

**REGIONE
MARCHE**



*Servizio Agricoltura,
Forestazione e Pesca*



Energia dall'agricoltura: l'utilizzo delle biomasse per la valorizzazione delle aree rurali nella regione Marche

Hanno collaborato al lavoro di progetto e alla stesura della pubblicazione:

Andrea Bordoni

Responsabile e coordinatore del progetto

Regione Marche - Servizio Agricoltura, Forestazione e Pesca

Eleonora Maldini

Regione Marche - Servizio Agricoltura, Forestazione e Pesca

Mauro Tiberi

Regione Marche - Osservatorio Regionale Suoli

Giovanni Ciabocco

ASSAM - Osservatorio Regionale Suoli

Cristina Bernacconi

ASSAM - Osservatorio Regionale Suoli

Andrea Arzeni

INEA - Osservatorio agroalimentare

Ester Foppa Pedretti

Università Politecnica delle Marche - Dip. SAIFET

Giorgio Rossini

Università Politecnica delle Marche - Dip. SAIFET

ISBN 978-88-8249-079-9

Premessa

Il progetto “Valutazione del potenziale energetico della biomassa di origine agroforestale e definizione dei bacini agroenergetici della regione Marche”, è un progetto del Servizio Agricoltura, Forestazione della Regione Marche, che ha come partner operativi il Dipartimento di Scienze Alimentari, Agro-Ingegneristiche, Fisiche, Economico-Agrarie e del Territorio (SAIFET) dell'Università Politecnica delle Marche (UNIVPM), l'Osservatorio Agroalimentare della Regione Marche (OAM) e la sede regionale dell'INEA (Istituto Nazionale di Economia Agraria), il Centro Operativo Servizio Suoli dell'ASSAM (Agenzia per i Servizi al Settore Agroalimentare delle Marche). I differenti partners hanno lavorato in stretto contatto, cercando di mettere in comune competenze ed esperienze, al fine di ottenere un prodotto omogeneo ed unitario.

Le elaborazioni tecnico-economiche svolte hanno utilizzato dati di input risalenti al 2009, periodo di realizzazione e di utilizzo del modello di simulazione prodotto per analizzare i differenti scenari di filiera. Da tale data, le condizioni di mercato e normative al contorno, cioè alcuni dati di input, sono evolute; tuttavia si ritiene che, pur con dati puntuali differenti, restino comunque validi sia i punti critici rilevati che le principali problematiche discusse.

Indice

1. Introduzione.....	4
2 Strumenti tecnici per gli studi di filiera.....	6
3. Acquisizione e sistematizzazione di informazioni diffuse sul territorio e costituzione di mappe di attitudini per la produzione di biomassa dedicata e/o residuale a fini energetici.....	7
3.1 <i>Valutazione del territorio in funzione dell'attitudine alla produzione di biomassa.....</i>	8
3.1.1. Metodo di valutazione dell'attitudine alla produzione di biomassa di origine agricola nella regione Marche.....	8
3.1.2 Metodo di valutazione dell'attitudine alla produzione di biomassa di origine forestale nella regione Marche.....	9
3.1.3 Metodo per la produzione di biomassa residuale agricola.....	12
3.2 <i>Casi applicativi.....</i>	14
3.2.1 Valutazione attitudinale delle Marche alla produzione di biomassa ad utilizzo energetico da aree agricole.....	14
3.2.2 Valutazione attitudinale delle Marche alla produzione di biomassa ad utilizzo energetico da aree forestali.....	17
3.2.3 Valutazione attitudinale delle Marche alla produzione di biomassa residuale ad utilizzo energetico da coltivazioni agricole e da allevamenti zootecnici.....	19
3.2.4 Considerazioni sulla definizione di bacini agro-energetici nella regione Marche.....	23
4. Definizione del modello tecnico-economico per il dimensionamento delle filiere agro-energetiche.....	25
4.1. <i>Metodo di analisi utilizzato per la definizione del modello.....</i>	25
4.2 <i>Casi applicativi.....</i>	27
4.2.1 Filiera legno-energia.....	27
4.2.2 Filiera olio-energia.....	31
4.2.3 Filiera biogas-energia.....	38
5. Analisi degli scenari e conclusioni.....	43
5.1 Filiera legno-energia.....	44
5.2 Filiera olio-energia.....	45
5.3 Filiera biogas-energia.....	46
6. Bibliografia e fonti dati.....	47
7. Tavole.....	49

1. Introduzione

Le principali problematiche della modernità ruotano intorno al problema dell'approvvigionamento energetico ed idrico. La disponibilità di queste risorse genera nel mondo contemporaneo profonde trasformazioni nella stipula di patti tra paesi, nell'impostare piani e strategie a medio e lungo termine rendendo sempre più complessi gli equilibri tra le comunità fino ad arrivare in casi sempre più frequenti all'apertura di sanguinosi conflitti. In effetti, mentre in tempi passati gli interessi erano mossi dalle conquiste di terre e di materiali preziosi, oggi i beni limitanti sono dati da acqua ed energia e, per ora, il mondo occidentale sembra dare priorità alla seconda risorsa.

Peraltro, è difficile prevedere scenari futuri che pongano come strategia di fondo il risparmio energetico. Questo dovuto al fatto che la maggior parte dei paesi occidentali difficilmente sono propensi a modificare i propri modelli di vita sociale e produttiva costruiti sui benefici ricavati dallo sfruttamento dei combustibili fossili.

Purtroppo, associati agli aspetti positivi di sviluppo economico e tecnologico dell'era moderna si sono verificati anche altri fenomeni indesiderati, già previsti, in tempi non sospetti da Svante Arrhenius¹, e cioè l'aumento del cosiddetto "effetto serra" provocato dall'incremento in atmosfera di gas provenienti da attività antropiche detti anche "climalteranti", in quanto, vanno ad alterare gli equilibri che regolano le risorse ed i cicli naturali, con particolare riferimento alle variabili meteorologiche che determinano il clima. Considerato che l'aumento nel tempo di tali fenomeni indesiderati è correlato in maniera direttamente proporzionale al crescente utilizzo di risorse energetiche fossili, la progressiva introduzione delle risorse energetiche rinnovabili è pertanto strategica ed opportuna, con la conseguente riduzione delle emissioni di anidride carbonica in atmosfera.

Altro fattore che depone indubbiamente a favore della ricerca di risorse energetiche alternative è senz'altro la riduzione dello stock di idrocarburi utilizzabili. Basandosi su curve di previsione, che fanno capo alla metodologia seguita sin dagli inizi dagli anni 50 da Hubbert, è possibile prevedere la durata delle scorte di petrolio nei differenti siti di estrazione. Ovviamente, le previsioni vengono formulate sulla base dei consumi attuali; nuovi ingressi sulla scena produttiva e profonde modifiche tecnologiche potrebbero apportare dei correttivi alla curva che modella la quantità di petrolio estratto.

Le opportunità per superare le problematiche citate sono:

- una profonda razionalizzazione degli attuali utilizzi di energia, ottenendo maggiori risparmi energetici;
- l'utilizzo di energie rinnovabili, in grado di aumentare la durata delle riserve, almeno fino al momento in cui non saranno mature proposte veramente innovative o significativi cambiamenti nelle modalità di vita utili alla riduzione delle necessità energetiche.

In questo contesto si colloca l'opportunità di promuovere filiere² che valorizzino appieno l'energia contenuta in produzioni rinnovabili sottoforma di carbonio fissato.

Si apre quindi il panorama delle filiere biomasse-energia che nel settore agricolo-forestale hanno il loro più importante bacino di attivazione.

Il settore agricolo e forestale in questo processo di profonda trasformazione industriale avvenuta in tempi brevissimi non è passato indenne ma al contrario ha subito profonde trasformazioni sia nelle produzioni che nei sistemi di gestione aziendale. Da un'agricoltura volta prevalentemente all'autoconsumo della popolazione rurale si è passati progressivamente ad un sistema di produzione sempre più legato allo sviluppo industriale con una conseguente semplificazione ed intensificazione delle produzioni. Questo processo ha portato notevoli vantaggi ed innegabili passi

¹ Chimico e fisico svedese, premio Nobel per la chimica nel 1903.

² In questo contesto con filiera si intende la concatenazione di attività destinate alla produzione energetica, dall'approvvigionamento della materia prima (es. biomassa), alla sua trasformazione in energia.

in avanti in termini di sviluppo sociale ed economico ma nel contempo ha determinato effetti indesiderati che ai giorni nostri sono sempre più evidenti, quali ad esempio l'aumento della concentrazione dei gas serra ed uno sfruttamento poco razionale delle risorse naturali. Nella fase attuale, che potremmo definire come post-industriale, il settore agricolo oltre a fronteggiare un mercato sempre più difficile che limita progressivamente le potenzialità produttive si trova a recuperare vecchi valori positivi legati al ruolo svolto nella tutela dell'ambiente e delle risorse naturali, nel presidio del territorio e nella conservazione del paesaggio e dei beni colturali ed artistici. Lo sviluppo di filiere agroenergetiche può rappresentare oggi per il settore agricolo e forestale una ulteriore possibilità di integrazione delle produzioni tradizionali con positive ripercussioni nei risultati economici ed in generale nella riqualificazione del ruolo svolto dal settore agricolo nella tutela ambientale e nel presidio del territorio.

Le possibilità di successo per la diffusione delle filiere agro energetiche sono legate a più aspetti:

1. Innanzitutto ad elementi di natura tecnico-economica, che ne determinano la fattibilità imprenditoriale;
2. In parallelo, alla rispondenza energetico-ambientale della produzione in termini di risparmio di combustibili fossili e di riduzione di emissioni di gas climalteranti.
3. a considerazioni di tipo sociologico (divulgazione e condivisione delle comunità rurali) e iniziative di animazione per il coinvolgimento della popolazione residente.

La valutazione dei primi due aspetti (barriere tecniche) comporta analisi, anche complesse e condotte con strumenti diversi, finalizzate alla verifica oggettiva di convenienza per la realizzazione della filiera. Nel caso degli altri aspetti (barriere sociali), questi stanno diventando sempre più importanti ed evidenti ed in grado di essere decisivi nel determinare il successo di iniziative nel settore.

I due aspetti tecnico-economico e socio-culturale possono essere visti anche come momenti successivi di un unico processo, dove lo studio tecnico diventa la prima, fondamentale ed irrinunciabile fase, per procedere allo sviluppo della seconda, che si ritiene complementare e sinergica.

In questo scritto si proporrà una metodologia di analisi utile alla valutazione integrata di tutti gli aspetti tecnico-economici che vengono coinvolti nell'ipotesi dell'attivazione di filiere agro energetiche nella regione Marche. Tali aspetti comprendono la considerazione delle caratteristiche ambientali e di superfici agricole e forestali disponibili, la realtà agricola regionale, le tecnologie consolidate e disponibili, le strutture ed infrastrutture esistenti, le valutazioni economiche.

In questo lavoro non verranno analizzati gli aspetti socio economici e culturali, anche se si cercherà di dare degli indirizzi utili per la loro "tenuta in conto".

2. Strumenti tecnici per gli studi di filiera

In termini generali, si può affermare che la produzione di energia da biomasse, proprio perché:

- fortemente motivata da presupposti di sostenibilità energetico-ambientale;
- restituisce al soprassuolo coltivato un'importante valenza strategica;
- può mettere in competizione le differenti funzioni della destinazione dei fondi (coltivazioni ad uso alimentare o energetico oppure aree votati alla conservazione di equilibri ambientali);

deve essere attentamente valutata, a partire dalla più opportuna collocazione in ambito territoriale, elemento decisivo nel determinarne la sostenibilità.

La fase di produzione e/o reperimento della biomassa assume un peso di particolare rilevanza e, sulla base della sua provenienza, può essere definita una classificazione, che di seguito si propone.

Si intende:

- filiera corta, quando è possibile circoscrivere ad un bacino locale – di differente dimensione – l'area di provenienza della biomassa. In genere, con questo tipo di organizzazione sono coinvolte prevalentemente risorse locali e la produzione energetica può assumere più "valenze": economica, sociale, ambientale, culturale.
- filiera lunga, quando la biomassa viene acquisita sul mercato, con provenienza in larga parte internazionale. Le risorse coinvolte sono prevalentemente esterne e la produzione energetica risponde prevalentemente alla logica economica

Lo studio affronta la complessa materia della produzione e utilizzazione di biomassa a scopo energetico di provenienza agricolo-forestale in filiera corta.

Come già indicato in premessa, si possono individuare 2 tipi di approccio, utili ad affrontare problematiche di ordine tecnico e di ordine non tecnico. In questa sede si proporranno dei metodi di valutazione che soddisfano solamente le problematiche di primo tipo.

In sintesi, nel prosieguo del lavoro, verranno proposte alcune metodologie di analisi per:

1. l'acquisizione e la sistematizzazione di informazioni diffuse sul territorio e la costituzione di mappe di attitudine per la produzione di biomassa, dedicata (metodo per la valutazione del territorio in funzione dell'attitudine alla produzione di biomassa) e/o residuale (metodo per la valutazione territoriale di biomassa residuale disponibile), ad utilizzo energetico;
2. la definizione di un modello con cui trattare informazioni tecniche ed economiche utili a dimensionare le filiere agro energetiche inserite in bacini e/o in distretti agro-energetici.

3. Acquisizione e sistematizzazione di informazioni diffuse sul territorio e costituzione di mappe di attitudine per la produzione di biomassa dedicata e/o residuale a fini energetici

La materia prima utilizzata nella filiera agro-energetica può provenire da biomassa dedicata o da biomassa residuale derivante da sottoprodotti di specie destinate ad altri scopi diversi da quelli energetici.

La biomassa dedicata è ottenuta da specie erbacee e/o arboree appositamente coltivate a scopo energetico (crop energy).

Le più importanti a livello nazionale sono:

- il sorgo, la soia e il girasole tra le colture erbacee annuali, il miscanto, la canna comune, il cardo tra le erbacee biennali;
- il pioppo, la robinia, l'eucalipto tra le arboree poliannuali.

Per biomassa residuale si intendono:

- i sottoprodotti dell'attività agricola come scarti di potatura di colture arboree (vite, olivo, frutteti) o residui colturali (paglia, stocchi di mais, etc.);
- gli scarti dell'industria agroalimentare idonei alla conversione termochimica (sansa, vinacce, etc.);
- gli scarti e/o i prodotti dell'attività silvicolturale;
- gli scarti di natura legnosa non trattati chimicamente dell'industria (lavorazione del mobile e del legno), della gestione del verde urbano o, più in generale, dell'attività di gestione del verde.

Il territorio verrà analizzato in relazione alla possibilità di coltivare o di reperire le biomasse ad uso energetico sopra elencate. Tali informazioni verranno visualizzate in mappe che serviranno ad identificare le aree:

- atte alla coltivazione delle specie di biomassa di interesse energetico;
- in cui si concentrano sottoprodotti valorizzabili energeticamente.

3.1 Valutazione del territorio in funzione dell'attitudine alla produzione di biomassa

Per identificare le aree di un territorio favorevoli alla produzione di biomassa per usi energetici (aree vocate) si propone un metodo che considera più fattori di valutazione (modello di valutazione multiparametrico), relativi a caratteristiche ambientali e a sistemi gestionali, funzionali rispettivamente alla produzione ed alla distribuzione di biomassa agricola e forestale.

Il metodo prevede più fasi:

1. analisi preliminare;
2. individuazione dei valori delle classi di attitudine per singolo fattore e per le specie coltivate di interesse;
3. valutazione del territorio in funzione delle classi di attitudine dei singoli fattori per le specie di interesse;
4. attribuzione territoriale delle classi di attitudine alla produzione per parametri considerati e per le specie di interesse;
5. valutazione integrata del territorio per la definizione di bacini agroenergetici.

Le fonti utilizzate per le elaborazioni sono costituite da dati di tipo alfanumerico (serie statistiche, censimenti agricoltura, statistiche regionali) e dati geografici (carta dei suoli regionale, carte morfometriche, CTR, catasto forestale etc).

3.1.1 Metodo di valutazione dell'attitudine alla produzione di biomassa di origine agricola nella regione Marche

La fase preliminare identifica le coltivazioni praticabili sul territorio. Quando non sono consuete, si provvede ad una valutazione di sintesi sulla possibilità di inserimento negli ordinamenti colturali che tenga conto delle esigenze colturali delle specie e delle limitazioni ambientali.

Da questa prima fase (basata perlopiù su esperienza e conoscenza agronomiche del valutatore) si passa ad individuare le specie su cui impostare le successive valutazioni e criteri di analisi.

La fase 2 (individuazione delle classi, per ogni specie individuata) prevede la costruzione delle quattro classi di attitudine, in ordine decrescente (alta, media, bassa, assente). Tali classi di ordine descrittivo tengono conto: delle caratteristiche ambientali che influenzano il successo della coltivazione; della sostenibilità tecnico economica dei sistemi e della produzione (tabella 3.1).

Le informazioni necessarie, sono di natura tecnica-agronomica, organizzativa-gestionale, normativa. In alcuni casi si utilizzano dati di base (es. pH, S.O., precipitazioni, temperature), mentre altre volte è necessario ricorrere ad elaborazioni specifiche per l'individuazione di grandezze derivate (es. indice di viabilità, indice di valore ambientale etc).

La valutazione individua i *range* di valori per le quattro classi di attitudine e per ogni caratteristica, secondo lo schema della matrice riportata in tabella 3.1.

Tabella 3.1 – Griglia per la definizione delle diverse classi attitudinali per la coltivazione di specie erbacee ed arboree per la produzione di biomassa

Fattore	attitudine			
	alta (4)	media (3)	bassa (2)	assente (1)
profondità utile (cm)				
Tessitura				
sostanza organica (%)				
pietrosità (%)				
pH				
calcare (%)				
drenaggio				

precipitazioni (mm) (Σ aprile-agosto)				
temperature ($^{\circ}$) (media luglio)				
indice viabilità (m/ha)				
sic zps				
pendenze ($^{\circ}$)				

La terza fase che riguarda la valutazione del territorio, prevede la classificazione delle aree oggetto di analisi in funzione delle classi di attitudine individuate per le specie coltivate considerate.

Per effettuare tali valutazioni i valori degli attributi, individuati nelle fasi precedenti, sono agganciati ai rispettivi riferimenti geografici per le conseguenti analisi GIS (Geographic Information System).

La fase 4 comprende le elaborazioni GIS per l'integrazione dei diversi fattori che vanno a determinare il risultato di attribuzione territoriali alla classe di attitudine. I dati geografici utilizzati per la fase 4 sono:

- carta di copertura delle terre (Corine Land Cover 2000) col la quale si procede ad escludere tutta la superficie "non suolo", cioè relativa a corsi d'acqua, linee di trasporto ed urbanizzato, oltre che individuare le "superfici naturali", con cui si definiscono le aree forestali. L'assetto del territorio, depurato da quanto non produttivo in termini agricoli, viene preso come base per le successive elaborazioni;
- carta pedologica scala 1:250.00 dalla quale sono state derivate le informazioni chimico fisiche utilizzate (pH, S.O., tessiture, scheletro etc);
- carte tematiche che descrivono i valori termo-pluviometrici (dati Servizio Agrometeorologia - ASSAM) correlati alle esigenze fisiologiche delle specie di studio;
- carte tematiche che, in analogia a quanto sopra, descrivono i valori morfometrici correlati alle esigenze fisiologiche e gestionali delle medesime specie;
- carte tematiche che descrivono i vincoli territoriali esistenti correlati alle valutazioni di attitudine (SIC, ZPS, indice di viabilità).

La funzione di integrazione per la definizione dell'attitudine complessiva, prevede la valutazione della sommatoria di condizioni favorevoli alle coltivazioni individuate (equazione 1).

$$\text{Att.} = n_1 + n_2 + \dots + n_n$$

Eq. (1)

dove:

ATT = Attitudine

n_1 = precipitazioni e temperature

n_2 = caratteristiche pedologiche (pH, SO, CaCO₃)

n_3 = vincoli ambientali esistenti (SIC, ZPS etc)

La quinta ed ultima fase prevede l'integrazione dell'output dell'attitudine con altre informazioni di tipo geografico e socio-economiche per una prima delimitazione dei bacini agro energetici.

3.1.2 Metodo di valutazione dell'attitudine alla produzione di biomassa di origine forestale nella regione Marche

La valutazione dell'attitudine alla produzione di biomassa di origine forestale, utilizza come base dati principale l'Inventario Forestale Regionale SIFR (IPLA 2000).

La fase preliminare riguarda l'individuazione delle superfici forestali potenzialmente utilizzabili a livello selvicolturale. Tali aree si delimitano dal contesto generali delle aree forestali regionali, escludendo i boschi appartenenti alla Categoria Forestale "Arbusteti e Cespuglieti", che per la loro natura e conformazione specifica non si adattano alla produzione di biomassa legnosa utilizzabile

a scopi energetici. Il metodo prevede poi l'esclusione di tutti i boschi classificati con destinazione selvicolturale "Evoluzione libera". Tale scelta con approccio cautelativo deriva dalla considerazione che tali boschi non sono gestiti nel breve periodo, stessa soluzione è attribuita a quelli descritti come "Fruizione pubblica", "Naturalistica", "Protettiva" e assetto strutturale "Rinfoltimento".

Queste scelte rappresentano una semplificazione del modello, infatti, i boschi così classificati possono produrre biomassa legnosa utilizzabile a scopi energetici, ma questa stima in difetto permette una migliore scalarità nell'approccio al problema e valorizza l'informazione contenuta nel Sistema Informativo Forestale Regionale.

Individuate le superfici bosco su cui impostare il modello multiparametrico l'attività di valutazione (seconda fase) prevede la classificazione degli attributi (categoria forestale, assetto strutturale, destinazione d'uso prevalente, indirizzo selvicolturale, limitazioni normative all'utilizzo del soprassuolo, limitazioni di configurazione all'esbosco meccanizzato) per singole superfici forestali secondo i valori riportati nella tabella 3.2 (classi attitudinali).

Tabella 3.2 – Valori di ponderazione delle diverse classi attitudinali

Valore	Descrizione
1	(MB) molto bassa
2	(BA) bassa
3	(ME) media
4	(AA) alta
5	(MA) molto alta

I valori delle classi attitudinali degli attributi descrittivi delle superfici forestali sono dettagliati dalla tabella 3.3 alla tabella 3.8.

