



Università degli Studi “La Tuscia” di Viterbo

Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali



Tesi di Dottorato

in Ecosistemi e Sistemi Produttivi

curriculum Ingegneria dei Sistemi Agrari e Forestali

AGR/09

XXIX Ciclo

**STUDIO PER LA VALORIZZAZIONE ENERGETICA
DISTRETTUALE DELLE BIOMASSE RESIDUALI AGRO-
FORESTALI**

Coordinatore: Prof. Alessandro Sorrentino

Tutor: Dott. Andrea Colantoni

Dottoranda: Dott.ssa Lavinia M. P. Delfanti

INDICE

1 - Obiettivi e metodologia

1.1 Bioeconomia e biomasse

1.2 Obiettivi dello studio

1.3 L'approccio dell'agro-distretto nel contesto bioeconomico

2 - Normativa

2.1 Linee di indirizzo comunitarie e nazionali in campo energetico ed ambientale

2.2 Il settore energia nel Lazio

2.3 Produzione di energia da biomassa

2.4 Organizzazione delle filiere agro-energetiche

3- Caso di studio Tuscia Romana

3.1 Materiali e metodi

3.1.1 Il potenziale della biomassa residuale ad uso energetico

3.1.2 Definizione e descrizione delle biomasse agro-forestali:

- Biomasse da boschi cedui

- Biomasse da fustaie

- Biomasse da coltivazioni agricole

3.2 Sito oggetto di studio

3.3 Raccolta dati:

3.3.1 biomassa forestale

3.3.2 Biomassa agro-forestale

3.4 Analisi Multicriteriale

3.5 Risultati

3.6 Discussione e conclusione

3.7 Prospettive di filiera: l'ipotesi di un Partenariato Pubblico-Privato

4 - Caso di studio Costa Rica

4.1 Il settore energia in America centrale

4.2 Potenzialità di biomasse in Costa Rica

4.3 Panorama energetico nazionale

4.4 Bioenergie

4.5 Materiali e Metodi

4.5.1 Il territorio agricolo e forestale:

- Biomassa agricola

- Biomassa forestale

4.5.2 Descrizione dei metodi:

- Residui agricoli

- Residui forestali

4.6 Risultati:

4.6.1 Potenziale di biomassa in Costa Rica

4.6.2 Disponibilità dei residui di biomassa ad uso energetico:

- Agricoltura

- Analisi

- Foresta

- Analisi

4.7 Discussione

4.8 Conclusione

5 - Bibliografia

1 - Obiettivi e metodologia

1.1 Bioeconomia e biomasse

Nel contesto della disuguaglianza globale, la crescente domanda di risorse naturali, come risultato della crescente produzione globale e la ricerca di nuove fonti di energia, ha influenzato negativamente altri aspetti importanti relativi alla conservazione del pianeta, come ad esempio, i crescenti livelli di inquinamento ambientale, il riscaldamento globale e il cambiamento nella produzione, l'accesso e la qualità degli alimenti (FAO, 2009).

Al fine di mitigare i problemi, la situazione è stata affrontata attraverso la ricerca (Brooks & Barfoot, 2013), gli sviluppi tecnologici, le politiche e nuovi schemi di organizzazione dell'attività economica (Trigo e Falck Zepeda, 2010).

I sistemi sostenibili di produzione e consumo sono necessari, quindi, per rispondere alle sfide della società; per questo un'economia fondata sulla biomassa al posto dei combustibili fossili può rappresentare un cambiamento significativo nella socio-economia, agricola, energetica e di impianti tecnici. Il concetto di bioeconomia –conosciuta come BIO-based-economy- può essere intesa come un'economia in cui gli elementi di base per la generazione di materiali, prodotti chimici ed energia sono derivati da fonti biologiche rinnovabili, come le fonti di scarto delle lavorazioni agricole e zootecniche (potature, deiezioni, etc.).

Questo tipo di economia, se progettata e realizzata in modo intelligente, è in grado di soddisfare molti dei requisiti per la sostenibilità dai punti di vista ambientale, sociale ed economico. Le agende politiche recentemente pubblicate per la bioeconomia dall'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (OCSE), dall'Unione Europea (UE) e dagli Stati Uniti d'America suggeriscono che i progressi e il supporto significativi possono essere attesi nel corso dei prossimi decenni su scala regionale, nazionale e internazionale.

