733	733
<b>PCI medio (kWh/kg)</b>	3.5 (pari a 3000 kcal/kg)	3.5 (pari a 3000 kcal/kg)	3.5 (pari a 3000 kcal/kg)
<b>Tasso accrescimento medio boschi cedui 1996-2006<sup>3</sup></b>	1.5%	1.5%	1.5%
<b>Ciclo di taglio medio</b>	15 anni	20 anni	25 anni

A partire dalle ipotesi e dai parametri di stima della Tabella 5, è possibile procedere ad un primo dimensionamento del patrimonio boschivo valorizzabile per usi energetici e dunque giungere ad una stima di massima del potenziale di biomassa forestale disponibile in termini tecnico-economici nel Mugello. La tabella seguente (Tabella 6) indica i risultati di stima di volume di legna totale disponibile e valorizzabile a fini energetici secondo i tre scenari proposti.

**Tabella 6. Stime dei volumi totali di legna (m<sup>3</sup>) nei tre scenari di disponibilità**

	VOLUMI TOTALI (m3)		
	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
<b>BARBERINO DI MUGELLO</b>	433,584	242,689	50,498
<b>BORGO SAN LORENZO</b>	405,183	189,673	36,099
<b>FIRENZUOLA</b>	854,591	302,293	63,128
<b>MARRADI</b>	311,868	138,765	27,480
<b>PALAZZUOLO SUL SENIO</b>	302,831	144,796	30,703

<sup>3</sup> Apparentemente il tasso di accrescimento dei boschi del Mugello era stimato pari al 3-4% (Fonte: Franceschi, 2005) durante la metà degli anni 80. Si è assunto che questa percentuale sia diminuita nel corso degli anni ed il tasso si sia stabilizzato su un incremento medio dell'1.5% all'anno.

<b>SAN PIERO A SIEVE</b>	146,315	85,736	16,034
<b>SCARPERIA</b>	224,558	106,431	24,010
<b>VAGLIA</b>	210,776	125,624	25,846
<b>VICCHIO</b>	436,062	166,441	28,675
<b>TOTALE MUGELLO</b>	<b>3,325,768</b>	<b>1,502,449</b>	<b>302,472</b>

Fonte: elaborazioni Ecosoluzioni su dati IFT (1996).

A partire da questo risultato e se si considera che i potenziali energetici annui sono spalmati su un periodo di ciclo di taglio dei boschi cedui che varia tra i 15 e i 25 anni, la Tabella 7 descrive le stime di potenziale energetico (MWh/anno) ottenibili ogni anno per ciascun comune.

**Tabella 7. Potenziale energetico annuale dei boschi del Mugello.**

	<b>Potenziale Energetico Annuale (MWh/anno)</b>		
	<b>Scenario 1</b>	<b>Scenario 2</b>	<b>Scenario 3</b>
<b>BARBERINO DI MUGELLO</b>	74,157	31,131	5,182
<b>BORGO SAN LORENZO</b>	69,300	24,330	3,704
<b>FIRENZUOLA</b>	146,164	38,777	6,478
<b>MARRADI</b>	53,340	17,800	2,820
<b>PALAZZUOLO SUL SENIO</b>	51,794	18,574	3,151
<b>SAN PIERO A SIEVE</b>	25,025	10,998	1,645
<b>SCARPERIA</b>	38,407	13,652	2,464
<b>VAGLIA</b>	36,050	16,114	2,652
<b>VICCHIO</b>	74,581	21,350	2,943
<b>TOTALE MUGELLO</b>	<b>568,817</b>	<b>192,727</b>	<b>31,040</b>

Fonte: elaborazioni Ecosoluzioni su dati IFT (1996).

Per comprendere meglio il dimensionamento del “mercato” attivabile sulla base della disponibilità di biomassa forestale locale, si può tradurre il potenziale energetico (espresso in MWh annui) in numero di impianti termici che tale dotazione di biomassa locale potrebbe alimentare in modo continuativo. Considerando che un impianto di riscaldamento in ambito montano viene tenuto in funzione per circa 7 mesi all’anno e per periodi di circa 15 ore al giorno, si possono costruire scenari di domanda di biomassa per caldaie con potenza installata variabile, in modo da dedurre il numero di caldaie che possono essere potenzialmente installate e servite nei comuni del Mugello con cippato da biomassa locale (Tabella 8).

**Tabella 8. Stima indicativa del numero di caldaie servibili utilizzando biomassa del Mugello secondo i tre scenari di riferimento.**

Potenza caldaia (KW)	20 KW	250 KW	500 KW
Producibilita' media annua di calore (MWh)	58.8	735	1470
Numero di caldaie supportate dalle foreste del Mugello secondo lo scenario 1	9674	3278	528
Numero di caldaie supportate dalle foreste del Mugello secondo lo scenario 2	774	262	42
Numero di caldaie supportate dalle foreste del Mugello secondo lo scenario 3	387	131	21

Caldaie di 20 KW sono generalmente usate per riscaldare e fornire acqua calda a medie e grossi appartamenti, nell'ordine di 200-300 m<sup>2</sup>. Le caldaie di potenze superiori (250 KW e 500 KW) sono invece utilizzabili per riscaldamento e fornitura di acqua calda a villette multi-familiari, grossi edifici e piccole reti di teleriscaldamento.

Se la Tabella 7 presenta scenari di stima del potere calorico teoricamente "estraibile" attivando filiere legno-energia sul territorio del Mugello, la Tabella 9 presenta una fonte alternativa di dati che permette di caratterizzare la corrente produzione forestale pubblica. Si tratta del registro delle autorizzazioni al taglio dell'Ufficio Demanio della Comunità Montana, un base dati limitata al territorio forestale demaniale e che sicuramente sottostima anche l'effettiva potenzialità del territorio demaniale Mugellano, in quanto: 1) riguarda soltanto i tagli di manutenzione sui boschi del Demanio Statale, 2) il dato include soltanto i quintali di legname commerciale e non contabilizza rami e ramaglie; 3) i piani di taglio sul patrimonio forestale demaniale sono comunque fortemente condizionati dalla disponibilità di finanziamenti pubblici, in calo negli ultimi anni. D'altra parte è una fonte informativa interessante per una prima verifica dell'attuale livello di "consumo" della risorsa biomassa forestale nel demanio pubblico e quindi in zone di taglio tipicamente di limitata accessibilità. Questo dato non è confrontabile con le stime relative all'intero patrimonio forestale disponibile in Mugello, ma comunque suggerisce che l'offerta e la valorizzazione di biomassa forestale del territorio Mugellano rimanga oggi ancora fortemente inespresa.

**Tabella 9. Quantità di legname commerciale in tonnellate venduta sulla base dei piani di taglio sul patrimonio boschivo demaniale del Mugello**

ANNO	VENDITA BOSCO IN PIEDI			LEGNAME ALL'IMPOSTO	
	Ceduo (t)	Alto fusto		Conifere (t)	Latifoglie (t)
		Conifere (t)	Latifoglie (t)		
2004	17	135	650	1800	70
2005	10	0	1000	1500	50

Fonte: Ufficio Demanio della Comunità Montana del Mugello, 2006

Va infine accennato che, nel quadro della promozione di filiere agri-energetiche locali, è di cruciale importanza identificare, costruire e mantenere un mix di fonti di approvvigionamento, nell'ottica di

garantire una continuità nella disponibilità del combustibile. Se dunque, nel contesto Mugellano, è prioritario valorizzare la biomassa forestale, è comunque importante analizzare anche la disponibilità sul territorio di fonti secondarie di biomassa legnosa alternativa, in modo da verificare le opportunità di integrazione con altri bacini d'offerta, in una ottica di diversificazione delle fonti di approvvigionamento. Su questo punto non esistono fonti consolidate di dati a livello locale, ma è raccomandabile investigare da vicino le opportunità di raccolta ed utilizzo di biomassa dai seguenti comparti:

1. **Gli scarti dei cicli agricoli.** Potrebbero essere presenti concentrazioni di scarti agricoli senza utilizzo competitivo. I dati contenuti nel Piano Energetico della Regione Toscana indicano che i materiali di risulta da vigneti e da oliveti costituiscono assieme al recupero paglia le voci più importanti dell'offerta di biomassa regionale dopo i boschi cedui. In particolare, il territorio della Provincia di Firenze ha la più elevata concentrazione di potature di olivo (73.000 tonn. annue) e di potature di vite (47.000 tonn. annue).
2. **Biomassa da tagli lungo l'alveo dei fiumi.** Non vanno tralasciati i contributi ottenibili dai tagli di manutenzione lungo l'alveo dei fiumi. Recenti analisi condotte nell'ambito del progetto MUSA Bi su due cantieri dal CNR-Ivalsa confermano che questi interventi potrebbero fornire tra i 600 e 1000 ql/ha di biomassa (45 % di umidità) con un costo di produzione del cippato di circa € 58/Ton.
3. **Biomassa da tagli di abetine deperienti.** In molti siti anche nel Mugello le piantagioni di abetine sono state negli anni colpite da processi di deperimento radicale. In un'ottica di salvaguardia ambientale, è ormai consigliabile il taglio raso di queste superfici forestali per un re-impianto di latifoglie autoctone. Le analisi recentemente condotte dal CNR-Ivalsa su un campione di 18 parcelle (27 ettari) di abetine deperienti, suggeriscono che circa 1100 Ton di legname, ovvero il 50 % della biomassa estraibile, potrebbe essere offerta in forma di cippato ad una centrale locale al costo di € 40/Ton., un 25 % di biomassa (550 Ton) aggiuntiva ad un costo di € 45/Ton, ed un ulteriore 20 % di biomassa potrebbe essere offerta ad un costo di circa € 50/Ton.
4. **Recupero di legname invenduto.** Nell'ambito della gestione del demanio forestale, la Comunità Montana si trova ad avere una "dotazione" patrimoniale di legname tagliato (e secco) ma lasciato sul posto in quanto rimasto invenduto durante le apposite aste. Il valore commerciale di tale dotazione si riduce ulteriormente con il degradamento e quindi l'opzione della cippatura sembra la più appetibile. Il CNR-Ivalsa, che ha condotto nell'ambito del progetto Musa Bi misurazioni specifiche dei costi di esbosco e taglio, stima che tale materiale potrebbe fornire cippato ad una centrale locale ad un costo medio di circa € 21/Ton per materiale che ha potere calorifico limitato (attorno o inferiore alle 2500 kcal/kg).
5. **Gli scarti di lavorazione dell'industria del legno.** In un'ottica di mercato legno-energia, questa tipologia di scarti ottenibile a basso costo costituisce in realtà una fonte di forte concorrenza con la biomassa di origine forestale. Tuttavia, sarebbe opportuno verificare il potenziale contributo dell'industria locale di lavorazione del legno. Da una indagine sulle imprese del settore in Toscana, condotta nell'ambito del progetto europeo BioSouth (ETA, 2005), risulta che per una quota pari a circa il 29 % delle imprese intervistate gli scarti sono un costo, e quindi vengono smaltiti come rifiuto (pagando fino a € 14,5 a tonnellata), per il 10 % delle imprese intervistate gli scarti di lavorazione configurano un ricavo in quanto vendono a terzi la biomassa al prezzo di circa € 2,5/Tonn, e il rimanente 61 % delle imprese intervistate realizzano una valorizzazione energetica in sito per i consumi propri.



### 1.3 Indagine sulle tipologie di *utenze vocate* all'uso della filiera legno-energia

Lo sviluppo e la valorizzazione energetica della biomassa, per essere allo stesso tempo caratterizzata da sostenibilità ambientale e da competitività sul mercato ha bisogno di contare su di un bacino di domanda costituito in gran parte da utenze locali. Un piano di sviluppo e valorizzazione energetica della biomassa forestale non può quindi prescindere dall'identificazione e dal dimensionamento di questa domanda locale potenziale per la filiera del servizio energetico termico. Un primo passo verso questo obiettivo è costituito dalla definizione di una tassonomia che contenga le categorie di utenze vocate all'adozione di questa soluzione energetica e successivamente serva da base per condurre analisi tecniche più approfondite e studi di fattibilità. Nella Tabella 10 si è condotto uno sforzo per riassumere da una parte i principali fattori di tipo istituzionale, e di tipo ambientale che caratterizzano l'offerta potenziale di biomassa e quelli, di tipo tecnico e di mercato, che possono guidare il processo di identificazione dei bacini di utenze vocate, ovvero quelle che potrebbero formare il primo nucleo di domanda di biomassa locale.

**Tabella 10. Fattori identificativi delle condizioni per una valorizzazione energetica della biomassa forestale**

<b>Fattori istituzionali</b>	<b>Fattori ambientali</b>	<b>Fattori tecnici</b>	<b>Fattori di mercato</b>
Esiste una politica regionale/locale a sostegno della produzione di energia dal legno	Il territorio comunale ha una buona presenza di bosco ceduo da valorizzare a fini energetici.	Edifici con caldaie che operano da più di 15 anni	Utenze isolate in frazioni non metanizzate con riscaldamento a legna/gasolio
Agricoltori, aziende forestali, e aziende agrituristiche locali collaborano per attivare una filiera corta per servizio di fornitura calore a terzi	Una quota significativa della superficie a bosco produttivo è accessibile (pendenze, viabilità secondaria e piste forestali)	Edifici che devono essere ristrutturati a breve	Edifici pubblici con impianti a gasolio e ad elevata domanda calore (ad.es. piscine comunali, asili e scuole, ecc.)
Una o più realtà imprenditoriali locali capaci ed interessate a diversificare le proprie operazioni nel settore dell'agricoltura/biomassa	Una quota del bosco produttivo accessibile offre legno per cippatura	Edifici che devono essere costruiti nel prossimo futuro	Utenze/nuove lottizzazioni non ancora collegate alla rete del gas metano e non ancora dotate di impianti termici
Clima di collaborazione tra gli enti di gestione del demanio forestale e gli operatori che gestiscono i tagli, per realizzare azioni volte a promuovere la filiera legno-energia	Esiste buona disponibilità di risorse di biomasse agricole-forestali in un raggio di circa 20-25 km dalle "utenze vocate"	Edifici con un'alta e costante domanda di calore	Aree industriali ed artigianali che esprimono domanda di riscaldamento e/o di calore industriale
Esiste un programma di tagli di manutenzione dei boschi ed una continuità dei finanziamenti dedicati da parte della Regione		Edifici dai quali può essere fornito calore ad altre costruzioni vicine	I sistemi di riscaldamento elettrici non sono diffusi o comunemente utilizzati
		Edifici con spazio sufficiente per immagazzinare caldaia e combustibile	Non è presente in loco una offerta di biomassa legnosa da scarti industriali a basso costo

Sulla base dell'applicazione dei fattori identificativi della Tabella 10, integrata con interviste ad operatori locali e agli uffici tecnici urbanistici dei comuni interessati, si è giunti a definire un nucleo iniziale di "utenze vocate" – riportate in Tabella 11 – ovvero utenze che offrono un potenziale all'installazione di impianti termici e/o mini-reti di teleriscaldamento a biomassa sul territorio del Mugello, e che potrebbero costituire un volano locale di domanda a stimolo della filiera corta bosco-legno-energia. Se per alcune categorie di utenze vocate l'indagine non può andare oltre la semplice tassonomia, viceversa per altre è stato possibile realizzare un dimensionamento di massima di una o più utenze servibili, con stima dei consumi di biomassa e dei risparmi annuali ottenibili.

**Tabella 11. Tassonomia delle utenze vocate identificate in Mugello**

Utenze vocate	Localizzazione	Consumi (Lt. 2005)	Volumetrie (Mc)
<b>1. Edifici Pubblici esistenti (con impianti a gasolio)</b>			
Scuola materna capoluogo (1)	Barberino di Mugello	16100	2320
Scuola materna di Galliano(2)	Barberino di Mugello	4000	672
Scuola elementare Cavallina	Barberino di Mugello	7300	2040
Scuola elementare Galliano(2)	Barberino di Mugello	8400	4450
Scuola media capoluogo (1)	Barberino di Mugello	39100	14455
Palestra scuola media capol.	Barberino di Mugello	26400	8000
Teatro Comunale	Barberino di Mugello	12852	6905
Municipio	Palazzuolo sul Senio	10500	3132
Impianti sportivi	Palazzuolo sul Senio	3000	362
Scuola elementare di Ronta	Borgo San Lorenzo	32756	8300
Impianti sportivi	San Piero a Sieve	2406	643
Ex scuola di Tagliaferro (3)	San Piero a Sieve	-	1140
<b>2. Edifici Pubblici esistenti (con impianti a metano)</b>			
Piscina Comunale	Borgo San Lorenzo	165000 (mc)	--
<b>3. Edifici Pubblici di nuova costruzione</b>			
Nuova sede Comunità Montana del Mugello	Borgo San Lorenzo	Progettazione inserita nel Piano di sviluppo	
Nuova sede Università di Firenze – Luco di Mugello	Borgo San Lorenzo	Progettazione in fase preliminare	
<b>4. Alberghi ed Agriturismi</b>			
Azienda Poggio di Sotto	Barberino di Mugello	Esiste servizio metano	2350
<i>Vedere Tabella 12</i>			

<b>5. Nuovi insediamenti e lottizzazioni</b>			
Frazione S. Lucia	Barberino di Mugello	Senza rete metano	--
Frazione Latera	Barberino di Mugello	Senza rete metano	--
Loc. Le Maschere	Barberino di Mugello	Senza rete metano	--
Insedimento in Fraz. S. Agata	Scarperia	Senza Metano/GPL	82000
Frazione Lattaia	Vicchio	Esiste servizio GPL	9000
Frazione Caselle - Padule	Vicchio	Esiste servizio GPL	4200
Frazione S.Maria	Vicchio	Senza Metano/GPL	3000
Frazione Villose	Vicchio	--	9000
<b>6. Frazioni/insediamenti in zone rurali/montane non metanizzate</b>			
Frazioni-agglomerati	Barberino di Mugello	Presenti 23 agglomerati in zone remote non metanizzate	
Frazione Moschea	Firenzuola	Presenti serbatoi GPL	7500
Frazioni in Firenzuola	Firenzuola	Circa 60 agglomerati di 6-8 case presenti nel territorio comunale	
Frazione Casette di Tiara	Palazzuolo sul Senio	Senza Metano	--
Frazione Mantigno	Palazzuolo sul Senio	Senza Metano	--
<b>7. Utenze produttive in aree artigianali e industriali, o isolate</b>			
Industria Plastiche Toscana	Scarperia	Ipotesi di co-generazione	
Stab. Acqua Panna - Nestlé	Scarperia	Ipotesi di tri-generazione (termico, elettrico e refrigerazione) con centrale a biomassa cippato da 3,5 MW	
Area industriale Pianvallico-Petrona-La Torre	San Piero a Sieve Scarperia	Ipotesi di promozione filiera da parte di Pianvallico Spa: ipotesi preliminari di piattaforma produttiva-logistica biomassa, co-generazione, servizio calore	

Fonti: Comunità Montana, Uffici Tecnici dei Comuni del Mugello, Agenzia Fiorentina per l'Energia, Coop. Agriambiente Mugello. NOTE: (1). La distanza tra scuola materna ed elementare è di circa 143 metri; (2). La distanza tra le due scuole è di circa 290 metri; (3) edificio attualmente non utilizzato.

