



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

# FLORE

## Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

### Le filiere bioenergetiche in toscana

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

*Original Citation:*

Le filiere bioenergetiche in toscana / C. Fagarazzi; I. Bernetti; R. Fratini; F. Riccioli. - STAMPA. - (2003), pp. 211-230.

*Availability:*

This version is available at: 2158/780945 since: 2016-01-07T17:14:47Z

*Publisher:*

Centro Stampa 2P

*Terms of use:*

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

*Publisher copyright claim:*

(Article begins on next page)

## **Capitolo 7**

### **Le filiere bioenergetiche in Toscana**

#### **Introduzione**

Nel presente capitolo è stata valutata la potenzialità di attivazione, nel territorio toscano, di *filiere bioenergetiche locali* in grado di produrre biocombustibili per l'alimentazione di impianti termici. Lo studio è stato condotto relativamente alla sola filiera delle biomasse per uso "termico" per due ragioni: la prima legata al fatto che la vocazionalità territoriale di questa filiera è, di fatto, condizionata dalla "localizzazione" della domanda termica, ossia dalla distribuzione sul territorio dei potenziali consumatori (edifici residenziali e pubblici); la seconda, è invece legata al fatto che la predisposizione territoriale allo sviluppo di una filiera "biomassa per la produzione termoelettrica" dipende solo ed esclusivamente dalla localizzazione delle risorse. In quest'ultimo caso infatti, la distribuzione dei consumatori energetici finali (residenze ed industrie) sono svincolati dalla localizzazione delle risorse poiché l'energia è prodotta da un utilizzatore intermedio (centrale termoelettrica) che in ragione della disponibilità di infrastrutture viarie, linee alta tensione e risorse idriche si localizzerà il più vicino possibile alle risorse bioenergetiche (Capitolo 9).

Per quanto riguarda la valutazione delle potenzialità di attivazione di *filiere bioenergetiche* in grado di produrre biocombustibili per l'alimentazione di impianti termici, si tratta di un'analisi fondata sul recupero dei residui derivati dalle attività agro-forestali e dall'attività di prima e seconda lavorazione dell'industria del legno.

Come già anticipato, l'approccio analitico applicato ha permesso l'esame congiunto delle caratteristiche della domanda energetica locale e degli aspetti infrastrutturali, sia in termini di specializzazione produttiva, sia di dotazione di risorse.

La valutazione, sviluppata con dettaglio comunale, è stata eseguita attraverso un modello di analisi multicriteriale (AMC) basato sull'applicazione di una Valutazione Analitica delle Gerarchie (AHP) (Saaty, 1980) definita attraverso il coinvolgimento di un *focus group* costituito da operatori del settore agro-forestale operanti nel contesto regionale.

#### **Le strutture imprenditoriali potenzialmente sviluppabili nella filiera biomasse-energia in Toscana**

L'analisi delle potenzialità di sviluppo di una filiera bioenergetica, deve tenere conto delle caratteristiche delle risorse, dei prodotti e dei processi produttivi basati sulla materia prima legnosa. Relativamente a questo comparto la diversificazione e la flessibilità dei processi produttivi, nonché l'importanza dei fattori di tradizione e di innovazione attuabile anche su piccola scala, sembrano adattarsi in modo naturale alle nuove teorie economiche dello sviluppo basate su un approccio di economia geografica e sui concetti di piccola impresa, di Sistema di Sviluppo Locale e di Distretto Industriale. Risulta evidente che, dal punto di vista dell'attività industriale, il settore foresta – legno possiede tutti i requisiti necessari perché le aggregazioni di imprese esistenti sul territorio si possano inserire in un modello teorico di Sistema Locale di Sviluppo. In tale ambito si sono sviluppati molteplici studi sulle relazioni funzionali tra imprese, fra questi ricordiamo la cosiddetta *teoria della rete*

(Camagni, 1989). L'analisi della *rete di relazioni* imprenditoriali viene correntemente affrontata sulla base delle caratteristiche necessarie per il suo sviluppo (analisi *ex ante*) o sulla base dei risultati conseguiti (analisi *ex post*) (Camagni, 1999). Nel caso oggetto di studio, riconducibile ad un approccio *ex ante*, viene proposta un'analisi sviluppata su tre fasi: la prima, diretta a definire quali imprese del settore legno possano avere potenzialità di attivazione nel settore bioenergetico; la seconda, orientata alla definizione delle aggregazioni comunali nelle quali è presente elevata specializzazione nel settore agro-forestale; la terza infine, diretta a verificare, nelle aree più interessanti, la presenza delle caratteristiche tipiche dei sistemi locali si sviluppo (elevata concentrazione di imprese, relazioni funzionali tra imprese, tessuto produttivo caratterizzato dalla piccola e media impresa, ecc.).

### *Le imprese potenzialmente attivabili nel settore bioenergetico*

Per definire quali soggetti imprenditoriali possono avere le maggiori probabilità di successo e di affermazione in tale mercato, è stato necessario analizzare tre aspetti fondamentali:

- Individuare chi possiede la risorsa (biomassa residua);
- Definire qual'è l'attuale destinazione della risorsa (mercato concorrente);
- Individuare chi dispone di attrezzature facilmente convertibili per il recupero di biomasse residue da destinare ad uso energetico.

Per quanto riguarda il primo aspetto possiamo affermare che i principali detentori di residui legnosi sono rappresentati dalle imprese di prima e seconda lavorazione dell'industria del legno (segherie, falegnamerie, industrie di semifiniti, imballaggi), dalle imprese di utilizzazione forestale e dalle imprese agricole con ordinamento produttivo legato alle colture legnose agricole (vigneti, oliveti e frutteti). Sulla base di recenti studi l'entità delle risorse provenienti dalle sole utilizzazioni forestali è pari a 274.049 tonnellate l'anno (Bernetti, Fagarazzi, Fratini 2003). Si tratta di residui ottenuti dall'utilizzazione di soprassuoli che presentano macchiatici positivi ed in cui si ipotizza una ripresa inferiore all'incremento medio legnoso (ripresa "sostenibile").

<i>Fonte</i>	<i>Residui prodotti (ton/anno)</i>
Residui Forestali	274.049
Residui colture arboree agrarie	343.957
Residui industria del legno	176.478

**Tabella 1 - Residui ligno-cellulosici nell'ambito del territorio toscano**

*Fonte: nostra elaborazione su dati IFT regione Toscana*

I residui agricoli sono invece riferiti a materiale legnoso proveniente da operazioni di potatura<sup>1</sup>. Nell'ambito del territorio toscano questo residuo è valutato in circa 343.957

<sup>1</sup> La potatura che fornisce maggiore quantità di materiale è quella cosiddetta di produzione che ad esempio nella vite fornisce quantitativi anche del'80-90% di legname asportato rispetto al legname in piedi, mentre in altre

tonnellate annue provenienti da una superficie di 210.448 ettari (con produzione media di circa 1,6 tonnellate di biomassa legnosa per ettaro). Per quanto riguarda la produzione di residui industriali tale entità è invece stimata in oltre 176.000 tonnellate annue (Bernetti, Fagarazzi, Fratini, 2003).

Relativamente all'attuale destinazione di tali risorse possiamo sicuramente affermare che malgrado i divieti istituiti dalla normativa nazionale, i residui prodotti in ambito agricolo vengono o bruciati in campo o accumulati in aree agricole marginali. Solo una minima parte viene raccolta e indirizzata ai centri di stoccaggio comunali. Trattandosi di residui autoprodotti in azienda mancano quindi statistiche precise sul loro uso e consumo, per cui la loro quantificazione è assai complessa.