I potenziali benefici dalla transizione verso un'economia a base biologica includono la riduzione di gas a effetto serra (GHG), la diminuzione della dipendenza dalle risorse fossili, una più saggia gestione delle risorse naturali, e una migliore sicurezza alimentare. Un altro significativo effetto positivo della bioeconomia è la generazione di lavoro in ambienti sia urbani che rurali; inoltre, la creazione di nuovi mercati non alimentari per l'agricoltura (come quello della bioenergia) in sinergia con i mercati alimentari esistenti, e in combinazione con fonti di reddito alternative per gli agricoltori, è in grado di dare alle aree rurali una spinta importante. Le opportunità di impatti positivi derivanti da una bioeconomia avanzata sembrano essere immense. Tuttavia, mentre il potenziale tecnico della bioeconomia è impressionante -secondo Büniger [Busscher, 2010], infatti, oltre il 90% dei prodotti petroliferi potrebbe essere sostituito da biomateriali alternativi - la sfida è di aumentare la scala di attività produttiva (ad esempio in termini di produzione di biomassa) in parallelo al raggiungimento degli obiettivi chiave di sostenibilità.

La strategia bioeconomia si concentra su tre aree: (1) investimenti in ricerca, innovazione e competenze; (2) il rafforzamento di interazione politica; e (3) la valorizzazione dei mercati e la competitività in bioeconomia (CE, 2012b).

La bioeconomia porta l'opportunità di sviluppare nuove industrie provenienti da fonti rinnovabili, aprire nuovi mercati per i prodotti a base biologica e l'utilizzo di risorse in modo più efficiente e rispettoso dell'ambiente. La bioeconomia, come già detto, potrebbe svolgere un ruolo significativo nell'affrontare efficacemente le sfide globali pressanti, come il cambiamento climatico, l'aumento della popolazione, le risorse naturali limitate, e la crescente domanda di cibo e materiali, contribuendo a limitare gli impatti negativi sull'ambiente, mitigare il cambiamento climatico e ridurre la dipendenza dai diminuendo risorse

fossili (GEF, 2012 e CE, 2012b). Offrendo inoltre un grande potenziale per la creazione di occupazione e la crescita verde, nei settori agricolo, forestale e di produzione, la bioeconomia può contribuire alla strategia Europa 2020 obiettivi per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva. Si può prevedere infatti un significativo sviluppo delle zone rurali e delle aree industriali, che prima soffrivano di declino delle attività economiche. Lo spostamento delle le attività agricole verso attività più sostenibili e rispettosi dell'ambiente aiuterebbe la creazione di nuove catene di materie prime di fornitura per la biomassa per le industrie bio-based e la creazione di nuovi mercati non alimentari per le colture e le materie prime della biomassa (compresi i residui e rifiuti) (CE, 2012b).

Il passaggio da un'industria fossile ad una attività caratterizzata da basse emissioni di carbonio, uso efficiente e sostenibile delle risorse è una sfida importante. Il cambiamento comporta la trasformazione dei processi industriali e dei prodotti convenzionali in processi a base biologica, sviluppando delle biotecnologie industriali, bio-raffinerie integrate e aprendo nuovi mercati per i prodotti *bio-based*. Il potenziale di crescita per questo tipo di prodotti dipende dalla loro capacità di sostituire i classici prodotti a base fossile a costi competitivi.

1.2 Obiettivi dello studio

Molte conferenze, vertici e protocolli, sviluppati a livello europeo, hanno, dunque, fatto notare che vi è un grande interesse nell'attuazione di politiche per ridurre l'impatto del cambiamento climatico sulla qualità ambientale, attraverso il miglioramento dell'efficienza energetica e lo sviluppo delle fonti rinnovabili. Questo ha aumentato la disponibilità a sviluppare un'economia verde, che non è solo un miglioramento ambientale, ma anche un nuovo paradigma per alleviare minacce globali come il cambiamento climatico, la perdita di biodiversità, la desertificazione, l'esaurimento delle risorse naturali e, allo stesso tempo, promuovere benessere sociale ed economico (Scott et al., 2012 e Sacchelli et al., 2013).

Le questioni relative ai cambiamenti climatici hanno portato ad una maggiore importanza della produzione di calore ed energia, basata sull'impiego di fonti rinnovabili.

In Italia, l'uso di risorse energetiche alternative potrebbe essere un valido contributo per ridurre la dipendenza del sistema energetico nazionale in materia di importazioni. In particolare, il settore della biomassa agro-forestale è una delle principali aree di possibile realizzazione di bioenergia, a causa della ruralità e di un forte legame tra il settore agricolo e forestale nelle grandi aree nazionali (Sacchelli et al., 2013).

Questo contesto sottolinea la necessità di interazione tra urbanistica, territorio e pianificazione energetica, perché la maggior parte del consumo di energia e la produzione dipende non solo sulle variabili socio-economiche, ma anche dalla organizzazione territoriale. È quindi importante definire una pianificazione territoriale che conduca alla efficienza energetica. L'approccio intersettoriale che si sviluppa nel nostro studio fa uso dell'analisi multicriteriale (MCA), che può aggregare variabili identificate da diverse unità, nonché quelle di tipo misto (qualitative e dati-quantitative); può essere un valido strumento da utilizzare nei processi di pianificazione (Buchholz et al., 2009, Recchia et al., 2010 e Sang e Tveit, 2013).