La classificazione di “utenze vocate” di tabella 11 offre uno spaccato della tipologia e dell’entità del bacino di domanda locale che una filiera integrata ed organizzata potrebbe stimolare. Un approfondimento di analisi è stato possibile per alcune categorie di utenze – il settore degli edifici pubblici, quello delle strutture di ricezione turistica ed un esempio di nuova lottizzazione non metanizzata – per le quali nella Tabella 12 qui sotto sono state ricostruite stime di domanda di legna equivalente per il servizio energetico termico. Per il settore delle strutture di ricezione turistica,

l'analisi è stata condotta a partire da una base dati di circa 30 strutture di alberghi e agriturismo<sup>4</sup>. Per quanto riguarda il settore dell'edilizia pubblica, sono stati raccolti dati sufficienti sulle volumetrie da riscaldare, sui consumi e la spesa per combustibile annui, riferiti ad un gruppo di edifici identificati tra quelli che sono attualmente serviti da sistemi a gasolio. Infine è stata condotta la stima di fabbisogno di bio-combustibile per una nuova lottizzazione in area non metanizzata – presso la Frazione Sant'Agata – ove è già in corso uno studio di fattibilità per l'installazione di un impianto termico a biomassa. In totale, quindi, si stima che queste strutture – che costituiscono solo un sotto-insieme della tipologia di utenze edifici pubblici, strutture di ricezione turistica e strutture residenziali in Mugello - potrebbero da sole generare una domanda di cippato per riscaldamento pari ad oltre 2900 tonnellate all'anno.

**Tabella 12. Stima della domanda potenziale di legno-energia da alcune utenze vocate**

Utenze vocate	Consumi energia termica (MWh/anno)	Costi attuali (€/anno)	Consumi legna equivalenti (ton/anno)
<b>Agriturismi e hotel</b>	4940	€ 390.625	1412
<b>Edifici pubblici</b>	1581	€ 168.087	452
<b>Nuova lottizzazione (Fraz. S.Agata)</b>	--	--	1080
<b>Totale</b>	<b>6522</b>	<b>€ 558.771</b>	<b>2943</b>

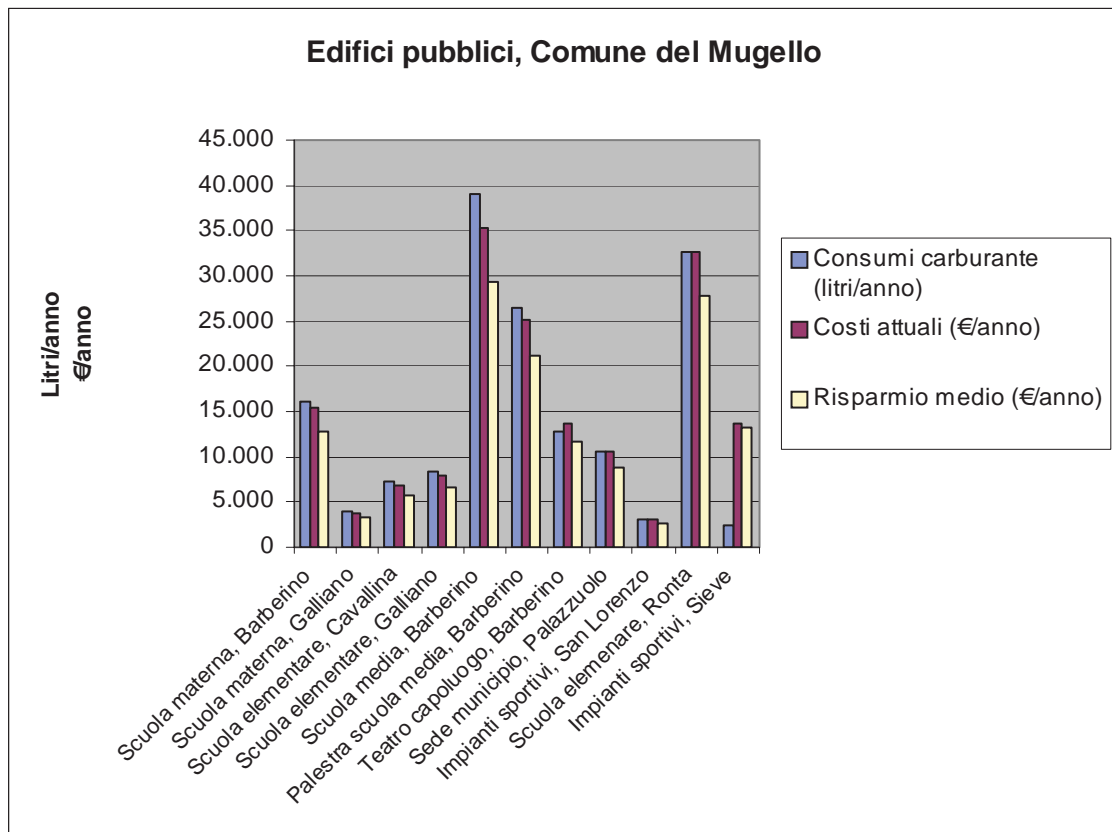
Fonte: Stima Ecosoluzioni su dati dei Comuni e di Agenzia Fiorentina per l'Energia

I seguenti grafici (Grafico 2 e Grafico 3) sintetizzano i risultati dell'analisi specificamente riferita a quel gruppo rappresentativo di utenze vocate su cui è stato possibile raccogliere dati certi sui consumi di gasolio. Nel caso degli edifici pubblici, sulla base dei consumi a consuntivo del 2005 e dei costi di gasolio associati, si identificano con la barra in giallo i risparmi ottenibili annualmente nell'approvvigionamento dei carburanti qualora la caldaia a gasolio fosse sostituita con una a biomassa (cippato). Le stime sono riportate anche in Tabella 13 e Tabella 14 assieme al valore del risparmio medio percentuale ottenibile annualmente con l'impiego di una caldaia a cippato. Per il calcolo di risparmio medio sono stati utilizzati come parametri di stima un prezzo medio di 55 Euro/tonnellata di cippato e un potere calorifico inferiore pari a 3.5 kWh/kg, ovvero sui 3000 kcal/kg, incluso nel prezzo anche il costo del trasporto. Si vede come i risparmi energetici in bolletta sono notevoli e possono raggiungere mediamente quote dell'80%. Per la categoria di utenze Hotel ed agriturismi è necessario in ogni caso sottolineare che la presenza di piscine può essere considerata come una forte componente di consumo energetico termico.

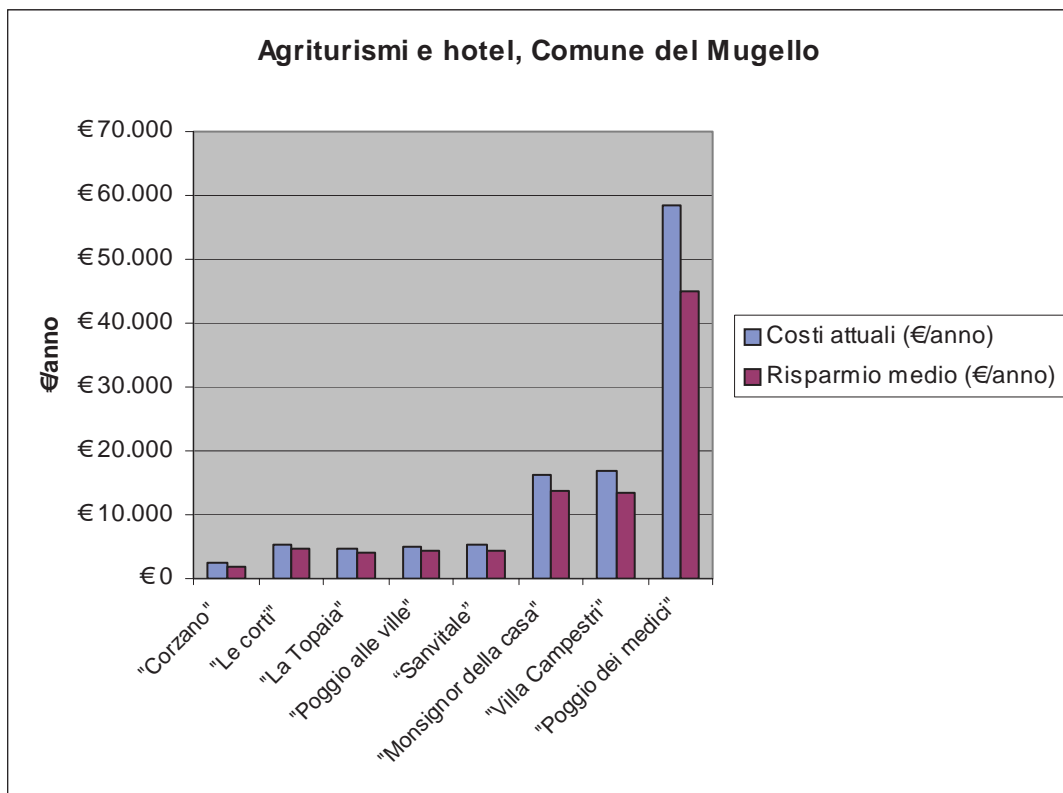
È da sottolineare il fatto che il grosso risparmio che si avrebbe utilizzando cippato rispetto a gasolio e metano è aiutato dal rincaro del prezzo dei combustibili fossili che si è avuto durante gli anni 2004-2006.

<sup>4</sup> Il progetto REST finanziato dalla Commissione Europea ha fornito dati di audit energetico su circa un terzo delle strutture e si è poi proceduto ad elaborare stime dei consumi medi di energia termica estrapolando parametri di consumo medio per posto letto per le rimanenti strutture.

**Grafico 2. Consumi di carburante attuale, costi attuali e risparmio medio utilizzando caldaie a biomassa per alcuni dei principali edifici pubblici nel Mugello.**



**Grafico 3. Costi attuali e risparmio medio utilizzando caldaie a biomassa per alcuni agriturismi e hotel nel Mugello.**



**Tabella 13. Consumi attuali e risparmi medi in percentuale ottenibili annualmente con l'impiego di una caldaia a cippato per edifici pubblici nel Mugello.**

Nome utenza	Comune	Consumi energia termica (MWh/anno)	Consumi legna equivalenti (ton/anno)	Risparmio medio annuale sui costi di carburante (%)
Scuola materna, Galliano	Barberino di Mugello	39	11	84%
Scuola elementare, Cavallina	Barberino di Mugello	71	20	84%
Scuola elementare, Galliano	Barberino di Mugello	82	23	84%
Scuola media, capoluogo	Barberino di Mugello	380	108	83%
Palestra, scuola media, capoluogo	Barberino di Mugello	256	73	84%
Teatro capoluogo	Barberino di Mugello	125	36	86%
Sede municipio	Palazzuolo	102	29	85%
Impianti sportivi	Borgo San Lorenzo	29	8	85%
Scuola elementare, Ronta	Borgo San Lorenzo	318	91	85%
Impianti sportivi	San Piero a Sieve	23	7	97%

**Tabella 14. Consumi attuali e risparmi medi in percentuale ottenibili annualmente con l'impiego di una caldaia a cippato per agriturismi e hotel nel Mugello.**

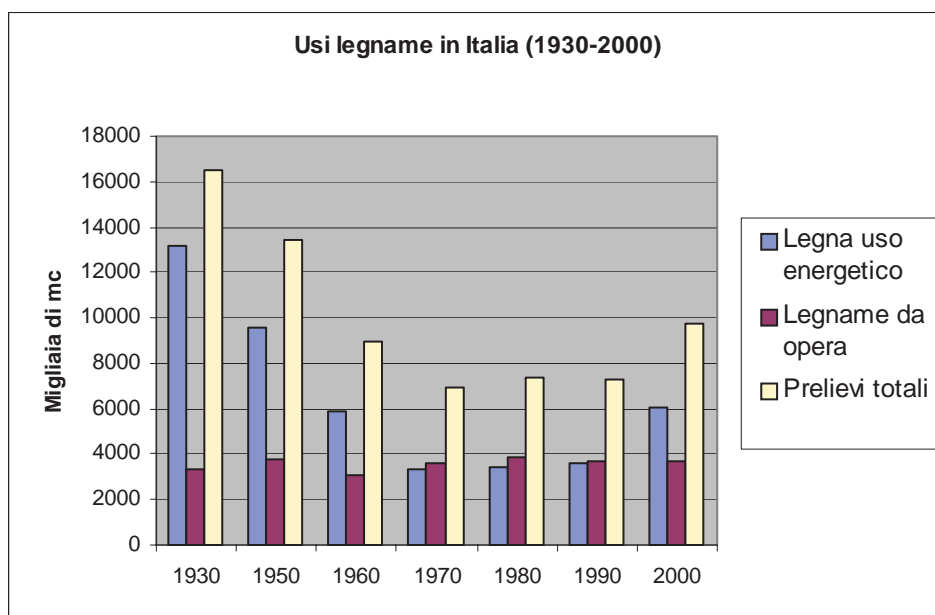
Nome utenza	Comune	Consumi energia termica (MWh/anno)	Consumi legna equivalenti (ton/anno)	Risparmio medio annuale sui costi di carburante (%)
Agriturismo "Corzano"	Barberino di Mugello	32.4	9.3	79%
Azienda agrituristica "Le corti"	Vaglia	40.4	11.5	88%
Azienda agrivola "La Topaia"	Borgo San Lorenzo	52.1	14.9	83%
Poggio alle ville	Borgo San Lorenzo	53.8	15.4	83%
Azienda agricola "Sanvitale"	Borgo San Lorenzo	57.7	16.5	83%
Country Resort "Monsignor della casa"	Borgo San Lorenzo	151.6	43.3	85%
Hotel "Villa Campestri"	Vicchio	210.0	60.0	80%
Sonesta Resort & Country "Poggio dei medici"	Scarperia	849.0	242.6	77%

## 1.4 Il mercato del cippato e delle applicazioni per il servizio calore

### 1.4.1 Il mercato attuale dei combustibili legnosi

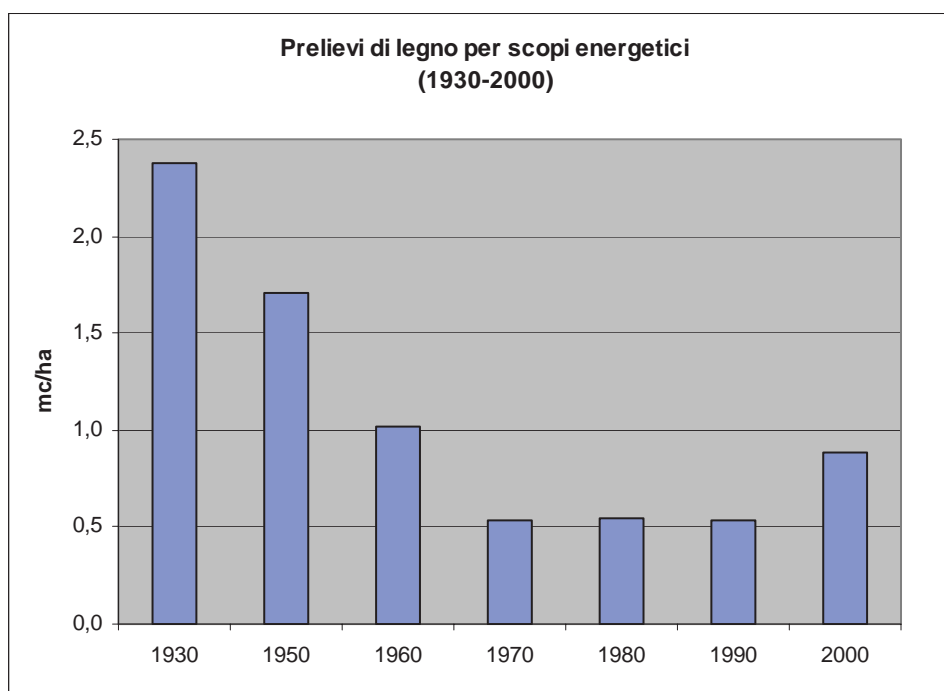
Una analisi storica dell'uso del legname in Italia dal 1930 ad oggi – riassunta nel grafico Grafico 4 - permette di verificare come il legno per scopi energetici abbia caratterizzato la raccolta nei primi decenni del secolo scorso: circa il 70%-80% del legno raccolto veniva utilizzato per scopi energetici, e quindi fondamentalmente per riscaldamento. In seguito, in parte per la crescita della centralizzazione dei sistemi di riscaldamento ed in parte per la crescita economica che ha comportato una maggiore richiesta di legno per scopi industriali quali la fabbricazione di manufatti legnosi e l'industria della carta, si vede come sia i prelievi totali che la percentuale di legno usato per fini energetici siano drasticamente calate. E' solo negli ultimi 20 anni che tale percentuale è ricominciata a salire, – come descritto nel Grafico 5- grazie alla necessità di diversificare le fonti combustibili per produzione di energia nel nostro territorio.

Grafico 4. La dinamica negli usi del legname in Italia



Fonte: elaborazioni Ecosoluzioni su dati APAT (2003).

**Grafico 5. Prelievi dalle foreste italiane per scopi energetici (metri cubi x 1000).**



Fonte: elaborazioni Ecosoluzioni su dati APAT (2003).

Va però sottolineato che i dati APAT rappresentano una sottostima in quanto non includono alcune fonti quali l'utilizzazione delle siepi e dei filari, come pure non vengono considerati l'utilizzo degli scarti di produzione e dei prodotti legnosi impiegati per fini energetici. Secondo i dati raccolti dall'ISTAT (2006) sulle utilizzazioni legnose forestali e riportati in Tabella 15, le stime attualmente ottenibili sulla massa legnosa ottenuta da abbattimenti e prelievi effettuati in aree definibili come forestali boscate, è stata tra i 5.5-5.9 Milioni di metri cubi in Italia. La Toscana sembra produrre tra il 23%-25% dei combustibili legnosi solidi italiani per scopi energetici. La produzione dell'ammontare legnoso per scopi energetici varia tra il 46% -80% degli usi totali regionali, ciò che mostra come la Toscana si posizioni come una regione con elevato livello di uso del legno per usi energetici.

**Tabella 15. Utilizzazioni legnose forestali per regione, Anno 2003 (mc).**

	Legna per combustibile (minimo)	Usi legna totale (minimo)	Legna per combustibile (massimo)	Usi legna totale (massimo)
<b>Toscana</b>	<b>1,376,027</b>	<b>1,601,140</b>	<b>1,425,830</b>	<b>3,026,970</b>
<b>Italia</b>	<b>5,504,040</b>	<b>7,891,391</b>	<b>5,978,240</b>	<b>13,869,631</b>
<b>Nord</b>	<b>1,329,219</b>	<b>2,802,516</b>	<b>1,449,510</b>	<b>4,252,026</b>
<b>Centro</b>	<b>2,548,167</b>	<b>2,942,134</b>	<b>2,708,202</b>	<b>5,650,336</b>
<b>Mezzogiorno</b>	<b>1,626,654</b>	<b>2,146,741</b>	<b>1,820,528</b>	<b>3,967,269</b>

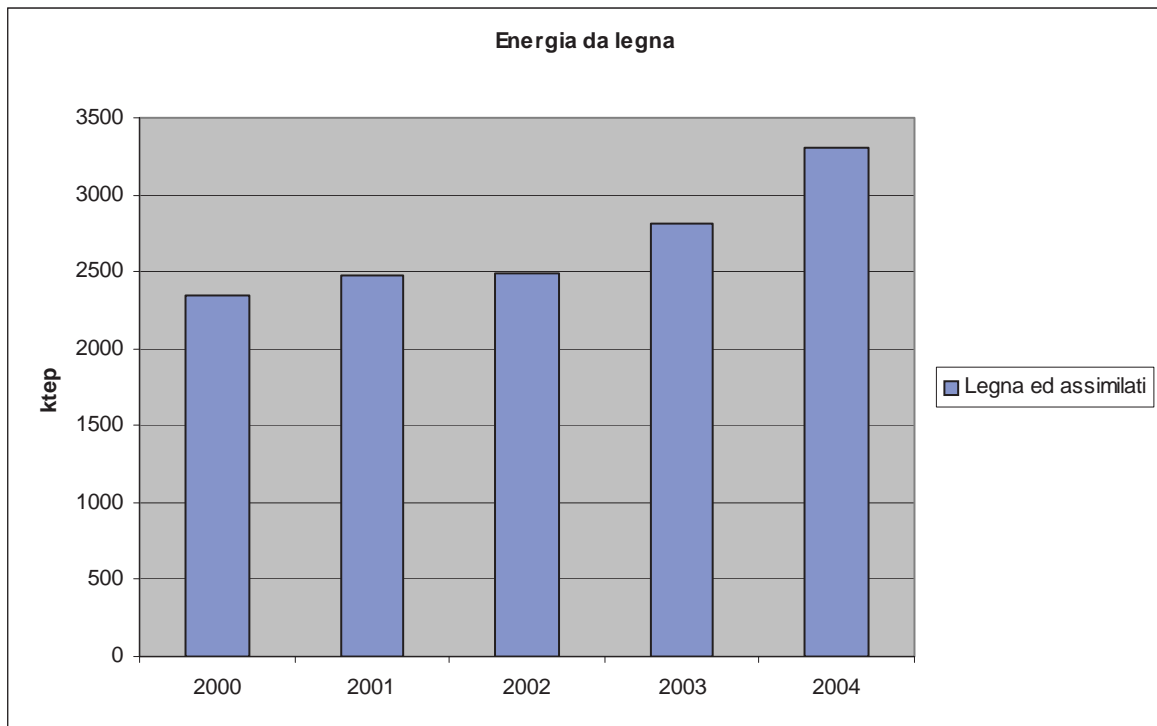
Fonte: ISTAT (2006).