Tabella 3.3 – Classi attitudinali in termini di produzione di biomassa ad uso energetico per le differenti "Categorie forestali"

Descrizione attributo	Valore della classe
Castagneti	3
Cerrete	5
Faggete	4
Formazioni riparie	5
Leccete	5
Latifoglie varie pure o miste	5
Orno-ostrieti	5
Querceti di roverella e di rovere	5
Robinetto-ailanteti	3
Rimboschimenti di conifere	1

Tabella 3.4 – Classi attitudinali in termini di produzione di biomassa ad uso energetico per i differenti "Assetti strutturali"

Descrizione attributo	Valore della classe
Ceduo in conversione	3
Ceduo semplice o senza matricine	5
Ceduo intensamente matricinato	4
Fustaia sopra ceduo	4
Fustaia	3
Boschi di neoformazione	2
Rimboschimenti	5

Tabella 3.5 – Classi attitudinali in termini di produzione di biomassa ad uso energetico per le differenti “Destinazioni d’uso prevalenti”

Descrizione attributo	Valore della classe
Produttiva	5
Produttiva e protettiva	4

Tabella 3.6 – Classi attitudinali in termini di produzione di biomassa ad uso energetico per i differenti “Indirizzi selvicolturali”

Descrizione attributo	Valore della classe
Cure colturali	3
Ceduazione	5
Conversione attiva	3
Diradamento e conversione	4
Diradamento	4
Evoluzione controllata	1
Ricostituzione boschiva	1
Tagli di rinnovazione	4
Trasformazione	3

Tabella 3.7 – Classi attitudinali per inclusione/esclusione della superficie forestale nelle aree Natura 2000

Descrizione attributo	Valore della classe
Dentro SIC o ZPS	3
Fuori SIC o ZPS	5

Tabella 3.8 – Classi attitudinali per intervalli di pendenza

Descrizione attributo	Valore della classe
0 – 20% ³	5
0 – 30% ⁴	4
30 – 50% ⁵	2
>50%	1

³ I trattori, che possono operare al di fuori di piste e strade senza particolari problemi di aderenza e stabilità longitudinale, sono il sistema d'esbosco più impiegato offrendo le maggiori produttività ed i minori costi d'intervento. Per il legname di piccole dimensioni si impiegano rimorchi (traino), possibilmente a ruote motrici, oppure gabbie montate sul trattore (soma); per quello di più grandi dimensioni viene utilizzato di preferenza il verricello. Il movimento dei mezzi può essere limitato, per ragioni selvicolturali, a vie d'esbosco preventivamente tracciate sul terreno.

⁴ La costruzione di strade e piste è agevole, ed i trattori rimangono il sistema d'esbosco principale. Per ragioni di stabilità, tali mezzi esboscano prevalentemente in discesa e lungo la linea di massima pendenza. Prudenzialmente viene indicato un limite inferiore di percorrenza dalle strade (500 m) anche perché cominciano ad esserci maggiori difficoltà soprattutto per i trattori gommati.

⁵ La costruzione di piste non è più possibile. L'esbosco da monte è limitato all'avvallamento su distanze massime di 150 m per gli assortimenti di piccole dimensioni, e di 200 per quelli più grandi. Il legname a valle della strada può essere recuperato con il verricello su distanze massime di 100 m.

Sulla base delle classificazioni degli attributi descrittivi delle superfici forestali, sopra riportati, è prevista, nella terza fase, una riclassificazione dei layer prodotti e ad una successiva loro rasterizzazione.

La quarta fase prevede la definizione dell'attitudine del territorio, attraverso l'implementazione geografica in ambiente GIS dell'equazione 2.

$$\text{Att.} = n_1 + n_2 + \dots + n_n \quad \text{Eq. (2)}$$

dove:

ATT = attitudine

n1 = categorie forestali

n2 = assetti strutturali

n3 = destinazioni d'uso prevalenti

n4 = indirizzi selvicolturali

n5 = vincoli ambientali – Rete Natura2000

n6 = classi di pendenza

L'output ottenuto va di nuovo interpretato con una classificazione relativa che parte dall'assunto che una superficie (forestale) sarà tanto più vocata alla produzione di biomassa a scopi energetici, in proporzione al numero ed all'intensità degli attributi attitudinali che insistono su di essa. Il modello è estremamente semplice, ma permette di ampliare successivamente l'analisi, aggiungendo fattori e soprattutto ponderando tali fattori in relazione al loro peso per la determinazione dell'attitudine.

L'output di questa elaborazione deve essere riclassificato con il metodo del "natural breaks o algoritmo di jenkins" con la stessa scala di interpretazione dei dati di input.

La restituzione cartografica dell'informazione relativa all'attitudine, prevede l'utilizzo come layer vettoriale la carta dei Sottosistemi di terre della carta dei suoli e paesaggi delle marche 1:250.000.

Nella quinta ed ultima fase (valutazione integrata del territorio per la definizione di bacini agro energetici), prevede, partendo dal risultato ottenuto, che vengano ridelineate aree a diversa vocazionalità sulla base di altri parametri, valutati in modo integrato. Questo perché la valutazione oltre che considerare fattori di tipo ambientale e produttivo, deve poter considerare altri aspetti di tipo strutturale, economico e sociale.

3.1.3 Metodo per la produzione di biomassa residuale agricola

Il primo passo per valutare la possibilità di realizzazione delle filiere è la verifica della biomassa residuale presente relativamente alle coltivazioni ed alle attività zootecniche praticate. Poiché si tratta di stime, si è proceduto utilizzando indici e dati aggregati.

Gli elementi di interesse sono:

1. quantità di prodotto principale ottenibile per unità di superficie o produzione di effluente zootecnico in funzione della consistenza media di allevamento. Il dato, nel caso di coltivazioni, è sito specifico e dipende dalla tecnica agronomica adottata; nel caso di produzioni zootecniche dipende dalle caratteristiche della specie e dalle modalità di allevamento e tipo di stabulazione;
2. valore indice del rapporto sottoprodotto/prodotto. Per ogni coltivazione, è possibile tramite letteratura risalire alle produzioni ottenibili che dipendono dalle caratteristiche genetiche delle specie coltivate e dalle tecniche colturali adottate. Nel caso degli allevamenti gli effluenti vengono stimati in funzione del peso vivo medio delle specie allevate e del tipo di stabulazione adottata;
3. superficie interessata dalla coltivazione studiata.

La tipologia di informazioni da assumere ha un livello di dettaglio differente in funzione della maglia territoriale su cui si opera. Nel caso di interventi a livello aziendale e/o di consorzi di aziende

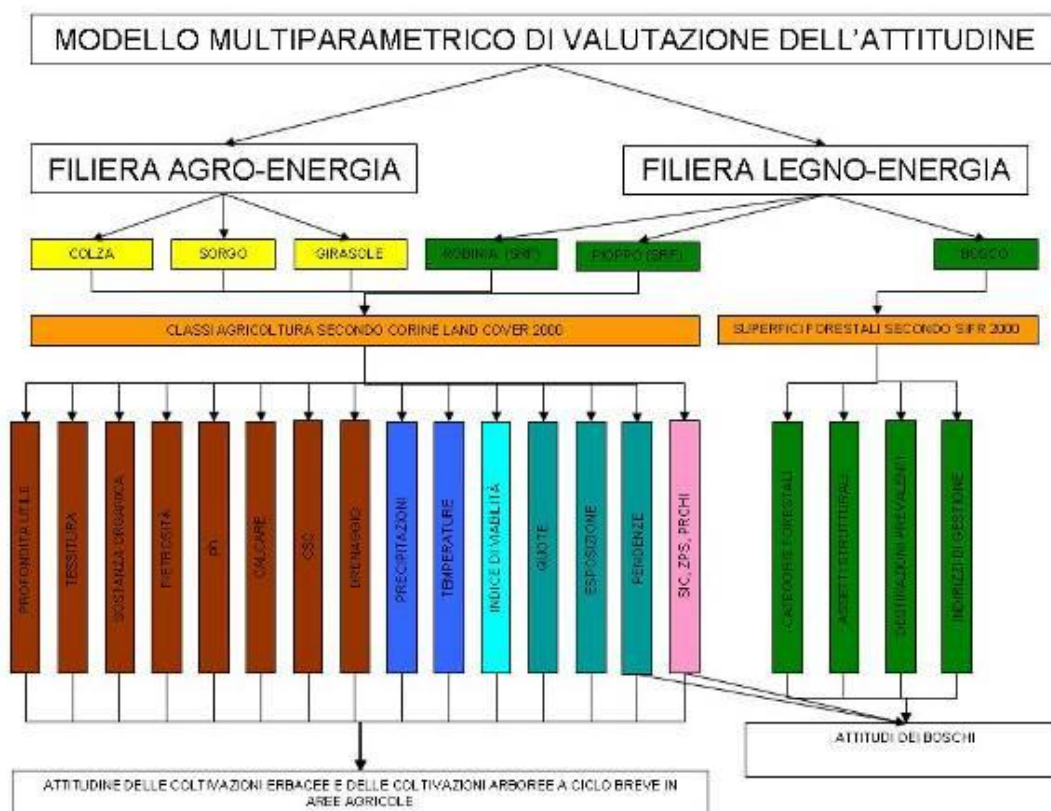
l'indagine di valutazione potrà essere accurata e si dovrà cercare di ricostruire delle serie storiche, da cui trarre valori medi, sulla base di informazioni da rilevare in situ. Nel caso del coinvolgimento di superfici più ampie, si dovrà procedere all'acquisizione di dati aggregati e di sintesi, ricavati da statistiche ufficiali.

3.2 Casi applicativi

Il metodo illustrato in figura 3.1 viene applicato per valutare il territorio della regione Marche in funzione dell'attitudine alla produzione di biomassa ad uso energetico.

Il modello multiparametrico è stato applicato sia a coltivazioni agricole dedicate (colza, girasole, sorgo, pioppo, robinia) sia a superfici forestali.

Figura 3.1 – Schema del modello multiparametrico utilizzato per valutare l'attitudine del territorio marchigiano alla produzione di biomassa a scopi energetici



Per quanto riguarda la biomassa residuale ottenuta da coltivazioni o da allevamenti, il metodo proposto comporta di definire la quantità di sottoprodotti disponibili per l'utilizzo energetico che si localizza a livello di limiti comunali.

3.2.1 Valutazione attitudinale del territorio marchigiano alla produzione di biomassa ad utilizzo energetico da aree agricole

Il territorio è stato valutato sulla base dell'attitudine nei confronti delle specie di interesse, individuate in girasole, colza, sorgo, pioppo, robinia (tabelle da 3.9 a 3.13).

Tabella 3.9 – Riclassificazione dei fattori di input nelle diverse classi attitudinali per la coltivazione del girasole

Fattore	Attitudine			
	alta (4)	media (3)	bassa (2)	assente (1)
Profondità utile (cm)	> 100	70 - 100	50 - 70	< 50
Tessitura	F-FL-FSA-FA-FAL-AS-AL-A-FAS	SF-FS-L	S	
Sostanza organica (%)	> 1,5	0,7 - 1,5	0,7 - 0,2	< 0,2
Pietrosità (%)	< 5	5 - 15	15 - 20	> 20
pH	5,6 - 8,4	4,6 - 5,5	≤ 4,5 e ≥ 8,5	
Calcare (%)		< 40	> 40	
Drenaggio ⁶	2, 3, 4		1, 5	
Precipitazioni (mm) (Σ aprile-agosto)	> 300	< 300		
Temperature (°) (media luglio)	> 20		< 20	
Indice viabilità (m/ha)	> 18	9 - 18	0 - 2	0 - 2
SIC-ZPS	Fuori		Dentro	
Pendenze (°)	< 5	5 - 15	15 - 20	> 20

Tabella 3.10 – Riclassificazione dei fattori di input nelle diverse classi attitudinali per la coltivazione del colza

Fattore	Attitudine			
	alta (4)	media (3)	bassa (2)	assente (1)
Profondità utile (cm)	> 100	70 - 100	50 - 70	< 50
Tessitura	FS-F-FL-FA-FLA-AS-LSA-FAL	SF-L-FSA-AL-A-FAS	S	
Sostanza organica (%)	> 1,5	0,7 - 1,5	0,7 - 0,2	< 0,2
Pietrosità (%)	< 5	5 - 15	15 - 20	> 20
pH	5,6 - 8,4	4,6 - 5,5	≤ 4,5 e ≥ 8,5	
Calcare (%)		< 40	> 40	
Drenaggio	2, 3	4	1, 5	
Indice viabilità (m/ha)	> 18	9 - 18	0 - 2	0 - 2
SIC-ZPS	Fuori		Dentro	
Pendenze (°)	< 5	5 - 15	15 - 20	> 20
Esposizione	E - S - W	N		

⁶ Classi di drenaggio dal "Guida per la descrizione del suolo in campagna" Quaderno tecnico – Parte B – Carta dei soli scala 1:250.000 ASSAM.

1	Rapido
2	Moderatamente rapido
3	Buono
4	Mediocre
5	Lento
6	Molto lento
7	Impedito

Tabella 3.11 – Riclassificazione dei fattori di input nelle diverse classi attitudinali per la coltivazione del sorgo

Fattore	Attitudine			
	alta (4)	media (3)	bassa (2)	assente (1)
Profondità utile (cm)	> 100	70 - 100	50 - 70	< 50
Tessitura	F-FA-FS-FSA-FAS-FAL-FL	S-SF-AL	AS-A	
Sostanza organica (%)	> 1,5	0,7 - 1,5	0,7 - 0,2	< 0,2
Pietrosità (%)	< 5	5 - 15	15 - 20	> 20
pH	5,6 - 8,4	4,6 - 5,5	≤ 4,5 e ≥ 8,5	
Calcare (%)		< 40	> 40	
Drenaggio	3, 4	2	1, 5	
Precipitazioni (mm) (Σ aprile-settembre)	> 350		< 350	
Indice viabilità (m/ha)	> 18	9 - 18	0 - 2	0 - 2
SIC-ZPS	Fuori		Dentro	
Pendenze (°)	< 5	5 - 15	15 - 20	> 20
Esposizione	E - S - W	N		

Tabella 3.12 – Riclassificazione dei fattori di input nelle diverse classi attitudinali per la coltivazione del pioppo

Fattore	Attitudine			
	alta (4)	media (3)	bassa (2)	assente (1)
Profondità utile (cm)	> 100	80 - 100		< 80
Tessitura	FS-F	FSA-FAS-FA-SF-AS	FL-FAL-AL	A-S
Sostanza organica (%)	> 1,5	0,7 - 1,5	0,7 - 0,2	< 0,2
Pietrosità (%)	< 5	5 - 15	15 - 20	> 20
pH	5,6 - 8,4	4,6 - 5,5	≤ 4,5 e ≥ 8,5	
Calcare (%)		< 40	> 40	
Drenaggio	2, 3, 4		1, 5	
Indice viabilità (m/ha)	> 18	9 - 18	0 - 2	0 - 2
SIC-ZPS	Fuori		Dentro	
Pendenze (°)	< 5	5 - 15	15 - 20	> 20
Esposizione	N - E - W	S		

Tabella 3.13 – Riclassificazione dei fattori di input nelle diverse classi attitudinali per la coltivazione del robinia

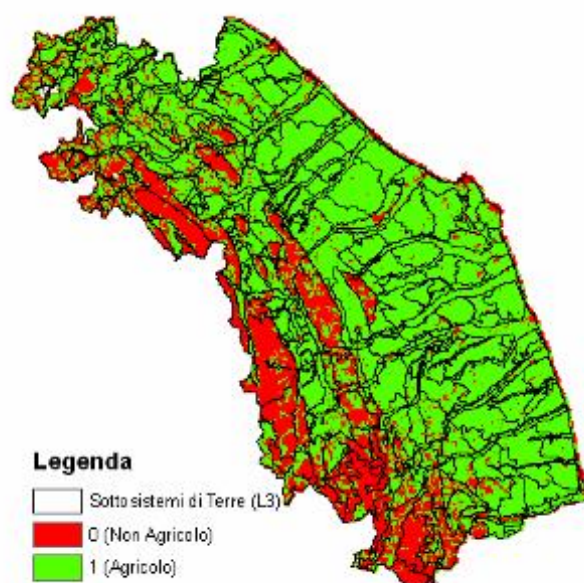
Fattore	Attitudine			
	alta (4)	media (3)	bassa (2)	assente (1)
Profondità utile (cm)	> 100	80 - 100	40 - 80	< 40
Tessitura	FS-F-SF	FSA-FAS-FA-FAL-FL-S	A-AS-AL	
Sostanza organica (%)	> 1,5	0,7 - 1,5	0,7 - 0,2	< 0,2
Pietrosità (%)	< 5	5 - 15	15 - 20	> 20
pH	5,5 - 7	4,6 - 5,6 e 7 - 8,4	≤ 4,5 e ≥ 8,5	
Calcare (%)		< 40	> 40	
Drenaggio	2, 3	4	1, 5	
temperature media	<> 21-29		< 21 e > 29	

del mese di Luglio(°)				
temperature media del mese più freddo (°)	<> 1-7		< 1 e > 7	
indice viabilità (m/ha)	> 18	9 - 18	0 - 2	0 - 2
SIC-ZPS	Fuori		Dentro	
pendenze (°)	< 5	5 - 15	15 - 20	> 20

Prima di avviare l'implementazione del modello multiparametrico è stato applicato un filtro per individuare i Sottosistemi di terre prevalentemente agricoli. Attraverso questa elaborazione è stato possibile escludere dalla valutazione aree non prevalentemente utilizzate con colture agrarie. Per effettuare questa analisi si è partiti dal dato di Uso delle Terre Corine Land Cover in scala 1:100.000, aggiornato all'anno 2000.

Una volta riclassificata la carta di uso delle terre, si è calcolata la percentuale di presenza di terre agricole per Sottosistema di Terre e sono stati selezionati solo quelli con percentuale di terre agricole superiori al 30 %. La cartografia riportata in figura 3.2 illustra le aree agricole in verde su cui è stata effettuata la valutazione (Tavole in appendice).

Figura 3.2 – Calcolo della percentuale di terre agricole per Sottosistemi di Terre



Fonte: Nostre elaborazioni su Corine Land Cover 2000 European Environment Agency (EEA)

3.2.2 Valutazione attitudinale del territorio marchigiano alla produzione di biomassa ad utilizzo energetico da aree forestali

Procedendo con il criterio di selezione illustrato nel paragrafo 3.1.2., la superficie forestale regionale totale di circa 256.578 ha (SIFR2000), è stata ridotta per l'applicazione dello studio dell'attitudine a 134.446 ha, cioè circa il 52% del totale. Ai boschi così individuati è stato applicato il modello multiparametrico che considerando la classificazione sulla base del valore degli attributi descrittivi delle superfici forestali (Tabelle da 3.3 a 3.8), con cui i layer sono stati riclassificati e successivamente rasterizzati. Queste funzioni in ambiente GIS, hanno permesso di effettuare elaborazioni geografiche ed integrazioni dei suddetti parametri. Gli output di queste elaborazioni vengono riportati nelle figure da 3.3 a 3.9 (Fonte: nostre elaborazioni su Sistema Informativo Forestale Regione Marche SIFR IPLA 2000).

Figura 3.3 – Carta delle classi attitudinali per le differenti categorie forestali

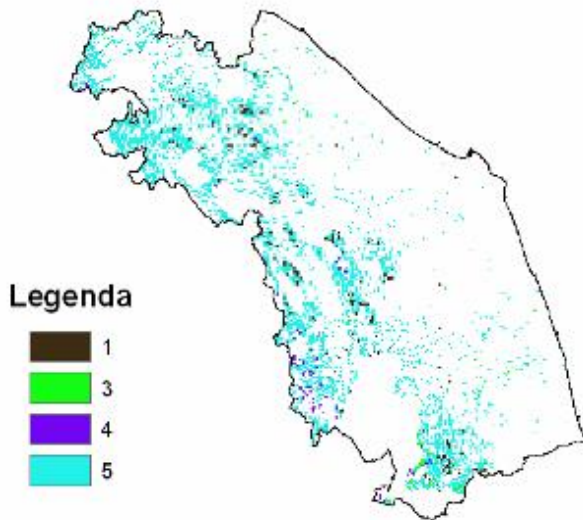


Figura 3.4 – Carta delle classi attitudinali per i differenti assetti strutturali

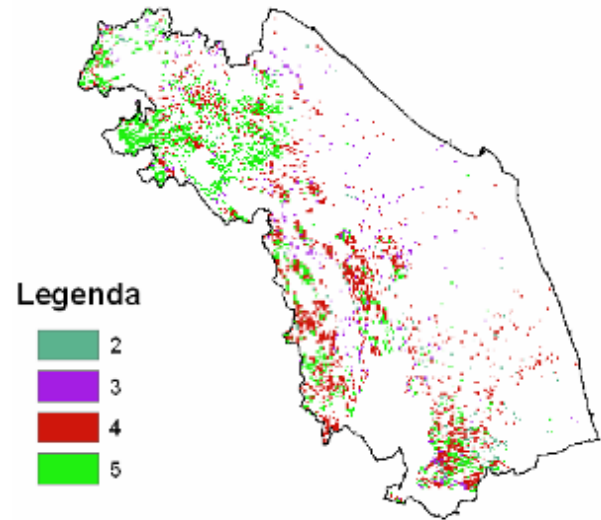


Figura 3.5 – Carta delle classi attitudinali per le differenti “destinazioni d’uso prevalenti”

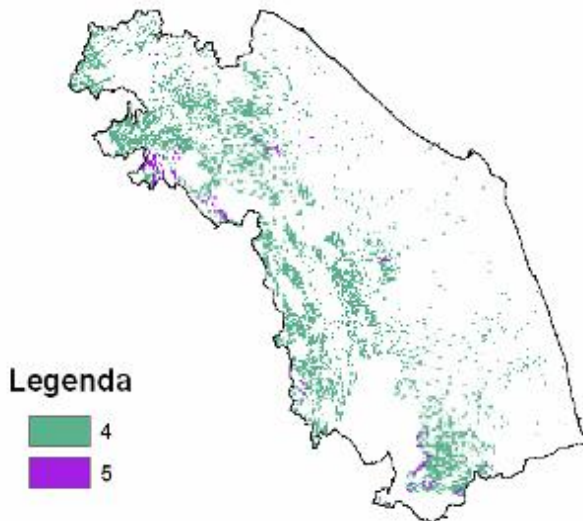


Figura 3.6 – Carta delle classi attitudinali per i differenti “Indirizzi selvicolturali”

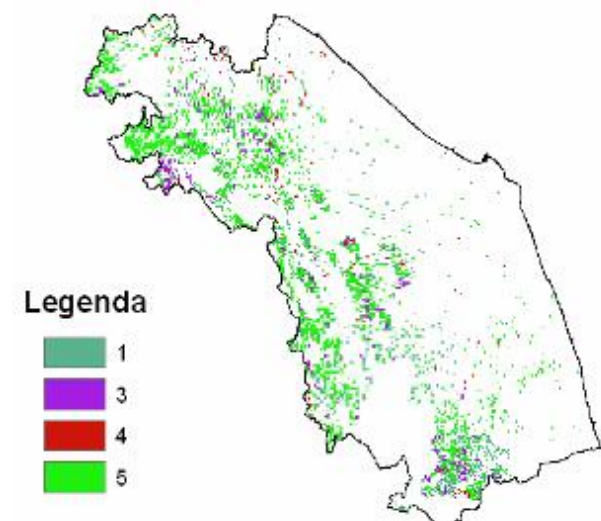


Figura 3.7 – Carta delle classi attitudinali per l’inclusione o meno della superficie forestale nelle aree Natura2000

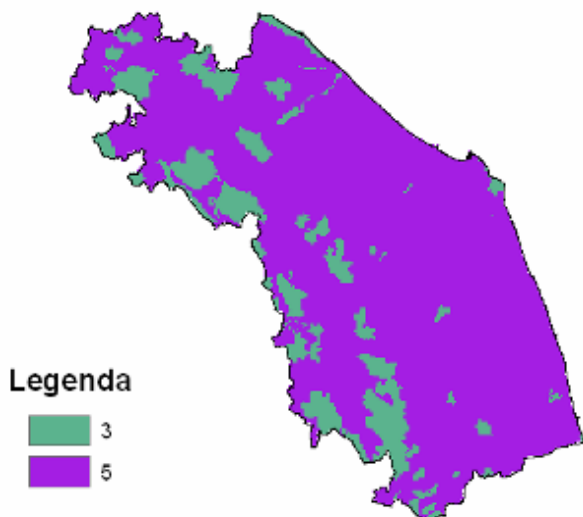
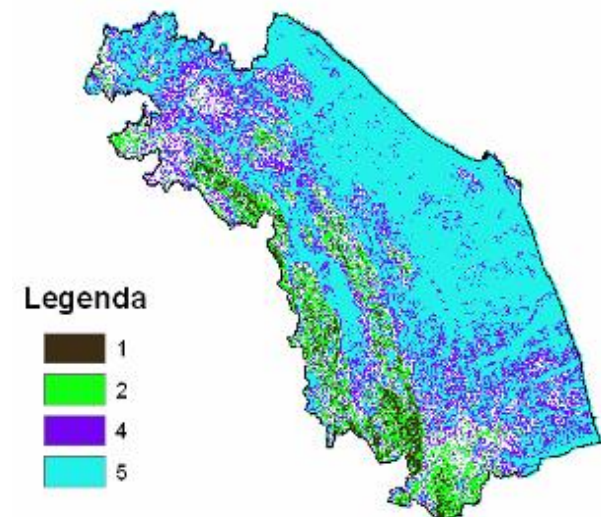
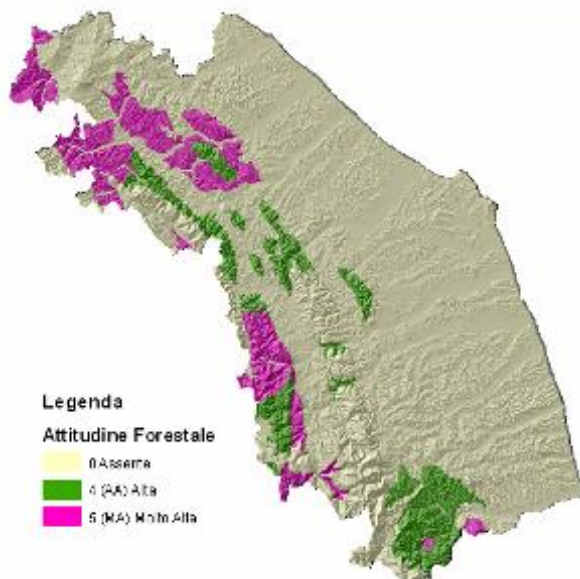


Figura 3.8 – Carta delle classi attitudinali per classe di pendenza



L'implementazione dell'equazione 2, descritta nel paragrafo 3.1.2, e la reinterpretazione sulla base dei limiti dei sottosistemi di terre ha restituito come risultato la carta dell'attitudine alle produzioni di biomassa a scopi energetici delle Marche. La legenda descrive ed individua la distribuzione territoriale di tre classi di attitudine: assente, alta e molto alta; le due classi mancanti, sulla base dei dati elaborati, non sono state riscontrate.