In questo contesto, il presente studio si propone di fornire un modello valido per stimare la disponibilità di biomassa agro-forestale per l'utilizzo di energia, sulla base di un'analisi approfondita a scala locale, in un contesto agro-ambientale caratterizzato principalmente da uso del suolo agricolo e forestale, anche rappresentante di una zona rurale tipica di molte aree nazionali ed internazionali, soprattutto nel Mediterraneo.

Nella individuazione di un distretto energetico nelle aree rurali, questo lavoro sottolinea la mancanza di strumenti idonei per il processo decisionale e di pianificazione a scala più ampia. Inoltre, il particolare valore di un ambiente (presenza di importanti siti naturali), costringe i progettisti di utilizzare un approccio

interdisciplinare, scegliendo il metodo di analisi e la valutazione più appropriata. Infatti, la presenza di tali siti, che sono molto comuni in Europa, aumenta l'importanza di adottare un uso appropriato del territorio all'interno della pianificazione energetica, proteggendo, allo stesso tempo, il valore naturale della zona, secondo la legislazione ambientale europea.

L'identificazione di una metodologia di pianificazione efficace rappresenta il principale obiettivo della presente ricerca, la cui applicabilità può essere estesa anche a livello internazionale. Uno dei principali fattori limitanti nella pianificazione dell'uso del suolo è costituito da una mancanza di basi di dati georeferenziati che, anche quando esistenti, appaiono frammentati nella loro scala spaziale e temporale.

Vi è anche la mancanza di un'adeguata normativa in materia di gestione sostenibile dei rifiuti di trasformazione agro-forestale. Attualmente, per esempio, gli scarti di potatura nell'industria del legno, vengono bruciati principalmente nel campo (Pignatelli et al., 2014), mentre i rifiuti derivanti dalle lavorazioni agricole sono solo parzialmente riutilizzati negli allevamenti ed il resto è trattato come rifiuto. Nel settore forestale è difficile trovare le informazioni corrette, perché non sempre si ha accesso ai piani di gestione di tutte le foreste della zona (Kinoshita et al., 2009).

Attraverso questo lavoro intendiamo, quindi, creare un modello per stimare il valore potenziale della biomassa agro-forestale di diversi settori agricoli. A questo scopo abbiamo scelto l'analisi multicriteriale sviluppata in ambiente GIS, per analizzare le variabili territoriali, economiche, sociali e di pianificazione. Questo modello combina un innovativo approccio di analisi sia a livello agricolo e forestale, per stimare la biomassa disponibile e la sua distribuzione sul territorio. Si tratta di biomassa residuale e, per questo motivo, non costituisce una fonte di concorrenza per gli altri settori economici, non incidendo sui livelli di integrità del sistema e sulla sostenibilità della risorsa. Questo modello è una risposta alle esigenze di pianificazione energetica, che manca con gli strumenti attualmente disponibili, e che consente una stima dell'energia preliminare per il corretto dimensionamento di un impianto energetico e il conseguente corretto posizionamento dello stesso.

Per quanto riguarda lo studio svolto in Costa Rica, l'obiettivo è stato quello di analizzare il potenziale energetico dei principali residui agricoli e forestali prodotti in Costa Rica.

In un contesto di mancanza di sviluppo del settore dell'energia da biomassa, il nostro contributo va ad approfondire la caratterizzazione fisico-chimica dei tipi di biomasse e la quantificazione degli stessi, studiando i diversi e frammentati database messi a disposizione, così da poterne valutare il potenziale; Tuttavia, ci sono tre aspetti che richiedono l'investimento di maggiori sforzi: il settore forestale, le politiche e i sistemi di informazione geografica.

La mancanza di politiche specifiche costituisce un ostacolo per il settore e gli sforzi in questo settore dovrebbero essere aumentati per promuovere l'attività a livello nazionale. Le politiche che ne derivano dovrebbero essere progettate per fornire condizioni adeguate per lo sviluppo del settore, affrontando questioni quali l'infrastruttura, la tracciabilità della biomassa, il sostegno alla ricerca e il rafforzamento della sicurezza energetica nazionale.

Il nostro studio si pone quindi l'obiettivo di fornire un valido strumento alle policy per iniziare ad indirizzare gli strumenti politici anche verso questo ramo di energia potenziale, che attualmente è lasciato in secondo piano.

I fattori utilizzati per calcolare i potenziali sono stati la produzione annuale totale del prodotto agricolo, l'equilibrio di massa che è il rapporto tra la produzione di residui rispetto alla produzione totale delle colture ed il potere calorifico (MJ/kg).