Entrando più nel dettaglio degli usi energetici del legno, si vede dal Grafico 6 e Grafico 7 come la produzione di combustibili legnosi per il settore del riscaldamento civile e quella di energia elettrica da biomassa siano entrambe andate aumentando negli ultimi anni. Un monitoraggio preciso della produzione di energia termica da biomassa è difficile anche a causa del fatto che una quota



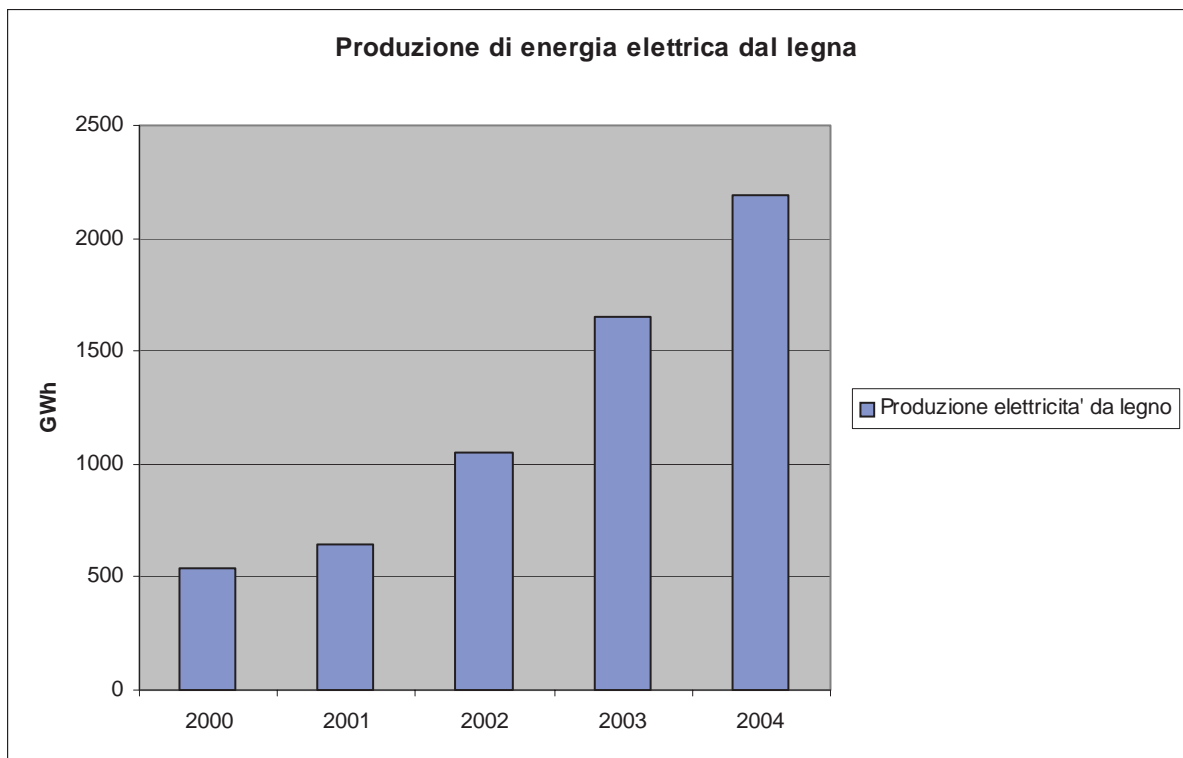
importante della biomassa utilizzata per produzione di calore non passa attraverso canali di mercato contabilizzabili.

**Grafico 6. Contributo energetico di energia sostituita e fornita dal legno in equivalente fossile sostituito, anni 2000-2004 (ktep).**



Fonte dati: ENEA (2005b)

**Grafico 7. Produzione energia elettrica dal legno , anni 2000-2004 (GWh).**



Fonte dati: ENEA (2005b)

La produzione di calore da fonti rinnovabili viene stimata nel 2004 in oltre 59.000 TJ (16.390 GWh) negli impianti industriali (legna e assimilati compreso calore da cogenerazione) e in 58.000 TJ (16.112 GWh) nel settore civile (legna da ardere e teleriscaldamento a biomasse) (Enea, 2005b). Il dato però può essere approssimato per difetto perché considera solo la biomassa legnosa commercializzata e rilevata attraverso le fonti statistiche ufficiali. Gran parte dei consumi di biomassa legnosa nel settore residenziale invece sfugge alle rilevazioni ufficiali, soprattutto per la quota che afferisce ai sistemi termici alimentati con legna a pezzi.

#### 1.4.2 Le opportunità dei combustibili legnosi moderni: il pellet e il cippato

I mercati dei combustibili legnosi solidi al giorno d'oggi si possono classificare in tre categorie principali:

- Pezzi di legna (ciocchi);
- Cippato; e
- Pellet.

Come già ricordato, il mercato dei pezzi di legna è largamente informale e tendenzialmente si limita ad un acquisto diretto del combustibile, non passando necessariamente da canali di mercato contabilizzabili. Gli altri due tipi di combustibile legnoso rappresentano ed alimentano invece un mercato in rapida evoluzione.

Una problematica generale di questi mercati è costituita dalla corretta qualificazione del combustibile e del suo valore energetico relativo. I combustibili legnosi sono ancora spesso venduti a volume o peso senza dare nessuna specifica sul contenuto idrico. Impiegando questo metodo commerciale, il materiale acquistato al minor prezzo non corrisponde necessariamente ad un minor costo dell'energia prodotta e quindi ad un risparmio complessivo certo e misurabile da parte dell'utilizzatore. Il valore (prezzo) del volume di legna, sia esso in forma di pellets, di legna in pezzi o di cippato, dovrebbe viceversa rispecchiare il suo effettivo valore energetico, e man mano che il mercato matura è auspicabile che vengano adottate per queste transazioni forme contrattuali che definiscono il prezzo del legno in base al peso e al potenziale calorifico (ovvero contenuto di umidità ed eventualmente tipologia di albero).

Se prendiamo ad esempio i dati presenti in Tabella 16 e li ordiniamo per il corrispondente PCI ed attribuiamo un valore di € 50.00/Tonn. per legno di abete con W= 50% e PCI uguale a 3.1 MWh/Tonnellata, ne risulta che ogni MWh prodotto dal legno ha un valore costante pari a € 16.1. Da qui è possibile attribuire a ogni tipo di legno un prezzo diverso ma che rispetta le proporzioni date (Tabella 16). I prezzi della Tabella 16 sono inclusivi del trasporto in centrale e sono indicativi del mercato (prima metà 2006) secondo un sondaggio effettuato tra grossisti e centri di ricerca. Questo principio rappresenta il fattore fondamentale per la determinazione del prezzo di combustibili legnosi con contenuto calorifico differenziato in un mercato maturo.

**Tabella 16. Relazione tra costo e contenuto energetico per alcune delle specie elencate in Tabella 4.**

Specie	Umidita'	MWh/ton	Euro/ton	Euro/MWh
Abete	20%	4	€ 64.50	16,13
Faggio	20%	3.9	€ 62.90	16,13
Abete	30%	3.7	€ 59.68	16,13

Faggio	30%	3.5	€ 56.45	16,13
Pino	30%	3.4	€ 54.84	16,13
Pioppo	20%	3.3	€ 53.23	16,13
Larice	30%	3.2	€ 51.61	16,13
<b>Abete</b>	<b>50%</b>	<b>3.1</b>	<b>€50.00</b>	16,13
Faggio	50%	3	€ 48.39	16,13
Pioppo	30%	2.8	€ 45.16	16,13
Pioppo	50%	1.9	€ 30.65	16,13

Fonte: Ecosoluzioni su dati raccolti tra alcuni grossisti nel mercato del cippato, Nord e Centro Italia, ed enti di ricerca.

### 1.4.2.1 Il Pellet

Il *pellet* viene definito come un cilindretto di diametro inferiore ai 25 mm e lunghezza che è 4-5 volte il diametro. Per cilindretti superiori ai 25 mm di diametro, la definizione merceologica è di *briquette*. Tendenzialmente, il pellet si indirizza sia a piccole caldaie sotto i 100 kW ( $D < 10$  mm) che caldaie di medie e grandi dimensioni sopra i 100 kW e 500 kW ( $10\text{mm} < D < 25$  mm). Per il *briquette* invece, il mercato di riferimento è quello delle caldaie a pezzi di legno e caldaie di grandi dimensioni.

La varietà dei materiali impiegabili è potenzialmente elevata ma attualmente, in quasi tutti i paesi europei, la produzione viene realizzata con il legno, e soprattutto di 3 categorie principali: segatura, cascami o legno di esbosco (ramaglia). Si sta anche sperimentando l'utilizzo di altri tipi di materiali come il mais e residui della lavorazione della canna da zucchero. Attualmente, almeno in Europa, sembra non esistere una quantità di legno sufficiente per soddisfare la domanda di pellet del mercato, e si stanno cercando altre fonti. Ma l'impiego di altre biomasse può presentare problematiche tecniche che sono ancora in fase di studio. In ogni caso, è prevedibile un rapido sviluppo del mercato con l'entrata in scena di altri prodotti legnosi pellettizzati.

Di fatto, il *pellet* offre diverse opportunità, uniche nel settore delle biomasse:

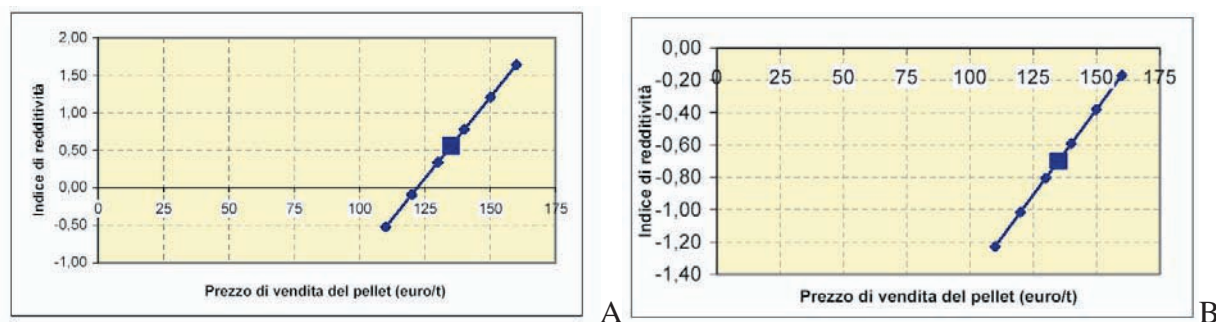
- Può costituire un prodotto con caratteristiche chimiche e fisiche di qualità molto elevata e costante, producibile a livello di aziende agricole o di organizzazioni consorziali. Il prodotto, quindi, da un lato è dotato di una elevata commerciabilità e dall'altro rappresenta la forma di biomassa solida energetica trasformata di maggiore valore di mercato, che richiede trasformazioni ridotte e gestibili a livello locale dai diretti interessati (quindi con modelli di produzione diffusa sul territorio);
- Può essere prodotto a partire da diverse essenze legnose e sottoprodotti agricoli opportunamente miscelati tra loro. Questo elimina il problema di utilizzare materiale di scarto molto diversificato che sarebbe improponibile come combustibile "tal quale" se non in centrali termiche di grandi dimensioni che trovano ambiti applicativi molto ridotti.

Nel 2004 la Regione Lombardia assieme al Comitato Termoelettrico Italiano hanno pubblicato all'interno del progetto PROBIO una dettagliata analisi del mercato del pellet in Italia, facendo anche un'analisi di redditività di una eventuale filiera del pellet. La ricerca ha mostrato che la produzione è fortemente influenzata dalle caratteristiche fisiche ed economiche della biomassa

impiegata, il prezzo di acquisto della biomassa necessaria per produrre il pellet che varia tra i 28-50 €/t, il trasporto del materiale, l'energia consumata nel processo di trasformazione, i costi dei macchinari e la manodopera.

Il potere calorifico del prodotto finale è generalmente molto elevato (attorno ai 4400 kcal/kg) con percentuali di umidità attorno all' 8%, variazioni comprese tra i 3700 kcal/kg se prodotto con legni da latifoglie, fino ai 4.600-4.900 kcal/kg se prodotto con legni di conifere, dotati di contenuti di resine ad maggior valore di lignina.

Lo Studio PROBIO ha evidenziato che, al momento, il tipo di impresa di produzione del biocombustibile con redditività accettabile è quello che impiega come materia prima la segatura (Figura 1- A) a causa dei minori consumi di energia per l'essiccazione (che può influire per il 18-20% del prezzo totale) e la diminuzione di altri servizi meccanici, rispetto all'impresa che utilizza materiale di esbosco (Figura 1- B).



**Figura 1. Indice di redditività' del pellet in base al prezzo di vendita per pellet derivato da segatura (A) e da materiale di esbosco (B). Fonte: PROBIO, 2004a.**

I consumi nazionali italiani di pellet sono attualmente (2005) stimabili in circa 400.000 t/anno di cui 300.000 tonnellate sono prodotte sul nostro territorio, mentre le restanti 100.000 t sono importate (Probio 2004). Questo dato è indicativo perchè oggi non esiste una codifica merceologica specifica per il pellet che di conseguenza viene conteggiato assieme ad altre tipologie commerciali, sia a livello di mercato nazionale che per le importazioni. Esistono produzioni di piccola scala, ad esempio da industrie della lavorazione del legno, che anch'esse sono difficilmente contabilizzabili. La Toscana produce circa il 12 % del pellet nazionale (Probio 2004).

Alla fine del 2005 e nei primi anni del 2006 si è verificato un rapido crescere dei prezzi di pellet all'ingrosso, passando da circa 250 Euro/tonnellata all'ingrosso a circa 330 Euro/tonnellata nell'Ottobre del 2006 a causa di un aumento esponenziale delle vendite di caldaie a pellet.

### 1.4.3 Il cippato

Il cippato di legno (*chips*) è un tipo di combustibile legnoso derivato direttamente dai tagli di legna. E' costituito da piccole scaglie di legno lunghe dai 5 ai 50 mm che assumono un comportamento simile a quello di un liquido poichè può essere stoccato in contenitori o trasportato direttamente all'utenza su camion per alimentare la caldaia. Tramite una regolazione automatica, (la coclea o vite senza fine), l'intero sistema riesce a dosare anche piccole quantità di materiale. Questo permette di automatizzare il processo di carico di combustibile della caldaia.

La produzione di cippato viene fondamentalmente da:

1. Azioni di diradamento e di manutenzione di boschi
2. Esbosco di conifere di prima generazione

3. Taglio dedicato dei boschi cedui accessibili
4. Raccolta materiale di scarto dell'industria del legno
5. Gestione del paesaggio (i.e. pulizia nei parchi, pratiche forestali antincendio, ecc.)

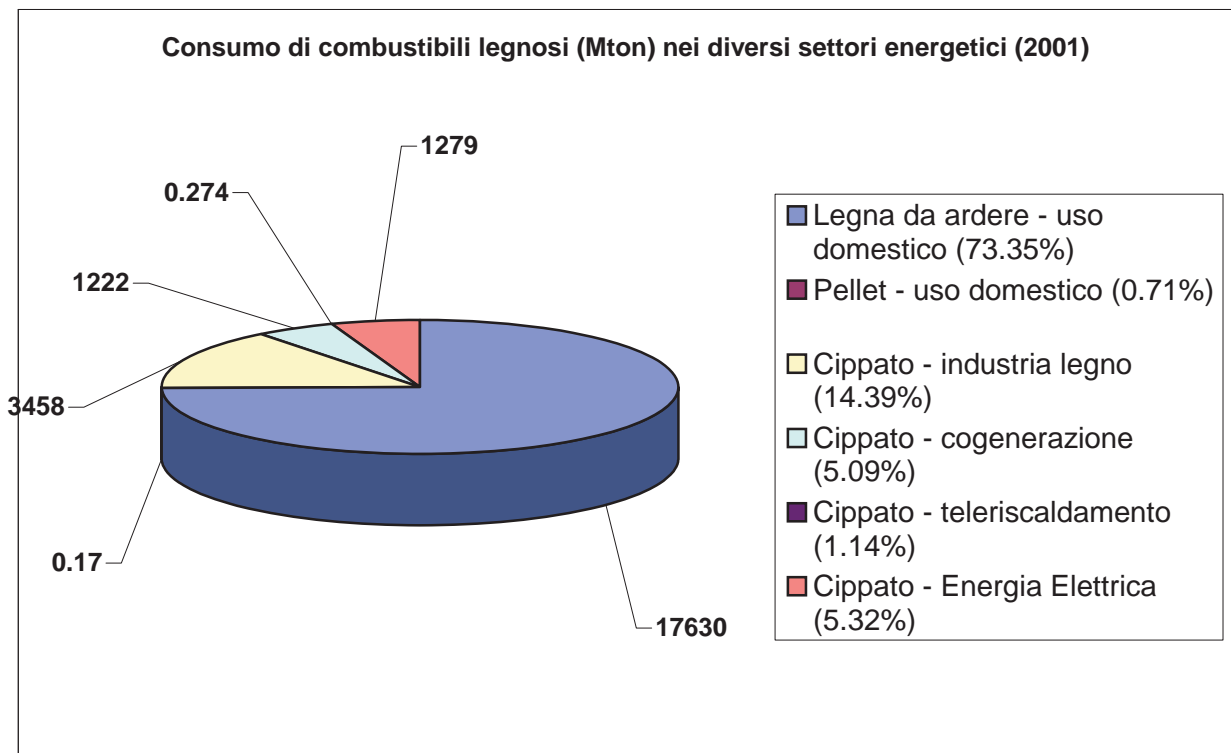
In Italia, il cippato per uso energetico proviene principalmente dai seguenti comparti:

- Comparto forestale (utilizzo di cedui e diradamento);
- Comparto agricolo (residui di potature, cedui, siepi, etc...);
- Comparto industriale (residui della lavorazione del legno);
- Comparto urbano (residui degli abbattimenti della potatura urbana); e
- Comparto Residui Solidi Urbani (componente legnosa e cartacea di legno)

Tra queste cinque tipologie di fonte, il cippato da comparto forestale è quello più comune. La sua potenziale valorizzazione è legata alle politiche di valorizzazione energetica dei boschi cedui. Negli ultimi 50 anni, infatti, le aree boschive in Italia sono aumentate del 24% (da 5.4 a 6.7 Mha), e allo stesso tempo si è registrato anche un graduale fenomeno di abbandono soprattutto nella quota di foreste gestite in modo informale dai proprietari.