Figura 3.9 – Carta dell'Attitudine forestale del territorio marchigiano



Fonte: nostre elaborazioni su Sistema Informativo Forestale Regione Marche SIFR IPLA 2000

3.2.3 Valutazione attitudinale del territorio marchigiano alla produzione di biomassa residuale ad utilizzo energetico da coltivazioni agricole e da allevamenti zootecnici

La scelta delle coltivazioni da analizzare è stata fatta sulla base delle colture maggiormente diffuse nel territorio marchigiano, cioè cereali, girasole e colture legnose agrarie (viti, olivi e frutteti) e arboricoltura da legno.

Gli indici dei residui delle colture sono riportati nelle Tabelle 3.14 e 3.15.

Tabella 3.14 – Disponibilità di sottoprodotto per tipologia di coltura agraria

Tipologia di coltura	Biomassa disponibile
Colture erbacee (cereali e girasole)	Stocchi , tutoli, pula, lolla.
Arboree da frutto	Residui legnosi di potatura
Vite	Residui legnosi di potatura
Olivo	Residui legnosi di potatura
Colture arboree e SRF	Residui legnosi di potatura
Arboricoltura da legno	Residui legnosi di potatura

Tabella 3.15 - Produzione media totale e del sottoprodotto di alcune colture agrarie

Tipologia di coltura	Produzione media coltura (t _{s.s.} /ha)	Produzione media sottoprodotto (t _{s.s.} /ha)
Cereali	7,76 ⁷ (4,76 – 16,22)	3,88 ⁸
Proteoleaginose	5 ⁹	2,4
Arboree da frutto	Variabile	2 - 5 ¹⁰
Vite	Variabile	2,2 - 3,5 ¹¹
Olivo	Variabile	1 – 2,5 ¹²
Arboricoltura da legno	Variabile	Variabile ¹³

Le superfici investite ed i relativi valori assoluti di biomassa residuale ottenibile sono stati derivati dalle informazioni del 5° Censimento dell'Agricoltura (2000) dell'ISTAT. I dati sono stati poi rappresentati in forma geografica al fine di evidenziare le aree a maggiore potenzialità produttiva.

Le cartografie delle figure da 3.10 a 3.13 rappresentano le superfici coltivate espresse in ettari (ha) e i relativi sottoprodotti ottenibili in tonnellate (t), distribuiti per ambiti territoriali comunali.

⁷ Produzione media Cereali. Fonte: Dati Statistici Nazionali ISTAT “Dati Coltivazioni 2000”. www.istat.it

Nel caso delle colture cerealicole, la produttività media ad ettaro è riferita all'intera coltura, quindi viene considerata sia la quantità di granella che la quantità di residuo colturale (paglia, stocchi, pula) perché utilizzabile come prodotto energetico. Inoltre si considera come il rapporto medio di resa in granella sulla resa di residuo sia il 50%, per cui dall'intero raccolto stimato 7,76 t/ha si ricava 3,88 t/ha di granella potenzialmente destinato a scopo alimentare e/o alla produzione del Bioetanolo, e 3,88 t/ha di residuo colturale destinato alla filiera legno-energia per la produzione di calore.

⁸ Produzione media residui colturali. Fonte: F. Bonciarelli, 1999. “*Coltivazioni erbacee in pieno campo*”.

⁹ Produzione media Girasole. Fonte: Dati Statistici Nazionali ISTAT “Dati Coltivazioni 2000”. www.istat.it. La produzione si riferisce alla sostanza secca proveniente dai semi oleosi e dagli stocchi.

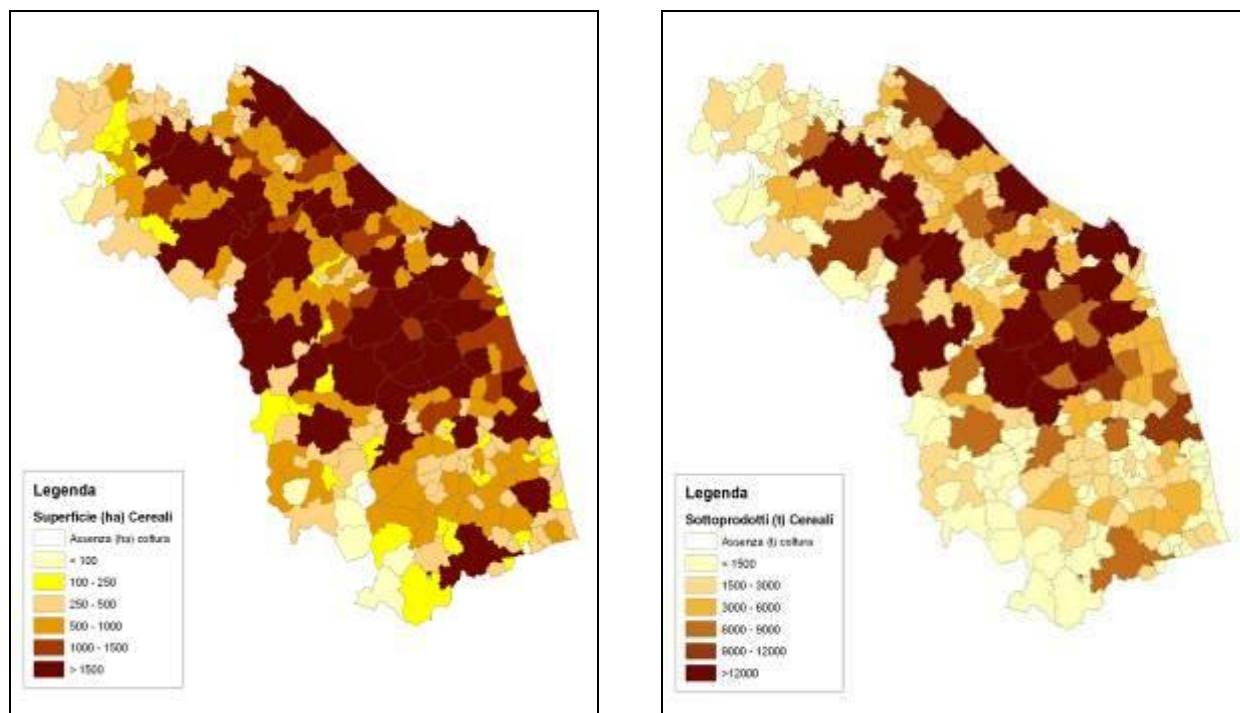
¹⁰ Il valore della quantità di biomassa legnosa derivante da frutteto è variabile. Il valore minimo proviene dalla fonte: F.Cotana et al., “*Impianti sperimentali per il recupero energetico da potatura di olivo, vite e fruttiferi*”, Università degli studi di Perugia, 2007. Mentre il valore massimo di produzione proviene dalla fonte: M. Tamagnone et al., 2006 “*Recupero dei sarmenti a scopo energetico in Piemonte*” - Atti del Convegno “*Produzione di Biomassa agricola e Forestale. Risultati del progetto cofinanziato dal ministero delle politiche Agricole e università*”, AIIA 2006. Considerando la frutticoltura marchigiana, si è stimato che la resa media ad ettaro è stimata sui valori di 2,5 t/ha.

¹¹ Il valore della quantità di sarmenti legnosi di vite è variabile. Il dato minimo di produzione proviene dalla fonte: G. Toscano et al., 2006. “*Il laboratorio biomasse dell'Università di Agraria di Ancona: l'uso dei residui agro-forestali per la produzione di pellet ad uso energetico*” - Atti del Convegno “*Produzione di Biomassa agricola e Forestale. Risultati del progetto cofinanziato dal ministero delle politiche Agricole e Università*”, AIIA 2006. Il valore massimo di produzione proviene dalla fonte: “Claudio Corradi, 2007 “*Legno di Potatura e suo utilizzo*”, Notiziario Fitopatologico 1 Aprile 2007, a cura del Consorzio Fitosanitario Provinciale di Reggio Emilia.

¹² Il valore della quantità di residui legnosi derivanti dalla potatura dell'olivo è strettamente dipendente dal sesto d'impianto, dal numero di piante/ha e dall'età dell'impianto. Considerando la realtà marchigiana, la resa media di potatura è di circa 2 t/ha. Il range di valori sopra citati derivano dalla fonte: Maria Pin, “*Lo stato dell'arte della filiera di prodotti e le sue potenzialità: Il Bioetanolo da Biocombustibili ligneo cellulose*”. Convegno CETA, 20 Aprile 2007. Il valore viene confermato secondo la fonte bibliografica F.Cotana et al., “*Impianti sperimentali per il recupero energetico da potature di vite, olivo e frutteti*”, Università degli Studi di Perugia _ centro di ricerca sulle biomasse, CRB, 2007.

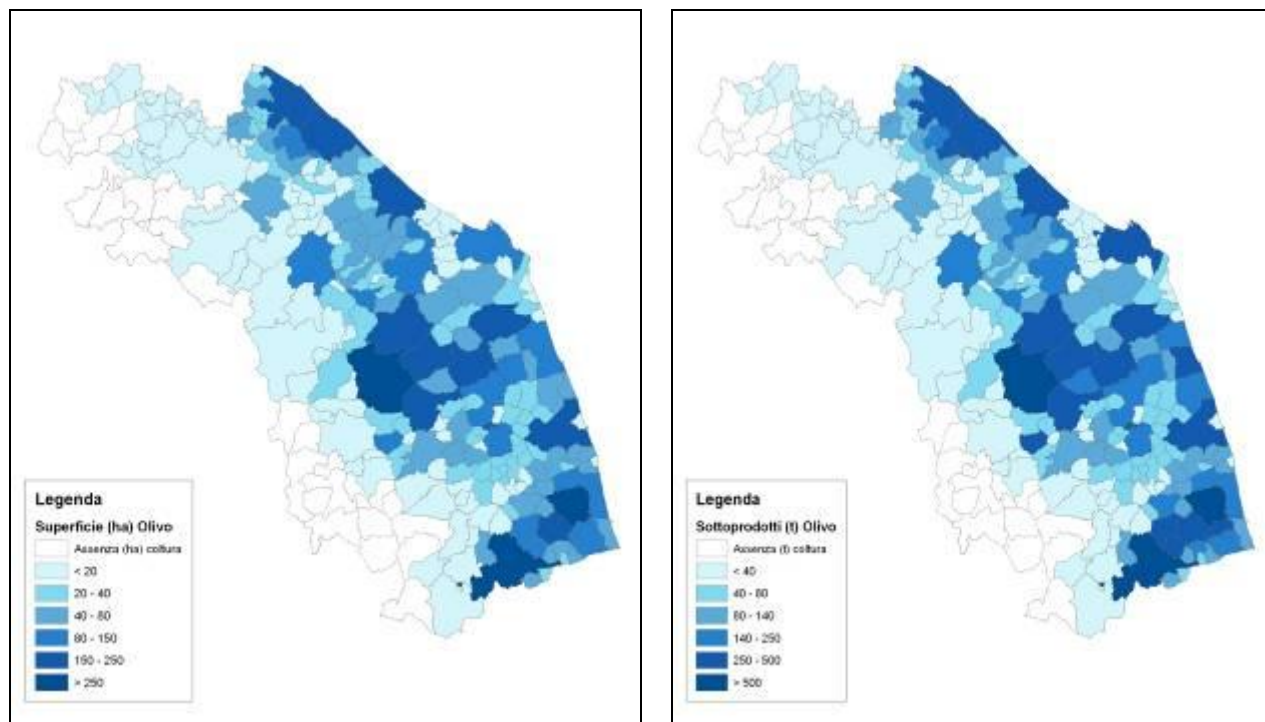
¹³ Il valore è molto variabile, in quanto dipende dalla tipologia di impianto e dalla gestione dei sottoprodotti, che spesso vengono lasciati al suolo per mantenere la fertilità del terreno.

Figura 3.10 – Distribuzione regionale delle superfici (ha) e dei sottoprodotti (t) dei cereali coltivate nella Regione Marche



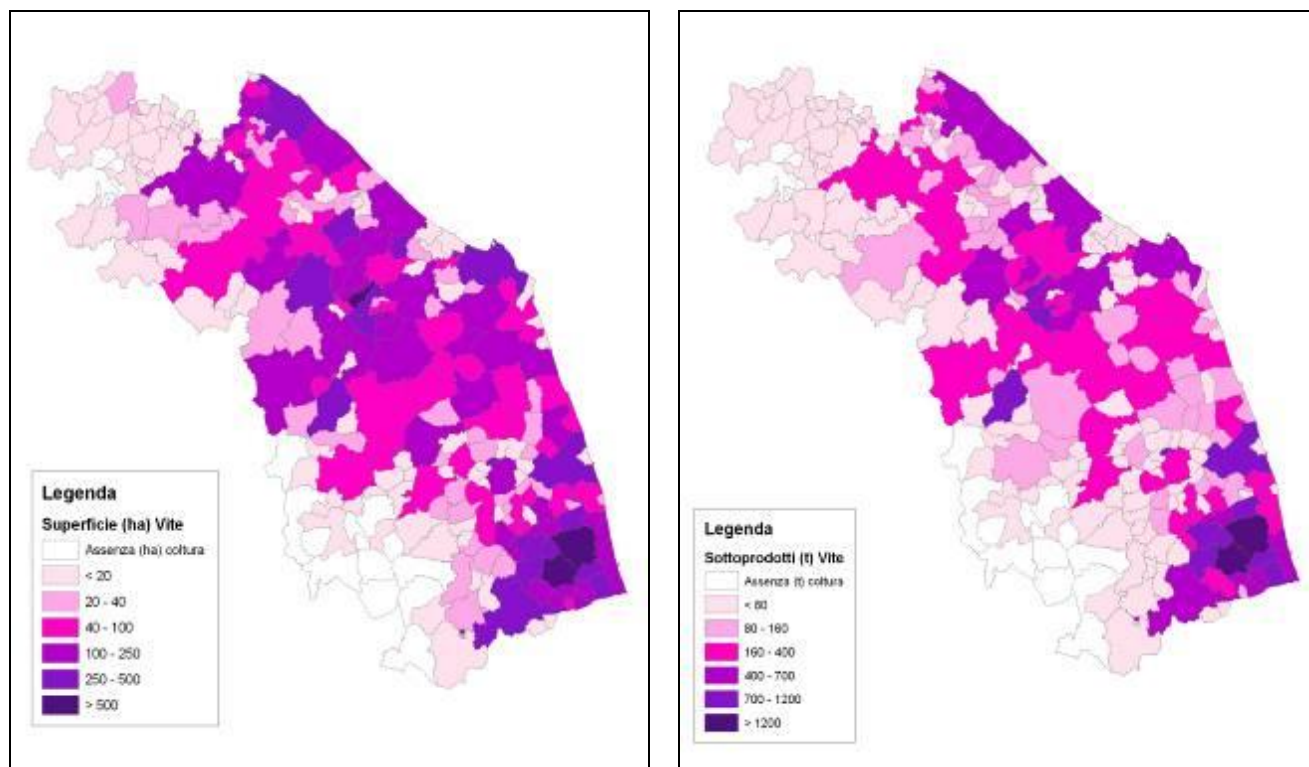
Fonte: nostre elaborazioni su cartografia di base della PF Informazioni territoriali e beni paesaggistici – Regione Marche

Figura 3.11 – Distribuzione regionale delle superfici (ha) e dei sottoprodotti (t) della coltura dell'olivo coltivate nella Regione Marche



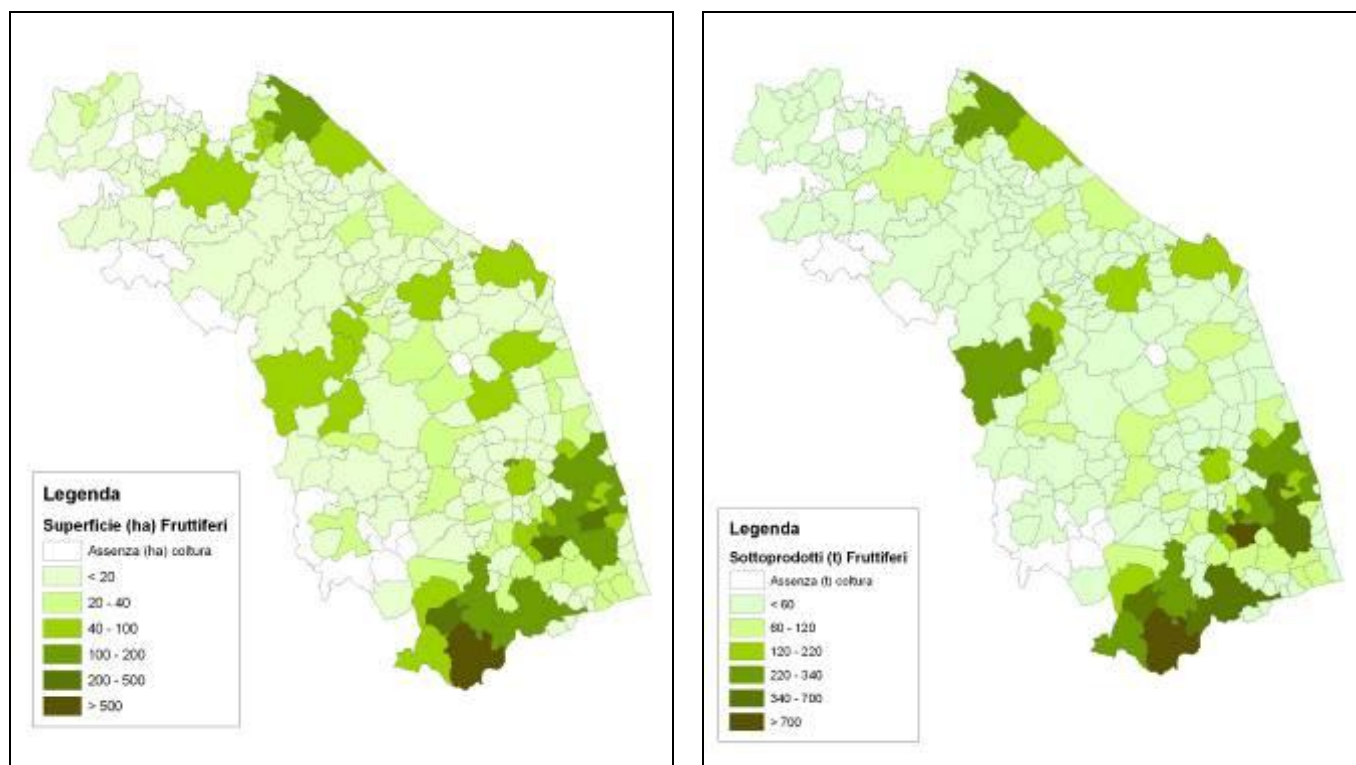
Fonte: nostre elaborazioni su cartografia di base della PF Informazioni territoriali e beni paesaggistici – Regione Marche

Figura 3.12 – Distribuzione regionale delle superfici (ha) e dei sottoprodotti (t) della coltura della vite coltivate nella Regione Marche



Fonte: nostre elaborazioni su cartografia di base della PF Informazioni territoriali e beni paesaggistici – Regione Marche

Figura 3.13 – Distribuzione regionale delle superfici (ha) e dei sottoprodotti (t) dei fruttiferi coltivate nella Regione Marche

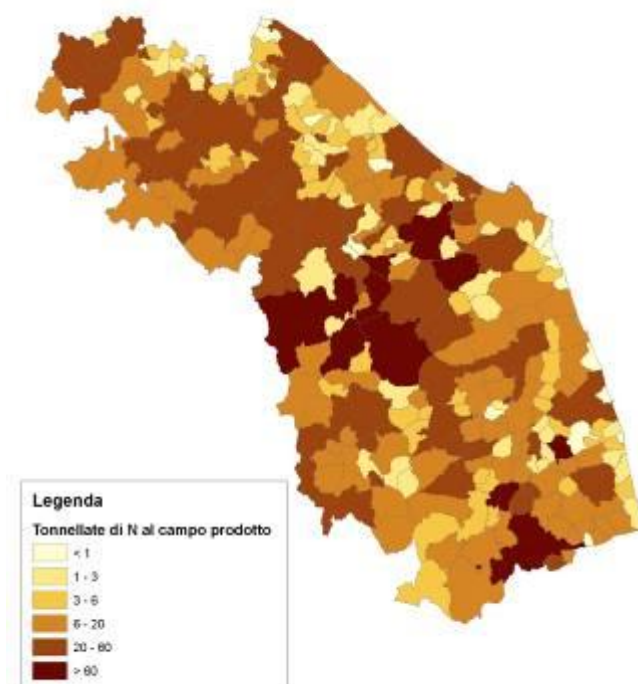


Fonte: nostre elaborazioni su cartografia di base della PF Informazioni territoriali e beni paesaggistici – Regione Marche

I dati relativi alla distribuzione regionale delle consistenze degli allevamenti provengono dal S.I.V.A. – Sistema Informativo Veterinario della Regione Marche. Attraverso il calcolo delle produzioni medie di effluenti in rapporto alle consistenze medie di allevamento si ricava la stima della produzione di effluente ottenibile e utile all’inserimento nella filiera di produzione agroenergetica

La cartografia riportata in figura 3.14, raffigura la distribuzione del carico di azoto sul territorio marchigiano. Il carico di azoto è un indicatore derivato dalla consistenza di allevamento e dalla produzione di N al campo per capo per specie allevata e serve per attribuire il carico zootecnico a ciascun ambito territoriale Comunale.