Questi indicatori erano quelli necessari per valutare i potenziali teorici dei tipi di biomasse analizzati, secondo le informazioni disponibili al momento dello studio. La metodologia di valutazione potrebbe certamente essere migliorata, tuttavia le analisi effettuate rappresentano un importante contributo ai processi decisionali nei settori coinvolti dallo studio.

1.3 L'approccio dell'agro-distretto nel contesto bioeconomico

I distretti rurali vengono definiti come dei «sistemi produttivi locali caratterizzati da un'identità storica e territoriale omogenea derivante dall'integrazione fra attività agricole e altre attività locali, nonché dalla produzione di beni o servizi di particolare specificità, coerenti con le tradizioni e le vocazioni naturali e territoriali».

Secondo questa visione, per promuovere lo sviluppo delle agro-energie, è necessario che la produzione energetica a partire da biomasse di origine agricola sia strettamente legata alla filiera produttiva in modo da trasferire ai coltivatori una sufficiente quota di valore aggiunto. Il modello di sviluppo che così si delinea, secondo quanto indicato anche dalla Conferenza delle Regioni, è quello dei “distretti agro-energetici”, ovvero «[...] reti di produttori e trasformatori, anche differenziati per tipo di energia prodotta, in grado di assicurare contingenti energetici al territorio, attraverso un sistema di generazione distribuita e tale da valorizzare al massimo la multifunzionalità delle imprese agricole nei loro vari aspetti».

In questo contesto, risulta interessante la messa a punto di una procedura standard per l'individuazione e la pianificazione di possibili distretti agro-energetici. A tal fine è importante sottolineare la necessità di disporre di uno strumento progettuale che, sia in grado di integrare i dati provenienti da fonti differenti e che, consenta, inoltre, un'analisi a più scale territoriali. Per poter valutare adeguatamente le potenziali produzioni di biomasse agricole e forestali e la relativa sostenibilità ambientale ed economica è, infatti, necessaria una visione multidisciplinare ed una buona conoscenza dei modelli spaziali di produzione e consumo energetico.

Nel caso della Toscana Romana, il modello proposto prevede quindi un'analisi preliminare (agro-ambientale, socioeconomica, della filiera energetica, ecc.) volta ad individuare le peculiarità, i punti di forza e le criticità del territorio in esame. Il modello, che è basato sull'analisi multi-criteriale in ambiente GIS sembra utile per prevedere l'influenza di più variabili sulla disponibilità di biomassa agro-forestale e sull'individuazione della migliore posizione per un impianto di produzione di energia da biomassa a diverse scale di analisi.

Strumenti fondamentali per una buona filiera agro-energetica sono:

- lo studio delle caratteristiche del sistema agricolo e produttivo, ma anche di quella che potremmo definire la “vocazionalità regionale”;
- una sufficiente densità imprenditoriale nel settore in esame nonché azioni istituzionali coese e coerenti;
- l'individuazione delle “aree prioritarie” a scala locale.

L'analisi si realizza attraverso l'individuazione di indicatori in grado di “segmentare” la complessità delle interazioni fra i fenomeni che caratterizzano il sistema territoriale, agricolo ed economico. Questi indicatori vengono poi confrontati tramite analisi multi-criteriale, svolta tramite software IDRISI.

La successiva analisi e pianificazione si concentrerà dunque in quelle aree dove sussiste una reale possibilità di sviluppo della filiera agro-energetica esaminata, evitando così di disperdere gli sforzi di organizzazione del distretto laddove non vi siano le necessarie condizioni di sostenibilità socio-economica ed agro-ambientale.