Una recente analisi sui consumi di combustibili legnosi (Francescato e Antonini, 2004) evidenzia come il cippato rappresentava nel 2001 circa il 26% del legno-energia impiegato nei diversi settori energetici, prevalentemente nell'industria energetica. Il combustibile legnoso che ha assorbito la quota maggiore nell'industria energetica è la legna da ardere, con il 73% del totale, mentre il cippato è stato utilizzato prevalentemente nell'industria del legno (14,39 %) e in quantità minore per produzione di energia elettrica (EE), per la cogenerazione (5%) ed il teleriscaldamento (1%) - Grafico 8.

**Grafico 8. Consumi di combustibili legnosi nel 2001. La legna da ardere rimane al primo posto come consumo. (Francescato e Antonini, 2004).**



Il lato dell'offerta del cippato è rappresentato da un insieme di operatori che si possono idealmente raggruppare in 3 categorie distinte:

- **Autoconsumatori industriali.** Questi sono produttori e consumatori diretti che producono scarto ed esso viene direttamente riutilizzato nei processi industriali produttivi, quali per esempio la produzione di calore per riscaldamento interno o calore industriale.
- **Autoconsumatori agricolo-forestali.** Queste sono aziende agricole e agrituristiche che hanno un facile accesso alla materia prima legnosa per la produzione di calore. In questo modo riescono a valorizzare in modo ottimale il materiale legnoso estraibile dai boschi di loro proprietà.
- **Produttori commerciali locali, nazionali e internazionali.** Queste sono imprese produttrici che generalmente acquisiscono materia prima per il cippato e poi lo forniscono come combustibile ad un numero di utenze su territorio locale e nazionale. Per i notevoli costi associati al trasporto del cippato, i produttori commerciali sono generalmente locali orientati a soddisfare un mercato locale.

L'utilizzo del cippato o dei pellets di legno presentano ovviamente sia vantaggi che svantaggi. È importante considerarli attentamente quando si deve effettuare la scelta del combustibile da adottare e quindi della tecnologia di combustione. Di seguito sono presentate le caratteristiche positive e quelle negative di questi due combustibili (Tabella 17).

**Tabella 17. Vantaggi e svantaggi comparati del cippato e del pellet**

<b>Chips di legno</b>	<b>Pellets</b>
+ possono essere disponibili localmente	+ combustibile più omogeneo e standardizzato: maggiore regolarità di funzionamento
+ la produzione stimola l'occupazione locale	+ richiedono minore volume di stoccaggio e trasporto
+ sono meno costosi dei pellets	+ maggiore facilità di gestione e di manutenzione dell'impianto
– richiedono un volume di stoccaggio maggiore	– maggiore costo del combustibile rispetto al cippato
– difficile da garantire una elevata ed uniforme qualità del combustibile	– minori benefici per l'economia locale se non adeguatamente pianificato
– maggiori costi per la gestione e la manutenzione dell'impianto	

Fonte : adattato ed integrato da PROBIO (2004)

#### 1.4.4 I costi dei combustibili legnosi

Al fine di inquadrare la competitività relativa dei combustibili legnosi per il servizio calore, va effettuata una analisi comparata rispetto ai costi dei combustibili fossili a parità di potere calorifico erogato. La Tabella 17 riassume questo tipo di analisi e nella prima colonna mostra come i combustibili fossili hanno una densità energetica superiore a quelli da biomasse, ovvero a parità di peso hanno maggior potere calorifico. Se tuttavia si parametrizza il costo unitario (€/Kg, seconda colonna) dei diversi combustibili al loro contenuto di energia si ottengono i valori del costo per ogni kWh di energia termica prodotta (terza colonna).

Si vede così – anche nel Grafico 9 – che ad esempio una unità di energia termica prodotta con il legno cippato può costare anche il 75 % in meno di un kWh termico prodotto con il gasolio.

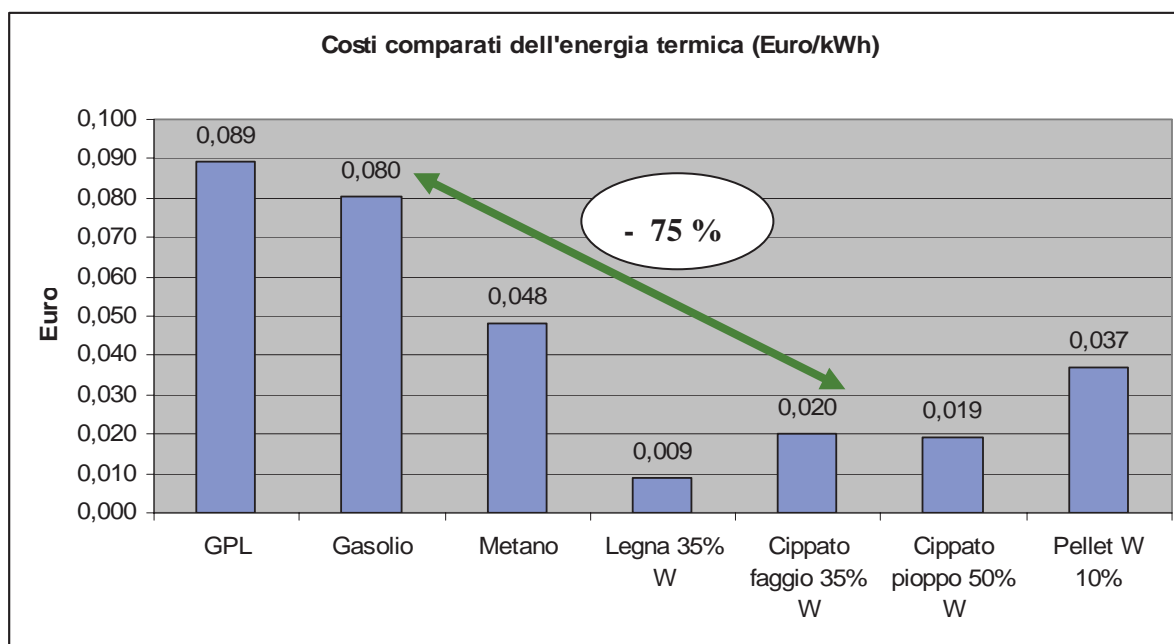
**Tabella 18. Poteri calorifici e costi comparati di combustibili fossili e combustibili da biomasse**

Combustibili fossili	PCI	Costo al consumo	Costo al kWh	Densita'
	kWh/kg	€/kg	€/kWh	
<b>Gasolio</b>	11.7	0.94	0.080	0.83 kg/litro
<b>Metano</b>	13.5	0.65	0.048	0.54 kg/litro
<b>GPL</b>	12.8	1.14	0.089	0.75 kg/m3 equiv
<b>Combustibili legnosi</b>				
<b>Legna da ardere umidità 35%</b>	3.5	0.027	0.009	circa 600 kg/m3
<b>Cippato faggio umidità 35%</b>	3.4	0.06	0.020	circa 150-400 kg/m3
<b>Cippato pioppo umidità 50 %</b>	1.9	0.036	0.019	circa 150-400 kg/m3
<b>Pellet umidità 10%</b>	4.9	0.18-0.25	0.037-0.05	>1000 kg/m3

Fonte: Elaborazione Ecosoluzioni su dati ed informazioni da Unione Petrolifera Italiana; [www.prezzibenzina.it](http://www.prezzibenzina.it); AgriAmbiente Mugello; PROBIO 2004;; ITABIA.

Il mercato del cippato come bio-combustibile per la fornitura di servizio calore è in uno stadio di sviluppo ancora iniziale in Italia se paragonata a nazioni quali l’Austria e la Svezia e, come già visto, si deve ancora giungere ad una matura qualificazione e certificazione del prodotto in termini di potere energetico fornito. Si deve aggiungere che la determinazione dei costi medi di produzione presenta diversi fattori di complessità e variabilità, riflettendosi quindi sui prezzi e/o le tariffe medie

Grafico 9. Costi comparati tra diverse fonti energetiche ad uso termico (Euro/kWh).



Fonte: Elaborazione Ecosoluzioni su dati ed informazioni da Unione Petrolifera Italiana; [www.prezzibenzina.it](http://www.prezzibenzina.it); AgriAmbiente Mugello; PROBIO 2004;; ITABIA.

per il servizio calore capaci di coprire tutti i costi e remunerare l'investimento in questa filiera legno-energia. Questo spiega la variabilità delle stime dei costi di cippato presenti in letteratura<sup>5</sup>. I principali fattori di cui tener conto sono:

1. Ampia varietà di fonti della materia prima e di filiere di approvvigionamento. Se nel presente studio ci si focalizza sulla filiera "diretta" della valorizzazione della risorsa forestale, è vero che molte utenze utilizzano oggi cippato da scarti di origine agricola, o da altre fonti indirette come gli scarti dell'industria di lavorazione del legno, da interventi di taglio lungo l'alveo dei fiumi o da potature di piante in ambiente urbano (vedi par. 1.4.3., p. 21).
2. La variabilità dei costi di produzione può derivare, come precedentemente accennato, dalla varietà di condizioni di accessibilità e quindi di produttività di un cantiere forestale e dalla conseguente ampia varianza di costi (sia in termini di beni capitali che in termini di manodopera) di taglio, esbosco e cippatura. Stime operate dall'Università di Firenze sulla produttività dei cantieri forestali di essenze dolci sul territorio della Provincia (Bernetti, Fagarazzi, Romano 1999) indicano che le differenze di condizioni di operatività e di accessibilità di un cantiere possono portare a valori oscillanti tra le 8 e le 51 giornate per addetto e per tonnellata di legna cippata. Questa è la fonte di maggiore difficoltà nell'analisi della redditività di una impresa del settore e fa riflettere sulla multidimensionalità dell'attività di gestione forestale che, a parte la produzione di legna, "produce" benefici pubblici (prevenzione anti-incendio, manutenzione idrogeologica del territorio, ecc.) non necessariamente presenti nella contabilità della filiera. Tra un tipo di cantiere di taglio ed esbosco ed un altro ci possono essere notevoli differenze di input di macchinari e di manodopera e ne risultano quindi differenze di costi del cippato anche del 100 %. La produttività di una cippatura in bosco può essere alquanto variabile, con valori oscillanti tra 1 e 10 tonnellate/ora.

<sup>5</sup> Ad onor del vero, va aggiunto che le molte fonti di informazioni e di stime sui "costi" del cippato sono spesso anche imprecise sul fatto che si tratti di "costo" di produzione, di "prezzo all'ingrosso", oppure ancora di "prezzo" di vendita, ed in quest'ultimo caso se sia comprensivo di costo di trasporto all'utenza finale, la cui incidenza può essere importante.



3. Metodologia usata nella stima dei costi di produzione. In effetti, il cippato della filiera di approvvigionamento forestale può essere un prodotto primario, ovvero derivare da un utilizzo esclusivo(o principale) del bosco per fini energetici, oppure può essere un prodotto secondario, in quanto il bosco è utilizzato anche per legname dedicato ad altri mercati. Nel primo caso, la valutazione dei costi impone di caricare – magari proporzionalmente sui principali assortimenti ricavati (in funzione del volume di legna ricavata) - il totale dei costi di abbattimento, taglio ed esbosco<sup>6</sup>. Nel secondo caso, quando si può dire che il cippato è un prodotto secondario, un metodo diffusamente utilizzato di stimare i costi di produzione è quello di imputare tutti o la maggior parte dei costi di abbattimento, taglio ed esbosco sugli assortimenti più pregiati, costituiti in genere dal legname da opera. Da alcune misurazioni di costi di cantieri di taglio di boschi cedui in Toscana (Bernetti et Al. 1997), si evince che i costi di produzione del cippato possono variare di oltre il 45 % se esso venga ottenuto solo da ramaglia di specie apprezzate dal mercato, piuttosto che da ceduo senza valore di mercato. Per quando concerne la dimensione di questo segmento di offerta, si stima che il cippato come prodotto secondario da scarto di produzione dal bosco, cioè come sottoprodotto di altro prodotto a macchiatico, sarebbe disponibile attualmente in Toscana in quantitativo pari a circa 274.000 t/anno (BIOSIT, 2003).

La Tabella 19 raccoglie in modo sintetico le indicazioni raccolte – sia attraverso la verifica delle fonti più attendibili, sia attraverso indagine diretta presso i produttori – sulle più recenti tendenze nei costi di produzione e sui prezzi di vendita del cippato e/o del servizio calore.

**Tabella 19. Rassegna di costi e prezzi relativi al cippato ed al servizio calore con cippato**

Operatore di Mercato	Costo di produzione €/tonn.	Prezzo di vendita cippato €/tonn.	Prezzo di vendita servizio calore <sup>7</sup> (€/MWh)	Tipologia di utenza
Coop. Alta valle dell'Elvio	25-30	Circa 65	62,60	Servizio calore ad utenze in tele-riscaldamento
Coop. Il Picchio	-	70	-	Servizio calore utenze pubbliche
Ecoenergie Srl.	41	-	-	Mini-rete 400KW per autoconsumo
Ecodolomiti Srl.	50	-	72	Servizio calore
Termoidraulica Cappello	-	-	64,68	Servizio calore
Monterosello	70	-	-	Mini-rete 400KW per autoconsumo
Fornitori centrale Ormea	43-77			Centrale 4MW + rete
Centrale Tirano	45		72-94	Centrale 20 MWt + 1.1 MW

<sup>6</sup> In questo caso, comunque, va visto se il cippato è l'unico prodotto energetico oppure se, ad es., viene estratto da rami e ramaglie e il legname più grosso sia commercializzato come legna da ardere: se così fosse quindi una parte dei costi di abbattimento, taglio ed esbosco dovrebbe essere attribuita alla produzione della legna da ardere.

<sup>7</sup> I prezzi indicati sono inclusivi di IVA 10 %.

				elettr.
Rilevazioni da varie piazze in Italia	-	60-80	-	
Range valori	25-77	60-80	62,60-94	

Fonti: Agenbiella, AgriAmbiente Mugello, Francescato, Antonini, Pettenella, 2004; Ecoenergie srl., FIPER, CNR-Ivalsa.

L'analisi comparata dei costi di approvvigionamento di diversi combustibili e le rilevazioni dei prezzi della filiera del cippato, benchè ancora molto oscillanti, identificano fattori di convenienza alla sostituzione degli impianti a combustibili fossili, specialmente quelli alimentati a gasolio. Nell'ambito del mercato del cippato, tuttavia, i dati confermano che i costi di produzione di cippato di origine forestale rimangono generalmente più elevati di quelli del cippato prodotto da scarti dell'industria del legno, che può essere inserito sul mercato ancora ad un prezzo di € 30-35 a tonnellata, rispetto alla forchetta di prezzi medi di cippato da bosco di € 60-80/Ton con umidità del 35%. Questo significa che, comunque, la promozione di filiere legno-energia, per salvaguardare anche l'obiettivo di valorizzazione della risorsa forestale e di rivitalizzazione della gestione dei boschi, ha bisogno di far assorbire il costo mediamente più elevato della trasformazione del legname in bio-combustibile.

Ovviamente l'analisi dei costi del bio-combustibile va integrata con la considerazione dei costi di investimento relativi ai moderni impianti di riscaldamento a biomassa. Al riguardo va detto che, in tutte le tipologie di impianto (caldaie a pezzi di legna, cippato o a pellet), i costi di investimento per kW diminuiscono sensibilmente all'aumentare della potenza installata. Ma la convenienza a realizzare un impianto a biomasse deve essere valutata sui tempi di recupero dell'investimento iniziale che dipendono principalmente dal risparmio di combustibile convenzionale e, pertanto, dall'intensità di utilizzo dell'impianto. Impianti di riscaldamento a biomassa sono dunque soprattutto consigliabili per unità abitative di dimensioni relativamente grandi e abitate per tutto l'anno, con fabbisogni annuali di calore in genere non troppo inferiori ai 50.000 kWh, pari a circa 5.000 litri di gasolio, 5.000 m<sup>3</sup> di metano o 6.300 litri di gpl.

Se si sviluppa l'analisi in piena coscienza della dinamica dei prezzi dei combustibili fossili e di quelli legnosi, va ricordato che storicamente questi ultimi sono stati caratterizzati da una maggiore stabilità e che gli scenari dei mercati petroliferi dei prossimi anni portano ad aspettative di prezzi dei combustibili fossili in netta ascesa, rafforzando quindi le proiezioni di redditività di investimenti nei sistemi energetici a combustibili da biomassa.

Esiste poi un fenomeno di globalizzazione del mercato che potrebbe portare il prezzi di alcuni combustibili legnosi al ribasso. I fattori fondamentali che potrebbero influenzare il prezzo della biomassa legnosa sono:

- **Internazionalizzazione delle imprese locali.** Molte imprese si stanno integrando dando origine a delle fusioni che potrebbero far decrescere di molto i costi di produzione sia di cippato che di pellet. La possibile integrazione di attività di segheria con produzione di paste, energia e gestione diretta della rete di trasporto e recupero di scarti, abbatte i costi di produzione di materie quali pellet e cippato. Questo potrebbe andare a svantaggio di piccole imprese locali che potrebbero venire presto a scontrarsi con una competizione aiutata dalla liberalizzazione ed apertura dei mercati, e spostamento della produzione verso regioni a costo di produzione minore.
- **Presenza di nuovi materiali legnosi combustibili.** L'evoluzione recente della lavorazione del legno dimostra la possibilità di introdurre grandi innovazioni che valorizzano gli scarti delle lavorazioni e i prodotti legnosi di diversa origine. Esistono al momento alcuni paesi quali la Cina, l'India ed il Brasile che, a causa della loro

notevole industrializzazione e crescita economica, hanno aumentato la produzione di scarti industriali di origine legnosa. Questi scarti spesso non trovano mercati interni a questi paesi a causa del clima mite (e quindi la mancanza di domanda di produzione di calore) e gli alti costi della generazione elettrica tramite centrali a biomassa. E' il caso, per esempio, di pellet o briquette prodotti da scarti legnosi di trattamento termomeccanici per la lavorazione della carta di giornali. Questi scarti risultano spesso non totalmente utilizzabili nei paesi dove vengono prodotti, diventando così un materiale commercialmente esportabile in altri paesi ad un prezzo molto competitivo. Rimane comunque da affrontare in questi mercati la questione della certificazione del materiale importato, che spesso ha origine e caratteristiche incerte, in modo da ridurre il rischio di sostenere filiere fondate sullo sfruttamento di materiale di origine forestale tropicale.

### 1.4.5 Inquadramento normativo e sistema degli incentivi attivabili per l'energia da biomassa legnosa

L'attivazione di filiere produttive bosco-legno-energia può trovare nella normativa nazionale e regionale sia forme dirette che indirette di incentivazione economica e fiscale. Ciò in coerenza con gli indirizzi più recenti a livello Europeo: infatti l'UE ha voluto dare un nuovo e forte impulso all'implementazione dell'uso energetico delle biomasse agroforestali attraverso il “*Biomass Action Plan*” (COM/2005 628) prevedendo una serie di misure che incentivano l'uso delle biomasse in impianti di cogenerazione (CHP) e la produzione di biocombustibili per il trasporto. Inoltre, è in fase preparatoria una nuova direttiva sulla produzione di calore dalle biomasse (RES-H).

A livello nazionale, tra gli incentivi fiscali volti alla tutela della risorsa forestale, va citato il “decreto salvaboschi” (DPR 124/2002) che è stato concepito per favorire in genere la diffusione di pratiche di manutenzione dei boschi, nell'ambito delle misure per la tutela ambientale e la difesa del suolo dal rischio di dissesto idrogeologico. Il decreto in pratica estende agli interventi di salvaguardia dei boschi la detrazione di imposta IRPEF nella misura del 36 % del costo degli interventi.