Figura 3.14 – Distribuzione regionale del carico di azoto da zootecnia



Fonte: nostre elaborazioni su Sistema Informativo Veterinaria e Alimenti SIVA

3.2.4 Considerazioni sulla definizione di bacini agro-energetici nella regione Marche

Le elaborazioni svolte hanno evidenziato i seguenti aspetti:

- sul territorio sono state individuate zone ad elevata attitudine produttiva per girasole, colza e sorgo, pioppo e robinia. Ciò significa che, se coltivate nelle aree individuate, le coltivazioni potranno avere produzioni interessanti in termini economici, energetici e ambientali. La scelta di destinare superfici a tali produzioni è essenzialmente legata all’iniziativa privata, mossa quasi esclusivamente da logiche di mercato. Nelle zone dove l’attitudine è media o bassa, per le previste produzioni ridotte e per gli altri fattori limitanti, si ha di conseguenza la difficoltà di raggiungere una adeguata economicità. Le strategie di attivazione di eventuali filiere agro energetiche sono dunque differenziate all’interno del territorio regionale in funzione della classificazione di attitudine alla produzione di biomassa;
- le aree forestali ad attitudine alla produzione di biomassa ad utilizzo energetico “molto alta” sono soprattutto localizzabili sull’appennino pesarese (dallo spartiacque al Furlo) e in quello maceratese. Mentre la zona pedemontana ascolana, si caratterizza per una attitudine minore (alta), situazione analoga si riscontra in alcune zone dell’anconetano (Frasassi e Cingolano). Questo tipo di valutazione ha valore di pianificazione territoriale,

dovrà poi essere integrata con progettazioni specifiche di filiera, al fine di stabilire l'effettiva valenza a scala aziendale;

- la disponibilità di biomassa residuale da coltivazioni legnose agrarie si concentra in quantità interessanti laddove sono più sviluppate le coltivazioni di olivo, vite e fruttiferi. In particolare, si ritrovano nella media collina Ascolana (da Ascoli ad Offida) e nella bassa valle dell'Aso, nell'alto Maceratese (San Severino e Cingoli), nella zona del Misa-Cesano (Senigallia ed entroterra) ed in alcune zone costiere del Pesarese (Pesaro e Fano). La possibilità di attivare la filiera in questi ambiti è legata essenzialmente ad una analisi economica aziendale, che confronta il reddito ottenibile dall'introduzione della biomassa prodotta nella filiera agro energetica e l'attuale ordinaria gestione agronomica ed economico-organizzativa (reintegro nel ciclo produttivo aziende o distruzione);
- la biomassa proveniente da allevamenti zootecnici si concentra in alcune zone poste nelle province di Ancona e Macerata.

4. Definizione del modello tecnico-economico per il dimensionamento delle filiere agro-energetiche

A valle della fase di caratterizzazione di un territorio in funzione della potenzialità produttiva in biomasse, verranno individuate:

- le tipologie di filiere agro-energetiche realizzabili, in funzione delle caratteristiche energetiche della biomassa utilizzata;
- la taglia impiantistica, cioè la potenza installabile, in stretta dipendenza con la quantità di biomassa disponibile

In termini generali, e in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche della biomassa, le filiere agro-energetiche che attualmente presentano piena fattibilità tecnico-economica sono:

- filiera legno-energia elettrica e/o termica, a partire da materiale ligno-cellulosico;
- filiera olio-energia elettrica e/o termica, biocombustibili, a partire da oleaginose;
- filiera biogas-energia elettrica e/o termica, a partire da materiale facilmente digeribile per via microbica.

4.1 Metodo di analisi utilizzato per la definizione del modello

Per definire un bacino di approvvigionamento teorico della biomassa a servizio di un'utenza di trasformazione energetica, viene utilizzato un modello semplificato con cui si stimano i flussi tecnici ed economici tra le diverse fasi del processo di filiera, verificandone la sostenibilità economico-finanziaria di ogni fase.

Il modello di calcolo viene ripetuto con algoritmi originali per le differenti tipologie di filiera.

La logica con cui è stata sviluppata l'analisi dei risultati si articola su due livelli:

1. la scala dimensionale dell'impianto generatore di energia;
2. la variabilità delle condizioni tecnico-economiche all'interno di ogni scala dimensionale.

I flussi di input sono costituiti da dati tecnici ed economici riferiti alle attività imprenditoriali coinvolte e sono in rapporto alla scala dimensionale della trasformazione. I flussi di output si riferiscono ai fabbisogni e agli impatti delle filiere connessi alla loro presenza sul territorio

L'utilizzo del modello (Fig. 4.1) si applica alla valutazione di scenari di diverse tecnologie e, al loro interno, di diverse taglie di impianto e, quindi, di filiera. Il modello è stato predisposto con il programma Excel ed è strutturato in fogli elettronici.

Il punto di partenza è costituito dall'impianto di trasformazione energetica (foglio Energia), ipotizzato nel suo funzionamento a regime. La dimensione dell'impianto determina i fabbisogni in termini di materie prime (biocombustibile) ed altri fattori produttivi (es. manodopera) ed origina i risultati economici stimati in costi e ricavi ma ha anche impatti territoriali (macro) in termini di risorse fisiche ed economiche.

L'efficienza economica dell'impianto è misurata dal reddito netto¹⁴; la sua redditività nell'orizzonte temporale di riferimento, è data dal tasso di rendimento interno (TIR). Sulla base dei fabbisogni di

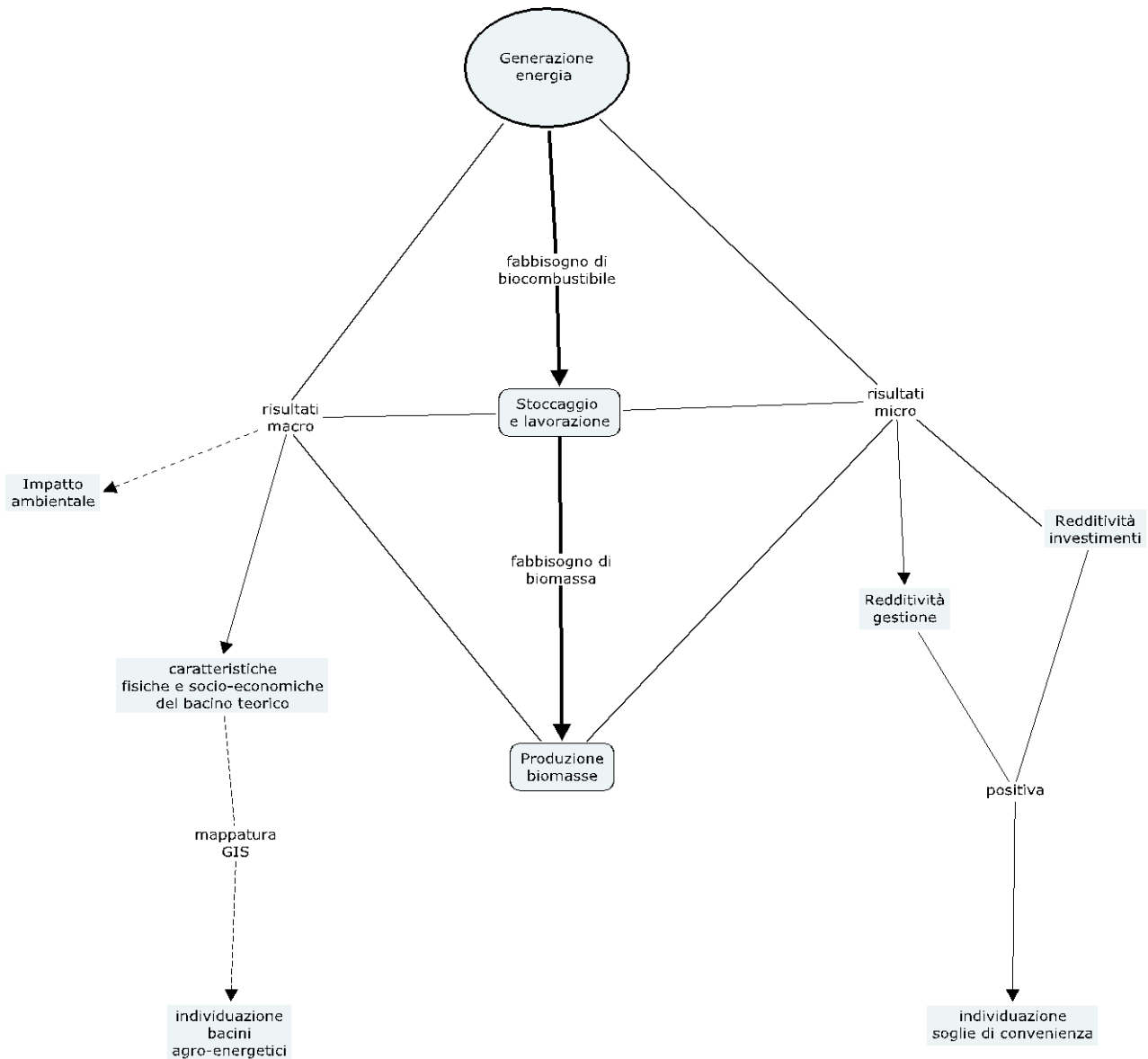
¹⁴ Il reddito netto è dato dalla differenza tra i ricavi e i costi variabili e fissi attribuibili direttamente all'impianto da realizzare. Non sono quindi state considerate nel modello altre componenti economiche connesse all'investimento, come ad esempio eventuali terreni e/o fabbricati, che occorre invece considerare nel caso in cui queste strutture non fossero già disponibili.

biocombustibile è stato costruito il secondo foglio (Biocombustibile) che consente di determinare i fabbisogni di biomassa necessari per la fase di trasformazione.

Lo stoccaggio della materia prima e la sua trasformazione, sono attività che, come nel caso dell'impianto di generazione, sono espresse in termini di risultati di gestione e di rendimento dell'investimento. Il modello consente di eliminare i costi di trasporto, azzerando la distanza dall'impianto di generazione e ipotizzando quindi che siano integrate in questo.

I fabbisogni di biomassa sono soddisfatti dalle attività produttive che possono ricadere in ambito agricolo, zootecnico o forestale in relazione al tipo di filiera.

Figura 4.1 – Schema del modello what-if utilizzato per le analisi di filiera



Ogni fase della filiera è collegata alle altre da relazioni logico-matematiche che consentono di quantificare i risultati a livello di singole attività imprenditoriali (micro) o su scala territoriale (macro).

La modifica delle numerose variabili decisionali, come ad esempio la dimensione dell'impianto, il valore dell'investimento e l'orizzonte temporale, producono effetti immediati lungo la filiera che permettono di individuarne le criticità sia in termini economici (es. prezzi) che tecnici (es. rese produttive).

I risultati di sintesi sono riepilogati nel foglio Scenario in cui si quantificano:

- il bacino di approvvigionamento complessivo;
- alcuni aggregati macroeconomici;
- il minore impatto ambientale.

In questo stesso foglio è possibile simulare l'apporto delle differenti fonti di approvvigionamento della filiera, impostando la percentuale di ogni produzione di origine.

4.2. Casi applicativi

L'analisi del territorio regionale ha evidenziato la possibilità di avviare le principali filiere agro-energetiche: legno-energia, olio-energia e biogas-energia.

I risultati dell'applicazione del modello sono stati letti nell'ottica di evidenziare quali possano essere i vantaggi e gli svantaggi economici, energetici ed ambientali legati al loro inserimento. Poiché queste realizzazioni parte potrebbero essere incentivate con fondi regionali, nell'interpretazione dei risultati si sono proposte anche delle riflessioni relative alla valorizzazione del contributo pubblico.

4.2.1 Filiera legno-energia

Come per le altre due filiere agro-energetiche prese in considerazione, anche questa può produrre energia termica e/o elettrica. In questa valutazione, però, è stata presa in considerazione soltanto la produzione di energia termica (destinata al riscaldamento di locali e alla produzione di acqua calda sanitaria) in quanto, con potenze fino a 1.000 – 1.500 kW, la produzione di energia elettrica non risulta economicamente e tecnicamente vantaggiosa.

Le taglie di impianti presi in considerazione sono di 350, 700 e 1.400 kW.

Poiché la potenza della caldaia da alimentare a biomasse legnose influenza il dimensionamento di tutta la filiera legno-energia, la scelta delle tre classi dimensionali è stata fatta con l'obiettivo di:

- soddisfare fabbisogni di energia termica differenti in relazione a diverse possibili esigenze (le tre centrali termiche, ad esempio, sono in grado di soddisfare, ipotizzando un funzionamento annuo di 210 giorni e di 8 ore al giorno, utenze differenti con una volumetria massima pari a, rispettivamente, 8.750, 17.500 e 35.000 metri cubi),
- rispettare il concetto di "filiera corta", secondo cui i diversi attori coinvolti – produttori di materie prime, trasformatori ed utilizzatori finali dei prodotti finiti – devono ricadere nel medesimo ambito territoriale. L'applicazione di tale concetto anche alle filiere agro-energetiche ha destato, infatti, un certo interesse nella Regione Marche per le interessanti prospettive in termini di diversificazione dell'approvvigionamento di fonti energetiche, di riduzione dell'impatto ambientale del comparto energetico (soprattutto in termini di emissioni di gas serra) e in termini di opportunità per lo sviluppo rurale.

La biomassa che si è ipotizzato di utilizzare è costituita da cippato di provenienza forestale (boschi), agro-forestale (SRF) e da residui di potatura (vite, olivo e colture arboree in genere). L'apporto di tali materie prime è stato considerato pari, rispettivamente, al 30, 50 e 20%.

La tabella comparativa (Tab. 4.1) mostra come la redditività degli impianti risulti modesta malgrado la consistente quota di incentivazione pubblica. Questa condizione è determinata, in particolare, dal fatto che il risparmio legato al mancato consumo di combustibili fossili (differenza tra costo della fornitura in combustibile fossile e costo della fornitura in biomassa legnosa) è relativamente modesto rispetto all'entità degli investimenti.

Tabella 4.1 – Comparazione tecnico-economica tra le tre taglie impiantistiche della filiera legno-energia

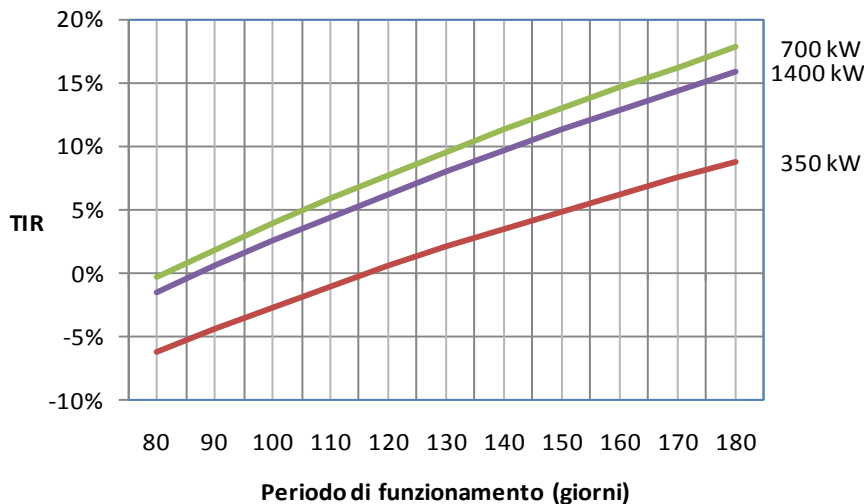
	Potenza impianto			Unità di misura
	350 kW	700 kW	1400 kW	
Dati di base				
Potenza elettrica	0,35	0,7	1,4	MW
Investimento iniziale	250	350	750	migliaia di euro
Durata tecnica	15	15	15	anni
Quota contributo in c/capitale	70%	70%	70%	
Risultati				
Bacino di approvvigionamento	22	45	89	ettari
- foreste	4	9	18	ettari
- coltivazioni forestali	3	6	12	ettari
- coltivazioni agricole	15	30	59	ettari
Analisi degli investimenti (energia)				
- Valore attuale netto (VAN)	5	55	95	migliaia di euro
- Tasso di rendimento interno (TIR)	6,0%	12,0%	10,8%	
- periodo di reintegrazione (POT)	9,7	6,8	7,3	anni
Analisi degli investimenti (agroforeste)				
- Valore attuale netto (VAN)	8.277	16.554	33.108	euro
- Tasso di rendimento interno (TIR)	23%	23%	23%	
- periodo di reintegrazione (POT)	3,8	3,8	3,8	anni
Distribuzione del valore aggiunto				
- produzione energia				
- produzione forestale	10%	10%	10%	
- produzione agricola	90%	90%	90%	
Impatto ambientale				
- minori emissioni di CO2	84	168	336	tonnellate/anno
- risparmio consumo di combustibili fossili	29	58	116	tep/anno
Volume locali riscaldabili	8.750	17.500	35.000	metri cubi

Partendo dai presupposti che animano un Ente Pubblico teso a promuovere una tecnologia i cui effetti positivi non sono né di breve-medio termine né esplicitati solamente in termini economici, chiaramente il vantaggio degli impianti va valutato non tanto sul piano economico-finanziario quanto sulla possibilità di favorire la nascita e lo sviluppo di attività agro-forestali locali e quindi l'organizzazione di una filiera.

Dal punto di vista tecnico uno dei fattori critici per la sostenibilità di questa filiera è il periodo di funzionamento degli impianti di riscaldamento. Miglioramenti in termini di economicità si possono infatti ottenere con tempi di funzionamento più lunghi (cogenerazione e/o trigenerazione).

La Figura 4.2 raffronta l'andamento del TIR per le tre taglie di impianto al variare del periodo annuo di utilizzo. Il piccolo impianto diventa conveniente se utilizzato per 115 giorni mentre per il più grande sono sufficienti 80 giorni¹⁵.

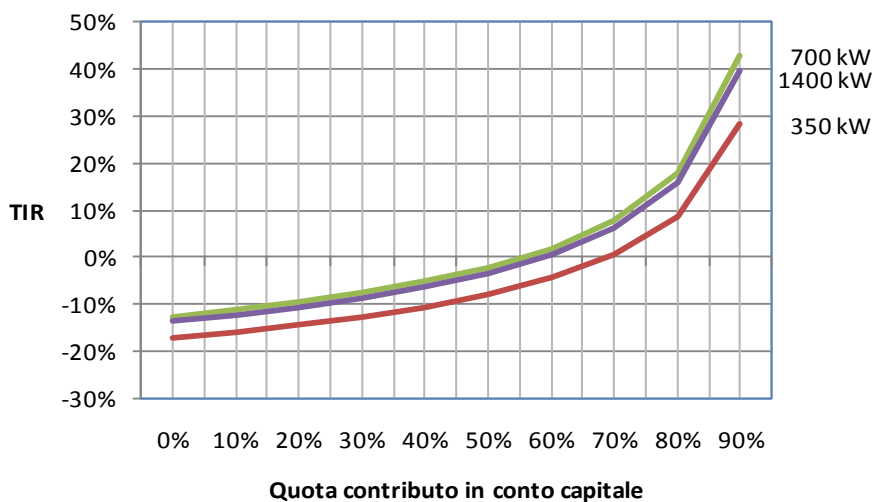
Figura 4.2 – Tasso di rendimento interno (TIR) degli investimenti, calcolato in funzione del numero di ore di funzionamento giornaliero e per le tre taglie di impianto



Fonte: nostra elaborazione

Dal punto di vista economico la vera criticità di questa filiera è il cofinanziamento pubblico il cui tasso non può scendere sotto il 55-70%, in relazione alla dimensione dell'impianto, pena la mancata sostenibilità dell'investimento (Fig. 4.3).

Figura 4.3 – Variazione del TIR in rapporto al contributo in conto capitale ottenuto e per le tre taglie di impianto



Fonte: nostra elaborazione

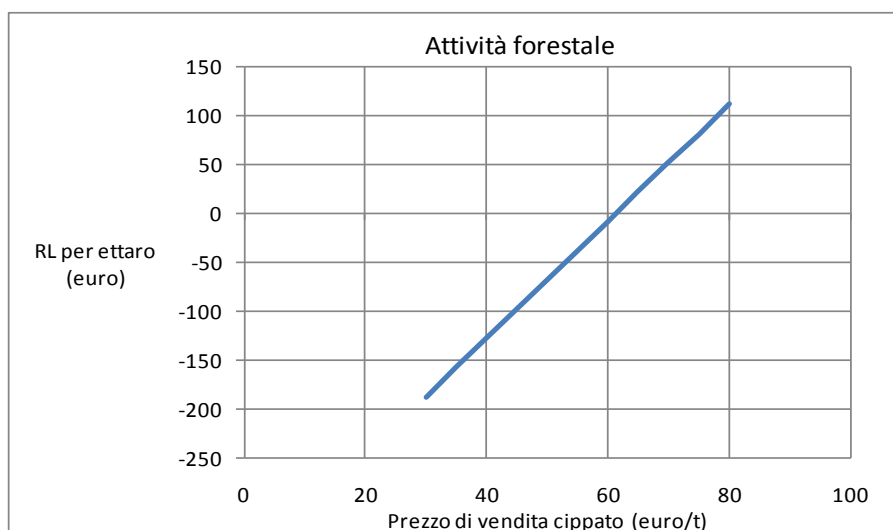
In ogni caso si può osservare come sia sempre economicamente più conveniente la filiera intermedia (700 kW_i), a dimostrazione del fatto che, con questa scala dimensionale, si ottiene il miglior compromesso tra costo dell'investimento e resa energetica.

¹⁵ Il TIR superiore a zero è il segnale di un rendimento economico positivo, ma occorre considerare che l'incertezza insita in ogni attività produttiva, specie pluriennale, consiglia di conseguire TIR ben superiori allo zero, comparabili con alternative di investimento similari per dimensione finanziaria e classe di rischio.

Dal lato delle attività produttive, i grafici che seguono consentono di identificare alcune soglie di convenienza economica del prezzo della biomassa, al di sotto del quale si ritiene che la filiera non possa avviarsi, per mancato interesse da parte dei fornitori.