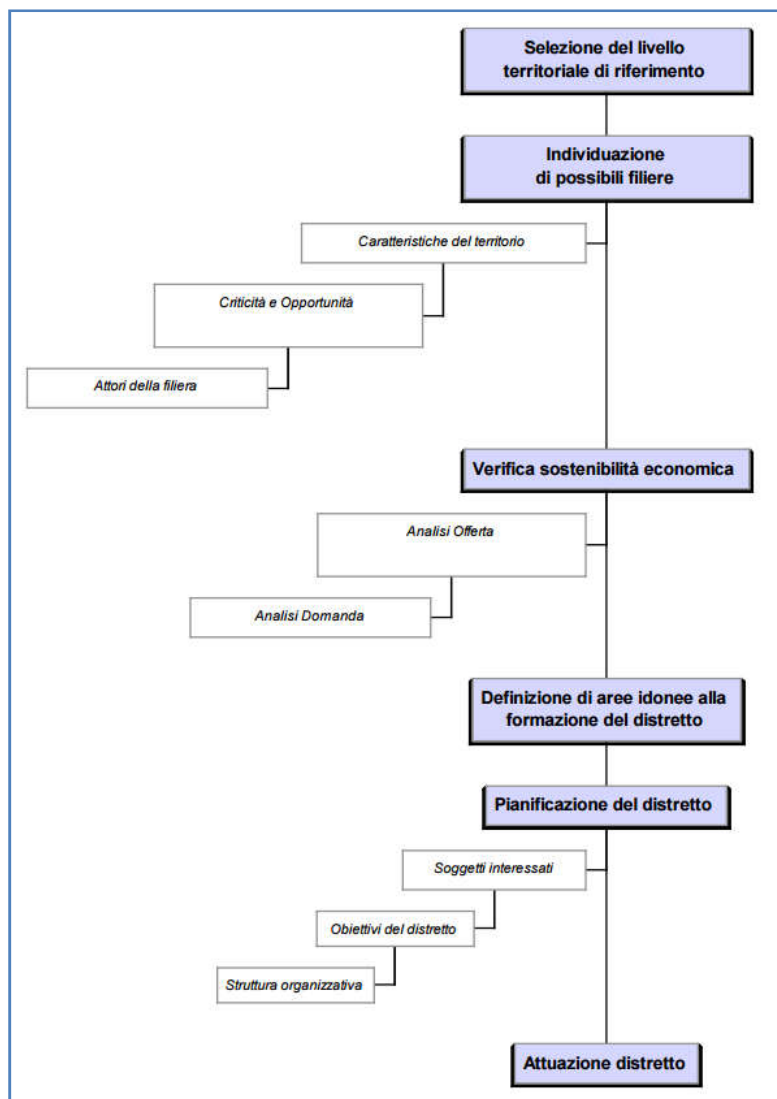


Figura 0.1: schema dei punti fondamentali, da considerare nell'attuazione di un distretto agro-energetico.

Tra i fattori di successo per lo sviluppo di una filiera agro-energetica, oltre ad una governance locale efficace, diviene fondamentale la concertazione fra la produzione e gli utilizzatori sul mercato locale. La filiera deve allora essere intesa come l'interazione fra tutti gli individui coinvolti nella produzione, distribuzione ed utilizzo del prodotto agro-energetico. A questo scopo, diventa fondamentale l'identificazione di tutti i possibili soggetti, pubblici e privati, che a vario titolo potrebbero essere coinvolti nella formazione del distretto, definire gli obiettivi che questo dovrà perseguire ed anche, in un secondo momento, la struttura organizzativa che meglio consentirà di raggiungerli.

Nel caso della Costa Rica, è stato studiato un modello, utilizzabile sia dalle *policy* che dai privati, per la pianificazione di una filiera agro-energetica per l'intera regione, a partire da database accessibili in rete. Anche in questo caso vengono considerati i residui della lavorazioni agricole e forestali, che possano essere impiegati ad uso energetico.

2 - Normativa

2.1 Linee di indirizzo comunitarie e nazionali in campo energetico ed ambientale

La pianificazione energetica regionale, nell'arco temporale 2015-2020, tiene conto dei più recenti documenti nazionali strategici e di indirizzo, orientandosi sulle disposizioni previste nella Strategia Energetica Nazionale (SEN) e nel Pacchetto Clima-Energia 2030.

Di seguito si riportano brevemente i documenti più significativi:

A. Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 15 Marzo 2012, cosiddetto "Burden Sharing".

Per ogni Regione assegna una quota minima di incremento dell'energia (elettrica, termica e trasporti) prodotta con fonti rinnovabili (FER), necessaria a raggiungere al 2020 l'obiettivo nazionale del 17% del consumo finale lordo (CFL), obiettivo assegnato dall'Unione Europea all'Italia con Direttiva 2009/28, recepita con D.Lgs. 28/2011. In realtà, tra le Regioni non è ripartito per intero l'obiettivo del 17%, ma solo il 14,3% poiché "il consumo di biocarburanti per trasporti (FER-T) e le importazioni di energia rinnovabile da Stati membri e da Paesi terzi (FER-E estero)" sono considerate di competenza nazionale. Gli obiettivi di breve e medio periodo previsti dal D.M. per la Regione Lazio sono riportati in Tabella 1.

Regione	Anno iniziale riferimento	2012	2014	2016	2018	2020
Lazio	4.0	6.5	7.4	8.5	9.9	11.9

Tabella 1: traiettoria degli obiettivi regionali dall'anno iniziale di riferimento al 2020 (valori in %).

B. La Strategia Energetica Nazionale (SEN).

Approvata dal Ministero dello Sviluppo Economico di concerto con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con Decreto 8 marzo 2013, si incentra su quattro obiettivi principali:

1. ridurre significativamente il gap del costo dell'energia per i consumatori e le imprese, con un allineamento ai prezzi e costi dell'energia europei;
2. raggiungere e superare gli obiettivi ambientali definiti dal Pacchetto europeo Clima- Energia 2020 (la cosiddetta politica 20-20-20);
3. continuare a migliorare la sicurezza nazionale di approvvigionamento, soprattutto nel settore del gas e ridurre la dipendenza dall'estero;
4. favorire la crescita economica e sostenibile attraverso lo sviluppo del settore energetico.