Tra le misure specificamente elaborate per lo sviluppo dell'energia termica da biomassa, la legge finanziaria del 1998 (Legge 448/1998) che istituiva in Italia la *Carbon Tax*, sulla base di questo gettito ha introdotto un meccanismo di incentivazione (successivamente rafforzata con la legge 418 del 2001): sono state introdotte agevolazioni per lo sviluppo di reti di teleriscaldamento alimentate a biomassa sotto forma di un credito di imposta – prorogato dalla legge finanziaria 2006 e pari oggi a € 0,0258 per kWh di calore fornito - alle società di gestione e fornitura del servizio energetico via teleriscaldamento, da trasferire all'utente finale sotto forma di sconto sul prezzo del servizio. La recente legge 11 marzo 2006 n. 81 sugli interventi urgenti in agricoltura, ha poi sancito l'obbligo, a partire dal 2006, per le aziende petrolifere di immettere al consumo l'1% di carburanti di origine agricola, oggetto di appositi contratti di filiera. Ogni anno tale percentuale è incrementata di un punto fino al 5% nel 2010. La stessa legge estende la qualifica di attività connessa all'agricoltura, anche alla produzione e vendita di energia termica da biomasse (precedentemente riguardava soltanto la produzione di energia elettrica).

Con il decreto del Ministero dell'Industria del 24 aprile 2001, la legislazione in materia di risparmio energetico ha fatto un passo avanti definendo gli obiettivi quantitativi da ottenere nel periodo 2001-2006, in questo quadro normativo sono state inserite norme sull'efficienza energetica negli usi finali che identificano il teleriscaldamento a biomasse come soluzione che “sfrutta una fonte rinnovabile, quindi tutta l'energia fornita è da considerare come energia primaria risparmiata”.

A livello regionale, va ricordato che la riforma del Titolo V della Costituzione ha assegnato maggiori responsabilità locali nella pianificazione energetica ed il nuovo Piano Energetico Regionale è in corso di elaborazione. Inoltre, nel periodo 2000-2006 le Regioni si sono dotate di Programmi di Sviluppo Rurale – il PSR 2007-2013 Regione Toscana è in corso di approvazione finale – strumenti di programmazione che servono ad amministrare ed utilizzare i fondi dell'Unione Europea a sostegno del settore agricolo e rurale. Il PSR 2007-2013 della Regione Toscana include tra le sue 4 linee strategiche “la riduzione dei costi energetici e la promozione delle energie rinnovabili” e contiene, nell'ambito di misure per l'accrescimento della competitività e del valore aggiunto dell'agricoltura e della selvicoltura, incentivi specificamente volti alla valorizzazione energetica delle foreste e degli scarti agricoli. Nel quadro della misura per “l'accrescimento del valore economico delle foreste” ad esempio, assieme a contributi a fondo perduto per investimenti produttivi, sarebbero predisposti incentivi per le aziende che vogliano installare “piccole centrali energetiche alimentate con biomasse legnose forestali di provenienza aziendale” (50-60 % di

contributo a fondo perduto). Inoltre, sono presenti nel PSR 2007-2013 misure di incentivazione per l'imboschimento di superfici agricole e non agricole, anche finalizzate alla realizzazione di interventi arboricoli a ciclo breve (15 anni) per la raccolta di biomassa legnosa a fini energetici (contributo a fondo perduto del 70 % delle spese ammissibili per periodi di 5 anni).

Altro intervento regionale, gestito dalla D.G. Politiche territoriali e ambientali – Settore energia, ha promosso un “Accordo volontario settoriale per l'utilizzo delle biomasse legnose di origine agricola o forestale a fini energetici” al quale hanno aderito soggetti pubblici e privati interessati al settore. Era oggetto dell'accordo la concessione di contributi in conto capitale (35% sugli extracosti) per la sostituzione o l'installazione di caldaie per il riscaldamento di ambienti alimentate da biomasse legnose di origine agricola o forestale. L'implementazione di questo accordo volontario ha portato al finanziamento di circa 70 impianti anche presso aziende agro-forestali. La Regione Toscana ha inoltre attivato presso Fidi Toscana un Fondo di Garanzia specifico per gli investimenti nel settore delle energie rinnovabili. Il Fondo opera mediante la concessione di una garanzia finanziaria a Piccole e Medie Imprese, Enti Pubblici e persone fisiche fino all'80% dell'importo del finanziamento necessario per progetti di investimento, approvati dalla Regione, inerenti tra l'altro alla realizzazione di impianti di teleriscaldamento e cogenerazione a biomasse, di potenza nominale non superiore a 500 kW termici e 200 kW elettrici.

Il più recente indirizzo della Regione è poi la delibera (11 settembre 2006) per la realizzazione di un programma di produzione energia per le aree rurali, che si focalizza sull'energia da biomasse e con un budget di 4 milioni di Euro per incentivi in conto capitale da erogare attraverso un prossimo bando di gara.

La produzione energetica da biomassa legnosa, infine, è stata oggetto di attenzione anche a livello della Provincia di Firenze, ad esempio, attraverso bandi periodici per l'erogazione di contributi a fondo perduto (normalmente, nella misura del 30 % del costo di investimento) per l'installazione di caldaie a biomassa.

#### **1.4.6 Rassegna delle opportunità e delle barriere allo sviluppo per la filiera bosco-legno-energia**

A conclusione dell'indagine conoscitiva della filiera bosco-legno-energia giova riassumere brevemente le principali barriere e le principali opportunità di cui tener conto quando si promuove l'investimento nei processi di sviluppo di filiere bosco-legno-energia. E' infatti importante sottolineare che una analisi della sostenibilità economica di questo tipo di investimenti non può prescindere dalla considerazione di due importanti fattori che influiscono sul quadro macroeconomico e quindi dovrebbero guidare le scelte politiche:

1. **La multifunzionalità della filiera bosco-legno-energia.** Al di là dei flussi di reddito legati strettamente ai cicli di produzione dei prodotti (combustibile) e dei servizi (servizio calore) della filiera, il ruolo giocato dalle attività forestali di manutenzione dei boschi e di selvicoltura è tale da produrre diverse tipologie di benefici (vedi tabella qui sotto): in ambito ambientale ad esempio, si producono servizi ambientali nell'ambito del miglioramento della stabilità dei versanti, della prevenzione incendi e della gestione del regime delle acque, come pure nella salvaguardia della biodiversità e nella riduzione delle emissioni climalteranti.
2. **Le ricadute socio-economiche locali.** L'attivazione di una filiera legno-energia che abbia come punti di riferimento la valorizzazione dell'offerta di biomassa forestale locale e lo stimolo della domanda di una utenza locale, ha in sé gli elementi base per innescare uno sviluppo endogeno che porta facilmente a generare esternalità socio-economiche positive

sul territorio. Tipicamente si attivano impatti occupazionali e nuovi stimoli sull'imprenditorialità locale, con sostituzione di importazioni sia di combustibile che di unità di lavoro.

Le seguenti Tabella 20 e Tabella 21 riassumono i principali vantaggi e le principali barriere associabili alla filiera legno-energia in un contesto locale. Nel caso delle barriere, la rassegna di Tabella 21 riporta anche alcune strategie proponibili per superarle. Così pure il Riquadro di testo 1 sulla Banca del Bosco, riporta una esperienza significativa che descrive una politica di risposta per affrontare alcune delle barriere legate al frazionamento dell'offerta di biomassa forestale ed il risultante disincentivo alla valorizzazione energetica dei boschi.

**Tabella 20. I benefici potenziali derivanti dallo sviluppo della filiera legno-energia**

Tipologia benefici	Descrizione benefici potenziali
<b>Impatti macro-economici</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuove attività imprenditoriali e stimolo all'occupazione</li> <li>• Diversificazione delle attività agricole (foreste energetiche dedicate con approccio <i>Short Rotation Forestry</i>)</li> <li>• Sviluppo dell'ecoturismo e bioagricoltura se integrato con attività agricole esistenti</li> <li>• Miglioramento della qualità del bosco e sinergie economiche con prima lavorazione del legno</li> </ul>
<b>Impatti socio-economici</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Attivazione segmento di mercato del legno come materia prima per fini energetici</li> <li>• Risparmio energetico con conseguente diminuzione delle spese di riscaldamento familiare</li> </ul>
<b>Servizi ambientali locali</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ripristino viabilità boschiva</li> <li>• Riduzione rischio incendi</li> <li>• Contenimento dissesto idrogeologico</li> <li>• Possibilità di avviare un processo di gestione forestale coordinata su ampia scala</li> <li>• Miglioramento dei micro-climi locali</li> </ul>
<b>Benefici ambientali globali</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riduzione delle emissioni di CO2 e mitigazione ai cambiamenti climatici</li> <li>• Ripristino di tipologie di flora e fauna già impattate</li> <li>• Aiuto al ripristino dei cicli naturali di azoto, zolfo e carbonio</li> </ul>

**Tabella 21. Barriere allo sviluppo di energia dalla biomassa**

Barriere generali	Barriere 1° livello	Strategie risolutive
<b>Complessità' progettuale</b>	<b>Difficile garantire una elevata ed uniforme qualità del combustibile.</b> La variabilità' del contenuto di umidità del cippato influenza la combustione e i rendimenti	Filiere ben definite. Uso di mono-culture o mix omogenei. Unico fornitore di biomassa. Regolazione digitale della combustione. Servizio calore

	<b>Costi di produzione disomogenei.</b> Agli estremi ci sono i costi del cippato da esbosco su pendii elevati e i costi del cippato da recupero di legno da scarti industriali	Accurato studio di fattibilità della filiera. Scelte tecniche adeguate sia per cippatura che per caldaia. Combinazione caldaia con altri sistemi energetici quale integrazione con solare termico per utenze estive
	Molteplicità dei settori (pubblici e privati) coinvolti. Necessità di integrare diversi attori pubblici e privati locali assieme quali agricoltori, enti locali e assistenza tecnica per servizio calore	Coordinamento dell'iniziativa da parte di un attore che assuma leadership (ente locale o cooperativa di agricoltori esistente, impresa privata, ecc.)
	<b>Mancanza di coordinamento tra esperienze similari in corso e pregresse</b>	Maggior scambio di informazioni tra attività già avviate e attività da avviare. Creazione di modelli di filiera e di servizio calore ben descritti e documentati
	<b>Diffidenza da parte degli imprenditori verso attività non ancora consolidate.</b> L'energia rinnovabile è una attività imprenditoriale nuova che rimane ancora di nicchia per molti imprenditori.	Disseminare informazioni precise su redditività per certi tipi di filiere legno-energia e servizio calore.
	<b>Necessità di maggiori spazi rispetto a caldaie a gas o gasolio.</b>	Identificazione di un bacino di utenze vocate. Scelta ottimale dell'utenza e posizionamento caldaia.
<b>Difficoltà di equilibrare domanda e offerta</b>	<b>Alcune colture hanno poco potenziale e costi elevati.</b>	Sviluppare integrazione di filiere di biomassa diverse.
	<b>Biomassa difficile da reperire per alcune utenze.</b> In filiere non ben sviluppate, alcune utenze possono avere difficoltà nel procurarsi materia prima per la produzione di calore.	Produrre cippato asciutto, che si possa immagazzinare, garantire una fornitura continua e un sistema di consegna comodo
	<b>Monopolio locale.</b> Il cliente può avere poca scelta sui fornitori di biomassa locale che possono sviluppare un monopolio sui prezzi.	Sviluppo di politiche che proteggono il cliente da possibili rincari
<b>Scarsa diffusione di informazioni sulle potenzialità che offre il mercato in Italia</b>	<b>Forte competizione tra i vari settori del legno.</b> Forte competizione tra la destinazione uso energetico e altri impieghi quali la produzione di pannelli e di paste ad uso cartaceo	Diffusione di informazioni sulla redditività del servizio calore.
	<b>Notevole diversificazione degli utilizzatori finali.</b> La disponibilità a pagare per il cippato dipende molto dalla categoria dei consumatori. I piccoli e medi impianti pagano di più mentre la cogenerazione e centrali elettriche sono disposte a pagare di meno per tonnellata ricevuta	Fare un censimento accurato di possibili utenze e sviluppare un prezzo diversificato in base ai costi e prezzi di riscaldamento locale

<p><b>Clima di diffidenza per le energie rinnovabili e relative tecnologie di utilizzo</b></p>	<p><b>Mancanza di forme contrattuali standardizzate.</b> Non sono diffuse forme contrattuali standardizzate che definiscono il prezzo del cippato sulla base del suo contenuto energetico valutabile in base a peso e w</p>	<p>Certificazione e vendita cippato in base al proprio contenuto energetico.</p>
--	---	--

**Riquadro 1: La Banca del Bosco.** In Italia, circa il 60% dei boschi appartiene a privati (APAT,2003), con particolare rilievo per i cedui, ed è molto frammentata. Contemporaneamente, la tendenza alla crescita della superficie forestale è accompagnata dalla tendenza alla progressiva riduzione della quota-parte di tale superficie attivamente gestita. Gli estesi fenomeni di abbandono gestionale, che implicano rischi di stabilità dei soprassuoli, sono in gran parte dovuti ai problemi della frammentazione fondiaria ed alla ridotta diffusione di forme associative tra i proprietari che favoriscano una gestione corretta del patrimonio naturale. In Provincia di Biella si è voluto così lanciare l'idea di una Banca del Bosco, ovvero una Società pubblico/privata che favorisca la valorizzazione socio-economica delle aree boscate biellesi, attraverso una gestione attiva delle risorse forestali locali. La proposta di Banca del Bosco formulata dalla Provincia è la seguente: occorre creare un organismo pubblico al quale i proprietari forestali (pubblici e privati) possono demandare la gestione diretta dei propri boschi, a fronte di un "compenso" commisurato alla reale produzione del fondo stesso. Tale compenso non necessariamente dovrebbe essere di tipo monetario ma potrebbe essere sostituito da pagamenti in natura o servizi. Il proprietario deve essere impegnato per un periodo di tempo medio-lungo; infatti la gestione forestale necessita di programmazioni a lunga e lunghissima scadenza. Il proprietario resta libero di utilizzare il fondo per tutte quelle finalità che non contrastano con la vendita del legname ed è interessato alla buona gestione della proprietà (es. prevenzione dagli incendi) in quanto il compenso dovrebbe essere legato all'andamento della gestione. La banca del bosco chiaramente non avrà fini di lucro, per cui l'utile di gestione verrà riconosciuto prevalentemente ai proprietari. Come da statuto, gli scopi dell' iniziativa Banca del Bosco saranno:

- a) promuovere un rilancio dell'uso razionale della risorsa forestale sul territorio locale, sia attraverso azioni dirette che indirette;
- b) ottenere una significativa riduzione dei livelli di carbonio in atmosfera sia attraverso la promozione dell'uso di fonti energetiche rinnovabili, sia mediante interventi di afforestazione e riforestazione, nonché gestione forestale, di gestione dei suoli agricoli e pascoli e di rivegetazione;
- c) applicare e promuovere sul territorio locale i principi di buona gestione forestale;
- d) perseguire e diffondere la pratica della certificazione forestale;
- e) promuovere la diffusione di una cultura forestale responsabile e sostenibile sia all'interno del settore forestale che al di fuori;
- f) accrescere gli standard di sicurezza dei lavoratori del settore foresta-legno e contrastare il lavoro irregolare;
- g) promuovere lo sviluppo della filiera legno-energia.



## Parte 2: OPPORTUNITA' DI SVILUPPO PER TIPOLOGIE DI FILIERA BOSCO-LEGNO-ENERGIA

### 2.1. Introduzione: lo sviluppo del settore nella logica della concertazione di filiera

L'indagine conoscitiva e l'inquadramento dei principali elementi caratterizzanti le filiere bosco-legno-energia hanno messo in luce i parametri generali di convenienza economica ed i fattori di vincolo. In breve, la

Tabella 22 contiene un'analisi riassuntiva tipo SWOT (Strength, Weakness, Opportunities, Treats) che mette in luce alcuni dei principali punti di forza e delle principali criticità identificate con particolare riguardo all'uso del cippato da bosco per utenze di energia termica di piccola-media taglia.

**Tabella 22. Tavola riassuntiva SWOT sulle potenzialità delle filiere bosco-legno-energia per l'uso del cippato in impianti di riscaldamento a biomassa**

Punti di Forza	Punti di debolezza
Forte impulso alla gestione sostenibile e valorizzazione dei boschi cedui, con ricadute economiche locali ed impulso alle attività di manutenzione di una importante risorsa dell'ecosistema locale	Non può essere lasciata soltanto all'iniziativa privata, ma necessita di concertazione sia per i piani di gestione della risorsa forestale che per migliorare la competitività del prodotto cippato (concorrenza del cippato da scarto dell'industria del legno)
Mini-reti di teleriscaldamento e impianti di media taglia (100-500 KW) presentano elevata fattibilità e domanda potenziale per una ampia casistica di "utenze vocate" in zone montane e/o non metanizzate.	La soluzione tecnologica presenta costi di esercizio annuali molto bassi, ma costi di investimento iniziale sono elevati rispetto agli impianti a combustibili fossili. La promozione necessita dunque di accesso a strumenti di credito adeguati per approntare piani di copertura finanziaria sostenibili e costruiti in coerenza con il flusso di "risparmi" sulla bolletta energetica annuale da combustibile fossile.
Nei casi in cui si sostituisca un impianto a gasolio o a GPL, i risparmi annuali nei costi di esercizio (approvvigionamento di combustibile) sono spesso dell'ordine del 60-80 %. A seconda dei prezzi dei combustibili fossili, una caldaia a biomassa si può ripagare in media tra i 3-5 anni.	
L'implementazione di uno schema di "servizio calore" aumenta l'integrazione degli operatori della filiera, ottimizza la qualità della produzione e quindi la redditività dell'uso energetico della biomassa.  Le simulazioni dei flussi di cassa di una impresa che acquista/produce cippato ad € 50/Tonn. e vende calore ad 72/MWh indicano tempi di ritorno dell'investimento tra i 5 e i 7 anni.	Presume la presenza sul territorio di soggetti pubblici e privati motivati e capaci di giungere ad "accordi di filiera" o comunque di sottoscrivere forme di collaborazione nelle catene di produzione e di commercializzazione, e forme contrattuali che valorizzano il contenuto energetico della biomassa.  I costi di produzione (e quindi i prezzi di vendita) del cippato da bosco rimangono disomogenei.
Indagini preliminari confermano l'esistenza di un bacino di "utenze vocate" nel territorio Mugellano, alcune delle quali potrebbero costituire il volano per l'avvio della produzione di cippato	Per trasformare la domanda potenziale in domanda di mercato c'è bisogno di una seria organizzazione dell'offerta locale, che garantisca forniture, servizi tecnici, prezzi stabili, gestione efficiente.

Opportunità	Fattori di rischio
L'avvio della filiera si può tradurre in investimenti di capitale ed in investimenti per formazione di risorse umane locali, con conseguente impatto positivo sul tessuto economico, imprenditoriale ed occupazionale locale.	Gli investimenti pubblici e/o privati possono essere messi a rischio da eccessi di burocrazia ed iter autorizzativi/procedurali troppo aleatori e complessi.
Possibile impulso alla nascita di distretti energetici, con specializzazione e potenziale ampliamento di applicazioni e mercato (i.e. impianti di co-generazione e tri-generazione).	La progettazione della filiera deve tener conto dei vincoli dati dalla capacità di carico del bacino forestale locale. Altrimenti si rischia la non sostenibilità e la dipendenza dall'importazione di biomassa.
Esistono programmi di incentivazione a livello europeo, nazionale, regionale e provinciale.	Nei casi di incentivazione pubblica è importante evitare il rischio di un uso improprio di sussidi con effetti distortivi del mercato.

Appare dunque evidente che un processo di valorizzazione e promozione della catena produttiva foresta-legno-energia possa efficacemente rispondere alla domanda di energia termica in aree montane, ma l'attivazione di una filiera efficiente presenta anche elementi di complessità da gestire efficacemente ed elementi di rischio da conoscere e mitigare. Per questo c'è bisogno di una buona programmazione di tutte le fasi della filiera ed è auspicabile che sia soddisfatta la preconditione di una collaborazione fattiva tra enti pubblici e tessuto imprenditoriale locale. La costruzione ed il consolidamento di un efficiente settore bosco-legno-energia che valorizzi le risorse forestali del Mugello potrebbe quindi passare attraverso il supporto alla crescita di tre tipologie di impresa "energetica", strettamente legate da rapporti di collaborazione e di organizzazione della filiera di produzione e di commercializzazione.