Per quanto attiene alla produzione di cippato da esbosco, il prezzo soglia è stimato attorno ai 60 €/t (Fig. 4.4), all'incirca corrispondente all'attuale prezzo di mercato di circa 55-60 euro¹⁶. Da sottolineare, inoltre, che la concorrenza esercitata dalla produzione di legna da ardere (legna in ciocchi) abbassa la produttività dei cantieri forestali i quali, in tal caso, otterranno il cippato dalle sole ramaglie.

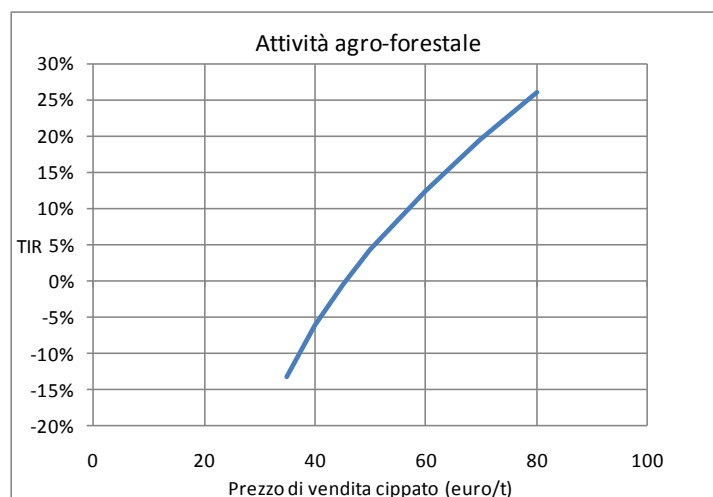
Figura 4.4 – Prezzo soglia del cippato ottenuto da produzioni forestali



Fonte: nostra elaborazione

Ancora più positiva appare la situazione reddituale delle attività agro-forestali che riescono a conseguire margini positivi da impianti SRF a partire da un prezzo del cippato di 46 euro/t, valore significativamente inferiore a quello attuale di mercato (fig. 4.5).

Figura 4.5 – Prezzo soglia del cippato ottenuto da produzioni di SRF



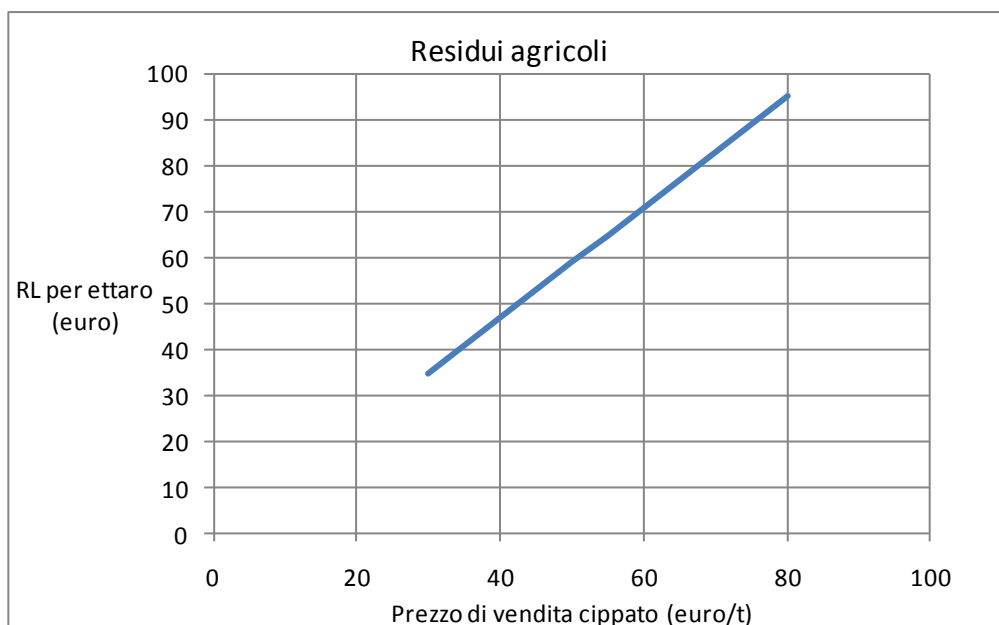
Fonte: nostra elaborazione

¹⁶ Fonte: E. Antonini, V. Francescato, "Prezzi di mercato per cippato, legna e pellet" n. 40/2010, Informatore Agrario

Anche la produzione di biomassa da residui di potatura non appare particolarmente vantaggiosa per gli agricoltori, sia a causa delle modeste rese unitarie, sia per i costi che comunque vanno sostenuti per la raccolta, l'imballaggio e il trasporto degli scarti (Fig. 4.6).

Se questi costi fossero a carico del soggetto che utilizza la biomassa, la situazione risulterebbe sicuramente molto più interessante per i produttori agricoli.

Figura 4.6 – Prezzo soglia del cippato ottenuto da residui agricoli



Fonte: *nostra elaborazione*

Dall'analisi dell'impatto sull'ambiente è emerso che la filiera del legno ci consente, per la sola produzione di energia termica, di diminuire il consumo annuo di combustibili fossili di 29 tep nel caso della filiera piccola (350 kW_t), con una riduzione delle emissioni di CO₂ pari a 84 tonnellate annue; nel caso della filiera intermedia (700 kW_t) il risparmio annuo di combustibili fossili è di 58 tep, con una diminuzione delle emissioni di CO₂ di 168 tonnellate annue; infine, nel caso della filiera da 1400 kW_t si risparmiano ogni anno 116 tep di energia fossile e 336 tonnellate di CO₂ nell'atmosfera.

In generale la filiera legno-energia, seppure meno interessante sotto il profilo economico rispetto alle altre, presenta l'indubbio vantaggio di non richiedere ampie superfici di approvvigionamento, facilitando quindi una organizzazione su scala locale/comunale anche per gli impianti di maggiore potenza.

4.2.2 Filiera olio-energia

Nelle Marche si ritiene che la filiera olio-energia possa fondarsi prevalentemente sulla coltivazione di girasole e sullo sviluppo della colza, attualmente pressoché assente. Per questo motivo lo scenario ipotizzato riguarda la produzione di olio vegetale proveniente per un 95% da girasole e il resto da colza.

Gli elementi che caratterizzano questa tipologia di filiera sono due:

- la consistente dimensione del bacino di approvvigionamento, anche per i piccoli impianti;
- la possibilità di recupero della redditività attraverso la vendita del pannello (ottenuto in fase di spremitura, co-prodotto dell'olio) per l'alimentazione zootecnica.

La comparazione delle tre scale di impianto (Tab. 4.2), fissate rispettivamente a 350, 700 e 1400 kW_e, consente di evidenziare la notevole differenza in termini di “efficienza economica” che risulta massima per l’impianto intermedio.

Tabella 4.2 – Comparazione tecnico-economica tra le tre taglie impiantistiche della filiera olio-energia

	Potenza impianto			Unità di misura
	350 kW	700 kW	1400 kW	
Dati di base				
Potenza elettrica	0,35	0,7	1,4	MW
Investimento iniziale	400	1.000	1.750	migliaia di euro
Durata tecnica	15	15	15	anni
Quota contributo in c/capitale	0%	0%	0%	
Risultati				
Bacino di approvvigionamento	1013	1848	3356	ettari
- colza	101	185	336	ettari
- girasole	911	1.663	3.020	ettari
Analisi degli investimenti (energia)				
- Valore attuale netto (VAN)	1.131	2.925	816	migliaia di euro
- Tasso di rendimento interno (TIR)	36,5%	37,5%	11,3%	
- Periodo di reintegrazione (POT)	2,7	2,6	7,1	anni
Analisi degli investimenti (olio vegetale)				
- Valore attuale netto (VAN)	316,3	577,1	1048,1	migliaia di euro
- Tasso di rendimento interno (TIR)	43%	43%	43%	
- Periodo di reintegrazione (POT)	2,3	2,3	2,3	anni
Distribuzione del valore aggiunto				
- produzione energia	35%	43%	22%	
- trasformazione biocombustibile	10%	9%	12%	
- produzione agricola	55%	48%	67%	
Impatto ambientale				
- minori emissioni di CO2	1.472	2.944	5.888	tonnellate/anno
- risparmio consumo di combustibili fossili	518	1.037	2.073	tep/anno

La dimensione dell’investimento iniziale ha infatti un ruolo determinante nel calcolo del TIR e, contrariamente alle altre filiere prese in considerazione, non appare essere proporzionale alla potenza dell’impianto. Ciò è legato al fatto che le centrali a olio che possiedono potenze elevate, indicativamente superiori al MW_e, risultano notevolmente più complesse rispetto agli impianti di medio-bassa potenza e necessitano di una tecnologia più sofisticata e costosa.

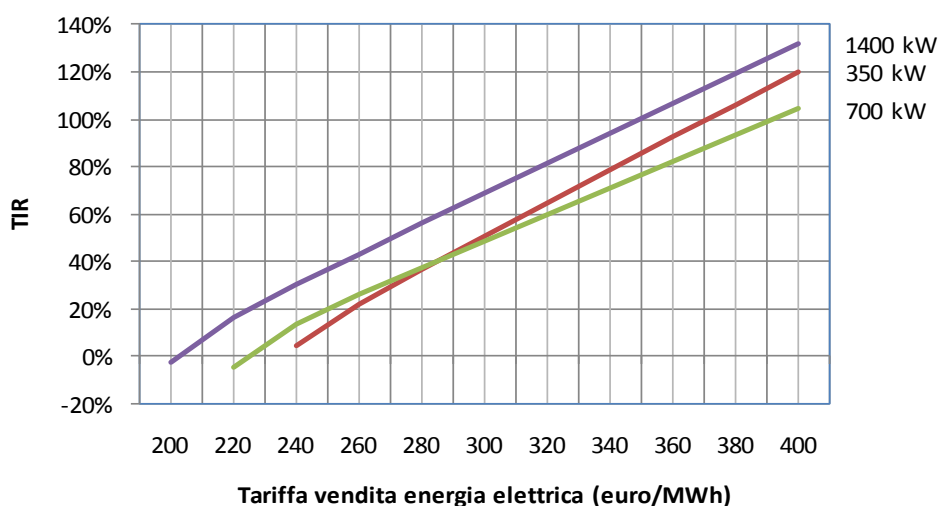
Inoltre, la maggior efficienza economica dei piccoli impianti (con potenza elettrica minore di 1 MW) dipende anche dalla differente tariffa elettrica. Il sistema di incentivi alla produzione di energia elettrica da biomassa, infatti, prevede tariffe per l’elettricità prodotta ed immessa in rete diverse a seconda che gli impianti siano di potenza inferiore o superiore a 1 MWe.

Allo stato attuale¹⁷, tenuto conto delle leggi già approvate, la situazione può essere così riassunta:

- per impianti alimentati da biogas e biomasse (inclusi anche gli impianti a oli vegetali puri, a condizione che siano tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal Regolamento CE n. 73/2009 del Consiglio del 19/01/2009) con una potenza non superiore ad 1 MW è riconosciuta la tariffa omnicomprensiva (incentivo + energia elettrica prodotta) pari a 28 eurocent per kWh immesso nella rete elettrica;
- per impianti alimentati da biomasse e biogas derivanti da prodotti agricoli, di allevamento e forestali, inclusi i sottoprodotti ottenuti nell'ambito di accordi di filiera o contratti quadro ai sensi degli art. 9 e 10 del DLgs n. 102/2005 oppure da filiere corte (cioè ottenuti entro un raggio di 70 km dall'impianto che li utilizza), con una potenza superiore ad 1 MW, è riconosciuto un coefficiente di moltiplicazione dei certificati verdi pari a 1,8.

Mettendo in relazione la redditività dell'impianto con la tariffa di vendita dell'energia elettrica, la soglia minima del prezzo di vendita (Fig. 4.7) è di 200 €/MWh per l'impianto più grande a quasi 240 €/MWh per quello meno potente

Figura 4.7 – TIR in rapporto al prezzo soglia dell'energia elettrica e per le tre taglie di impianto



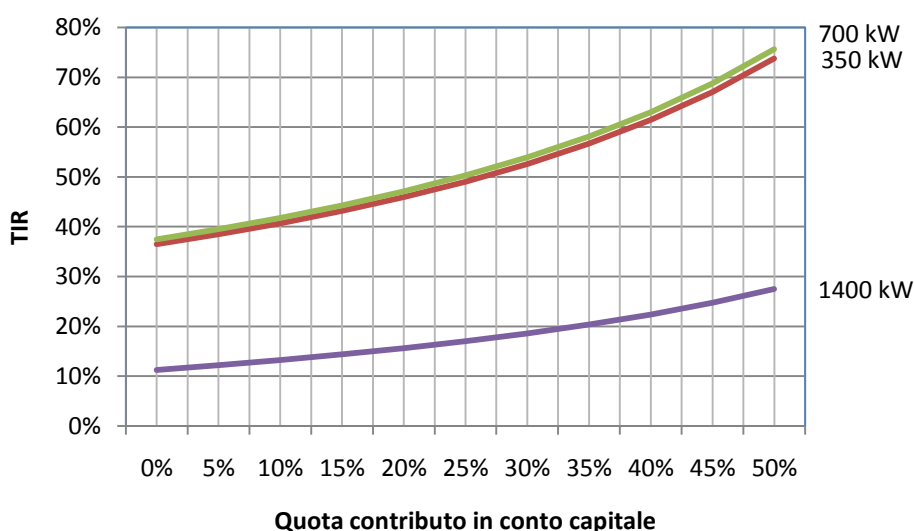
Fonte: nostra elaborazione

La buona redditività dell'impianto di generazione di energia è confermata da una bassa sensibilità rispetto alle variazioni del tasso di cofinanziamento, rendendolo di fatto non indispensabile. In ogni caso, infatti, i rendimenti economici sono elevati anche in assenza di cofinanziamento pubblico (Fig. 4.8).

Solo per l'impianto di maggiore taglia il TIR scende attorno al 10%, un livello che potrebbe non essere sufficiente per un simile investimento.

¹⁷ Il quadro normativo è aggiornato a settembre 2010.

Figura 4.8 – TIR in rapporto alla quota contribuito in conto capitale e per le tre taglie di impianto



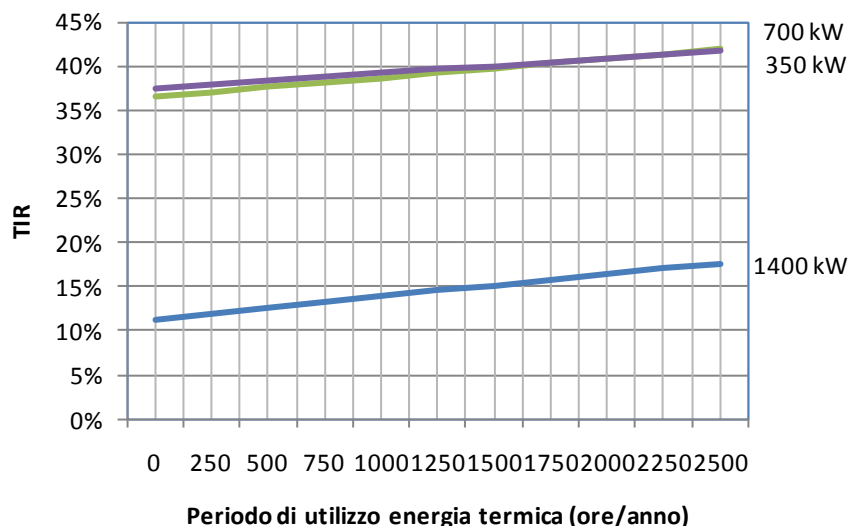
Fonte: nostra elaborazione

Nella fase di trasformazione energetica dell'olio, oltre alla produzione di elettricità (con un rendimento medio di circa il 35-40%), si ha anche la generazione di energia termica. Tale calore può essere recuperato ed utilizzato in diversi modi (riscaldamento di edifici, produzione di acqua calda e/o di aria calda) con un rendimento massimo pari al 50% dell'energia contenuta nell'olio in ingresso al gruppo elettrogeno. Va anche detto, però, che parte dell'energia termica prodotta viene auto-consumata dall'impianto stesso al fine di mantenere ottimale la temperatura e la viscosità dell'olio in modo da facilitare l'alimentazione, ottimizzare l'iniezione del biocarburante nel motore ed aumentare l'efficienza del processo di combustione.

Nella realtà, purtroppo, si riesce ad utilizzare solo una piccola quota di tale energia, per la difficoltà di trovare utenze ad assorbimento regolare e in sincronia con il funzionamento del motore. Comunque, anche se saltuario, l'utilizzo è molto interessante soprattutto se sostituisce l'energia termica di origine fossile, infatti si realizza sia un vantaggio economico, legato al mancato utilizzo di calore fossile (calcolato in termini di metano risparmiato), sia un vantaggio ambientale per le minori emissioni di CO₂ nell'atmosfera.

L'analisi di fattibilità è stata svolta trascurando l'energia termica perché si è voluto dimostrare come la filiera risulti economicamente sostenibile anche senza cogenerazione. L'utilizzo di calore porterebbe a migliorare l'economicità della filiera come stimato in Figura 4.9: l'incidenza dell'utilizzo dell'energia termica sul rendimento dell'investimento è relativamente modesta per tutte le scale dimensionali e porta ad un aumento di 6-7 punti percentuali (ipotizzando un periodo di 6 mesi per 16 ore giornaliere).

Figura 4.9 – Incremento del TIR in relazione alla cogenerazione di calore



Fonte: nostra elaborazione

Quella che appare la maggiore criticità nell'organizzazione di questa tipologia di filiera è la dimensione del bacino di approvvigionamento che va dai 1.000 ettari per la piccola taglia ad oltre 3.000 per l'impianto da 1,4 MW.

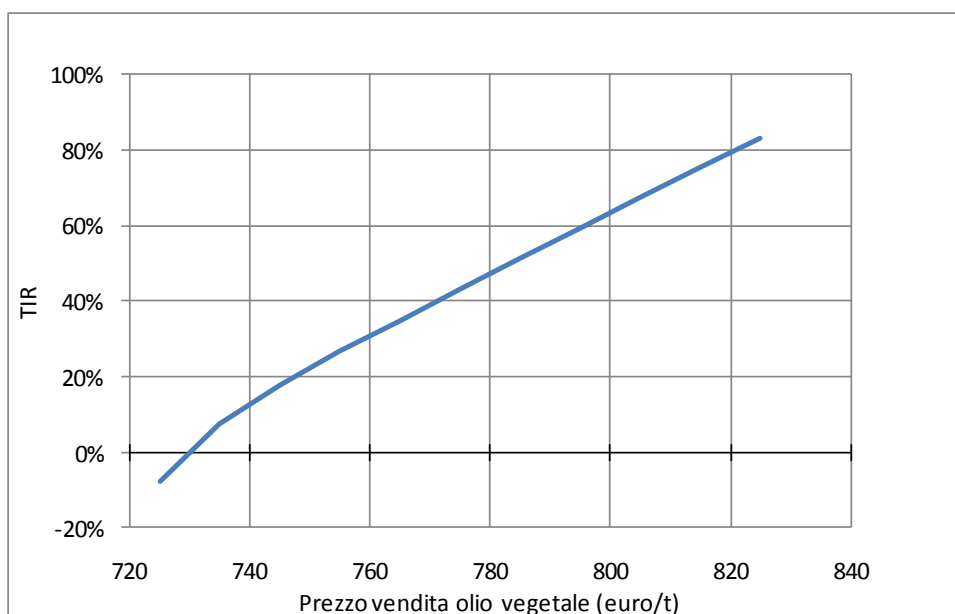
A proposito dell'impianto di spremitura, nel modello predisposto esso viene considerato separato fisicamente dal generatore elettrico ma collegato al suo fabbisogno di olio vegetale attraverso un coefficiente di capacità oraria di lavorazione. Per questo motivo il suo TIR risulta costante (Tab. 4.2) per le tre potenze considerate in quanto non sono state considerate economie di scala.

E' interessante osservare come la trasformazione della biomassa (seme) in olio risenta molto, non solo del prezzo dell'olio, ma anche del prezzo del sottoprodotto (panello) che rappresenta, infatti, una quota consistente dei ricavi.

Nel modello il suo prezzo di mercato è stato ipotizzato pari a 125 €/t, valore che consente un ottimo rendimento economico. Tuttavia, è sufficiente una sua riduzione del 16% (prezzo di mercato di 105 €/t) che il margine si annulla.

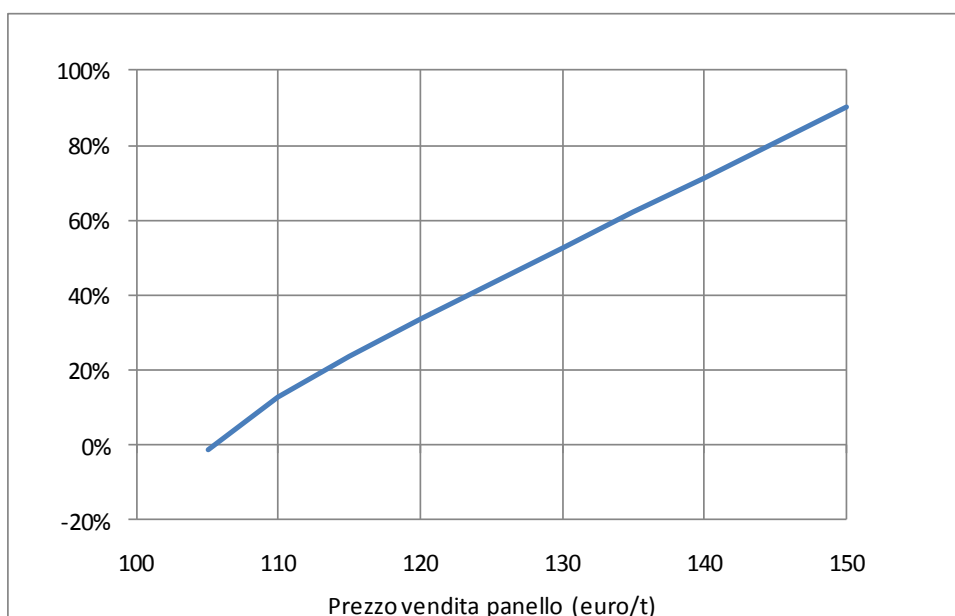
I due grafici seguenti illustrano la diversa sensibilità del TIR rispetto ai prezzi di vendita dei due co-prodotti (Fig. 4.10 e Fig. 4.11). Nel caso dell'olio vegetale, ad ogni euro di variazione del prezzo, il rendimento varia di circa lo 0,8% mentre per il pannello la risposta è doppia (1,9%).