Tre sono gli scenari di riferimento considerati dalla SEN: i) il 2020 per quanto riguarda il raggiungimento (ed il superamento) degli obiettivi definiti dal Pacchetto Clima – Energia 2020; ii) il 2030 per il medio termine; iii) il 2050 nella più lunga prospettiva delineata dalla "Roadmap europea 2050" definendo un percorso di decarbonizzazione verso il 2050.

Nel breve periodo, con un orizzonte al 2020, la SEN individua sette priorità:

1. la promozione dell'Efficienza Energetica, per la quale si prevede il superamento degli obiettivi europei;
2. la promozione di un mercato del gas competitivo, integrato con l'Europa e con prezzi ad essa allineati, e con l'opportunità di diventare il principale Hub sud-europeo;

3. lo sviluppo sostenibile delle energie rinnovabili, per la quale si intende superare gli obiettivi europei (20-20-20), contenendo al contempo l'onere in bolletta;
4. lo sviluppo del mercato elettrico pienamente integrato con quello europeo, competitivo nei prezzi con l'Europa e caratterizzato da una graduale integrazione della produzione rinnovabile;
5. la ristrutturazione della raffinazione e della rete di distribuzione dei carburanti, verso un assetto più sostenibile e con livelli europei di competitività e qualità del servizio;
6. lo sviluppo sostenibile della produzione nazionale di idrocarburi;
7. la modernizzazione del sistema di governance per rendere più efficaci ed efficienti i processi decisionali.

Nel medio - lungo periodo, con un orizzonte al 2030 e al 2050, la SEN fa propria la tabella di marcia proposta dalla Commissione Europea che consentirà all'Unione Europea di ridurre tra l'80 ed il 95% delle emissioni di gas serra entro il 2050 rispetto ai livelli del 1990, con un abbattimento per il settore elettrico di oltre il 95%. In particolare la Roadmap nel breve periodo (2010-2015) individua cinque priorità che l'Europa deve considerare per il raggiungimento dell'obiettivo sopracitato: i) efficienza energetica; ii) tecnologie low carbon; iii) reti ed integrazione dei mercati energetici; iiiii) inversione di modelli di consumi nei trasporti ed in edilizia; iiiiii) liberalizzazione dei mercati.

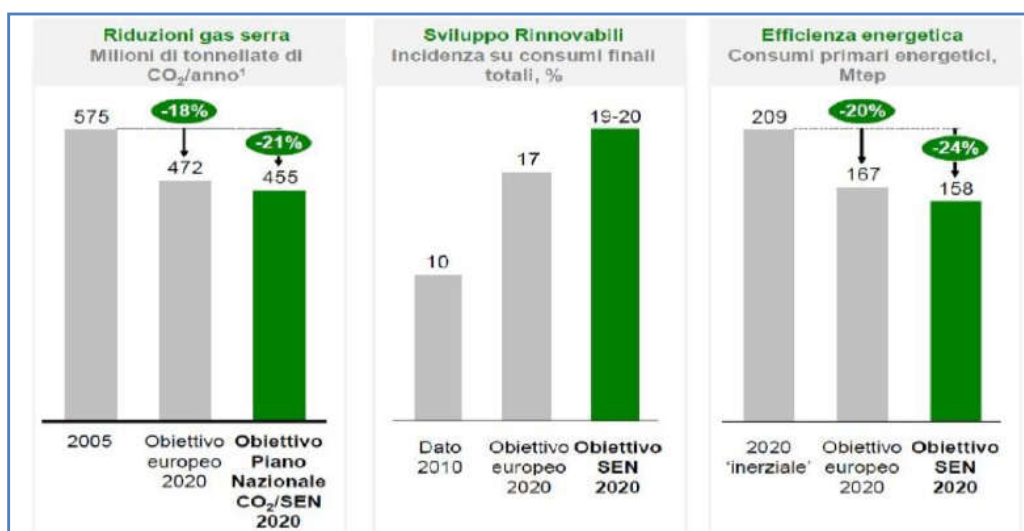


Figura 1: La SEN pone al 2020 target nazionali che superano quelli attualmente concordati in sede europea per l'Italia (SEN, 2015).

C. Il Pacchetto Clima-Energia 2030.

Stabilisce i nuovi obiettivi climatici al 2030, estendendo quanto previsto dal primo pacchetto clima-energia al 2020, e si posiziona come tappa intermedia per conseguire gli obiettivi di lungo termine previsti dalla Roadmap 2050. Dei tre obiettivi energetico-ambientali previsti al 2020, il taglio delle emissioni di gas serra (GHG) viene innalzato al 40% rispetto al livello del 1990; la quota percentuale di rinnovabili nel mix energetico sale al 27% dei consumi finali lordi (obiettivo non vincolante per singolo Stato Membro ma solo a scala UE); la stessa percentuale del 27% sarà l'incremento dell'efficienza energetica, anche attraverso l'utilizzo di tecnologie a risparmio energetico. Il pacchetto prevede anche un sostanziale miglioramento delle reti elettriche nell'UE, per aumentare risparmio ed efficienza. L'intesa per l'interconnessione delle reti prevede due step: uno iniziale entro il 2020 che prevede di raggiungere il 10% di reti in comune, per arrivare al secondo step, quello di raggiungere la soglia del 15% entro il 2030.