Studi recenti hanno stimato per il contesto nazionale una quantità di rifiuti organici pari a circa 67 milioni di tonnellate annue con un contenuto energetico di circa 27 milioni di tep<sup>2</sup> (ITABIA, 2001). Soltanto il 10 ÷ 15% di questo potenziale energetico è utilizzato per applicazioni domestiche o di piccola portata.

I residui prodotti in ambito forestale vengono invece rilasciati quasi esclusivamente in bosco formando andane a rittochino o cumuli. Solo in rari casi (soprattutto nelle utilizzazioni in boschi di conifere) viene praticata la bruciatura della ramaglia.

I residui legnosi prodotti dalle industrie del settore legno sono invece parzialmente riutilizzati per le esigenze termiche dello stabilimento ed in parte smaltiti grazie a imprese di servizio che li collocano nel comparto dei pannelli truciolari.



**Figura 1 - Ipotesi di processi di conversione imprenditoriale nel settore bioenergetico**

Infine, per quanto concerne la disponibilità di attrezzature, possiamo evidenziare la presenza di un differente parco macchine a seconda che si tratti di imprese agricole, imprese forestali o industrie del legno. Nei primi due casi troviamo in genere attrezzature come trattori, rimorchi, gru e autocarri, mentre nel caso dell'industria del legno le dotazioni più utili

specie come l'olivo arriva a circa il 20-40%. Nei fruttiferi la percentuale è variabile tra il 60-70% del pesco a il 30-50% del melo.

<sup>2</sup> Tonnellate Equivalente Petrolio

per il recupero dei residui sono invece rappresentare dai soli locali che potrebbero essere adibiti all'installazione di impianti di trasformazione (pellettizzatrice) ed allo stoccaggio del prodotto.

Nell'ambito del settore agronomico operano anche imprese cosiddette contoterziste che com'è noto svolgono attività di raccolta e trasporto di seminativi. Queste imprese dispongono di numerose attrezzature e macchine operatrici che con opportuna integrazione (cippatrici, gru a braccio articolato, ecc.) possono svolgere attività complementari legate alla raccolta dei residui cellulose agrari.

In relazione alle suddette disponibilità di risorse e di infrastrutture imprenditoriali, possiamo definire dei possibili processi di conversione aziendale che portino alla costituzione di strutture imprenditoriali con elevate potenzialità di successo e di affermazione nell'ambito bioenergetico (Figura 1).

Come si può osservare, nell'ambito degli scenari ipotizzati, le imprese di utilizzazione forestale costituiscono quelle che presentano il maggior numero di alternative legate sia alla sola raccolta dei residui forestali, sia alla produzione integrata di assortimenti forestali e residui forestali e/o agrari. Tali orientamenti sono comunque subordinati ad una parziale modificazione del parco macchine e dei cantieri di lavoro. E' questo il caso del *full tree system* ossia del sistema di esbosco fondato sull'asportazione della pianta intera e della successiva sramatura e depezzatura all'imposto. Così come il processo di conversione verso un'impresa specializzata nella sola raccolta di residui, deve ipotizzare una forte integrazione verticale fra impresa di utilizzazione tradizionale e di raccolta dei residui<sup>3</sup>.

### *I punti di forza ed i rischi per le imprese*

In considerazione del tipo di approccio proposto, fondato su un mercato che deve ancora affermarsi (scarsa diffusione di impianti termici alimentati a *chips* e *pellets*) e su imprese ipotetiche di raccolta e trasformazione, è apparso utile sviluppare un'analisi in grado di formulare delle strategie imprenditoriali che garantiscano la maggiore competitività possibile per le imprese del settore bioenergetico.

Sulla base di tali considerazioni le linee guida per la formulazione strategica di imprese che si accingono ad originare un nuovo raggruppamento, basato sulla produzione e commercializzazione delle biomasse, all'interno del settore dei combustibili per riscaldamento, suggeriscono un bilanciamento fra *forze* e *debolezze* delle nuove imprese, in particolare fra le capacità e le competenze delle imprese ed i *rischi* e le *opportunità* dell'ambiente in cui si sviluppa il mercato (Porter 1997). I punti di *forza* e di *debolezza* di tali aziende sono conseguenza di due caratteristiche: da un lato gli aspetti strutturali, relativamente stabili e di difficile superamento, dall'altro i caratteri di progressivo miglioramento che si fondano sulle capacità e competenze direzionali del *management* che opera nell'impresa (Porter 1980, Fagarazzi 2001).

---

<sup>3</sup> Alla fine della fase di utilizzazione tradizionale è necessaria una appropriata concentrazione dei residui (andane, covoni, ecc.)

Tipologia d'impresa	Punti di forza	Punti di debolezza	Opportunità	Rischi
<b>Impresa specializzata residui forestali</b>  <i>Prodotto: Chips</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>elevata flessibilità;</li> <li>elevata disponibilità di materia prima;</li> <li>possibilità di ottenere macchiatici positivi da operazioni selvicolturali quali diradamenti e avviamenti all'alto fusto, ecc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>parco macchine molto specializzato;</li> <li>necessità di infrastrutture viarie adeguate;</li> <li>necessità di elevati investimenti iniziali per macchine con elevata produttività;</li> <li>necessità di accordi commerciali con imprese di utilizzazioni tradizionali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(*) crescente interesse per l'impiego di biomasse a fini energetici;</li> <li>(*) finanziamenti in conto capitale (legge 10/91) per impianti termici che impiegano fonti energetiche rinnovabili</li> <li>(*) normativa che promuove l'uso razionale delle risorse e l'impiego di risorse rinnovabili (L. 9-10/91)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(*) standard di certificazione forestale che potrebbero impedire la raccolta dei residui;</li> <li>(*) assenza di standard di riferimento per il prodotto finito;</li> <li>difficoltà delle condizioni di lavoro ⇒ rendimenti macchina non ottimali</li> </ul>
<b>Impresa forestale integrata</b>  <i>Prodotto: Assortimenti tradizionali; Chips</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>elevata disponibilità di materia prima;</li> <li>flessibilità del cantiere di lavoro;</li> <li>possibilità di ottimizzare i cantieri in ragione della produzione congiunta</li> <li>limitato investimento iniziale;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>necessità di infrastrutture viarie adeguate;</li> <li>più complessa organizzazione del lavoro;</li> <li>riduzione dei rendimenti dei fattori produttivi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(*) Possibilità di installare impianti a biomassa in parallelo ad impianti tradizionali;</li> <li>(*) Possibilità d'impiego in strutture pubbliche di medie dimensioni (circa 200 Kw).</li> </ul>	
<b>Impresa agro-forestale integrata</b>  <i>Prodotto: Assortimenti tradizionali; Chips</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevata disponibilità di materia prima;</li> <li>flessibilità del cantiere di lavoro;</li> <li>limitato investimento iniziale</li> <li>possibilità di ottimizzare i cantieri in ragione della produzione congiunta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevato investimento iniziale;</li> <li>necessità di infrastrutture viarie adeguate;</li> <li>più complesse modalità di gestione;</li> <li>necessità di accordi con imprese agrarie per raccolta residui;</li> </ul>		
<b>Imprese contoterziste specializzate nei residui agrari</b>  <i>Prodotto: Chips</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Buona disponibilità di materia prima;</li> <li>Limitato investimento iniziale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parco macchine molto specializzato;</li> <li>necessità di accordi con le imprese di produzione;</li> </ul>		
<b>Imprese di trasformazione (Pellettizzazione)</b>  <i>Prodotto: Pellets</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevata disponibilità di materia prima;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevato investimento iniziale;</li> <li>necessità di accordi con le imprese di prima lavorazione del legno, utilizzazione e raccolta;</li> <li>concorrenza delle imprese produttrici di pannelli per approvvigionamento materia prima</li> <li>necessità di accordi con imprese di raccolta o di smaltimento residui</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sviluppo di nuove caldaie a pellets programmabili;</li> <li>acquisizione di nuovi segmenti del mercato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scarso sviluppo del mercato delle caldaie a pellets e conseguente rigidità della domanda di biocombustibili</li> <li>Incertezza su prezzo biocombustibili rifiniti</li> </ul>

(\*) Aspetti riscontrabili per tutti i tipi di imprese ipotizzate ad eccezione di quella di trasformazione

Tabella 2 - S.W.O.T. (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats ) analysis per le imprese ipotizzate

Lo sviluppo di una *S.W.O.T.* (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) analysis consente adesso una valutazione congiunta dei punti di *forza* e di *debolezza* delle aziende, nonché dei *rischi* e delle *opportunità* provenienti da fattori ambientali esterni al mercato (Kotler *et al.* 1996, Pivoriunas 1999) (Tabella 2).