La programmazione di un supporto pubblico allo sviluppo di questo mercato – oltre ad essere in linea con le linee strategiche contenute nel nuovo Piano di Sviluppo Rurale e con il richiamo all'adozione di strumenti quali gli "accordi di filiera" – sarebbe giustificato sia dai positivi impatti sulla sostenibilità dello sviluppo locale, paradigma alla base dei processi di Agenda 21 locale. Come esemplificato nella Figura 2, infatti, ove la sostenibilità è rappresentata nelle sue tre dimensioni sociale, economica ed ambientale, azioni per lo sviluppo della filiera portano sia impatti (indicati con una freccia) che interazioni positive (indicate con una freccia a due punte), che predominano rispetto agli impatti negativi: si innescano infatti impatti macroeconomici (ad esempio, effetti occupazionali, creazione di valore aggiunto locale ed impulso all'imprenditorialità locale), oltre che una ampia serie di esternalità positive sociali ed ambientali, che deriverebbero ad esempio da una valorizzazione dei boschi cedui, in termini di tutela ambientale, di prevenzione degli incendi, di salvaguardia dai rischi di dissesto idrogeologico e, non ultimo, di potenziale contributo alla riduzione delle emissioni climalteranti.

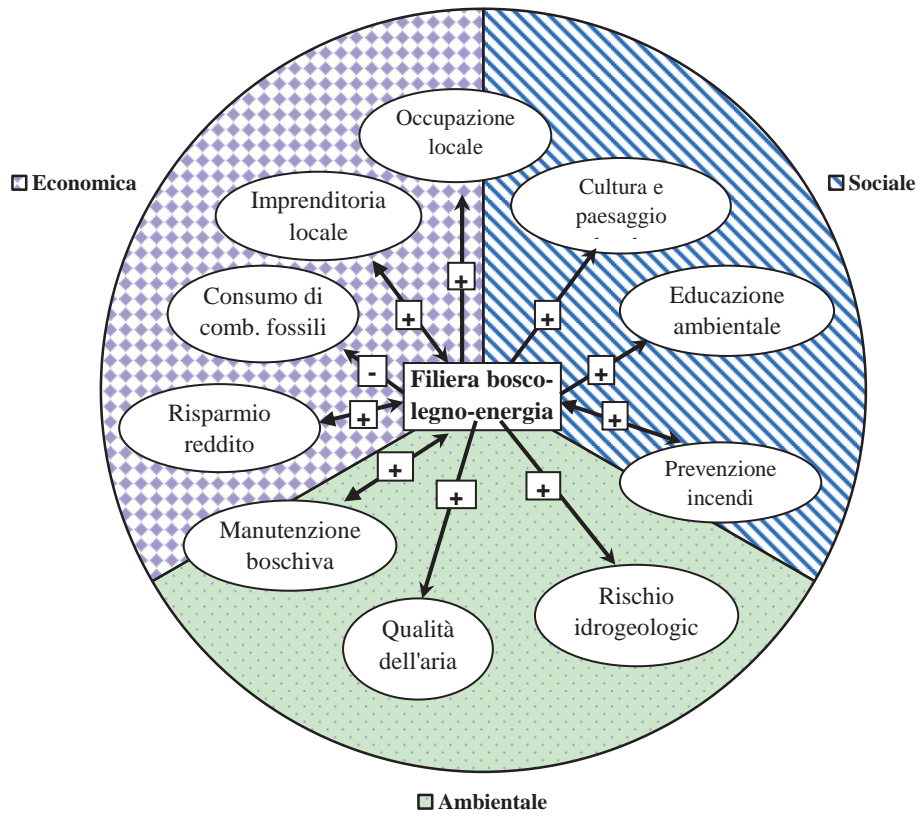


Figura 2. Impatti della filiera sulla sostenibilità locale

## **2.2. Il modello di impresa per la produzione e vendita a terzi del combustibile**

L'impresa di produzione del bio-combustibile si posiziona a monte della filiera bosco-legno-energia ed è generalmente tesa ad ottimizzare la gestione della risorsa forestale. Nel caso del territorio e della dotazione forestale del Mugello, questo tipo di impresa ha bisogno di focalizzare la propria attività sulla gestione e manutenzione di boschi prevalentemente cedui, e sull'esigenza di lavorare trovando un equilibrio tra gli usi tradizionali industriali del legname – legname da opera, paleria, ecc. –, gli usi energetici tradizionali, ovvero legna da ardere, e quelli di nuova generazione, ovvero cippato ed eventualmente pellet. Come si è visto nella prima parte, la redditività di questo tipo di impresa è legata ai fattori che determinano l'accessibilità e quindi la relativa "facilità" di allestimento dei cantieri di taglio ed esbosco alla base della catena produttiva. In particolare, per l'analisi costi-benefici della catena produttiva del bio-combustibile cippato è fondamentale dotare l'azienda di un rigoroso metodo di analisi capace di distinguere bene i centri di costo, e quindi di imputare al prodotto della filiera "energetica" pro-quota i costi di taglio ed esbosco ogni qual volta l'output delle operazioni di cantiere forestale sia multi-prodotto. Dalle indicazioni raccolte attraverso le interviste condotte agli attuali operatori traspare che questa esigenza è sentita e che tale obiettivo non è attualmente raggiunto, almeno in modo organico. Il CNR-Ivalsa, partner di questo progetto A21 MUSABi, ha iniziato a fornire assistenza tecnica su questo fronte e ha avviato misurazioni specifiche sui costi di taglio ed esbosco in cantieri forestali del Mugello al fine di fornire indicazioni sui costi per la fornitura di cippato in cantieri rappresentativi delle situazioni tipiche dei boschi del Mugello. Da questo lavoro, in corso di completamento, si spera di ottenere indicatori di costo di approvvigionamento riferibili a cantieri forestali ampiamente replicabili nel Mugello e dai dati in corso di elaborazione da parte dell'equipe del CNR-Ivalsa, con una specifica expertise tecnica in questo campo, si dovrebbero ottenere parametri utili per una disaggregazione dei costi di taglio ed esbosco capace di identificare la quota inputabile alla filiera "energetica".

Per questo tipo di impresa – e quindi per tutta la filiera bosco-legno-energia - è di fondamentale importanza che gli Enti Locali si rendano conto degli effetti macro-economici e dei servizi ambientali locali, dando vita a concrete politiche, interventi e misure a supporto della efficiente operatività di tali imprese, riconoscendo un "valore" al servizio multifunzionale e di stimolo all'economia locale da esse svolto. Questo anche in considerazione del fatto che il "mercato" del bio-combustibile è oggi distorto dalla presenza di fonti di approvvigionamento quali gli scarti dell'industria del legno, o anche il materiale di importazione. D'altra parte, nell'attuale fase di crisi energetica globale, è verosimile che i prezzi della biomassa offerta da questo tipo di impresa per la produzione di energia sia elettrica che termica rimangano tonici e quindi giustifichino la lavorazione di aree forestali meno accessibili e con costi di taglio/esbosco più elevati.

Dal punto di vista della programmazione della produzione di biomassa energetica, l'impresa agro-forestale ha bisogno di una grossa coordinazione iniziale. Prendendo spunto dal modello Austriaco dove nel 2002 circa il 16% delle abitazioni erano riscaldate con il legno-energia (Francescano e Antonini, 2004). Dal punto di vista dell'organizzazione efficiente del lavoro e dell'attività produttiva, l'impresa agro-forestale deve impostare investimenti ad hoc che le permettano di impostare una "piattaforma produttiva" che riesca ad identificare la domanda potenziale e a commercializzare il prodotto. Ne segue che senza il coinvolgimento diretto degli enti locali, questa attività può risultare più difficile se portata avanti solo su base imprenditoriale.

Ma l'impresa agro-forestale che produce il bio-combustibile – soprattutto se può contare su una collaborazione fattiva degli enti locali - può anche promuovere e copartecipare allo sviluppo di progetti di sviluppo di filiera con l'avvio di piccole reti di teleriscaldamento per utenze pubbliche,

allargando il proprio ruolo o collaborando con altri soggetti imprenditoriali locali fino a chiudere il cerchio del servizio calore. Come descritto nel Riquadro di testo 2, questo rapporto simbiotico tra operatori ed enti pubblici locali ha già dimostrato di funzionare come buona pratica in diverse situazioni ed in particolare l'esperienza in Provincia di Biella esemplifica la percorribilità della filiera.

Dalle indagini preliminari e le interviste condotte nel corso di questo studio, in Mugello si sta diffondendo la consapevolezza delle opportunità legate al nascente mercato della biomassa energetica sia presso gli enti di governo del territorio che presso gli operatori forestali.

**Riquadro 2: L'esperienza delle cooperative forestali in Provincia di Biella**

Con un ruolo attivo di facilitazione e promozione da parte di Agenbiella (Agenzia per l'Energia dell' Ente Provincia), sono state avviate esperienze emblematiche di filiera bosco-legno-energia che hanno consolidato sul territorio montano della Provincia alcune filiere corte di fornitura del cippato e susseguentemente hanno integrato anche il servizio di fornitura del servizio calore ad utenze pubbliche. La cooperativa Il Picchio, formata da 7 soci, impiega 8/9 persone e produce annualmente circa 3000 quintali di cippato. La cooperativa nata nel 1981 è dotata di una attrezzatura che include due carri forestali e due trattori, un verricello per esbosco e un autocarro, assieme ad un deposito coperto per lo stoccaggio del cippato. E' stata la prima cooperativa forestale a fornire un servizio calore ad un edificio pubblico in provincia di Biella e ora ha esteso la propria area di mercato anche alla provincia di Vercelli.

La cooperativa dell'Alta Valle dell'Elvo è formata da 4 soci ed ha avviato l'attività con attrezzatura affittata. Anche essa produce circa 3000 quintali di cippato. Le Comunità Montane Alta e Bassa Valle Elvo ed i comuni interessati, assieme ad Agenbiella, hanno contribuito alla identificazione del bacino forestale principale da valorizzare – un'area di circa 300 ettari di bosco ceduo. Sono stati realizzati diversi impianti di teleriscaldamento a cippato di legna: nel Comune di Zimone un impianto di 170 kW con mini-rete di 200 metri che fornisce calore al municipio, all'asilo ed ai locali di una associazione no-profit; nel Comune di Occhieppo Superiore un impianto da 500 kW con mini-rete di 100 metri riscalda il municipio, le scuole materna ed elementare e la palestra (in totale 9500 metri cubi); e nel Comune di Zubiena un impianto di 400 kW , in cui si fornisce calore al municipio, alla farmacia e all'ufficio postale. La cooperativa serve queste utenze pubbliche con un contratto di servizio energia a circa € 30/MWh. In tutti in casi in cui l'approvvigionamento di cippato deriva da attività di manutenzione di boschi comunali, si ottiene un risparmio di risorse in termini di costi di smaltimento dei residui forestali.

Oltre al mercato, in gran parte informale, della legna da ardere tradizionalmente diffusa nel settore domestico rurale, che impiega svariate piccole imprese e operatori individuali, sono presenti in particolare due aziende forestali che hanno avviato prime esperienze di commercializzazione della biomassa per uso energetico in tronchetti e in cippato.

La società cooperativa Agriambiente Mugello con circa 80 addetti di cui 60 impegnati a fornire servizi forestali a terzi, gestisce 800 ettari di boschi di proprietà ed è impegnata in attività di gestione del patrimonio forestale del Demanio. Ha iniziato a valorizzare il legname di scarto (1-2000 Tonn./anno) con la preparazione di tronchetti di legna per il fabbisogno delle centrali termo-elettriche a biomassa in Nord Italia. Inoltre, ha iniziato a studiare l'opportunità di avviare una

piattaforma produttiva del cippato e dalle prime valutazioni di fattibilità sembra che sia necessario partire una massa critica di cippato per il mercato di 4000-5000 tonnellate annue.

Il consorzio forestale Futa-Le-Ener ha da poco avviato un percorso di valorizzazione di legname di scarso pregio per produzione di cippato. Al fine di ottimizzare la logistica, la modalità operativa è quella di organizzare piazzali di raccolta del legname presso i cantieri forestali, in modo da trasformare il prodotto in cippato direttamente "all'imposto", cippato che viene poi caricato e trasportato direttamente alle utenze energetiche. Il consorzio Futa Le-Ener sta studiando le opportunità di sviluppo e di servizio energetico locale. Tuttavia, è da sottolineare che entrambe gli operatori al momento "esportano" legna e cippato a centrali termo-elettriche del Nord Italia sulla base di contratti di fornitura con prezzi che non valorizzano la risorsa e con una incidenza dei costi di trasporto che raggiunge quote pari al 40 % del prezzo.

Sul territorio Mugellano opera poi la Pianvallico Spa, una società mista a prevalente capitale pubblico (e di cui la Comunità Montana del Mugello è socia) per la promozione e lo sviluppo territoriale, che ha da tempo espresso un certo interesse a costruire un partenariato finalizzato alla realizzazione di una “paiffaforma produttiva” della biomassa per uso energetico, e che contribuisca a creare rapporti sinergici tra gli operatori e dia impulso alla filiera locale razionalizzando la produzione, lo stoccaggio ed il trasporto del bio-combustibile.



### **Riquadro 3: Agricoltore auto-produttore di calore serve due abitazioni vicine**

L'agricoltore Giovanni Rigoni di Sandrigo (Vicenza) ha scelto di scaldare il proprio casale e due abitazioni vicine (2500 m<sup>3</sup>), collegate ad una minirete di teleriscaldamento di 40 metri, impiegando prevalentemente il legno prodotto annualmente da 4 km di siepi campestri che orlano i 35 ettari di campi di sua proprietà. Alimentando con la propria legna (circa 270 quintali/anno) una caldaia di 75 kW, il sig. Rigoni ha calcolato come riesce a risparmiare circa un terzo rispetto alla spesa per consumo di combustibile sostenuta precedentemente con il gas metano. Il tempo di ritorno dell'investimento nella nuova caldaia a biomassa, grazie anche al contributo del modello "scalda il tuo vicino", è stato di circa tre anni.

Un caso di buona pratica di questa filiera in condizioni locali similari ad imprese agrituristiche del Mugello proviene dalla zona di Città di Castello, località Monterosello, ove una azienda che si definisce agri-bio-forestale-agrituristica ha installato una mini-rete di teleriscaldamento (soli 100 metri lineari) per servire i locali dell'agriturismo (30 posti letto per 220 metri cubi) con una caldaia (115 KW di potenza) a cippato di propria produzione, grazie alla gestione forestale dei 70 ettari di bosco della proprietà. Come riassunto nel Riquadro 4, la sostituzione della opzione energetica a gasolio ha significato un abbattimento dei costi di esercizio del 60 % e un risparmio annuale netto di € 16.720 con conseguente tempo di ammortamento

### **Riquadro 4. Autoproduzione di energia termica in agriturismo a Monterosello**

Costo investimento: € 25.000 (con 40 % incentivo)  
Gasolio risparmiato: 51.000 Lt./anno  
Prezzo gasolio riscaldamento (2005): € 1,045/Lt  
Risparmio annuale gasolio: € 15.700  
Consumo annuale cippato: 50 Tonnellate  
Costo di produzione cippato: € 70/tonn.  
Costo annuale cippato: € 3.500  
Risparmio annuale netto: € 12.200  
Tempo di ammortamento: **2 anni**

dell'investimento limitato a soli 2 anni, grazie ad un piano finanziario con un contributo regionale in conto capitale del 40% e un mutuo agevolato (tasso 5,5%) sul restante 60 % dell'investimento.

Un altro esempio di auto-produzione di energia termica proviene dal Veneto, ove un gruppo di sette abitazioni all'interno di un parco per un totale di 15.000 metri cubi sono state dotate di una nuova caldaia a biomassa di 400 kW centralizzata in sostituzione delle 7 caldaie a gasolio (che rimangono oggi collegate in stand by). Il sistema viene alimentato con biomassa che proviene in parte da una coltivazione di un'area agricola di proprietà ed in parte dalla manutenzione del parco nel quale le unità abitative sono inserite. I dati riportati nel Riquadro 5 mostrano come l'investimento globale per il nuovo sistema è stato di circa € 181.000, comprensivo di caldaia, installazione, deposito di stoccaggio del cippato, rete di distribuzione (500 metri lineari), impiantistica e scambiatori di

### **Riquadro 5: Dati minirete teleriscaldamento con caldaia 400kW a biomassa auto-prodotta**

Volume riscaldato: 15000 mc  
Costo investimento: € 181.000  
Gasolio risparmiato: 51.000 Lt./anno  
Prezzo gasolio riscaldamento (2005): € 1,045/Lt  
Risparmio annuale gasolio: € 53.800  
Consumo annuale cippato: 160 Tonnellate  
Costo di produzione cippato: € 41/tonn.  
Costo annuale cippato: € 6.560  
Risparmio annuale netto: € 47.240  
Tempo di ammortamento: **3,8 anni**

calore. A fronte di tale investimento, tuttavia, la sostituzione dei consumi di gasolio di ben 7 caldaie, pari a circa € 53.800 annui, assieme alla possibilità di approvvigionamento con cippato



autoprodotta si traducono in un risparmio annuale netto di € 47.240 e quindi il tempo di ammortamento dell'investimento si attesta su circa 4 anni (nel caso di assenza di oneri finanziari).

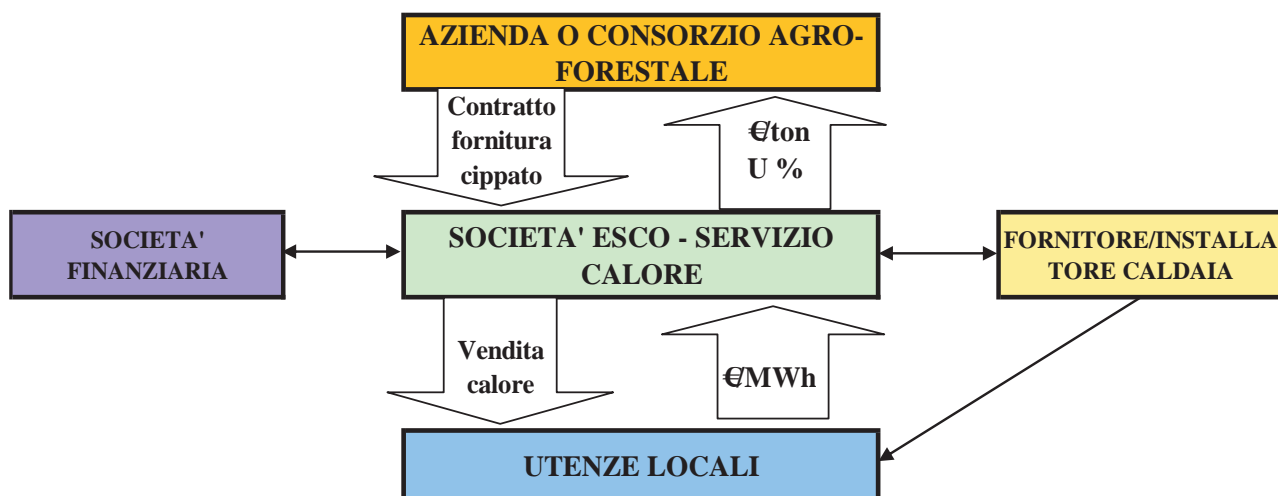
## **2.4. Il modello di impresa integrata per la vendita del servizio calore (Biomassa ESCo)**

Tra i modelli di impresa più interessanti per redditività e potenziale di mercato sicuramente spicca il modello di impresa integrata (o consorzio di imprese) per la vendita del servizio calore. In una logica di integrazione di filiera, questo modello vede di regola più realtà imprenditoriali consorziate o per lo meno legate da “accordi di filiera” – dall’azienda forestale, al gestore del servizio energetico, all’installatore dei sistemi termici - che coordinano i propri ruoli per offrire il servizio calore a biomassa partendo dalla produzione di cippato prevalentemente di origine forestale locale. Un rapporto stretto tra il produttore di biomassa locale ed il gestore del servizio calore (quando non siano la stessa entità) è quindi strategicamente importante per garantire l’approvvigionamento, per garantire la qualità del bio-combustibile, per la stabilità dei prezzi e, non ultimo, per la sostenibilità della filiera. In realtà montane appenniche come quella Mugellana, sembra particolarmente interessante studiare approfonditamente le opportunità di sviluppo di un modello di offerta servizio calore con mini-reti di teleriscaldamento per bacini di utenze “vocate” di piccola e media taglia. Dal lato dell’offerta di biomassa, infatti, una tale scelta strategica permette maggiore flessibilità e un dimensionamento del proprio mercato di riferimento in sintonia con i limiti dell’offerta di cippato da foresta locale. Dal lato della domanda, come già indicato nella Tabella 18 dei costi comparati dell’energia termica da cippato e da fonti fossili, l’utenza ha un forte incentivo dal risparmio potenziale sui costi del combustibile, assieme ad una minore incertezza sulla stabilità dei prezzi. Il problema principale per l’utenza, una volta assicurata sulla garanzia di continuità del servizio di approvvigionamento, è quello del costo di investimento per la nuova caldaia a biomassa. Si tratta, in altri termini, di un problema non di natura economica in quanto il risparmio ottenibile sui costi operativi (approvvigionamento di combustibile) è per la maggior parte dei casi superiore al 70%, ma piuttosto di un problema di natura finanziaria: la barriera principale è, e rimane, il finanziamento del costo di investimento iniziale per la nuova tecnologia. In questo tipo di situazione, il modello di filiera bosco-legno-energia più promettente è quello dell’integrazione di operatori locali per l’offerta di servizio calore con un architettura di filiera tipo ESCO (*Energy Service Company*)<sup>8</sup> che si potrebbe definire filiera *Biomassa ESCO*.