D. Il Piano di Azione per l'Efficienza Energetica 2014 (PAEE 2014).

È stato approvato con Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico il 17 luglio 2014 (GU n.176 del 31-7-2014). Il PAEE 2014, elaborato dall'ENEA, riporta gli obiettivi di efficienza energetica fissati dall'Italia al 2020 e le misure di policy attivate per il loro raggiungimento. Particolare attenzione è dedicata alla descrizione delle nuove misure introdotte con il decreto legislativo 102/2014 che ha recepito la direttiva 2012/27/UE. In termini di obiettivi quantitativi, il programma di promozione dell'efficienza energetica al 2020 si propone di: i) risparmiare 15,5 Mtep di energia finale annui (20 Mtep di energia primaria), raggiungendo al 2020 un livello di consumi circa il 24% inferiore rispetto allo scenario di riferimento europeo, basato su un'evoluzione 'inerziale' del sistema (Modello Primes 2008); ii) evitare l'emissione di circa 55 milioni di tonnellate di CO₂ l'anno; iii) risparmiare circa 8 miliardi di euro l'anno di importazioni di combustibili fossili. Nella tabella sono indicati i risparmi attesi al 2020 in energia finale e primaria suddivisi per settore e misure di intervento.

Settore	MISURE PREVISTE NEL PERIODO 2011-2020					FEC	PRIMARIA
	Standard normativi	Misure e investimenti mobilità	Conto termico	Detrazioni fiscali	Certificati bianchi	Risparmio atteso al 2020	Risparmio atteso al 2020
Residenziale	1.60		0.54	1.38	0.15	3.67	5.14
Terziario	0.20		0.93		0.10	1.23	1.72
PA	0.10		0.43		0.04	0.57	0.80
Privato	0.10		0.50		0.06	0.66	0.92
Industria					5.10	5.10	7.14
Trasporti	3.43	1.97			0.10	5.50	6.05
Totale	5.23	1.97	1.47	1.38	5.45	15.50	20.05

Tabella 2: Obiettivi di efficienza energetica al 2020 (energia finale e primaria, Mtep/a. FEC: Final Energy Consumption).

E. Il Piano per la riduzione della CO₂.

Approvato dal Comitato interministeriale per la programmazione economica (CIPE) l'8 marzo 2013: si tratta di un documento "coordinato" alla SEN che individua un set di misure completo da mettere in campo per la decarbonizzazione.

2.2 Il settore energia nel Lazio

Il Lazio è uno dei principali motori di produzione del Paese: con un PIL di circa 170 miliardi di euro nel 2011, l'economia laziale rappresenta il 10,7% del prodotto nazionale, paragonabile a quella di intere nazioni europee (Portogallo, Ungheria, Irlanda, Grecia); è tra le regioni con la maggiore potenzialità di imprese "Green", ma è anche tra quelle con la maggiore complessità strutturale: una grande area metropolitana, un grande polo energetico ad alta produzione fossile (Montalto, Civitavecchia) ma nello stesso tempo vasti territori rurali, piccoli comuni, comunità montane, aree naturali di pregio (ENEA, 2015). Valutati con attenzione i cambiamenti climatici in atto (report IPCC), che stanno provocando, a livello globale, ma anche locale, desertificazione, inondazioni, eventi estremi, la Regione si pone 2 obiettivi ambiziosi, in perfetta coerenza con la programmazione comunitaria 2014-2020:

- Sostenere la transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio e contrastare i cambiamenti climatici attraverso la diffusione della green economy.
- Promuovere l'adattamento al cambiamento climatico, la prevenzione e la gestione dei rischi.

La produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, in rapporto ai soli consumi elettrici finali lordi, è ferma al 9,4% rispetto al 23,5 % dell'Italia nel 2012. In quest'ottica la Regione Lazio ha la necessità di essere esempio virtuoso per produzione energetica da fonti rinnovabili e per innovazione energetica, collegando strettamente le prospettive di sviluppo ed occupazione, ed affermando così una propria identità.

Per fare questo, si deve porre l'energia come chiave strategico-strutturale e di prospettiva, partendo dalla considerazione che la migliore energia è quella che non si consuma, ma che si ricicla (puntando su efficienza ed ottimizzazione).