Sulla base delle indicazioni illustrate nella matrice *S.W.O.T.*, è possibile fare alcune considerazioni circa le possibilità di attivazione di filiere bioenergetiche locali e le strategie imprenditoriali più appropriate per ciascuna impresa.

Dall'analisi della matrice emergono differenze abbastanza nette tra le tipologie configurate. In particolare, per le imprese forestali specializzate nella raccolta di residui, potrebbero esistere difficoltà legate agli "Standard di certificazione forestale" che sostanzialmente impedirebbero la raccolta dei residui (AA.VV., 2003), inoltre considerando la particolarità delle operazioni da eseguire, queste imprese dovrebbero disporre di un parco macchine specializzato con ingenti investimenti finanziari. Maggiori possibilità esistono per le imprese forestali integrate che possono impiegare appieno le attrezzature ed i mezzi meccanici alternando le operazioni di utilizzazione ed esbosco con la raccolta delle ramaglie e di tutti gli scarti delle lavorazioni boschive. Sulla stessa linea si trovano anche le imprese agro-forestale integrata anche se necessitano di investimenti maggiori rispetto alla tipologia precedente.

Le imprese contoterziste potranno avere un ruolo rilevante, in quanto dispongono già di attrezzature adeguate per la raccolta e il trasporto dei prodotti agricoli, che possono facilmente convertire e assumere un valore strategico nell'ambito della filiera biomassa-energia. Un settore dove queste imprese potrebbero assumere un ruolo preminente è quello delle "energy crops", ovvero colture erbacee a ciclo annuo e colture arboree forestali a ciclo brevissimo (3-5 anni) che fino ad oggi nel territorio toscano hanno avuto diffusione limitata e in gran parte a carattere sperimentale.

Relativamente alle imprese che possono collocarsi nel mercato del prodotto trasformato (es. pellets), possiamo evidenziare la presenza di rischi legati alla rigidità della domanda, in gran parte rappresentata dalla popolazione che vive in aree rurali e che attualmente impiega sistemi di riscaldamento di tipo tradizionale (legna da ardere, bombole a gas, stufe a gasolio). D'altro canto possono contare oltre che sull'innovazione tecnologica del prodotto, facile da impiegare ed altamente ecologico, anche sulla propensione delle amministrazioni pubbliche a favorire nuovi segmenti di mercato nel settore del riscaldamento di abitazioni e di strutture pubbliche.

In relazione ai risultati emersi dall'analisi *S.W.O.T.*, è possibile quindi affermare che le imprese potenzialmente attivabili nel segmento bioenergetico sono, in ordine di priorità: le imprese di prima e seconda lavorazione del legno, quelle di utilizzazioni forestali e marginalmente le imprese agricole tradizionali<sup>4</sup>. Per tale ragione nella struttura dell'analisi gerarchica (AHP) dovranno essere opportunamente inseriti gli stimatori legati alla presenza di imprese di tali settori.

---

<sup>4</sup> Le imprese contoterziste, pur avendo un ruolo potenzialmente strategico nell'ambito bioenergetico, presentano attualmente delle potenzialità di attivazione molto ridotte in ragione della totale assenza di colture energetiche dedicate (energy crops).

## Il modello di Analisi Multicriteriale (AMC) impiegato per la definizione delle aree vocate

L'esigenza di individuare le aree con "elevata vocazione" allo sviluppo di una filiera "biomasse residui-energia", è stata soddisfatta attraverso l'impiego di un modello di Analisi Multicriteriale.

Fra le metodologie sviluppate nell'ambito della teoria delle decisioni, l'analisi multicriteriale (AMC) viene infatti considerata come uno degli strumenti più validi per le sue capacità di implementare sia elementi di conflitto, sia variabili multidimensionali (Munda 2000, Omann 2000)

Si tratta infatti, di una metodologia flessibile che può essere adattata ad una molteplicità di problematiche (zonizzazione, pianificazione, ecc.) in cui il problema è riconducibile ad una scelta fra diverse alternative. L'AMC presenta infatti l'indiscutibile vantaggio di poter definire e valutare gli effetti di una determinata azione sulla base di modelli di simulazione che possono considerare un numero molto elevato di fattori (variabili e vincoli) in grado di descrivere in modo pressoché esaustivo il fenomeno oggetto di studio.

In particolare, l'AMC adottata in questo studio si è basata sull'applicazione di una Valutazione Analitica delle Gerarchie (AHP) sviluppata da Saaty nel 1980.

L'analisi AHP consiste in un metodo e, insieme, una tecnica, utilizzata sia nelle scienze economiche che sociali, per la definizione dell'ordine di priorità in cui porre  $n$  alternative che soddisfano prescritti criteri di scelta. In altre parole, attraverso l'AHP, si è trattato il problema del *ranking* delle alternative, ossia il loro allineamento, in ordine di importanza, o preferenza, sulla base di valutazioni quantitative.

Nel nostro caso l'applicazione è stata adattata alla determinazione della priorità/rilevanza che i diversi fattori (naturali, strutturali e sociali), hanno nella definizione della "*Vocazione territoriale all'insediamento di una rete di imprese nel settore biomassa-energia*". Tali valutazioni sono state eseguite rispetto ad un *panel* costituito da un dozzina di esperti del settore agro-forestale.

Per definire un modello AHP utile a risolvere il problema decisionale in oggetto, la metodologia si è sviluppata attraverso le seguenti fasi:

- identificazione di un *focus group*, rappresentativo di gruppi d'interesse coinvolti nel settore bioenergetico;
- costruzione di una gerarchia nella quale sono stati correlati tutti gli elementi della decisione: l'obiettivo generale (1° livello), i criteri di 2° livello, i criteri di 3° livello ed i fattori ai vari livelli<sup>5</sup>;
- costruzione delle matrici di confronti a coppie per ogni criterio di ciascun livello;
- somministrazione a ciascun individuo del gruppo di discussione delle matrici di confronto a coppie;
- stima, col metodo degli autovalori, dei pesi relativi (interni ai gruppi) degli elementi di decisione per ciascun "soggetto";
- per ciascun "soggetto", determinazione dei pesi complessivi dei fattori in modo da avere una loro classificazione totale (*ranking*);
- aggregazione delle preferenze espresse da ciascun "soggetto" attraverso un procedimento matematico (media geometrica);

---

<sup>5</sup> Si ricorda che i criteri di uno stesso livello sono mutuamente indipendenti (Saaty 1980).

- sviluppo del modello AMC in cui vengono applicati i pesi, definiti attraverso l'analisi AHP, ai singoli fattori.

Nella Figura 2 è illustrata la struttura gerarchica applicata al caso oggetto di studio.