Lo schema *Biomassa ESCO* può portare all’ottimizzazione della filiera di fornitura del servizio calore e ruota – come evidenziato nella Figura 4 – intorno alla società di servizio energetico che può avere un legame di fornitura del bio-combustibile con una azienda forestale locale o anche trovarsi nelle condizioni di costituire una società consortile con il fornitore di bio-combustibile. Uno o più fornitori di tecnologia entrano in relazione con la società di servizio energetico per l’offerta delle caldaie a biomassa e possono siglare con la stessa accordi per fornire anche servizi aggiuntivi di installazione e/o manutenzione.

---

<sup>8</sup> Non ancora oggetto di specifica normativa in Italia, le ESCO sono una tipologia di impresa la cui ragion d’essere è l’ottenimento di un margine di profitto dal risparmio ottenibile attraverso un miglioramento dell’efficienza energetica nella erogazione del servizio energetico alla propria clientela. Gli interventi tecnici e gli investimenti per ottenere il risparmio energetico sono finanziati dalla ESCO (in proprio od attraverso società finanziarie terze) per cui l’utenza non ha bisogno di affrontare il problema del finanziamento degli investimenti.



**Figura 4. Lo schema di filiera integrata per il servizio calore (Biomassa ESCO)**

La capitalizzazione della società/consorzio *Biomassa ESCO* è un aspetto molto importante in quanto la società di servizio energetico deve offrire all'utenza locale la nuova soluzione calore assorbendo il costo di finanziamento dell'investimento tecnologico: di regola, se non pienamente dipendente dal capitale proprio, lo schema ESCO può dunque coinvolgere anche una società finanziaria o una banca come fornitore di meccanismi di credito a medio-lungo periodo che permettano l'ottimizzazione dei flussi finanziari con i risparmi ottenibili sul fronte dell'approvvigionamento di combustibile. Tali risparmi, a seconda della tipologia di contratto di servizio calore stipulato con la utenza, costituiscono, in tutto od in parte, la risorsa che remunera la gestione della ESCO e coprono il costo del meccanismo di credito adottato. La società finanziaria deve essere anche in grado di comprendere il flusso di cassa e la redditività dell'azienda agro-forestale per poter rispondere ad eventuali fabbisogni di finanziamento per gli investimenti nella catena produttiva del cippato.

La casistica dei contratti ESCO prevede le seguenti principali tipologie di "canone" all'utenza per la fornitura del servizio energetico:

1. Canone con formula "risparmio condiviso", in cui la società ESCO e l'utenza si accordano per una contitolarità dei risparmi (ad esempio, 70 % del risparmio alla ESCO e 30 % all'utenza) e di conseguenza si definisce un equilibrio tra durata del contratto ed il periodo di ritorno dell'investimento.
2. Canone *First Out* (o a cessione globale limitata), per cui l'utenza riconosce alla ESCO il 100% del risparmio conseguito, cioè per un periodo limitato fino alla totale restituzione del capitale, incluso il valore degli oneri finanziari.
3. Canone a "risparmio garantito", in cui la società ESCO si impegna a garantire l'utenza che alla scadenza del contratto di servizio, il risparmio ottenuto dal cliente non sarà inferiore all'ammontare dell'investimento comprensivo degli oneri finanziari.

Il flusso di cassa dell'impresa per il servizio calore sarà quindi determinato dalla capacità dell'impresa di valorizzare i risparmi sui costi di approvvigionamento combustibile per le sue diverse utenze. E ovviamente dipende dall'andamento dei costi medi di approvvigionamento di bio-combustibile che, in un'ottica di produzione locale di cippato e mercato locale di tele-riscaldamento

di taglia media e piccola, dovrebbero essere caratterizzati da maggiore stabilità rispetto a quelli dei combustibili fossili. Con lo sviluppo di centrali di co-generazione di taglia medio-grande per la produzione di energia termica ed elettrica, tuttavia, è possibile che si assista a maggiori tensioni sui prezzi e sulla disponibilità di biomassa che potrebbero influenzare anche i mercati e le filiere locali di biomassa.

Riassumendo, nel caso più generale, il flusso di cassa derivante dall'attività di servizio calore è calcolabile contabilizzando le seguenti voci di reddito e di costo. Le entrate sono costituite dalla vendita del servizio calore ( $V_p$ ; in €/kWh/anno). Le principali voci di costo sono invece da attribuire a:

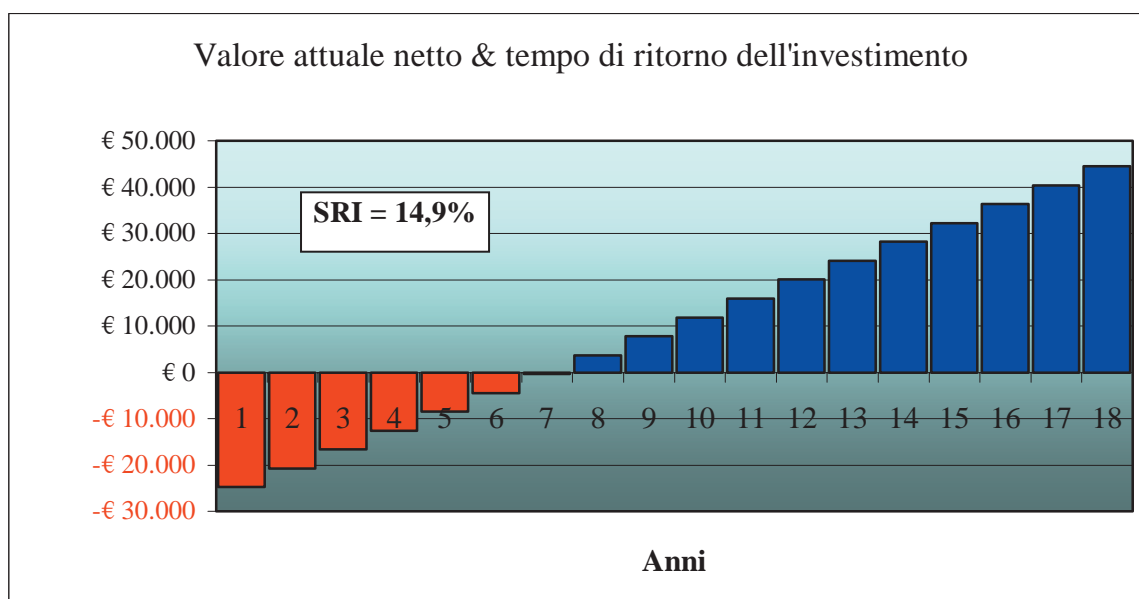
- costo di acquisto della biomassa ( $C_b$ );
- costo per il trasporto della biomassa ( $C_t$ );
- costo di cippatura della materia prima ( $C_{pt}$ );
- consumi elettrici ( $C_e$ );
- costi legati all'impiego di altri combustibili ( $C_{c;}$ );
- manodopera ( $C_m$ );
- manutenzione e riparazione impianti ( $C_r$ );
- costo del capitale per il finanziamento degli impianti ( $C_i$ ).

Ne deriva che il flusso di cassa annuale è dato da:

$$FC = V_p - (C_i + C_b + C_t + C_{pt} + C_e + C_{c;} + C_m + C_r)$$

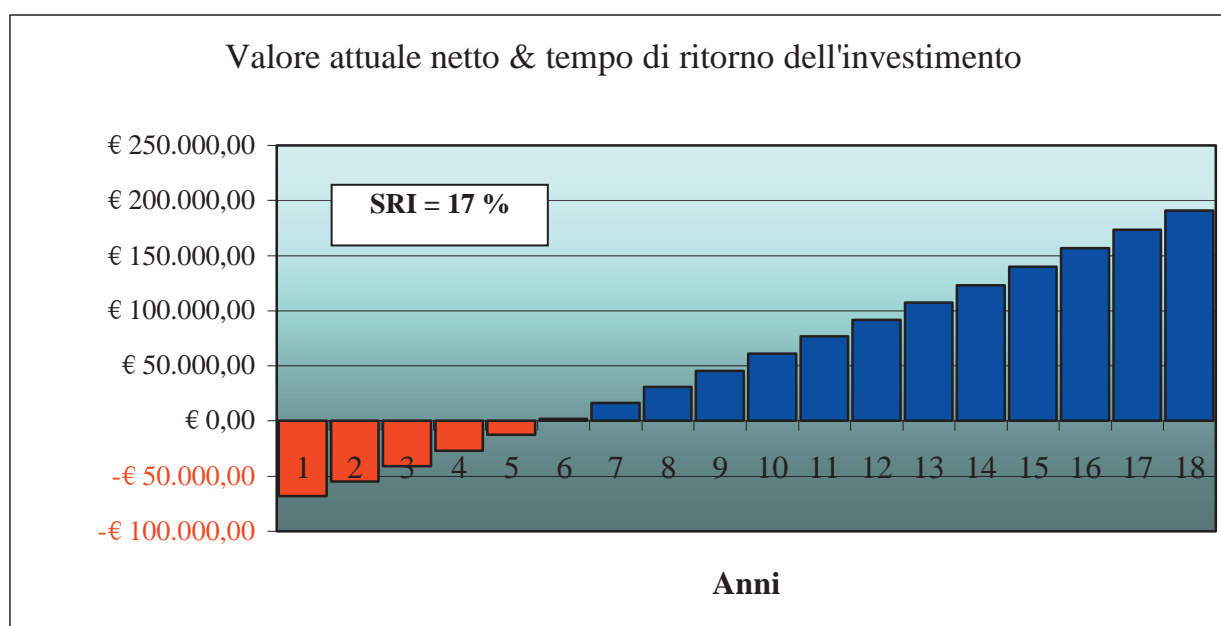
Una delle esperienze più interessanti riportate in letteratura (Francescato, Antonini, 2005) per la filiera di servizio calore su scala locale e per piccole-medie utenze è quella avviata dall'azienda agricola forestale Soccol presso Agordo. L'azienda Soccol è infatti produttrice di cippato e ha costituito la società Ecodolomiti Srl, come operatore che fornisce caldaie a cippato ed il servizio calore con formula ESCO ad utenze locali. A partire dai dati di monitoraggio raccolti su di un progetto in cui la Ecodolomiti Srl fornisce servizio calore agli uffici ed i magazzini di una fabbrica in Agordo, integrati con nostre stime per costruire uno scenario di flusso di cassa per i 18 anni di ciclo di vita dell'impianto, la dinamica del flusso di cassa attualizzato (tasso del 4%) si può riassumere nel Grafico 10. Sulla base di un set di dati sulla dinamica di consumo annuo di cippato (al prezzo di € 15 per metro stero) e di una tariffa di servizio calore di € 72 per MWh erogato, ed un costo di investimento per l'installazione della caldaia pari a € 32000 (90 kW), e nell'ipotesi di assenza di contributi pubblici, si stima che il tempo di ritorno dell'investimento è di circa 7 anni e il saggio di rendimento interno pari al 14,9 %.

Grafico 10. Dinamica del flusso di cassa attualizzato e tempo di ritorno dell'investimento



Il Grafico 11 successivo riassume la dinamica del valore attuale netto nel caso di simulazioni condotte sull'ipotesi di erogazione del servizio calore ad un gruppo di tre utenze simili. Si suppone che questo si traduca nell'ottenimento di piccole economie di scala sia nell'approvvigionamento di cippato (riduzione del costo del cippato a € 14 per metro stereo), che nel costo di investimento sostenuto (4% di sconto sulla fornitura degli impianti), e che sia accompagnato da un aggiustamento della tariffa per il servizio calore, attraverso un rinnovo quinquennale del contratto di servizio con un piccolo aumento (+ 5% al 6°, 11° e 16° anno) del canone nell'arco del ciclo di vita dell'investimento. Queste modifiche ai parametri di analisi finanziaria porterebbero il tempo di ritorno dell'investimento a circa 5 anni, con un VAN pari a circa € 61.000 nel decimo anno dell'investimento, e con un saggio di rendimento interno pari al 17 %.

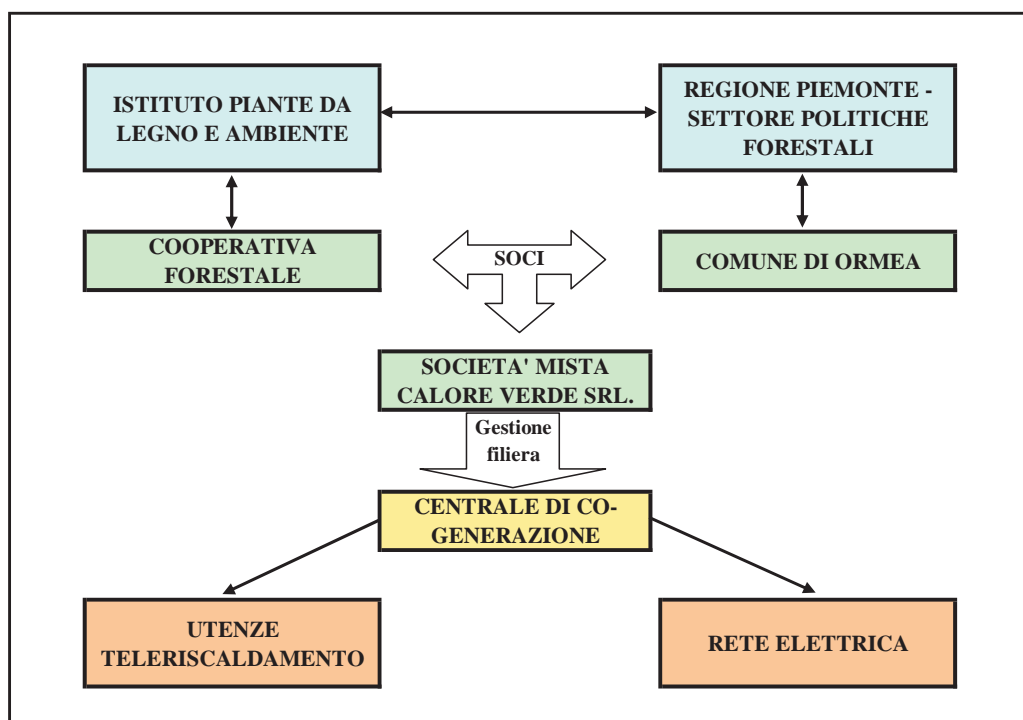
Grafico 11. Dinamica del valore attuale netto e tempo di ritorno dell'investimento.



Uno degli elementi di maggiore forza di uno schema gestionale in cui l'azienda forestale produttore di cippato e l'impresa ESCO sono consorziati (o sono la stessa entità economica) è che si massimizza l'incentivo alla produzione e fornitura di un bio-combustibile di qualità in modo da

ottimizzare il servizio calore e quindi i ricavi delle vendite di energia termica. Questo aspetto, assieme al fatto che la filiera viene avviata a partire dalla gestione della biomassa forestale disponibile localmente, determina un ulteriore elemento di forza, ovvero la minimizzazione del rischio di mancato approvvigionamento e/o di forte oscillazione dei costi di approvvigionamento, sia al livello della società di servizio calore, che trova nell'azienda forestale il proprio fornitore primario (se non unico) di cippato, vincolato a garantire stabilità nel volume annuale e nel prezzo del bio-combustibile, sia al livello dell'utenza, con la quale nello schema ESCO si sottoscrive di regola un contratto di fornitura del servizio pluriennale e ad un canone fisso.

Il modello di impresa consortile per il servizio calore si caratterizza sul mercato anche con impianti di taglia superiore a quelli identificati in questo studio come impianti per mini-reti di teleriscaldamento (100-500 kW). Questi impianti a biomassa multi megawatt alimentano reti di teleriscaldamento più importanti e spesso operano anche in co-generazione, vendendo quindi il servizio calore e assieme l'elettricità prodotta. Tali impianti sono sviluppati soprattutto nel nord Italia e l'appetibilità di questi investimenti, assieme alla sostenibilità ambientale, dipendono dall'attenzione esercitata nel a) dimensionamento della domanda energetica locale e nel b) dimensionamento di questi impianti nel rispetto della capacità di approvvigionamento da bacini di bio-combustibile locali. Un esempio di impianto energetico a biomassa di taglia grande ma sviluppato in coerenza con il bacino di approvvigionamento del territorio di riferimento è la centrale di Ormea in Provincia di Cuneo, localizzata in un'area ove il coefficiente di boscosità è pari al 55 % del territorio comunale, ove operano otto imprese boschive oltre a diversi boscaioli con ditta individuale, e ove l'amministrazione pubblica ha a cuore la valorizzazione della risorsa forestale. Più che per le considerazioni di fattibilità economica, il caso della Centrale di Ormea è utile a esemplificare, come schematizzato nella Figura 5, il tipo di concertazione e di relazione sinergica tra gli attori coinvolti nello sviluppo della filiera e di una partnership pubblico-privata. In questo contesto collaborativo, infatti, il processo di sviluppo dell'attività forestale per uso energetico ha visto il Comune di Ormea ed una cooperativa forestale formare una società mista - Calore Verde Srl - allo scopo di gestire integralmente la filiera bosco-legno-energia per una centrale di teleriscaldamento di 4 MW che serve attualmente il municipio, e altre 250 utenze sia pubbliche che private. Il piano di sviluppo dell'impresa, anche grazie a strumenti di credito messi a disposizione della Fingranda Spa, società finanziaria partecipata dalla Provincia, prevede di passare dalle attuali 3000 tonnellate annuali di legname cippato a 5000 tonnellate/anno, assieme ad un raddoppio delle utenze del servizio calore. Inoltre, la collaborazione tra ente locale e Regione Piemonte ha permesso di facilitare e rendere più fluida la pianificazione degli interventi forestali portando alla definizione di Piani Forestali Aziendali (Spinelli, Mao, 2004) in cui si sta tentando di ottemperare alle esigenze di razionale selvicoltura e allo stesso tempo alle esigenze di taglio con caratteristica di fattibilità economica per l'approvvigionamento della centrale. Stime condotte sui costi di taglio, esbosco e cippatura mostrano una ampia gamma di valori compresi tra € 43 e € 78 per tonnellata di cippato, con valori medi sugli € 57/tonnellata. Ciò riporta al dibattito sovrapprezzo da pagare rispetto all'approvvigionamento da scarto di segheria (Spinelli, Mao, 2004) e richiama la possibilità concreta di mettere in atto – soprattutto nei casi in cui esiste una concertazione di filiera e una partenariato pubblico-privato – soluzioni che redistribuiscano tale sovrapprezzo tra i produttori di biomassa e tra gli utilizzatori facendo leva su politiche e misure a sostegno del settore e a sostegno della gestione del territorio e della risorsa forestale.