Figura 4.10 – Variazione del TIR in funzione del prezzo di vendita dell'olio



Fonte: nostra elaborazione

Figura 4.11 – Variazione del TIR in funzione del prezzo di vendita del pannello

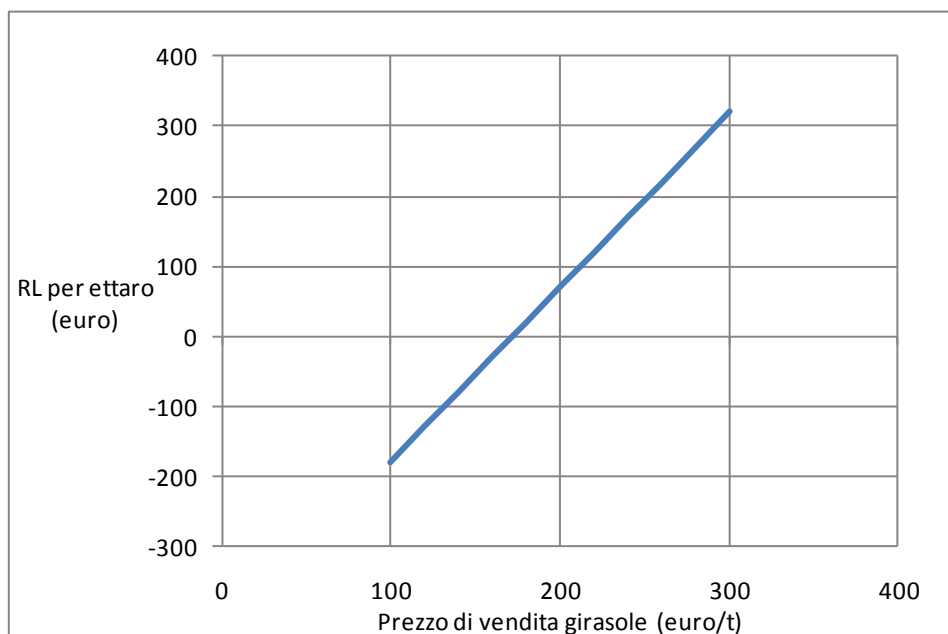


Fonte: nostra elaborazione

L'analisi di sensitività condotta sul girasole e sulla colza (Fig. 4.12, Fig. 4.13), rapportando il reddito lordo al prezzo di vendita dei semi, produce grafici pressoché identici in quanto il rapporto tra costi e ricavi di queste due coltivazioni è analogo.

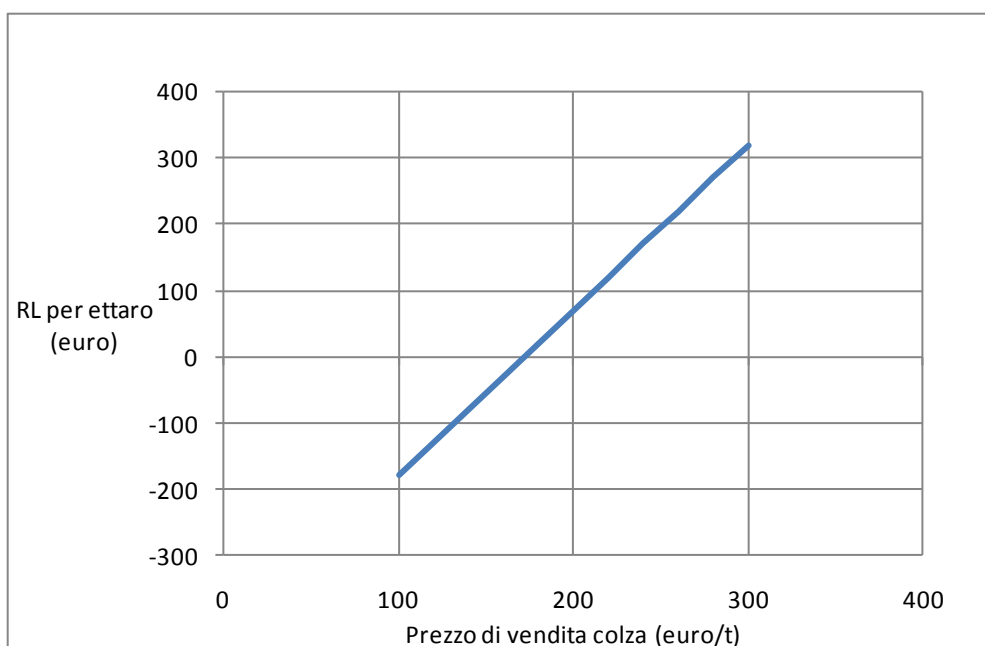
Il prezzo soglia, sotto il quale non c'è più, per l'agricoltore, la convenienza a produrre, è pari a 172 €/t, significativamente inferiore alle attuali valutazioni di mercato. Esiste, quindi, un buon margine di sicurezza che rende questa attività remunerativa, seppure con redditività relativamente modeste che non superano i 300 euro ad ettaro.

Figura 4.12 – Prezzo soglia del seme di girasole



Fonte: nostra elaborazione

Figura 4.13 – Prezzo soglia del seme di colza



Fonte: nostra elaborazione

Dall'analisi dell'impatto sull'ambiente è emerso che la filiera olio-energia consente, per la sola produzione di energia elettrica, di diminuire il consumo annuo di combustibili fossili di 518 tep nel caso della filiera piccola (350 kW_e) con una riduzione delle emissioni di CO₂ pari a 1472 tonnellate annue; nel caso della filiera intermedia (700 kW_e) il risparmio annuo di combustibili fossili è di 1.037 tep con una diminuzione delle emissioni di CO₂ di 2.944 tonnellate annue; infine, nel caso della filiera da 1400 kW_t si risparmiano ogni anno 2.073 tep di energia fossile e 5.888 tonnellate di CO₂ nell'atmosfera.

4.2.3 Filiera biogas-energia

La filiera simulata basa il proprio approvvigionamento di biomassa sulla coltivazione dedicata di sorgo zuccherino e sull'utilizzo di liquame proveniente da allevamenti bovini e suini. Nella simulazione si è arbitrariamente ipotizzato che queste specie zootecniche concorrano in egual misura alla produzione dei reflui. Tale modello, comunque, consente di modificare le percentuali di refluo bovino e suino che costituiscono il liquame in modo da poterlo adattare a diverse situazioni reali rispettando, in ogni caso, un contenuto di sostanza secca della miscela di biomassa vegetale e liquame zootecnico in input nel digestore, del 20% sul tal quale (limite tecnico della digestione anaerobica (DA)).

Le tre scale dimensionali utilizzate per la comparazione degli scenari sono state rispettivamente pari a 250 kW, 500 kW e 1400 kW di potenza elettrica dell'impianto generatore di energia. Numerosi sono i fattori che hanno influenzato la scelta di questi modelli tecnologici. Per prima cosa, poiché la potenza del gruppo elettrogeno da alimentare con biogas influenza il dimensionamento di tutta la filiera gas-energia, la scelta delle tre classi dimensionali è stata fatta con l'obiettivo di rispettare, anche per questa filiera agro-energetica, il concetto di "filiera corta".

In seconda analisi, ad influenzare la scelta di queste scale dimensionali è stato sicuramente anche il sistema di incentivi alla produzione di energia elettrica da biomassa. Tale sistema, come già detto in precedenza, prevede tariffe per l'elettricità prodotta ed immessa in rete diverse a seconda che gli impianti siano di potenza inferiore o superiore a 1 MWe.

Sulla base di queste considerazioni, si è scelto, per la scala dimensionale più piccola, un gruppo elettrogeno di potenza pari a 250 kWe perché con la tariffa omnicomprensiva di 28 centesimi per kWh risulta ancora più conveniente investire anche nella realizzazione di micro filiere, dimensionate, cioè, a partire da generatori elettrici di 100 kWe di potenza.

La scala intermedia, invece, è stata dimensionata partendo da un motore di 500 kWe. Potenza, questa, che si ritiene sia limite per la struttura delle aziende agricole marchigiane, anche di maggior estensione.

Infine, per la scala più grande, nonostante sia difficilmente sostenibile da singole aziende e necessiti di vasti comprensori territoriali per soddisfare l'approvvigionamento di biomassa necessario al suo funzionamento a regime, è stata scelta una potenza superiore al MWe (1,4 MWe) in modo da poter valutare come cambino i risultati economico-finanziari sulla base della differente tariffa elettrica prevista.

La tabella che segue (Tab. 4.3) consente di raffrontare alcuni dati e risultati di questi tre modelli dimensionali.

Tabella 4.3 – Comparazione tecnico-economica tra le tre taglie impiantistiche della filiera biogas-energia

	Potenza impianto			Unità di misura
	250 kW	500 kW	1400 kW	
Dati di base				
Potenza elettrica	0,25	0,5	1,4	MW
Investimento iniziale	1.125	1.900	3.000	migliaia di euro
Durata tecnica	15	15	15	anni
Quota contributo in c/capitale	0%	0%	0%	
Consumo specifico	315	265	245	mc/MWh
Risultati				
Bacino di approvvigionamento				
- sorgo	185	312	807	ettari
- bovini	193	325	842	capi
- suini	490	825	2.135	capi
Analisi degli investimenti				
- Valore attuale netto (VAN)	1.909	4.992	10.623	migliaia di euro
- Tasso di rendimento interno (TIR)	25,1%	34,5%	43,6%	
- periodo di reintegrazione (POT)	3,8	2,9	2,3	anni
Distribuzione del valore aggiunto				
- produzione energia	79%	83%	79%	
- produzione zootecnica	0%	0%	0%	
- produzione agricola	21%	17%	21%	
Impatto ambientale				
- minori emissioni di CO2	1.051	2.103	5.888	tonnellate/anno
- risparmio consumo di combustibili fossili	370	741	2.073	tep/anno
- superficie di smaltimento necessaria	69	115	299	ettari

Per facilitarne la comparazione sono state mantenute costanti alcune variabili di base, come ad esempio l'orizzonte tecnico-economico e i coefficienti di rendimento termico ed elettrico.

In termini generali emerge che questa tipologia di impianti mostra una redditività molto elevata, già dalla scala dimensionale più piccola, grazie alle favorevoli tariffe di vendita dell'energia elettrica recentemente approvate.

Il tasso di rendimento interno raggiunge livelli ragguardevoli, specie per l'impianto da 1,4 MW, ed i tempi di recupero dell'investimento iniziale non superano i 4 anni.

Le simulazioni poggiano sull'ipotesi che le nuove tariffe restino immutate per tutta la durata tecnico-economica degli impianti (si vedrà in seguito come una eventuale variazione della tariffa abbia una grossa incidenza sui risultati economici).

Dal lato delle produzioni di biomassa appare evidente come, al crescere della scala dimensionale, aumentino i fabbisogni di risorse in termini di capi e di superficie.

Il prezzo di vendita del sorgo, ipotizzato a 30 €/t, garantisce una buona remunerazione agli agricoltori. Agli allevatori, invece, che partecipano alla filiera conferendo liquame all'impianto di DA e ritirando una corrispondente quantità di digestato da dover smaltire, non spetta "nessun tornaconto", ad eccezione dei vantaggi tecnici legati al processo, quali l'abbattimento degli odori sgradevoli che altrimenti si svilupperebbero dallo stoccaggio dei liquami in azienda. Nella realtà ciò

trova giustificazione nel fatto che, generalmente, sono le stesse aziende zootecniche che investono nella realizzazione di impianti di DA e nell'installazione di impianti di trasformazione energetica del biogas allo scopo di incrementare il valore aggiunto ottenuto dai prodotti zootecnici (carne, latte e vari derivati) mediante la vendita dell'energia ottenibile dal trattamento dei liquami ed eventuali altri sottoprodotti e/o colture dedicate.

Il fabbisogno di superficie a sorgo assume una dimensione significativa fin dall'impianto di 250 kW. Ciò induce a considerare la presenza massima, in un ambito comunale, di un solo impianto, se si vuole mantenere la vicinanza tra produzione e consumo di biomassa. Anche la consistenza zootecnica è piuttosto rilevante e, in una regione orientata prevalentemente agli allevamenti estensivi, almeno per quanto riguarda i bovini, appare, forse, l'elemento più critico per soddisfare i fabbisogni di materia prima.

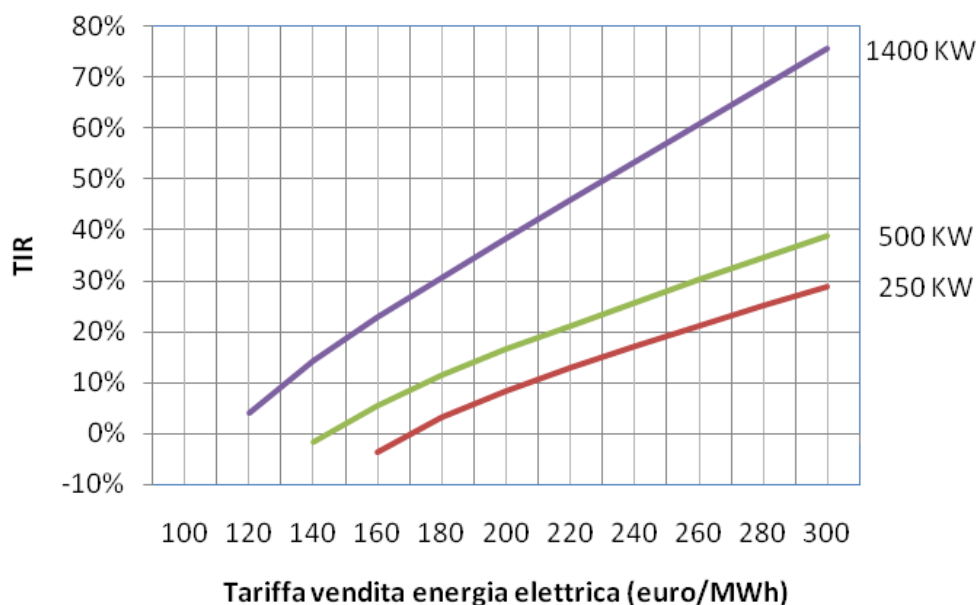
L'impianto più grande richiede quasi 3 mila capi, tra bovini e suini, che si possono ritrovare solo in poche aree della regione, ricoprendo in ogni caso vaste porzioni di territorio.

Per comprendere quali sono le condizioni che maggiormente concorrono a determinare la sostenibilità economica della filiera biogas, è stata realizzata un'analisi di sensitività ponendo a confronto alcune variabili chiave del modello.

La figura che segue (Fig. 4.14) mostra l'andamento del TIR in relazione alla variazione della tariffa elettrica. Dal grafico si deduce come nel grande impianto occorra una tariffa superiore ai 100 €/MWh per iniziare a conseguire una redditività positiva; questa soglia si innalza a 170 €/MWh per l'impianto di piccola taglia.

Quindi, in definitiva, le attuali tariffe di vendita garantiscono una buona sostenibilità economico-finanziaria dell'investimento e la filiera sarebbe in grado di generare vantaggi economici anche per gli agricoltori.

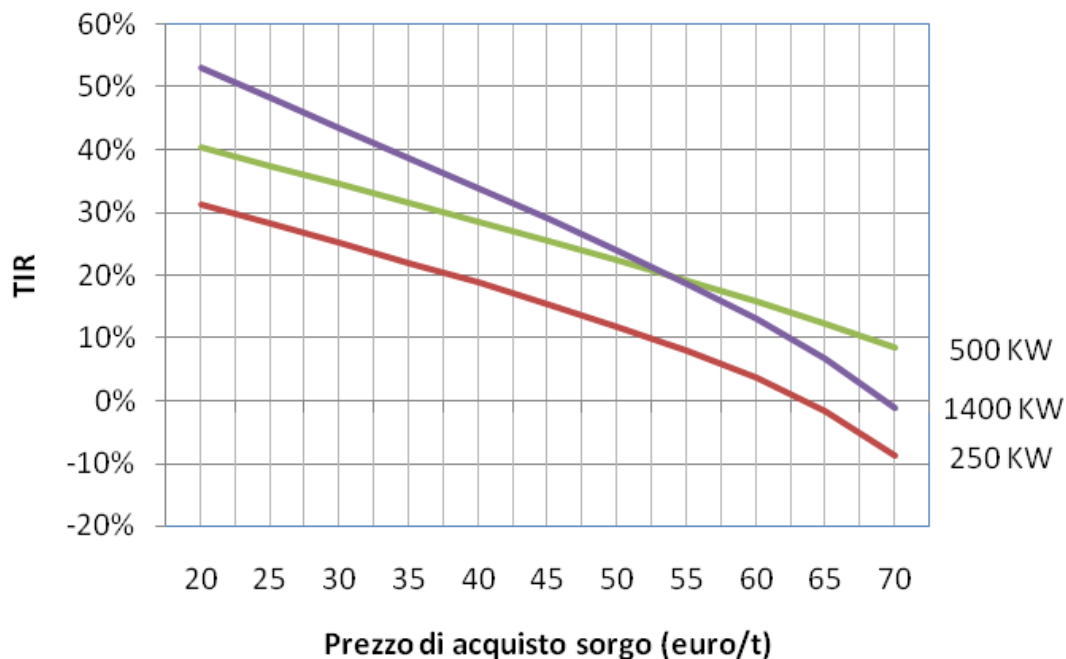
Figura 4.14 – Variazione del TIR in funzione del prezzo di vendita dell'energia elettrica



Fonte: nostra elaborazione

Un abbassamento del prezzo del sorgo aumenterebbe ulteriormente i già buoni risultati economici dell'investimento (Fig. 4.15) ma, ovviamente, penalizzerebbe i produttori.

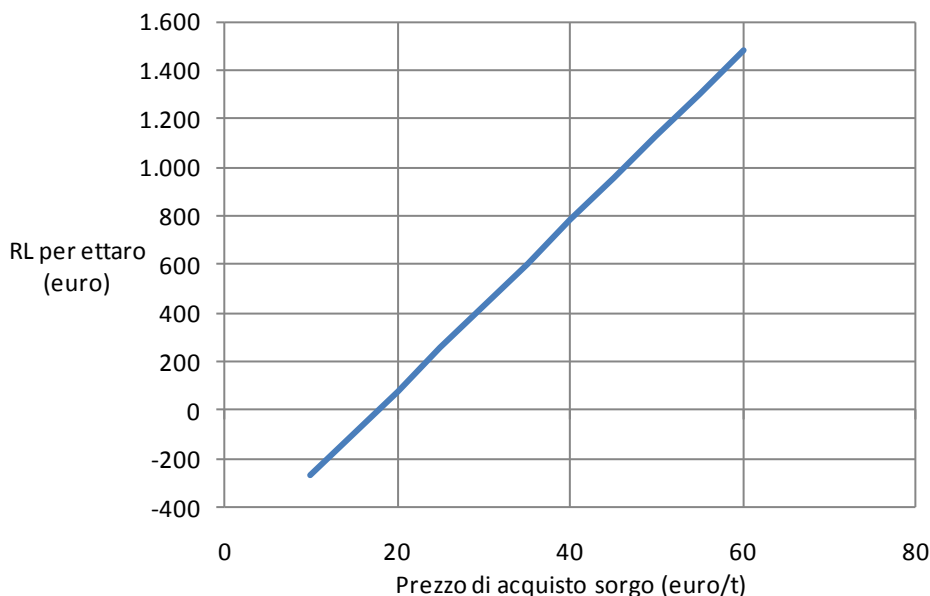
Figura 4.15 – Variazione del TIR in funzione del prezzo di acquisto del trinciato integrale di sorgo



Fonte: nostra elaborazione

La figura che segue correla le variazioni di prezzo del sorgo alla rispettiva redditività lorda unitaria individuando una soglia minima di convenienza economica al prezzo di 17,7 euro/t, al di sotto della quale si produce in perdita. Considerando che il reddito lordo non tiene conto delle quote di costi fissi relative all'utilizzo dei capitali aziendali, la soglia della redditività netta è sicuramente superiore.

Figura 4.16 – Prezzo soglia del trinciato integrale di sorgo



Fonte: nostra elaborazione

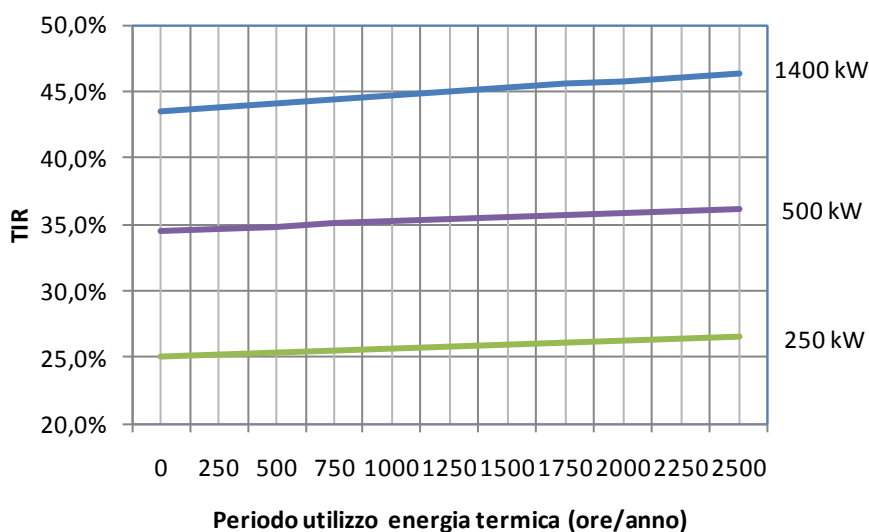
Anche per la filiera del biogas, nella fase di trasformazione energetica, oltre alla produzione di elettricità (con un rendimento medio di circa il 30%), si ha la generazione di energia termica. Come per le centrali ad olio, anche per quelle a biogas tale calore può essere recuperato ed utilizzato in diversi modi (riscaldamento di edifici, produzione di acqua calda e/o di aria calda). Anche in questo caso parte dell'energia termica prodotta viene auto-consumata dall'impianto di DA al fine di

mantenere la massa organica, sottoposta al trattamento, alla temperatura ottimale per aumentare l'efficienza del processo e ridurre i tempi di stazionamento del materiale.

Il calore che alla fine resta effettivamente disponibile è circa il 60% di quello prodotto. Nella realtà, come già messo in evidenza, si riesce ad utilizzare solo una piccola quota di tale energia ma il vantaggio economico ed ambientale che ne deriva può anche essere notevole se ciò comporta, parallelamente, un risparmio nel consumo di calore da fonti di origine fossile (nel modello si è scelto come fonte convenzionale per la produzione di energia termica il metano).

L'analisi di fattibilità è stata svolta trascurando l'energia termica perché si è voluto dimostrare come la filiera risulti economicamente sostenibile anche senza cogenerazione. Se si decidesse di utilizzare il calore, il TIR, come ci dimostra il grafico seguente, tenderebbe ovviamente ad aumentare in proporzione al suo periodo di utilizzo.