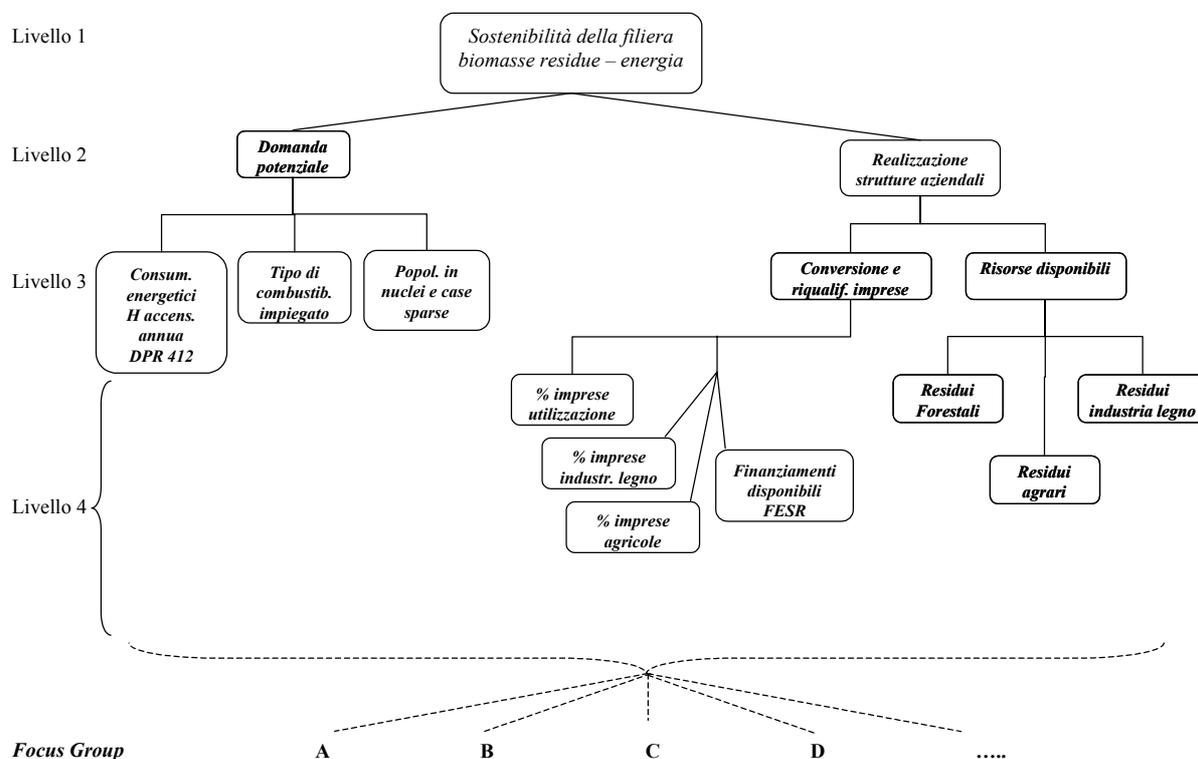


Figura 2 - Schema della gerarchizzazione applicata

Come evidenziato in precedenza, per effettuare la comparazione e definire la priorità fra ciascuna coppia di fattori/criteri, si è proceduto alla somministrazione di una serie di questionari ad un *focus group* costituito da 12 operatori del settore agro-forestale attivi nel contesto Toscano. Il procedimento si è basato su una comparazione verbale sviluppata su due quesiti, di seguito riportate.

“Rispetto all’obiettivo “*definizione della vocazione territoriale all’insediamento di una rete di imprese nel settore biomassa-energia*”, quale dei due fattori è maggiormente rilevante?” “E quanto è più rilevante?”

Mentre la risposta al primo quesito può essere fornita in modo piuttosto semplice, nel secondo caso può risultare più complesso<sup>6</sup>. Per tali ragioni, nella scelta della scala per la quantificazione della comparazione a coppie, è stato fatto riferimento alla scala di importanza relativa, utilizzata dallo stesso Saaty (1980), con massimo numero di livelli (nove). Successivamente si è proceduto ad associare ad ogni fattore/criterio  $i$  un peso  $\gamma_i$  che misuri l’importanza in una scala di valori continui da 0 a 1.

<sup>6</sup> In accordo a molte teorie di psicologia, è infatti impossibile, per qualsiasi soggetto, effettuare una quantificazione di un fenomeno in un intervallo continuo. Secondo molti psicologi infatti, la maggior parte degli individui non può comparare simultaneamente più di sette entità ( $\pm due$ ) (Miller, 1956).

Per fare ciò è stata supposta la soddisfazione delle *condizioni di normalità*<sup>7</sup>, ossia che:

$$\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_n = 1 \quad (1)$$

Sulla base delle proprietà delle matrici quadrate è possibile calcolare un indice di consistenza (Saaty, 1977). Saaty ha infatti dimostrato, relativamente a tali matrici, che l'autovalore massimo  $\gamma_{max}$  di una matrice quadrata  $A$  è sempre maggiore o uguale a  $n$  (ordine della matrice), per cui tanto più  $\gamma_{max}$  è prossimo a  $n$ , tanto più consistenti sono i valori contenuti in  $A$ .

L'indice è definito dalla seguente equazione:

$$CI = \frac{\gamma_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

con  $\gamma_{max}$  autovalore massimo della matrice, ed  $n$  ordine della matrice<sup>8</sup>.

Una volta definite le priorità per ciascun "soggetto" si è proceduto all'aggregazione dei risultati. Le metodologie di aggregazione di preferenze multiple possono essere ricondotte a due linee principali: la prima diretta a definire un consenso unanime per ciascuna comparazione, la seconda orientata a combinare matematicamente i risultati ottenuti con le comparazioni individuali.

Il primo metodo, oltre a necessitare della presenza contemporanea di tutti i decisori, esige anche il consenso generale dei membri del gruppo. Ciò risulta particolarmente ostico quando esistono preferenze diametralmente opposte fra i partecipanti. L'altra strada è quella di eseguire le comparazioni separatamente per ciascun "soggetto" e aggregare matematicamente i risultati così ottenuti. Nel caso in esame è stato scelto di applicare quest'ultimo tipo di aggregazione per la praticità di attuazione e velocità di esecuzione.

Dato che le matrici di comparazione a coppie si fondano su una scala razionale di preferenze, il giudizio complessivo è stato calcolato utilizzando la funzione di media geometrica (Saaty, 1980). Si tratta infatti di una scelta particolarmente appropriata quando, come in questo caso, ha significato logico eseguire il prodotto delle determinazioni di una variabile (rappresentata nel nostro caso dal peso dei singoli fattori) (Leoni, 1985).

Il peso medio del fattore  $k$ -esimo ( $\Gamma_k$ ) per un set di preferenze  $\gamma_{ik}$  è stato quindi definito come segue:

$$\Gamma_k = \left( \prod_{i=1}^Z \gamma_{ik} \right)^{1/Z} \quad s.a. \gamma_{ik} > 0 \quad (3)$$

dove:

$\Gamma_k$  = peso medio del fattore  $k$ -esimo

$\gamma_{ik}$  = peso attribuito dal decisore  $i$ -esimo al fattore  $k$ -esimo

La valutazione delle "Vocazione locale" all'insediamento di una rete di imprese nel settore biomassa-energia" è stata quindi eseguita attraverso l'applicazione un modello AMC.

Per fare ciò, i valori assunti dai fattori, normalizzati rispetto al valore massimo regionale, sono stati moltiplicati per il corrispondente peso ( $\Gamma_k$ ), derivato dalla valutazione analitica delle gerarchie.

<sup>7</sup> Per un approfondimento si rimanda a Triantaphyllou 2000, pp 24-55.

<sup>8</sup> Lo stesso Saaty ha fornito una regola pratica per la valutazione della bontà dei giudizi. In pratica se l'indice CI assume valori minori o uguali a 0,1, allora il decisore si può ritenere soddisfatto dei suoi giudizi (D'Apuzzo e Ventre, 1995).