**Figura 5. Lo schema del partenariato per la centrale di Ormea**

Un'altra esperienza interessante di teleriscaldamento a larga scala è quella della centrale di cogenerazione di Tirano (20 MW termici e 1,1 MW elettrici), che alimenta 438 utenze con una rete di teleriscaldamento di quasi 24 km. Questa centrale a biomassa produce energia utilizzando lo scarto di due segherie presenti nell'arco di 1 km di distanza e che coprono circa un terzo del fabbisogno di biomassa della centrale. Il resto del bacino di approvvigionamento è costituito da segherie ed aziende forestali che si trovano in località tra i 7 e gli 80 km di distanza nella Bassa e nell'Alta Valtellina. Questo è un chiaro caso di un'impresa che dipende da un bacino di biomassa locale e quindi presenta un carattere di sostenibilità della filiera e, allo stesso tempo, presenta forte competitività, data dall'accesso ad una biomassa da scarto di lavorazione e a costi contenuti, e dalla diversificazione dei flussi di reddito (vendite di calore, vendite di elettricità e incasso dei certificati verdi). La Tabella 23 illustra i principali dati sull'operatività della centrale. Dai risultati dell'anno di esercizio 2003/04 si può osservare che sommando il valore del gasolio risparmiato e il valore della biomassa acquistata localmente, la gestione della filiera si traduce direttamente ed indirettamente in ricadute economiche locali per circa € 5 milioni all'anno. La tabella riporta anche i dati di esercizio di un mese di picco dell'attività produttiva (febbraio 2005), ove si confrontano i valori dei diversi flussi di ricavi mensili con il costo della biomassa utilizzata, e si può notare come per ogni euro speso per l'acquisto del cippato dalle segherie locali, l'energia termica venduta attraverso la rete di teleriscaldamento produce ricavi per € 4,37 e l'energia elettrica (incluso il premio ottenuto con i certificati verdi) produce ricavi per € 1,27.

**Tabella 23. I principali dati sull'operatività della centrale.**

Dati operatività centrale	Unità	Totale
Energia termica venduta (anno 2003-2004)	KWh	29.831.323
Energia elettrica prodotta (anno 2003-2004)	KWh	9.857.774
Biomassa utilizzata (anno 2003-2004)	Mcs	132.287

Gasolio e/o O.C risparmiati (anno 2003-2004)	Lt/Kg	5.440.000
Valore del gasolio risparmiato (anno 2003-2004)	€	3.631.200
Valore della biomassa utilizzata (anno 2003-2004)	€	1.362.660
Ricavi mensili (febbraio 2005) energia termica	€	361.187
Ricavi mensili (febbraio 2005) energia elettrica	€	42.586
Ricavi mensili (febbraio 2005) certificati verdi	€	62.523
Costo mensile (febbraio 2005) biomassa	€	82.565
Rapporto ricavo/costo energia termica	€	4,37
Rapporto ricavo/costo energia elettrica (con C.V.)	€	1,27

Fonte: Righini, 2005

Vale la pena di chiudere la rassegna di casi esemplari di filiera integrata legno-energia con il modello *Holzenergie Contracting* implementato in Austria, che ci riporta ad una dimensione di attività più consona alla realtà territoriale del Mugello e alla tradizione ed esperienza italiana del cooperativismo nel settore agricolo. Si tratta infatti di una applicazione di grande successo dello schema di gestione del servizio calore per mini-reti di teleriscaldamento da parte di una società tipo ESCO, costituita da agricoltori ed operatori forestali in forma societaria cooperativa (Jauschnegg, 2005). Va sottolineato che, anche in questo caso, l'avvio dell'iniziativa imprenditoriale è avvenuto grazie alla collaborazione ed il rapporto sinergico instauratisi tra un ente regionale per l'energia (Regionalenergie Steiermark in Styria) e gli imprenditori agro-forestali. Lo schema operativo è quindi simile a quello illustrato nel modello Biomassa Escò, ove la cooperativa di agricoltori integra tutte le attività della filiera agri-energetica dalla produzione del cippato al servizio calore per utenze

pubbliche e private. Lo schema finanziario di investimento nell'impianto a biomassa prevede che questo sia offerto all'utenza in regime di leasing con un contratto di 15 anni: la cooperativa agri-energetica è quindi proprietaria dell'impianto e ne garantisce la gestione e manutenzione, mentre l'utente ha la sola responsabilità di investire nelle opere civili (locale caldaia e canna fumaria). Come illustrato nel Riquadro 6, la cooperativa ha ormai un portafoglio di oltre 140 impianti a regime (13,5 MW), oltre a 30 nuovi progetti da avviare (2005). I contratti di servizio energia prevedono un sistema di tariffazione complesso ma interessante: per ogni installazione si richiede all'utenza una tariffa di connessione (una tantum) che oscilla tra € 145 ed € 330, a seconda del tipo di edificio, mentre la tariffa servizio calore ha una quota fissa di servizio tra € 14,50 e € 18 per KW installato per anno, un parte legata al consumo che oscilla tra € 43,50-51/MWh ed una quota mensile fissa per la lettura dei consumi di € 8-14,50. La struttura tariffaria, quindi, offre un modello

#### **Riquadro 6: Holzenergie Contracting (Austria)**

Società cooperativa formata da soci agricoltori e forestali

Impianti a cippato gestiti: 140 (2004) = 13,5 MW

Dimensioni tipiche dell'utenza: 50-300 KW

Tipologia contratto: servizio calore per 15 anni con tariffa composta ed in parte indicizzata:

- Connessione (una tantum): € 145 – 330
- Quota fissa annuale: € 14,50 - 18 per KW
- Quota per consumi: € 43,50 - 51/MWh
- Quota fissa mensile lettura: € 8-14,50

Sintesi dati redditività della cooperativa:

- Costo produzione cippato (con trasporto): € 18,6/m<sup>3</sup>
- Reddito da servizio calore: € 21,5/ m<sup>3</sup>
- Margine lordo: € 2,90/m<sup>3</sup> , equivalente al 5,8 % di remunerazione annua del capitale (per 15 anni) per il socio che investe nelle quote della cooperativa circa € 50 per m<sup>3</sup> di cippato prodotto



interessante anche per la capacità di autofinanziamento della cooperativa: secondo la camera di commercio della Styria infatti la copertura finanziaria della maggior parte dei progetti intrapresi è formata da una quota del 10-20 % di autofinanziamento della cooperativa, una quota del 30-40% di sussidio pubblico, e la restante parte (40-60%), può essere coperta da risorse a credito ottenibili e rimborsabili sulla base del gettito delle tariffe di connessione e di servizio. In definitiva, il modello Holzenergie Contracting offre spunti interessanti per la costruzione di filiere integrate di servizio calore ove il fulcro dell'attività d'impresa ruota attorno agli imprenditori agro-forestali organizzati in cooperativa. Gli elementi di forza di questo schema organizzativo dal punto di vista dell'impresa cooperativa – oltre a quelli tipici del modello ESCO - sono quindi:

- L'agricoltore vende il legno cippato e l'energia alle utenze massimizzando la remunerazione
- Il socio della cooperativa è incentivato a produrre cippato di elevata qualità ed elevato contenuto energetico
- Ne consegue una più razionale gestione delle risorse forestali e una maggiore omogeneità di prodotto
- Ottenimento di economie di scala e leveling-off delle perdite della filiera produttiva
- Integrazione delle attività produttive con attività di servizio (manutenzione e servizi post-vendita) remunerative

## 2.5 Considerazioni conclusive

Il territorio della Comunità Montana del Mugello si conferma come un'area con un'importante potenziale per la valorizzazione energetica della risorsa boschiva, soprattutto per quanto concerne l'utilizzazione dei boschi cedui e la produzione di cippato per il servizio calore locale. Tale potenziale bacino di offerta per una filiera bosco-legno-energia è tuttavia caratterizzato da una certa varietà di condizioni di fattibilità, che dipendono dai diversi fattori di convenienza alla gestione di cantieri di taglio ed esbosco nelle diverse situazioni di accessibilità della risorsa. Come visto nell'ambito dell'indagine conoscitiva, e come confermato dalle misurazioni dei costi effettuate dal partner del progetto Musa Bi CNR-Ivalsa su alcuni cantieri Mugellani, la variabilità di tali costi può essere elevata. Così pure la logistica della filiera e il trasporto all'utenza influiscono sui costi di produzione del bio-combustibile e sulla disomogeneità dei costi stessi.

Se quindi una promozione della filiera ed una opportunità di investimento sembra realmente presente in Mugello – soprattutto nell'ottica di fornitura di cippato e del servizio calore in modo integrato tra gli operatori della filiera e ad utenze medio-grandi – appare opportuno che gli Enti Locali assumano un ruolo di promozione sulla base della multifunzionalità delle foreste e sulla base dei benefici pubblici derivanti da una corretta gestione della risorsa forestale. Per questo si può concludere che azioni concertate per lo sviluppo di “accordi di filiera” devono trovare un supporto ed una *ratio* nella conduzione di una corretta analisi finanziaria ed economica della filiera. L'analisi finanziaria può esplicitare l'ottica del soggetto privato che investe come operatore di mercato (ma interessa anche il pubblico che partecipi al mercato) e aiuta ad identificare le condizioni di redditività, i punti di forza e le criticità della gestione di una azienda del settore. Nell'ottica del soggetto pubblico, è opportuno che sia condotta anche una analisi economica delle attività della filiera e dei loro impatti sul territorio e l'economia locale. Tale analisi, identificando valori non contabilizzabili nell'ottica del mercato, e dunque inclusiva della valutazione dei benefici in termini di sviluppo macro-economico locale e dei costi sociali ed ambientali evitati grazie alla valorizzazione energetica dei boschi locali, permette di ottenere un quadro complessivo degli impatti della filiera. L'insieme di questi strumenti di analisi può aiutare ad identificare misure di promozione e/o di accompagnamento allo sviluppo dell'uso energetico della biomassa forestale.

Gli Enti Locali, oltre a farsi promotori di studi e progetti pilota a co-finanziamento pubblico, hanno l'opportunità di attivare diverse modalità per sostenere la valorizzazione energetica della biomassa locale. La Comunità Montana, ad esempio, nell'ambito della propria attività di gestione delle foreste demaniali può contribuire a rendere più efficiente la pianificazione dei tagli e più snelle e sburocratizzate le procedure di assegnazione delle autorizzazioni. Sul fronte degli approcci di partnership pubblico-privata, invece, gli Enti Locali del Mugello hanno sicuramente l'opportunità di dare una continuità all'iniziativa di Agenda 21 Musa Bi e costruire un tavolo di lavoro sul tema. Tale tavolo dovrebbe vagliare le diverse ipotesi di collaborazione, in armonia con le istanze degli operatori locali, e con l'esigenza pubblica di una valorizzazione della risorsa forestale, insieme all'esigenza di fornire nuove soluzioni di energia rinnovabile alla popolazione. Tra le idee da porre al vaglio, potrebbe esserci quella di costituire un soggetto economico locale per l'integrazione delle fasi produttive e commerciali della filiera bosco-legno-energia. Oggetto di valutazione potrebbe essere, ad esempio, la costituzione di una società di scopo a capitale pubblico-privato che coinvolga produttori di biomassa, fornitori di servizio calore ed enti di credito, oppure l'incentivazione di una società di scopo a capitale privato, ove essa presentasse maggiore efficacia e flessibilità nell'affidamento a privati e terzi di servizi per l'efficiente gestione delle attività di filiera.

A livello nazionale e regionale, infine, gli Enti Locali del Mugello possono far sentire la loro voce per l'elaborazione e l'implementazione di normative incentivanti: ad esempio, è da condividere e sostenere l'auspicio espresso dalla FIPER (Federazione Italiana Produttori Energia Rinnovabile),

affinchè sia dato concreto riconoscimento anche “all’efficienza energetica negli usi finali” raggiunta anche nei casi di filiere efficienti bosco-legno-energia di servizio calore, con una attribuzione effettiva e conseguente commercializzazione dei “Titoli di Efficienza Energetica” da parte dell’Autorità dell’Energia Elettrica e del Gas.

Lo scopo di questa prima indagine, in conclusione, era quello di condurre una analisi d’opportunità, ed identificare i punti critici per l’attivazione di una filiera efficiente, mettendo in evidenza gli elementi di complessità da gestire efficacemente e gli elementi di rischio da conoscere e mitigare. La considerazione finale è dunque che per attivare un processo virtuoso di avviamento di filiere bosco-legno-energia sostenibili, anche in virtù della natura multi-funzionale della risorsa forestale, è importante investire in una buona programmazione che coinvolga tutte le fasi della filiera ed è auspicabile che sia soddisfatta la preconditione di una collaborazione fattiva tra enti pubblici e tessuto imprenditoriale locale.

## **ALLEGATO A: MATERIALI TECNICI UTILI PER L'ANALISI DI FATTIBILITA' E/O LO SVILUPPO DI INIZIATIVE**

### **Materiali utili per il calcolo dei costi di produzione del cippato:**

Sul sito del CNR-IVALSA (<http://www.ivalsa.cnr.it/>) è possibile scaricare il foglio di calcolo CHIP COST, sviluppato per facilitare la raccolta di parametri di costo standardizzati e verificare sul campo il costo delle operazioni dei cantieri forestali di taglio ed esbosco.

### **Materiali utili per la definizione di un contratto di fornitura di cippato:**

Sul sito web della Provincia di Parma: [www.ente.provincia.parma.it/](http://www.ente.provincia.parma.it/) è possibile scaricare uno Studio di fattibilità per la realizzazione di impianti termici alimentati a combustibili legnosi al servizio di edifici della Provincia di Parma (a cura di Aiel), in cui è possibile trovare un contratto tipo per la fornitura di cippato sulla base del suo contenuto energetico

### **Materiali utili per la definizione di modelli contrattuali e capitolati d'appalto per l'avvio della filiera servizio calore ad utenze pubbliche:**

Sul sito web dell' Agenzia Provinciale per l'Energia Agenbiella (Provincia di Biella): <http://agenbiella.provincia.biella.it/on-line/Home/AgenBiella.html> è possibile scaricare un documento tecnico per l' impostazione del Capitolato Servizio Energia per impianti a biomassa.

### **Materiali utili per gli schemi degli iter procedurali ed autorizzativi:**

L' Assessorato all' Agricoltura Regione Piemonte, nell' ambito del programma nazionale PROBIO ha sviluppato un progetto su Sviluppo di Distretti Energetici per l' Utilizzo di Biomassa e ha prodotto una *Guida normativa per l' utilizzazione del cippato di legno ad uso energetico* contenente interessanti schemi sui diversi iter autorizzativi per l' installazione e la gestione di impianti termici a cippato per uso civile e per uso industriale.

## BIBLIOGRAFIA

1. APAT, 2003: Le biomasse legnose – Un’indagine sulle potenzialita’ del settore forestale italiano nell’offerta di fonti di energia. Rapporto 30/2003. [www.sinanet.apat.it](http://www.sinanet.apat.it)
2. Bernetti I., Fagarazzi C., Romano S. (1999). La produzione di biomasse per uso energetico nei cedui della provincia di Firenze: alcune considerazioni sugli aspetti economici e occupazionali. Lavoro in corso di stampa su *Annali dell’Accademia Italiana di Scienze Forestali*, Firenze.
3. BIOSIT 2003, Brochure Progetto LIFE BIOSIT Metodologia GIS per uno sfruttamento efficiente e sostenibile della “risorsa biomassa” a fini energetici.
4. Castellazzi L., Gerardi V., Scoditti E., W. Guo, 2002: Le nuove caldaie a legna automatiche. *Gestione energia*, N.2-3/2002, pp. 14
5. Colucci A., 2003: Le politiche della provincia di Biella. *Legno Energia*. N.2, 2003
6. CTI – Comitato TermoelettricoItaliano, 2004: Biocombustibili solidi – Caratterizzazione del pellet a fini energetici. CTI R404/5.
7. D’Ascanio A., 2004: La possibilita’ di finanziamento per impianti a legno energia. "Alberi e Territorio", Anno I Dic 2004 (v 12)
8. Francescato V. e E. Antonini, 2004: La filiera del cippato in Italia – domanda, offerta e aspetti economici. *Legno-Energia*, N.1, Maggio 2004, p. 18.
9. Francescato V. e E. Antonini, 2004: Legno-energia, quando l’agricoltore e’ protagonista. *Alberi e Territorio*, Vol. 3, 2004.
10. Francescato V. e E. Antonini, 2005: Il servizio Legno-Energia fornito dalle aziende agricole attraverso le mini-reti di teleriscaldamento. *Il sole 360°*, Maggio 2005
11. ECE/FAO, 1996: European timber trends and prospects: into the 21st Century. Timber and forestry study papers, ECE/TIM.SP/11. UN, Geneva.
12. Enea, 2005a: Combustibili legnosi – calore sostenibile per gli uffici pubblici [http://www.bioheat.info/pdf/brochure\\_it\\_mun.pdf](http://www.bioheat.info/pdf/brochure_it_mun.pdf)
13. Enea, 2005b, *Energia e Ambiente*, Roma
14. Franceschi, 2005: Indagine sulla filiera foresta-legno-energia in Toscana. Presentazione al convegno “Agrienergie 2005” Arezzo.
15. Hellrigl, F, 2001: Numeri per la dendroenergetica. Edizione provvisoria.
16. ISTAT, 2006: Tavole forestali. <http://www.istat.it/agricoltura/datiagri/foreste/elefor.htm>
17. ITABIA - Caldaie a Biomasse per impianti di riscaldamento domestico
18. Jauschnegg H., 2005, Farmers as energy sellers: the Holzenergie Contracting model and the case of Mureck. Presentazione al convegno “Agrienergie 2005” Arezzo.
19. Lanza D., 2003: Agenbiella e il progetto Effetto Serra. *Legno Energia*. N.2, 2003
20. Nati C., Fabbri P., Spinelli R. e Nicoloso A., 2004: Produzione integrata di legna da ardere e carbone. "Alberi e Territorio", Anno I Dic 2004 (v 12)
21. Passalacqua F. e G. Tondi, 2002: Sistemi di valorizzazione delle Biomasse forestali sulla Montagna Toscana: Gli effetti sull'occupazione e sul territorio e il ruolo degli enti locali. VII Conferenza Regionale sull'Ambiente, Firenze, Palazzo dei Congressi, 12 - 13 dicembre 2002

22. PROBIO, 2004 (a): Allegato 3: La produzione del pellet di legno- Analisi tecnico-economica di una filiera. Regione Lombardia.  
<https://www.cti2000.it/virt/normativaamica/probio/probio2000/Pellet2.htm>
23. Regione Piemonte, 2004: L'energia del legno – Nozioni, concetti e numeri di base. Regione Piemonte, Settore Politiche Forestali
24. Righini W., 2005, Centrali a biomassa, presentazione al convegno Rinnova 2005 Pisa.
25. Spinelli R., Mao G., 2004, Approvvigionamento degli impianti di teleriscaldamento, in Sherwood, n. 103, settembre 2004.