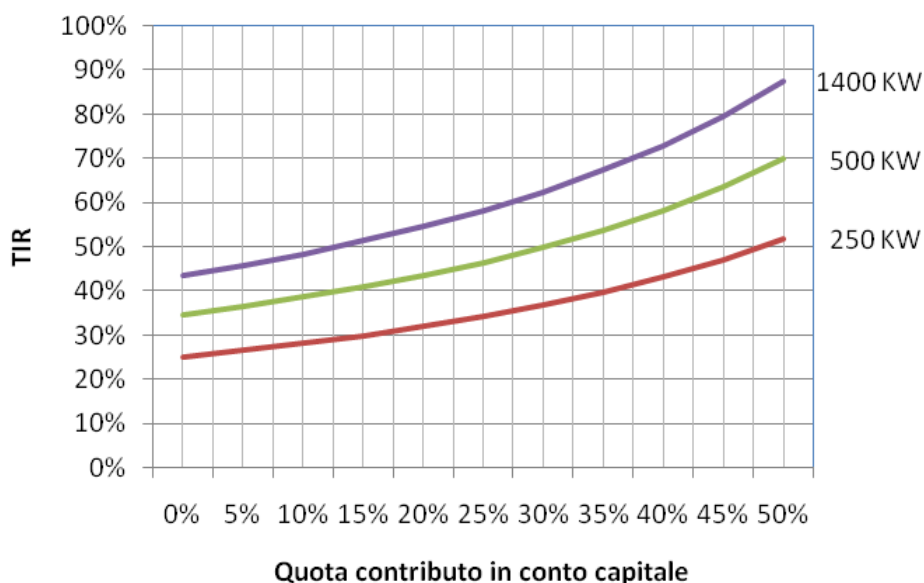
Figura 4.17 – Incremento del TIR in relazione alla cogenerazione di calore



Fonte: nostra elaborazione

Uno sguardo infine all'incidenza dell'aiuto pubblico nel determinare la redditività dell'investimento.

Figura 4.18 – TIR in rapporto alla quota contributo in conto capitale e per le tre taglie di impianto



Fonte: nostra elaborazione

Dal grafico si osserva come il contributo all'investimento non risulta indispensabile per nessuno dei tre scenari di filiera in quanto, in sua assenza, il TIR resta comunque positivo e il periodo di reintegrazione non si allunga in maniera eccessiva, giustificando quindi un apporto finanziario esclusivamente con risorse private.

Dall'analisi dell'impatto sull'ambiente è emerso che la filiera del biogas consente, per la sola produzione di energia elettrica, di diminuire il consumo annuo di combustibili fossili di 370 tep nel caso della filiera piccola (250 kW_e), con una riduzione delle emissioni di CO₂ pari a 1.051 tonnellate annue; nel caso della filiera intermedia (500 kW_e) il risparmio annuo di combustibili fossili è di 741 tep con una diminuzione delle emissioni di CO₂ di 2.103 tonnellate annue; infine, nel caso della filiera da 1.400 kW_t, si risparmiano ogni anno 2.073 tep di energia fossile e 5.888 tonnellate di CO₂ nell'atmosfera.

Un altro aspetto ambientale di questa filiera da non trascurare è lo smaltimento del digestato. Questo sottoprodotto, in uscita dal processo di DA in quantità molto elevate (addirittura pari al 95% della massa in ingresso), non è così semplice da smaltire a causa delle sue caratteristiche fisico-chimiche. Per facilitare questa operazione, il digestato viene generalmente trattato in modo da separare la componente liquida, preponderante, dalla componente solida. Quest'ultima può essere distribuita tal quale come ammendante sui terreni o può essere destinata a un'ulteriore trattamento di compostaggio. La frazione liquida, invece, può essere in parte reintrodotta nel digestore come inoculo o, se necessario, per ridurre la percentuale di sostanza secca di certi materiali in ingresso e in parte deve essere necessariamente smaltita attraverso una attenta distribuzione nei terreni. Entrambe le componenti del digestato sono abbastanza ricche di azoto (la DA abbassa il tenore di carbonio ma non quello di azoto, determinando una diminuzione del rapporto C/N), principale elemento nutritivo delle colture agrarie ma anche principale fattore responsabile dell'inquinamento delle acque, e quindi devono essere distribuite nei campi in quantità tali da rispettare la direttiva nitrati e cioè senza superare la soglia di 340 kg di azoto per ettaro, se il terreno ricade all'interno di un'area non vulnerabile, o di 170 kg per ettaro se la zona è vulnerabile.

5. Analisi degli scenari e conclusioni

Le bioenergie possono rappresentare una interessante opportunità per il settore agro-forestale marchigiano a condizione che le biomasse vengano prodotte nelle aree prossime ai luoghi di trasformazione delle stesse e che queste aree siano dotate di adeguate caratteristiche ambientali e produttive.

Un altro aspetto ritenuto prioritario in questo studio è quello di considerare la produzione di biomassa non come attività agricola specializzata ed esclusiva (colture energetiche) ma integrata e coerente con le altre produzioni vegetali ed animali. Questo vincolo non è dettato solo da limiti agronomici, almeno nelle aree marginali, ma dalla considerazione che una eventuale specializzazione produttiva accrescerebbe il rischio imprenditoriale per gli agricoltori marchigiani, in un mercato che dipende prevalentemente dalla tariffazione pubblica per la vendita di energia, incentivazione che tende progressivamente a diminuire.

Le bioenergie quindi non potranno rappresentare una esclusiva fonte energetica alternativa a livello regionale ma la loro valenza va ricercata a livello locale, nella capacità dei soggetti pubblici e privati di attivare una filiera in grado di utilizzare in maniera sostenibile le risorse del territorio.

L'operazione non è certo semplice ed esula da questo studio che si è occupato di valutare la fattibilità tecnico-economica di queste filiere, ma è chiaro che le capacità organizzative locali possono fare la differenza.

Lo studio ha analizzato l'attitudine del territorio rispetto ad alcune produzioni agricole e forestali che possono alimentare le filiere agro-energetiche considerate di interesse per la regione, e valutato la sostenibilità economica e finanziaria di alcuni modelli organizzativi, stimando la dimensione del bacino di approvvigionamento.

L'obiettivo non è stato quello di delimitare con precisione i possibili distretti agroenergetici nelle Marche, in quanto la localizzazione degli impianti non dipende solo dalle risorse disponibili nel territorio circostante ma dalla capacità organizzativa dei soggetti che intendono attivare la filiera. Per questo motivo i limiti distrettuali non sono fissi ma dinamici in relazione alla localizzazione degli

impianti che a loro volta, per i motivi già esposti, non possono essere fissati puntualmente ma solo ipotizzati all'interno o in prossimità di un'area con adeguata attitudine produttiva.

Le considerazioni che seguono sono quindi più qualitative che quantitative e sono articolate nelle tre filiere prese in considerazione: legno, olio e gas.

5.1 Filiera legno-energia

La produzione di biomassa ligno-cellulosica può essere ottenuta prevalentemente da attività forestali, integrate da quelle agricole come le produzioni SRF (Short Rotation Forestry) o il recupero di scarti della potatura (vite, olivo ed altre coltivazioni legnose).

Le zone montane maggiormente boscate rappresentano quindi il contesto territoriale preferenziale e, in particolare, l'analisi ha messo in luce che la produzione forestale (legna da ardere) si concentra per il 50% in provincia di Pesaro, seguono Ancona e Macerata (circa il 20% ognuna) e solo il 10% ad Ascoli. Considerando che le quote di superficie forestale non seguono questa graduatoria, c'è un effetto indotto dalla diversa gestione dei boschi a livello provinciale.

L'attitudine forestale risulta maggiore sull'Appennino Pesarese (dallo spartiacque al Furlo) e su quello Maceratese; è minore nella zona pedemontana Ascolana e frammentata in alcune zone dell'Anconetano (Frasassi e Cingolano).

Per quanto riguarda le produzioni agro-forestali, sono state analizzate le attitudini alle coltivazioni di pioppo e di robinia. Per il primo l'attitudine è massima lungo le valli e nella fascia costiera Maceratese, ed in misura inferiore comprende tutte le aree collinari della regione ad esclusione di alcune zone del Pesarese (Montefeltro in particolare); per la robinia i livelli di compatibilità territoriale maggiori si hanno lungo la fascia costiera e collinare centrale della regione (da Civitanova a Fano), ed in misura inferiore comprende tutte le aree collinari interne della regione ad esclusione di alcune zone del Pesarese (Montefeltro in particolare).

Le biomasse possono inoltre essere costituite dai sottoprodotti della vite e dell'olivo che sono maggiormente concentrati nella media collina Ascolana (da Ascoli a Offida), nell'alta collina Maceratese (San Severino e Cingoli), nella zona del Misa-Cesano (Senigallia e retroterra) ed in alcuni costieri del Pesarese (Pesaro e Fano); per i fruttiferi si evidenzia la bassa Valle dell'Aso.

Considerando che il bacino di approvvigionamento di un impianto per la produzione di energia termica è relativamente modesto (meno di 100 ettari per 1,4MW_t), la localizzazione non appare critica dal punto di vista della biomassa disponibile ma, per coerenza rispetto agli obiettivi ambientali, è opportuno che sia prossimo alle aree forestali.

Occorre però considerare che questa tipologia di impianti non è conveniente sotto il profilo economico e necessita di contribuzione pubblica, i vantaggi per la collettività sono rappresentati dal risparmio di combustibili fossili e soprattutto dalla possibilità di gestire le aree forestali, sovente prive di manutenzione. Inoltre, l'eventuale diffusione di coltivazioni SRF ha un impatto positivo sulla gestione dei terreni agricoli (ad esempio in termini di stabilità ed erosione), sotto il punto di vista ambientale (fissazione CO₂) e paesaggistico.

Potenzialmente il numero di impianti che è possibile realizzare sul territorio regionale è elevato specie se di piccola e media taglia (< 1MW_t), ma occorre tener presente che i costi di gestione non sono competitivi con l'attuale livello dei prezzi dei combustibili fossili; inoltre dato che si tratta di produzione di energia termica, questa può essere utilizzata solo in alcuni periodi dell'anno e quindi pone problemi di stoccaggio di biomassa.

Ulteriore vincolo è quello della disponibilità di adeguate volumetrie da riscaldare per gli impianti più grandi che consigliano la localizzazione presso edifici pubblici (es. scuole, ospedali) o privati (capannoni industriali, complessi residenziali); impianti di piccola taglia possono invece servire aziende agricole strutturate (es. con allevamenti e/o serre)

Le criticità per questa filiera non riguardano solo le condizioni territoriali ma soprattutto quelle economiche e sociali. Il mercato al momento non appare favorevole alla produzione di biomassa forestale dato il basso livello del prezzo del cippato e il maggiore valore attribuito alla legna da ardere. Occorre quindi favorire accordi commerciali che consentano di utilizzare al meglio i sottoprodotti forestali (ramaglie) derivanti dalla manutenzione dei boschi, legando il prezzo della materia prima all'energia che verrà prodotta e non alla produzione fisica.

L'azione pubblica necessaria per questa filiera potrebbe essere orientata non solo alla realizzazione di impianti termici dimensionati con i consumi e le risorse locali, ma anche alla

promozione delle attività forestali e agro-forestali attraverso norme per la gestione dei boschi e attività di formazione specifica per gli operatori economici.

Da non sottovalutare, infine, che l'eventuale presenza di impianti di trasformazione sovradimensionati rispetto alle capacità produttive locali può favorire l'importazione di biomassa e compromettere l'approvvigionamento dal territorio circostante, così come l'utilizzo di biomassa proveniente da settori extra-agricoli (scarti di lavorazione ed altri generi di rifiuti industriali o civili) può comportare problemi di inquinamento ambientale.

5.2 Filiera olio-energia

La filiera olio-energia nelle Marche può approvvigionarsi prevalentemente dalla coltivazione di girasole, attività agricola assai diffusa e consolidata sul territorio. In particolare il girasole è maggiormente concentrato tra le province di Ancona e Macerata (in particolare attorno a San Severino) e nell'alta collina e la montagna tra Ancona e Pesaro (tra Fabriano e Urbino).

La classe attitudinale del girasole "alta" si colloca lungo le principali vallate e nella cosiddetta sinclinale camerte (da Camerino a Fabriano); quella media è diffusa su tutte le aree collinari costiere ed interne della regione ad esclusione della zona del Fermano - Ascolano e dell'Urbinate.

E' stata anche considerata la produzione di colza, coltura assai poco diffusa al momento, la cui attitudine territoriale ricalca quella del girasole con una maggiore espansione delle zone di classe attitudinale elevata ed intermedia che comprendono l'ascolano. Nonostante gli aspetti positivi rilevati, la sua diffusione resta comunque limitata ad alcune zone per motivi legati alla gestione del piano colturale.

A differenza della filiera basata sulla biomassa legnosa, quella per la produzione di energia dall'olio vegetale necessita di ampi bacini di approvvigionamento (da 1000 a 3000 ettari per le scale dimensionali analizzate) quindi la localizzazione è importante per contenere i costi di trasporto, ma soprattutto non fa ritenere possibile un numero elevato di questa tipologia di impianti sul territorio regionale.

Gli investimenti in questi impianti risultano remunerativi con l'attuale livello delle tariffe dell'energia elettrica e questo rende non indispensabile il ricorso alla contribuzione pubblica, ma un calo anche moderato della tariffazione, cambierebbe radicalmente la convenienza economica all'investimento.

Una importante componente reddituale che favorisce la convenienza di questi impianti è legata alla vendita del sottoprodotto (panello) per l'alimentazione zootecnica. Il pannello ha anche il vantaggio di poter sostituire la soia¹⁸ nella dieta zootecnica e attraverso la tracciabilità, abbattere il rischio di utilizzo di produzioni OGM.

Sulla base di queste considerazioni, gli impianti di piccola taglia (~ 350 KW_e) appaiono quelli più adeguati al contesto territoriale regionale e possono essere localizzati dove sono presenti al contempo le produzioni di girasole e un numero consistente di capi bovini in grado di assorbire la produzione di pannelli.

L'azione pubblica per questa filiera, data la positiva redditività degli impianti, potrebbe concentrarsi sull'attivazione di accordi commerciali tra produttori e trasformatori, incentivando investimenti di supporto alla filiera come quelli destinati agli impianti di spremitura e di stoccaggio e considerando anche la cogenerazione che aumenta l'efficienza economica della trasformazione energetica.

Tra le criticità occorre considerare che attualmente i prezzi dell'olio vegetale di importazione (specialmente di cocco), sono più bassi di quelli conseguiti dalle produzioni nazionali di girasole.

¹⁸ Questa sostituzione però ha qualche ripercussione sulle caratteristiche organolettiche della carne che potrebbero renderla meno gradita al consumatore.

5.3 Filiera biogas-energia

L'ultima filiera presa in considerazione è quella del biogas, che è anche quella più complessa sotto il profilo tecnologico e quindi soggetta a continue innovazioni che ne migliorano l'efficienza e le prestazioni.

La tecnologia presa in considerazione in questo lavoro è basata sulla produzione di biogas a partire da una miscela di reflui zootecnici e biomasse vegetali. Le specie zootecniche ritenute più adatte al contesto regionale sono quelle bovine e suine mentre la produzione di biomasse vegetali proviene dalla coltivazione di sorgo zuccherino che possiede le caratteristiche chimico-fisiche adeguate a favorire il processo di metabolizzazione della miscela.

Il bacino di approvvigionamento di questa tipologia di filiera comprende quindi produzioni animali e vegetali e le sue dimensioni sono risultate particolarmente rilevanti per la taglia da 1,4 MW_e.

La zootecnia bovina è diffusa nelle Marche in particolare lungo la dorsale appenninica (dal Maceratese alla zona interna del Pesarese), ed alcuni comuni della Vallesina e dell'Ascolano; i suini invece hanno una diffusione meno uniforme e si concentrano in particolare tra le province di Ascoli, Fermo e Macerata, e nelle aree interne montane di Ancona e Pesaro.

L'attitudine territoriale del sorgo è elevata lungo la fascia costiera e collinare (da Porto San Giorgio a Fano), ed in generale solo le zone montane non sono adatte per questa coltivazione.

Data la complessità tecnologica e l'ampiezza del bacino di approvvigionamento, il numero degli impianti sul territorio regionale non può che essere limitato; inoltre poiché buona parte della regione ha una buona attitudine alla produzione di sorgo, la localizzazione dipende principalmente dalla presenza degli allevamenti e dalla loro dimensione.

Sulla base delle attuali tariffe elettriche, il rendimento economico di questi investimenti è molto alto per cui non sono necessari contributi pubblici ma occorre considerare che i reflui possono avere anche utilizzi alternativi per soddisfare pratiche agronomiche a basso impatto ambientale e che sono tanto più convenienti quanto è maggiore la densità zootecnica, aspetto che contrasta con gli obiettivi della politica agricola regionale.

Pertanto è preferibile favorire la creazione di impianti di piccola taglia (~ 250 KW_e) localizzati presso grandi allevamenti industriali e non distanti dalle coltivazioni di sorgo, per cui è ipotizzabile che vengano collocati lungo la fascia collinare intermedia.

L'azione pubblica potrebbe favorire gli investimenti orientati alle tecnologie che abbattano il contenuto di azoto nel digestato e che siano dimensionati rispetto alle capacità di smaltirlo adeguatamente ed in maniera sostenibile.

Anche in questo caso, gli impianti di cogenerazione possono incrementare ulteriormente l'efficienza economica degli investimenti ma richiedono ingenti risorse finanziarie e la presenza di adeguate strutture residenziali che raramente si riscontrano in prossimità degli allevamenti.

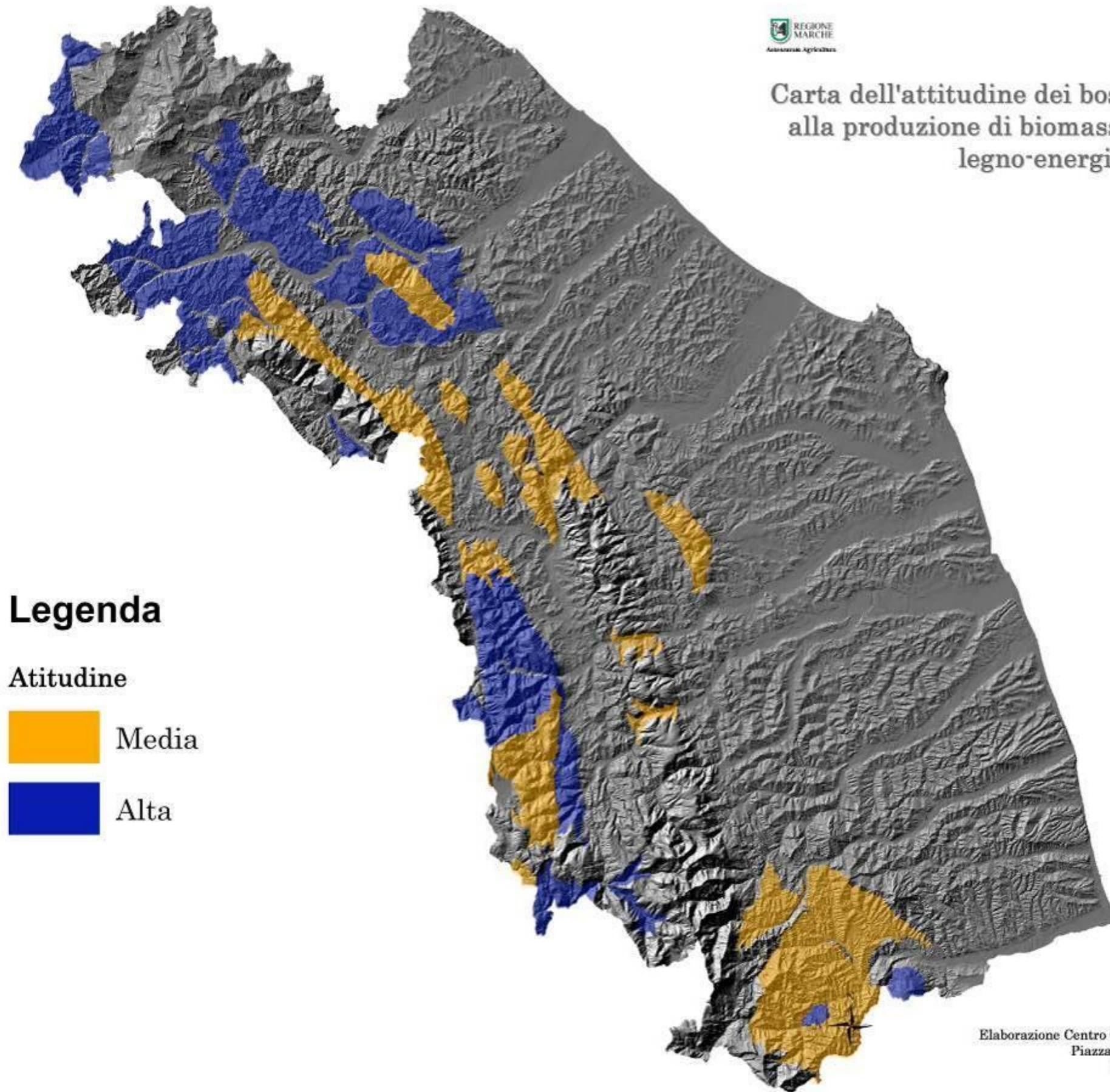
6. Bibliografia e fonti dati

- ISTAT, Istituto di Statistica Nazionale, Dati Coltivazioni 2000, www.istat.it
- Pellerano, A. Pantaleo, P. Tenerelli, M. T. Carone, Relazione Conclusiva, Studio per la valorizzazione energetica di biomasse agro forestali nella Regione Puglia. Dipartimento PROGESA Università degli Studi di Bari
- A. Minetti, S. Scozzafava e G. Galassi, Filiere agro energetiche locali: un esperimento di Landscapa stewardship nelle Marche, Convegno internazionale "Il sistema rurale. Una sfida per la progettazione tra salvaguardia, sostenibilità e governo delle trasformazioni, Milano 13.14 ottobre 2004
- ASSAM – Centro Operativo Agrometeorologia – Piazza della Repubblica, Treia (MC), Fonte dati meteorologici, periodo di riferimento 1970-2000 – www.meteo.regione.marche.it
- Assessorato Agricoltura e Attività Produttive Regione Campania – Settore SIRCA, Documento per la definizione dei criteri utilizzati per la prima individuazione dei distretti agro-energetici nell'ambito del territorio regionale
- Assessorato Ambiente – Regione Marche, Rete natura 2000
- Autori vari, Suoli e paesaggi delle Marche, Monografia divulgativa ASSAM (Agenzia per i Servizi Settore Agroalimentare delle Marche), 2006
- Autori vari, Progetto So.Co. – Agricoltura sostenibile e conservazione del suolo- Rapporto caso studio Regione Marche, Monografia divulgativa JRC-EC (Joint Research Center – European Commission), 2009
- Autori Vari, Bioenergie: Quali opportunità per l'agricoltura italiana, Studi e ricerche INEA, ESI, 2008
- Autori Vari, Bioenergia rurale. Analisi e valutazione delle biomasse a fini energetici nei territori rurali, Quaderni Rete Leader, INEA, 2008
- A.Zezza, I biocarburanti: siamo di fronte ad un'alternativa energetica sostenibile?, in Agriregionieuropa Anno 3 n.9 , Associazione Alessandro Bartola, 2007
- Claudio Corradi, 2007 – "Legno di Potatura e suo utilizzo", Notiziario Fitopatologico 1 Aprile 2007, a cura del Consorzio Fitosanitario Provinciale di Reggio Emilia
- Corine land cover 2000 (CLC2000), European Environment Agency EEA, www.clc2000.sinanet.apat.it
- Corpo Forestale dello Stato, Analisi di settore utilizzazioni forestali stagione silvana 2005-2006
- F. Bonciarelli, Coltivazioni erbacee in pieno campo, Ed agricole, 1989.
- F. Renzaglia, C. Urbinati, Relazione Tecnica 1, Stima delle biomasse per uso energetico nel territorio della regione marche, Dipartimento SASC Università Politecnica delle Marche, 2004
- F. Renzaglia, C. Urbinati, Relazione Tecnica 2, Stima delle biomasse per uso energetico nel territorio della regione marche, Dipartimento SASC Università Politecnica delle Marche, 2005
- F.Cotana et al., Impianti sperimentali per il recupero energetico da potatura di olivo, vite e fruttiferi, Università degli studi di Perugia, 2007
- F.Cotana et al., "Impianti sperimentali per il recupero energetico da potature di vite, olivo e frutteti", Università degli Studi di Perugia _ centro di ricerca sulle biomasse, CRB, 2007
- F. Rosa, Sinergie e multifunzionalità delle produzioni agro-energetiche, in Agriregionieuropa Anno 3 n.9 , Associazione Alessandro Bartola, 2007
- G. Toscano et al., 2006. "Il laboratorio biomasse dell'Università di Agraria di Ancona: l'uso dei residui agro-forestali per la produzione di pellet ad uso energetico" - Atti del Convegno "Produzione di Biomassa agricola e Forestale. Risultati del progetto cofinanziato dal ministero delle politiche Agricole e Università", AIIA 2006
- G.Guidi, F. Barra et al., Corpo Forestale dello Stato, Analisi di settore utilizzazioni forestali stagione silvana 2000-2001
- E.Corradini, Il reddito per gli agricoltori? Un business promettente, in Agroenergie supplemento 41/2009, Regione Emilia Romagna - CRPA, 2009