La formalizzazione del modello AMC è stata la seguente:

$$V_j = \sum_{k=1}^K Ind_k^j \cdot \Gamma_k \quad (4)$$

Con:  $V_j$  = Vocazione territoriale del Comune  $j$ -esimo;  
 $Ind_k^j$  = fattore  $k$ -esimo per il Comune  $j$ -esimo;  
 $\Gamma_k$  = Peso attribuito al fattore  $k$ -esimo.

### Indicatori utilizzati nella valutazione della vocazionalità territoriale

Nella valutazione della “Vocazionalità territoriale allo sviluppo di una filiera biomassa-energia”, sono stati impiegati una serie di indicatori “tecnici” utili a stimare la domanda energetica locale e la potenzialità di realizzazione delle strutture aziendali.

L’analisi è stata eseguita prendendo come unità cartografica i comuni. Tale soluzione è stata adottata poiché il territorio comunale rappresenta l’entità geografica minima per la quale siano disponibili informazioni, dettagliate e georeferenziabili, sulla struttura del sistema sociale e produttivo. Per tale ragione, le basi dati utilizzate nel Sistema Informativo Territoriale sono state le seguenti:

1. Struttura demografica: 13° Censimento generale della popolazione e delle abitazioni (1991):
  - a. Popolazione censita per tipo di residenza (aree urbane, nuclei e case sparse);
  - b. Abitazioni censite per tipo di combustibile impiegato per riscaldamento;
2. Struttura produttiva:
  - a. Censimento intermedio industria e servizi (1996);
  - b. 4° Censimento generale dell’agricoltura” (1991)
3. Consumi energetici  
definiti per ciascun comune sulla base del DPR n°412 del 26 agosto 1993
4. Finanziamenti disponibili  
definiti in relazione al DOCUP - Regione Toscana di recepimento del Regolamento (CE) n. 1261/1999 relativo al Fondo europeo di sviluppo regionale (FESR) - periodo 2000-2006.

I dati relativi alle risorse territoriali hanno preso in considerazione gli aspetti produttivi legati al settore agronomico e forestale. In particolare, sono stati presi in considerazione i seguenti strati informativi:

- a. Inventario Forestale della Regione Toscana;
- b. Costi di produzione dei residui agrari e forestali (Bernetti, Fagarazzi, Fratini, 2003)

Sulla base dei suddetti database, la *domanda energetica locale* è stata stimata attraverso i seguenti indicatori:

1. Consumi energetici (ore di accensione annue  $A_j$ )
2. Propensione alla conversione degli impianti termici ( $R_j$ )
3. Grado di urbanizzazione rurale ( $P_j$ )

1. Per quanto riguarda il primo indicatore è stato preso in considerazione il numero massimo di ore annue di accensione degli impianti termici definito dal DPR n°412 del 26 agosto 1993 secondo il quale i comuni della penisola vengono divisi in 6 zone climatiche (Tabella 3). In ciascuna di queste zone il numero di ore giornaliere di accensione degli impianti termici varia da un minimo di 6 ad un massimo di 24 per un periodo di accensione annuo compreso fra 105 e 365 giorni (Tabella 3).

Zona	Zona dpr 412	Periodo di accensione	Ore/gg	gg/annui
1	A	1° dicembre - 15 marzo	6	105
2	B	1° dicembre - 31 marzo	8	121
3	C	15 novembre - 31 marzo	10	136
4	D	1° novembre - 15 aprile	12	166
5	E	15 ottobre - 15 aprile	14	182
6	F	nessuna limitazione	24	365

Tabella 3 - Ore di accensione annue divise per zone climatiche

$$A_j = h_j^D \cdot g_j^D \quad (5)$$

dove:

$A_j$  = n. di ore di accensione massime annue consentite nel  $j$ -esimo comune situato nella zona

$d$ -esima con  $D = \{1, 2, \dots, 6\}$ ;

$h_j^D$  = n. di ore massime giornaliere nella zona  $d$ -esima;

$g_j^D$  = n. di giorni massimi nella zona  $d$ -esima.

2. L'indicatore relativo alla propensione alla conversione degli impianti termici ( $R_j$ ), ha permesso la stima delle abitazioni potenzialmente convertibili a combustibile vegetale:

$$R_j = \frac{rl_j / r_j}{\sum_{j=1}^m rl_j / \sum_{j=1}^m r_j} \quad (6)$$

dove:

$R_j$  = propensione alla conversione degli impianti termici,

$rl_j$  = numero di abitazioni con riscaldamento liquido nel comune  $j$ -esimo,

$r_j$  = numero di abitazioni con riscaldamento nel comune  $j$ -esimo,

Si tratta di un indicatore che definisce l'attitudine alla conversione degli impianti termici, stante l'ipotesi di una maggiore propensione al cambiamento dei residenti attualmente dotate di impianti alimentati a combustibili liquidi.

3. Con il terzo indicatore, urbanizzazione rurale, è stata analizzata l'entità della popolazione residente in nuclei e case sparse stante l'ipotesi che in tali contesti rurali esista maggiore propensione all'impiego di biomassa per uso energetico<sup>9</sup>:

$$P_j = P_j^q + P_j^s \quad (7)$$

dove  $P_j$  = popolazione residente in nuclei e case sparse nel  $j$ -esimo comune  
 $P_j^q$  = popolazione residente in nuclei nel  $j$ -esimo comune  
 $P_j^s$  = popolazione residente in case sparse nel  $j$ -esimo comune

La *potenzialità di realizzazione delle strutture imprenditoriali* è stata definita sia dal punto di vista della *potenziale conversione e riqualificazione delle imprese*, sia dal punto di vista della *disponibilità di risorse*.

Gli indici utilizzati per quest'analisi sono stati i seguenti:

*Quoziente di localizzazione territoriale* relativo ai settori:

- utilizzazioni forestali
- industria del legno<sup>10</sup>
- imprese agricole

La formalizzazione dell'indice è la seguente:

$$I_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij} / \sum_{Y=1}^l a_{iY}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n a_{ij} / \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^l a_{yj}} \quad (8)$$

dove:

$I_{ij}$  = *Quoziente di localizzazione territoriale* del settore  $i$ -esimo per il comune  $j$ -esimo;  
 $i = 1,2,\dots,n$  attività produttive (utilizzazione del legno; industria del legno; imprese agricole)  
 $Y = 1,2,\dots,l$  comparti nei settori manifatturieri  
 $a$  = addetti nelle unità locali di ciascun comparto

<sup>9</sup> Nell'analisi è stata esclusa la popolazione residente in centri urbani perché in questo caso i problemi logistici legati alle strutture abitative (i condomini hanno poco spazio per lo stoccaggio del materiale), e la prevalente dotazione di impianti a metano economicamente validi, rendono difficile qualsiasi operazione di conversione.

<sup>10</sup> Nell'analisi sono stati considerati i comparti: segherie, falegnamerie, semifiniti e imballaggi escludendo i mobilifici perché non in grado di fornire materiale da destinare alle biomasse a causa delle sostanze chimiche contenute nei residui (es. colle, vernici, ecc.).

Tale indicatore permette il confronto fra la percentuale di addetti, di ciascuno dei tre settori considerati, nel comune  $j$ -esimo e la percentuale di addetti (dei medesimi tre settori) dell'intero universo economico toscano<sup>11</sup>.

Per stimare le *risorse disponibili*, è stato definito un indice di produzione dei residui relativi ai settori:

- forestale
- agrario
- industria del legno

Per i primi due settori è stato costituito un indice che definisce l'apporto di residui per unità di superficie comunale, ossia:

$$Ir_j^w = \frac{R_j^w}{A_j} \quad (9)$$

dove:

$Ir_j^w$  = Indice di produttività di residui del settore  $w$ -esimo nel comune  $j$ -esimo

$R_j^w$  = residui del  $w$ -esimo settore relativi al comune  $j$ -esimo (t/annue)

$A_j$  = superficie comunale (ha)

Per i residui industriali è stato costituito uno specifico indice, che analizza il rapporto fra i residui dei comparti di prima e di seconda trasformazione dell'industria del legno e gli attivi comunali, formalizzato come segue:

$$Iuj = \frac{Ri_j}{At_j} \quad (10)$$

dove:

$Iuj$  = Indice di produttività di residui agro-industriali nel comune  $j$ -esimo

$Ri_j$  = residui industria del legno relativi al comune  $j$ -esimo espressi in t/annue;

$At_j$  = popolazione attiva del comune  $j$ -esimo.

Per quanto concerne la definizione di indicatori utili a valutare la disponibilità di finanziamenti per le imprese che intendono collocarsi nel nuovo mercato bioenergetico, è stato fatto riferimento alla disponibilità di fondi dedicati alle aree di riconversione industriale e allo sviluppo di nuove imprese nel settore agro-foresta-industria. In tale ambito è stata identificata una competenza specifica del Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR).

Questo fondo definito dal Regolamento (CE) n. 1261/1999 per il periodo 2000-2006, rappresenta lo strumento per favorire la coesione economica e sociale correggendo gli squilibri regionali e permettendo la partecipazione allo sviluppo e alla riconversione delle regioni, garantendo al tempo stesso una completa sinergia con gli interventi degli altri Fondi strutturali.

La distribuzione di tali finanziamenti è definita dal DOCUP della Regione Toscana. Sulla base di tale documento, i comuni toscani si possono classificare secondo le seguenti categorie:

- Aree totalmente Obiettivo 2, intendendo per esse quelle con problemi strutturali interessate da processi di riconversione economica e sociale;

---

<sup>11</sup> I valori superiori all'unità indicano una specializzazione superiore alla media regionale.

- Aree parzialmente Obiettivo 2 cioè con solo alcune circoscrizioni soggette all'obiettivo 2;
- Aree parzialmente Obiettivo 2 e Phasing out cioè con solo alcune circoscrizioni soggette all'obiettivo 2 e con altre circoscrizioni nelle quali è più avanti il processo di riconversione economica e sociale. In queste aree, definite Phasing out, viene adottato il criterio del sostegno transitorio che ha lo scopo di evitare l'interruzione improvvisa degli aiuti e di consolidare i risultati raggiunti in precedenza. I contributi sono comunque meno rilevanti di quelli previsti per le aree Obiettivo 2;
- Aree totalmente Phasing out
- Aree parzialmente Phasing out cioè con alcune circoscrizioni soggette agli aiuti transitori.

Sulla base di tali indicazioni è stato possibile definire un *ranking* dei finanziamenti che ha portato ad un indicatore discreto variabile fra 0 e 1 (Tabella 4).

<i>Classificazione del DOCUP</i>	<i>Valore assunto dall'indicatore</i>
<i>Aree totalmente Obiettivo 2</i>	1
<i>Aree parzialmente Obiettivo 2</i>	0,8
<i>Aree parzialmente Obiettivo 2 e Phasing out</i>	0,6
<i>Aree totalmente Phasing out</i>	0,4
<i>Aree parzialmente Phasing out</i>	0,2
<i>Aree escluse da finanziamento</i>	0

**Tabella 4 - valori assunti da indicatore disponibilità finanziamenti**

## **Risultati**

### *L'analisi delle gerarchie*

Attraverso l'applicazione dell'analisi gerarchica è stato definito il *ranking* dei fattori che vanno a descrivere la "vocazionalità locale" all'attivazione della filiera biomassa energia.

Il risultato complessivo dell'analisi AHP ha identificato quale fattore maggiormente rilevante la presenza sia di una affermata rete di imprese dell'industria del legno (peso pari a circa 0,26), che di una diffusa maglia di imprese di utilizzazioni forestali (0,14 circa). Tali conclusioni riflettono un'opinione comune secondo cui le biomasse residue rappresentano un'opportunità di sviluppo di nuovi segmenti del mercato legnoso che passerà attraverso una prima fase in cui si affermeranno le industrie del legno con i loro residui, e di una seconda fase in cui la crescente domanda necessiterà di una integrazione di materia prima che potrà essere fornita dalle imprese di utilizzazioni forestali.

### *L'applicazione del modello AMC al contesto territoriale toscano*

L'applicazione del modello di Analisi Multicriteriale al contesto territoriale toscano ha evidenziato la presenza di aree nelle quali sono maggiormente concentrati comuni con elevata

vocazione allo sviluppo della “filiera biomasse residui-energia”. Si tratta di località situate prevalentemente lungo la dorsale appenninica e nell’entroterra sud-orientale toscano (Figura 3).

<i>Variabili</i>	<i>Peso</i>
<i>% imprese industria del legno</i>	0,25780
<i>% imprese di utilizzazione</i>	0,14187
<i>Residui industria del legno</i>	0,12107
<i>Tipo di combustibile</i>	0,11086
<i>Urbanizzazione rurale</i>	0,09684
<i>Risorse finanziarie</i>	0,07855
<i>% imprese agricole</i>	0,07807
<i>Residui Forestali</i>	0,04620
<i>Ore di accensione</i>	0,04230
<i>Residui agrari</i>	0,02644

Tabella 5 - Pesi complessivi delle variabili definiti attraverso l’AHP

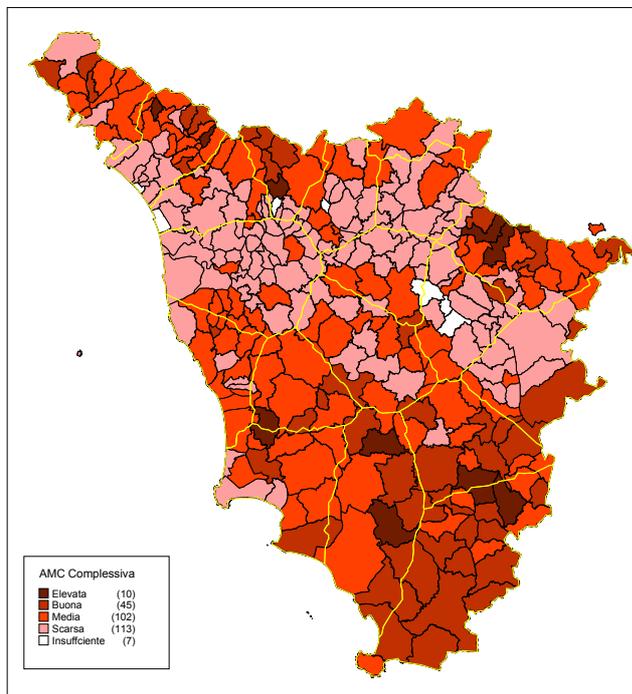


Figura 3 - Vocazione locale allo sviluppo di filiere biomassa-energia

In particolare, l’esame della Figura 3 evidenzia la presenza di tre *cluster*: il primo situato in corrispondenza della parte settentrionale della provincia di Pistoia, il secondo, localizzato

nella parte alta del bacino Casentino ed il terzo situato a cavallo delle province di Siena e Grosseto. I comuni che caratterizzano il *cluster* pistoiese sono: S. Marcello Pistoiese, Marliana, Cutigliano e Abetone; mentre per l'area grossetana sono Radicofani, Castiglione d'Orcia, Pian Castagnaio e Campagnatico. Infine, per quanto concerne l'area casentina i comuni con elevata vocazione sono rappresentati da: Poppi, Pratovecchio, Talla e Cortona.