- M. Tamagnone et al., 2006 Recupero dei sarmenti a scopo energetico in Piemonte - Atti del Convegno "Produzione di Biomassa agricola e Forestale. Risultati del progetto cofinanziato dal ministero delle politiche Agricole e università", AIIA 2006
- M. Tiberi, M. d'Alessio, L. Rossini, Carta dei suoli e paesaggi delle Marche, 2005
- Maria Pin, "Lo stato dell'arte della filiera di prodotti e le sue potenzialità: Il Bioetanolo da biocombustibili ligneo cellulosici". Convegno CETA, 20 Aprile 2007
- Regione Marche e Istituto per le Piante da Legno e per l'ambiente IPLA – Torino, Inventario e Carta Forestale Regionale, Relazione Generale, 2000
- S. Giuca, Le biomasse nella politica energetica comunitaria e nazionale, in Agriregionieuropa Anno 3 n.9 , Associazione Alessandro Bartola, 2007
- S.I.V.A. – Sistema Informativo Veterinario della Regione Marche, distribuzione regionale delle deiezioni animali, www.veterinariaalimenti.marche.it
- Ufficio Cartografico ed Informazione Territoriale, Regione Marche, Grafo strada

7. Tavole

Carta dell'attitudine dei boschi marchigiani alla produzione di biomassa per la filiera legno-energia



Legenda

Atitudine

 Media

 Alta

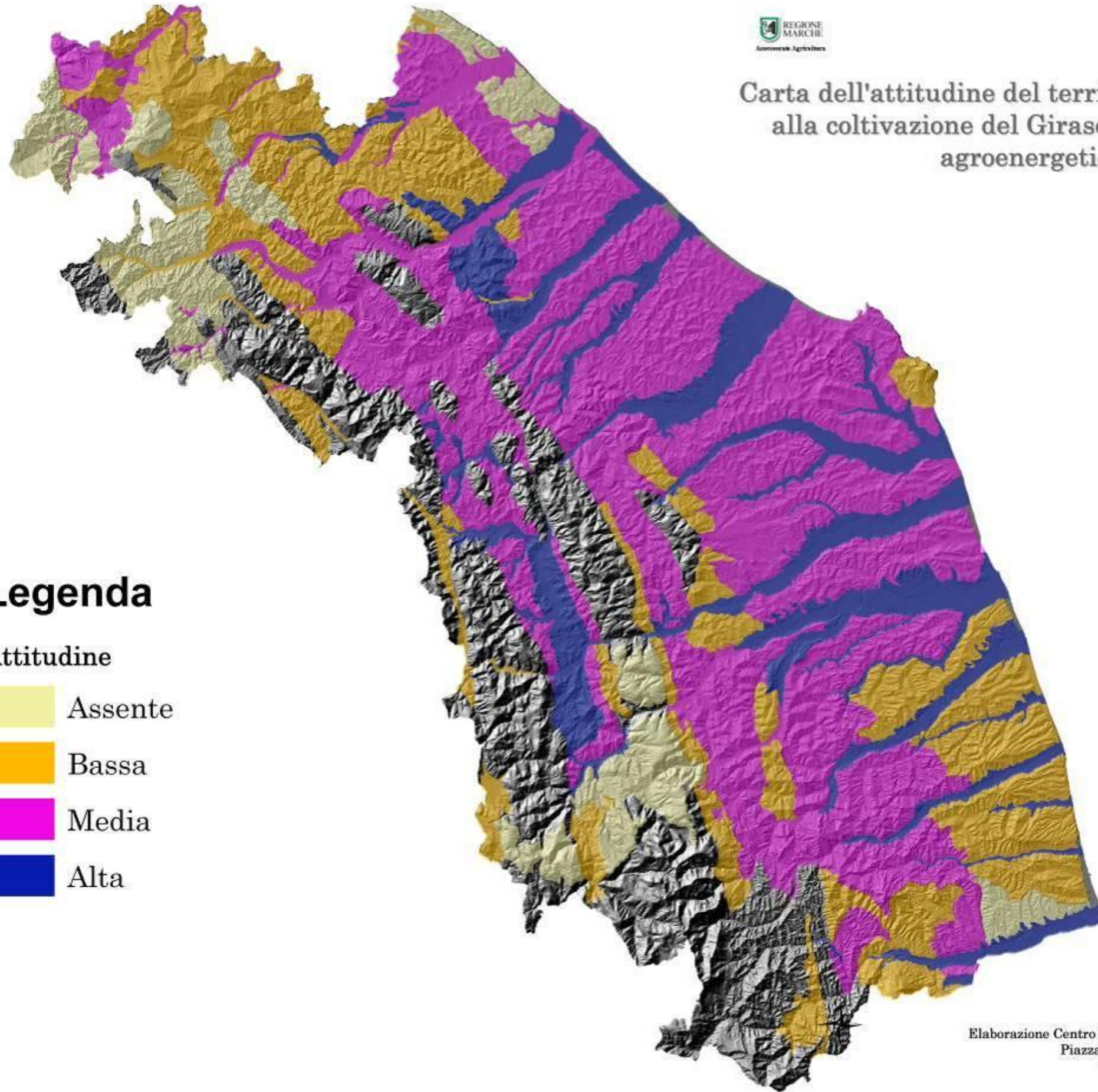


Carta dell'attitudine del territorio marchigiano alla coltivazione del Girasole per la filiera agroenergetica

Legenda

Attitudine

-  Assente
-  Bassa
-  Media
-  Alta

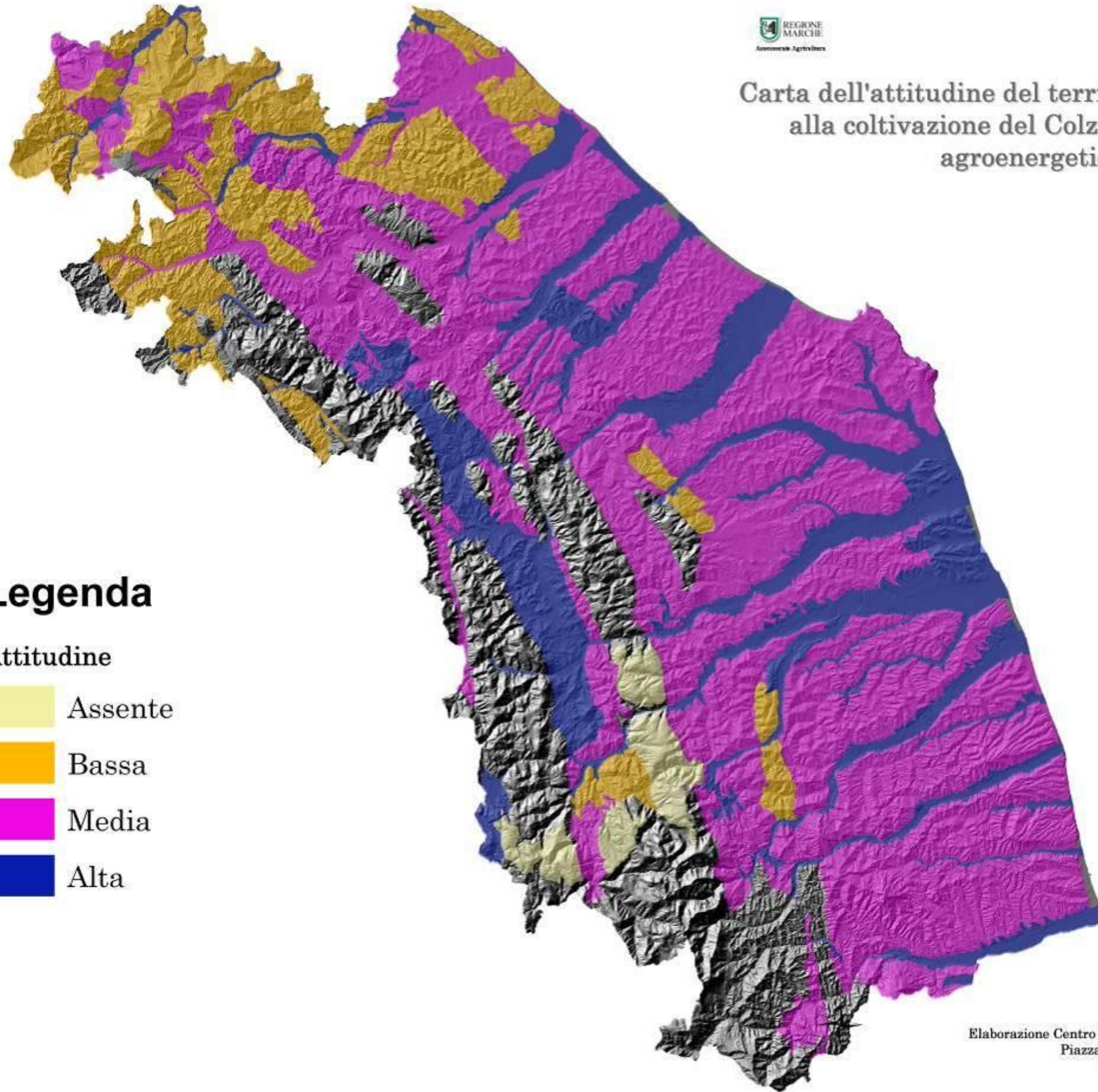


Carta dell'attitudine del territorio marchigiano alla coltivazione del Colza per la filiera agroenergetica

Legenda

Attitudine

-  Assente
-  Bassa
-  Media
-  Alta

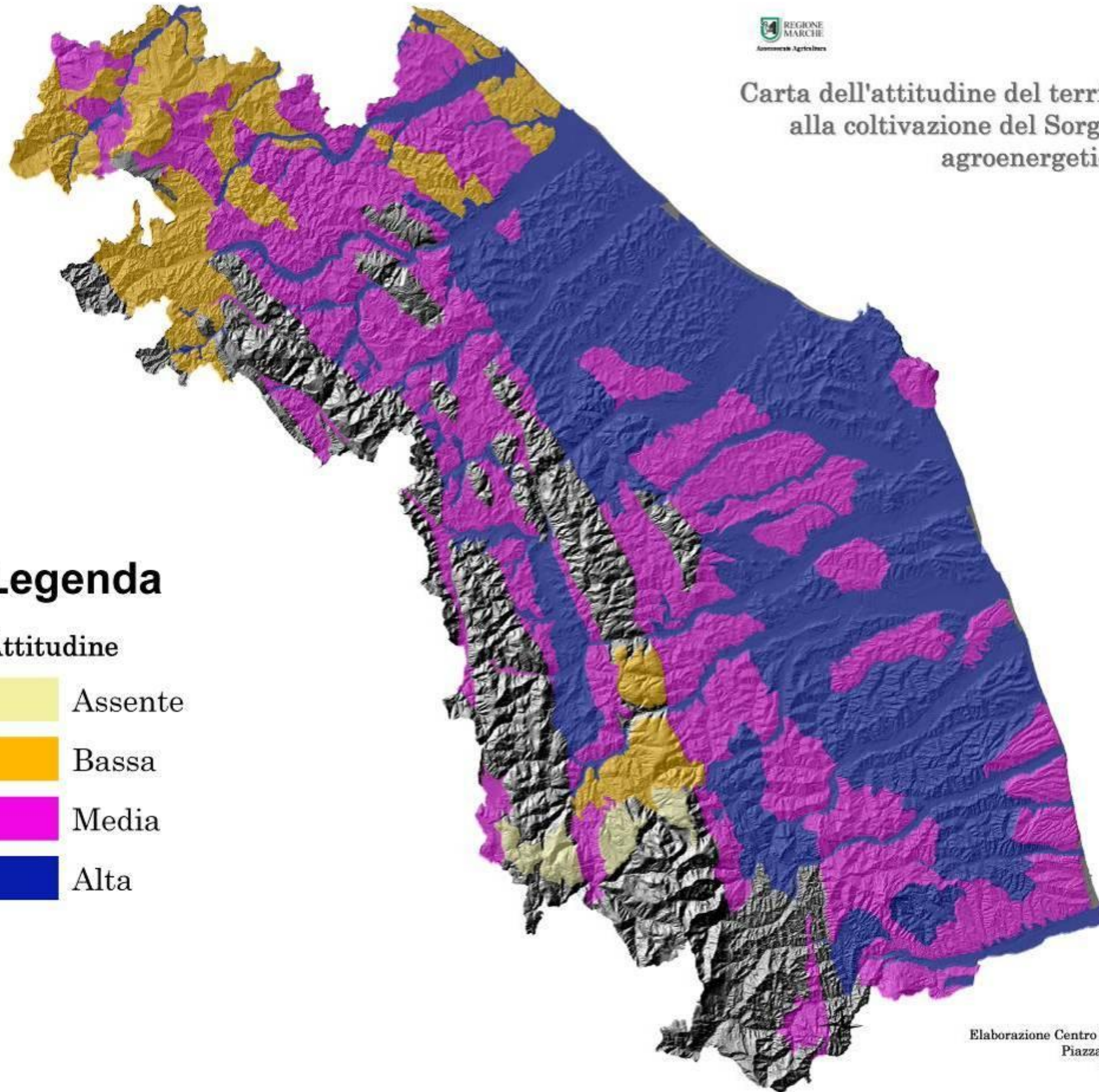


Carta dell'attitudine del territorio marchigiano alla coltivazione del Sorgo per la filiera agroenergetica

Legenda

Attitudine

-  Assente
-  Bassa
-  Media
-  Alta



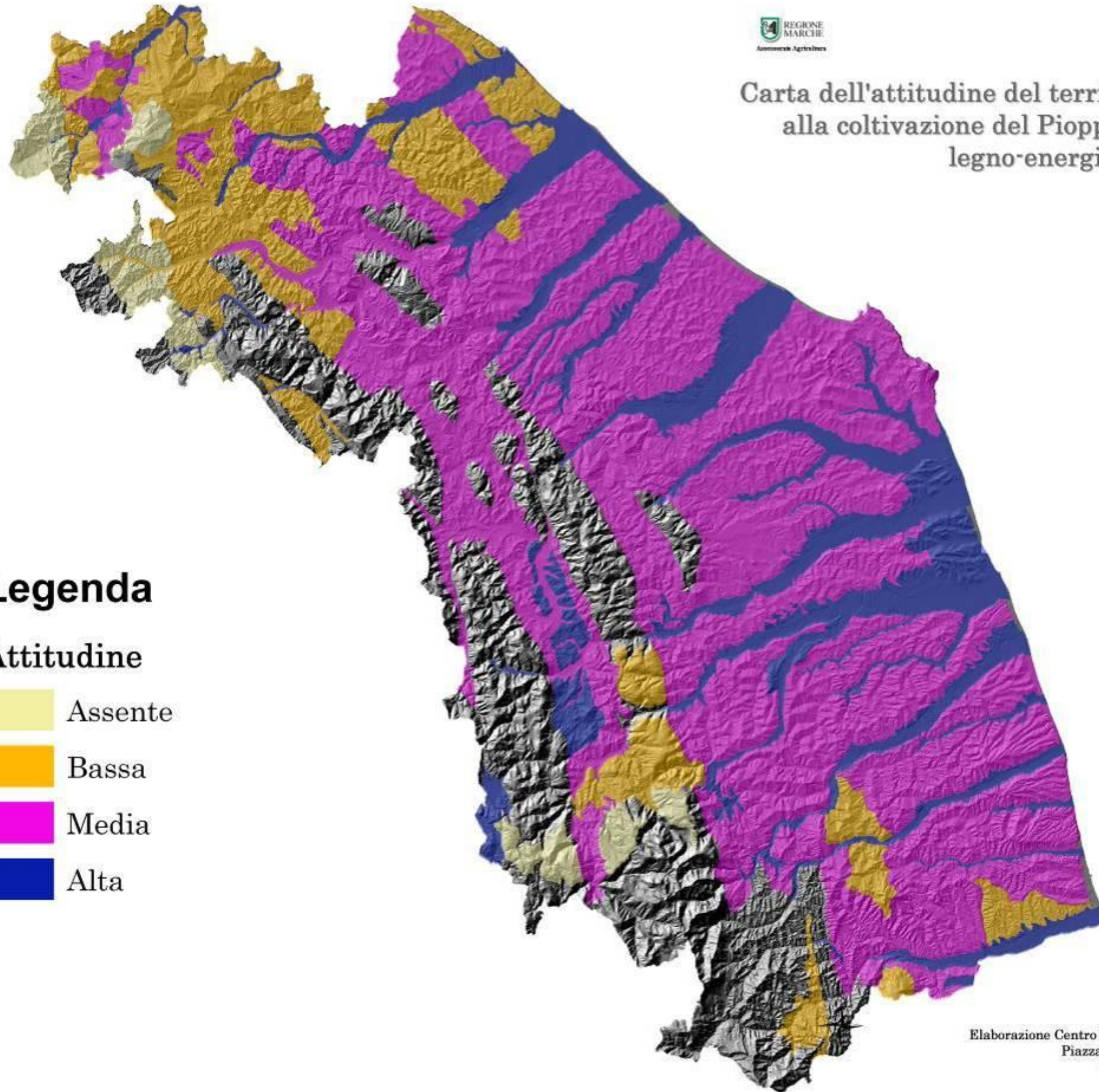
Elaborazione Centro Operativo Servizio Suoli - A.S.S.A.M.
Piazza della Repubblica - 62010 Treia (MC)
Tel.: 0733 217391 Fax.: 0733 217391
Mail: info-suoli@regione.marche.it

Carta dell'attitudine del territorio marchigiano alla coltivazione del Pioppo per la filiera legno-energia

Legenda

Attitudine

-  Assente
-  Bassa
-  Media
-  Alta

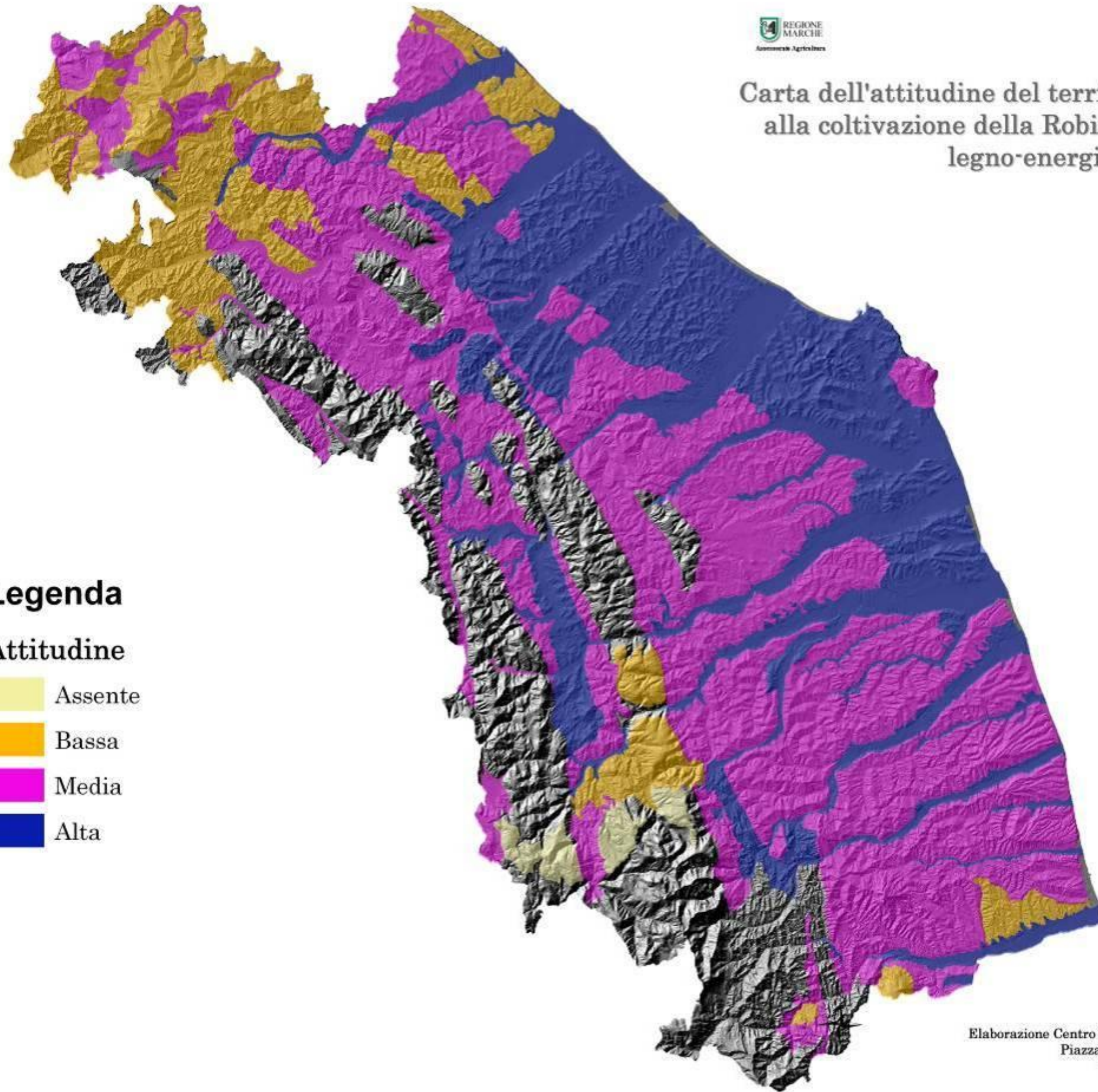


Carta dell'attitudine del territorio marchigiano alla coltivazione della Robinia per la filiera legno-energia

Legenda

Attitudine

-  Assente
-  Bassa
-  Media
-  Alta



Elaborazione Centro Operativo Servizio Suoli - A.S.S.A.M.
Piazza della Repubblica - 62010 Treia (MC)
Tel.: 0733 217391 Fax.: 0733 217391
Mail: info-suoli@regione.marche.it