Dalla lettura dei dati ottenuti dall'analisi AMC si può dedurre che l'offerta, intesa come potenzialità di conversione e riqualificazione delle imprese, influisce in maniera decisiva sullo sviluppo potenziale della filiera.

Prendendo ad esempio il comune di Poppi è possibile identificare un'alta specializzazione delle imprese di utilizzazione forestale per effetto dell'alta concentrazione di addetti del comparto (174 unità). Analizzando anche gli altri comuni dell'area casentina si nota un'alta specializzazione dell'industria del legno, visto che il numero complessivo di addetti nei comparti imballaggi, semifiniti, falegnamerie e segherie ammonta a quasi 250 unità.

Elevati livelli di specializzazione sono presenti anche nelle due aree del grossetano e del pistoiese. In quest'ultimo caso è possibile notare la cospicua presenza di addetti nel settore agrario come conseguenza della forte presenza sul territorio di aziende vivaistiche che si caratterizzano per un alto grado di intensità lavorativa.

Le zone a minor vocazione, sono invece collocate nelle aree urbanizzate lungo il bacino dell'Arno e più specificatamente nella fascia costiera centro –settentrionale (Livorno, Viareggio, Forte dei Marmi, ecc.) e nell'entroterra pisano-fiorentino fino ad arrivare alle zone prossime alla provincia di Arezzo (Pontassieve, Figline, S.Giovanni Valdarno, Montevarchi, ecc.). Si tratta di comuni dove non è proponibile l'impiego e la produzione di biomassa sia a causa delle tipologie abitative, prevalentemente rappresentate da appartamenti, sia per la scarsa presenza di industrie del legno e di imprese agro-forestali.

Passando all'analisi disaggregata della *domanda* (Figura 4), si nota come nel contesto pistoiese questo fattore risulti decisivo per la definizione della "vocazionalità locale". Nel dettaglio, i comuni di San Marcello pistoiese, dell'Abetone e di Quarrata, presentano un alto grado di propensione alla conversione degli impianti termici. L'Abetone, ha infatti ben il 70% delle abitazioni con sistemi di riscaldamento alimentati con combustibile liquido, mentre nei comuni di S.Marcello Pistoiese e Quarrata tale percentuale scende al 60%.

Situazione analoga si riscontra anche nell'area del grossetano, dove è possibile notare un'alta propensione alla conversione degli impianti termici soprattutto nei comuni prossimi alla zona costiera, è questo il caso di Castiglione della Pescaia, Monte Argentario e Orbetello. Nel primo comune 1.532 abitazioni su 2.245 usufruiscono di impianti di riscaldamento alimentati a propellente liquido (68%), così come sul Monte Argentario 2.585 abitazioni su 3.770 impiegano tale combustibile, mentre nel comune di Orbetello si riscontra una percentuale leggermente minore (62%).

Da notare come in alcuni comuni dell'area casentina, come ad esempio Cortona, l'elevato livello di "domanda energetica" sia dovuto non tanto alla propensione alla conversione degli impianti ma piuttosto ad un elevato grado di urbanizzazione rurale (abitanti in nuclei e case sparse).

In tal caso su un totale di circa 22.000 abitanti, quasi la metà (10.339 abitanti) risultano residenti in nuclei e case sparse.

L'esame della sola componente "*potenzialità di conversione delle imprese*" (Figura5) ha evidenziato l'importanza di questo fattore nel determinare la "vocazionalità locale". I comuni

nei quali si manifesta maggiormente questo carattere sono: Radicofani, Castiglione D'orcia e Monticiano per l'area senese; Poppi, Talla e Pratovecchio per l'area Casentinese; e Marliana, Sanbuca pistoiese e Piteglio per l'area pistoiese. In tali contesti sono infatti presenti numerosi addetti sia nel comparto selvicolturale (variabili dalle 174 unità di Poppi alle 8 unità del comune di Talla) che per quello dell'industria del legno (variabili da 126 di Radicofani a 8 di Marliana).

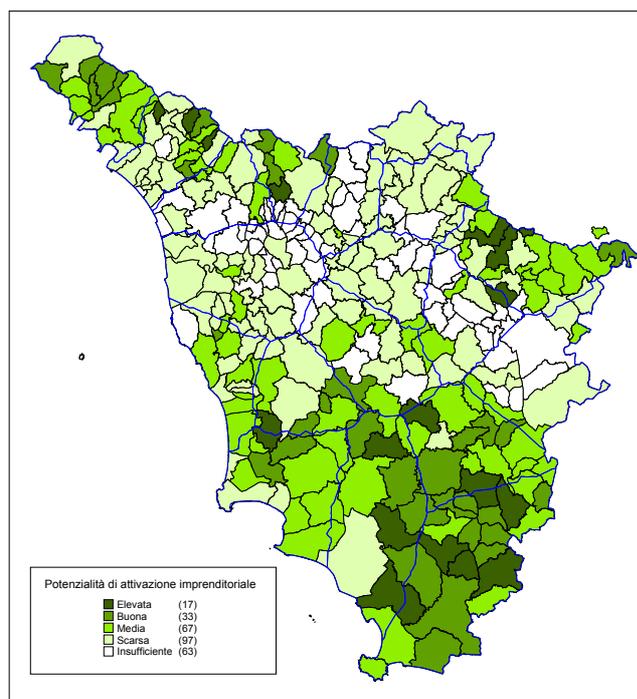


Figura 4 - Domanda energetica

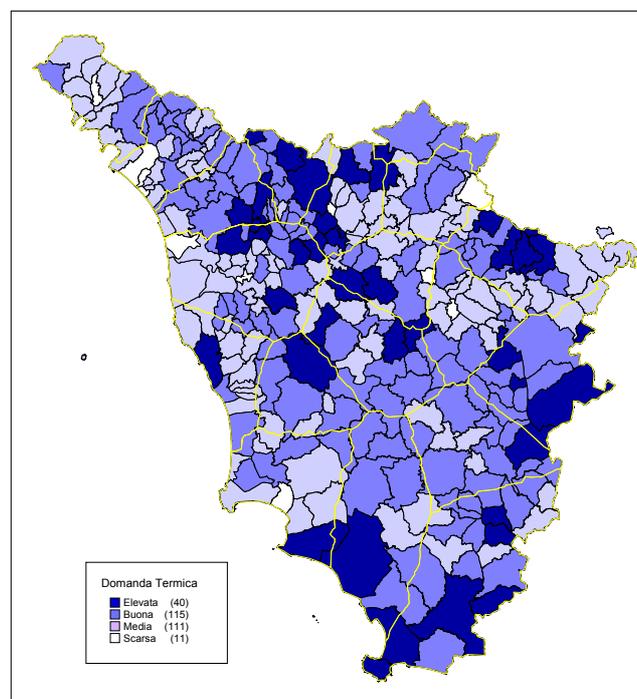


Figura 5 - Potenzialità di conversione delle imprese

## Conclusioni

Attraverso il presente studio si è cercato di definire una metodologia in grado di identificare all'interno del territorio toscano aree con elevate vocazioni all'insediamento di filiere bioenergetiche.

Lo studio si è articolato attraverso una prima fase nella quale sono state esaminate le tipologie imprenditoriali che possono avere elevate potenzialità di attivazione nel settore biomassa-energia e una seconda fase in cui è stata verificata la presenza di elementi favorevoli allo sviluppo della filiera bioenergetica nel contesto territoriale toscano.

L'approccio analitico proposto è quello legato alla pianificazione territoriale con modelli di Analisi Multicriteriale. In particolare, è stato sviluppato un modello AHP mutidecisore utile a definire il grado complessivo di priorità/rilevanza che un gruppo di esperti del settore attribuisce a ciascuna variabile inclusa nel modello.

Le simulazioni, effettuate attraverso applicativi GIS, hanno portato alla valutazione delle interrelazioni spaziali esistenti fra comuni che presentano un elevato livello di specializzazione nel settore foresta-legno, e un alto grado di propensione all'utilizzazione di biomasse per scopi energetici. Nello specifico, la procedura di aggregazione territoriale, e

stata effettuata attraverso una elaborazione cartografica fondata sui rapporti di vicinanza e di collegamento tra comuni.

I risultati evidenziano la presenza di tre aree maggiormente vocate in corrispondenza della parte settentrionale della provincia di Pistoia, parte alta del bacino casentino e nell'area Sud-Est della Toscana, a cavallo delle province di Siena e Grosseto.

Si tratta di aree nelle quali è ipotizzabile lo sviluppo di filiere biomassa-energia in relazione all'elevata disponibilità di risorse, sia forestali che agrarie, ed ad una cospicua concentrazione di imprese del settore.

Le indicazioni fornite dalla ricerca, pur rappresentando un utile supporto nei processi pianificatori regionali, costituiscono proposte di massima che devono essere validate localmente con rilevazioni mirate a definire l'effettiva consistenza delle imprese del settore legno. A ciò si aggiunge l'esigenza di verificare la presenza di relazioni funzionali fra imprese che possano funzionare da catalizzatore nello sviluppo di processi di adeguamento ai mercati energetici emergenti.

## BIBLIOGRAFIA

AA.VV., (2001) *Long Term World Oil Supply* (A Resource Base/Production Path Analysis), The Energy Information Administration (EIA) of the Department of Energy, 2001.

AA.VV., (2003) *Bozza di discussione di uno schema di standards di buona gestione forestale per i boschi appenninici e mediterranei*; ACCADEMIA ITALIANA DI SCIENZE FORESTALI coordinamento gruppo di lavoro a cura di Marchetti M., Barbati A., Firenze.

BERNETTI I, FAGARAZZI C., FRATINI R., (2003) Analisi delle potenzialità di sviluppo di una filiera biomassa-energia nel contesto toscano, in corso di stampa su *Italia Forestale e Montana*.

BERNETTI I., (1994) “L’impiego dei modelli di analisi multicriteriale nella pianificazione forestale” n.3/1994 pp.63-115 Comunicazioni di ricerca ISAFA, Trento.

BERNETTI I., (1998), Il mercato delle biomasse forestali per scopi energetici: un modello di offerta, *Rivista di Economia Agraria*, anno LIII, n. 3.

CAMAGNI R. (1989), "Cambiamento tecnologico, 'milieu' locale e reti di imprese: verso una teoria dinamica dello spazio economico", *Economia e Politica Industriale*, n. 64

CAMAGNI R. (1999), *La teoria dello sviluppo regionale*, CUSL Nuova Vita, Padova

CASINI L., (2000) *Nuove prospettive per uno sviluppo sostenibile del territorio – Studio editoriale fiorentino*.

CASINI L., MARINELLI A., (1996) *Un modello economico-ambientale per la gestione delle risorse forestali – Franco Angeli editore*.

CASINI, L. (1990). “Un’analisi delle tecnologie produttive nel settore legno in Toscana”. *Studi di Economia e di diritto*, n.1.

D’APUZZO L., VENTRE A., (1995). “*Algebra lineare e geometria analitica*” Ed. Cedam, 1995.

DE MEO I. (1997) Lo stato dell’ambiente nel territorio regionale, pp. 61-183, in *Qualità dell’ambiente e sviluppo regionale in Toscana*, IRPET , Franchini D. , Pozzana G. (a cura di ), Franco Angeli.

DEL COLLE E., ESPOSITO G.F., (2000) *Introduzione all’analisi operativa delle economie locali*. Franco Angeli.

FAGARAZZI C., (1999) *Analisi del mercato delle biomasse ad uso energetico* Tesi di dottorato in Economia delle risorse alimentari e dell’ambiente, Istituto Universitario Navale. Napoli

FAGARAZZI C., (2001) *Strumenti di analisi del mercato agro-forestali per uso energetico*, *Italia Forestale e Montana*, n. 2, 2001

ISTAT (1991) *VII Censimento Generale dell’industria, del commercio e dei servizi* . Roma.

ISTAT (1991) *IV Censimento Generale dell’Agricoltura* . Roma.

ISTAT (1994) *XIII Censimento Generale della popolazione e Abitazioni*, Roma, 1991.

ISTAT (1996) *Censimento intermedio dell’industria e dei servizi*:. Roma.

ITABIA (2001) *Biomasse agricole e forestali, rifiuti e residui organici: fonti di energia rinnovabile. Stato dell'arte e prospettive di sviluppo a livello nazionale – Elementi di sintesi*, Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Roma, Febbraio 2001.

KOTLER P., ARMSTRONG G., SAUNDERS J., WONG V., (1996) *Principles of marketing*, European edition.

- LAHERRÈRE J.H.( 1995) "World oil reserves: what number to believe?" OPEC Bull.-Feb.-pp 9-13
- LEONI R., 1985 Statistica descrittiva, Libreria Alfani editrice, Firenze
- MALCZEWSKI J., (1999) *Gis and multicriteria analysis*, John Wiley and Sons; New York.
- MILLER, C.A., (1956) "*the magic number seven plus or minus two: some limits on our capacity for -processing information*" Psychological Review, Vol. 13, pp.
- MUNDA G, (2000) Conceptualising and responding to complexity. In: Spash C., Carter C., Environmental Valuation in Europe, Cambridge Research for the Environment, Cambridge Policy Research Brief No 2.
- OMANN I., (2000) How can multicriteria decision analysis contribute to environmental policy making? A case study on macro sustainability in Germany. Third International Conference of the European Society for Ecological Economics, Vienna, May 3-6 2000.
- PETTENELLA D. (2000) Costi di produzione e possibilità di marketing del Legno Cippato, Sherwood, n° 59.
- PIORE M.J., SABEL, C.F. (1984) "*Le due vie dello sviluppo industriale. Produzione di massa e produzione flessibile*". Isedi, Torino
- PIVORIUNAS A., (1999) Lithuanian state sawmill: Creating the competitive strategy, Swedish University of Agricultural Sciences - Department of forest economics. Sveriges Lantbruks Universitet.
- PORTER M.E., 1980, Competitive strategy. Technique for analysing the industries and competitors.
- PORTER M.E., (1997) La strategia competitiva, Analisi delle decisioni. Editrice Compositori, Bologna.
- REGIONE TOSCANA (1998) L'inventario forestale, Dipartimento di sviluppo economico, servizio foreste e patrimonio agroforestale, vol. 3, Firenze.
- REGIONE TOSCANA (2000) Docup-Regione Toscana, Firenze.
- RIFKIN J., 2002, *Economia all'idrogeno*, Arnoldo Mondadori, Milano.
- ROMANO D. (1999) "*I sistemi locali di sviluppo rurale*". Inedito.
- MENGHINI S. (2000) Analisi della ruralità in Toscana, in "Nuove prospettive per uno sviluppo sostenibile del territorio", a cura di Casini L., collana RAISA,
- SAATY T. L., (1977) A scaling method for priorities in Hierarchical Structures, *Journal of mathematical psychology*, vol. 15, no, 3.
- SAATY T. L., (1980), The Analytic Hierarchyl Process, Mc-Graw Hill, New York.
- SPINELLI R. - KOFMAN P. (1995) Macchine per la raccolta delle biomasse forestali, *M&MA*, n. 7/8.
- TASSINARI G. (1984). "*Le trasformazioni dell'industria italiana alla fine degli anni settanta*". Cleup, Bologna.
- TRIANAPHYLLOU E. (2000) Multi-criteria decision making methods: a comparative study, Kluwer Academic Publishers.