Sarebbe necessario anche rivedere le normative che riguardano le regole di approvazione dei progetti da fonti rinnovabili per uscire dall'incertezza che non offre trasparenza e informazione ai territori ed agli imprenditori coinvolti. Primo obiettivo vincolante per la Regione Lazio è quello fissato dal burden sarin, in linea con l'obiettivo europeo 20-20-20, ma anche coerente col nuovo pacchetto clima-energia del 2030. Questi obiettivi vanno perseguiti in stretta relazione con gli obiettivi di sviluppo economico ed occupazionale, nell'ambito dei principi della Green Economy, utilizzando al meglio il grande capitale di ricerca ed innovazione che il Lazio possiede. In questo ambito, puntando ad un cambiamento del modello di sviluppo, va ricercato il disaccoppiamento tra consumi energetici e PIL, ottenendo più sviluppo con meno risorse. Ciò è possibile sia con l'efficienza energetica che con la simbiosi industriale, quel processo che tende a riutilizzare gli scarti industriali invece di smaltirli, passando così ad una bioeconomia circolare.

Fondamentale è la coerenza tra policy, ricercando continua connessione con gli altri piani e strategie regionali, con particolare riferimento a quelli relativi ai rifiuti, alla mobilità, alla casa ed allo sviluppo economico, nonché alle attività produttive.

Domanda ed offerta di energia nel sistema energetico attuale

I dati aggiornati del solo Bilancio Elettrico per la Regione Lazio, ricavati dal rapporto TERNA 2012, confermano la Regione Lazio tra le 12 regioni italiane che registrano un deficit della produzione rispetto al fabbisogno elettrico pari a -19,7%. Si registra, infatti, una richiesta di 25.015 GWh a fronte di una produzione lorda di 21.224 GWh, di cui 2.736 GWh da Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) e 4.918 GWh di importazione dalle regioni confinanti. L'incidenza percentuale delle FER rispetto alla produzione lorda di energia elettrica è pari per il 2012 a 12,9 %.

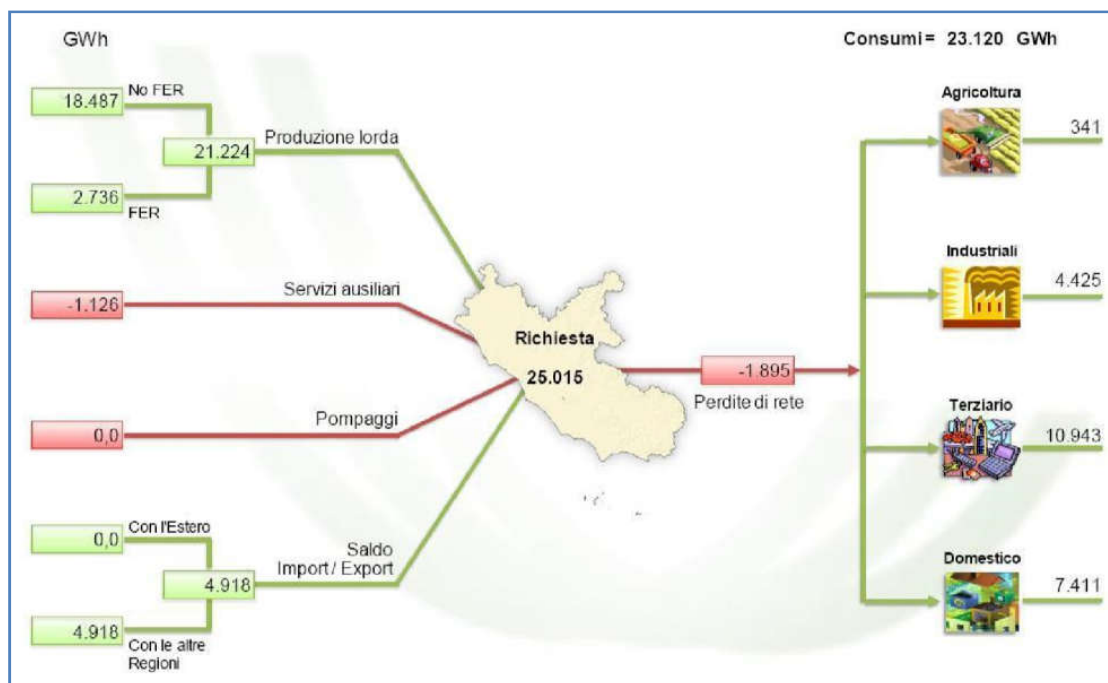


Figura 2: Regione Lazio: bilancio energia elettrica nel 2012 (GSE, 2012; Terna, 2012).

Dall'analisi dei consumi elettrici per settore e per Provincia, emerge che Roma detiene il primato assoluto per consumi totali (nei settori: Agricoltura, Industria, Terziario e Domestico), in considerazione della densità di popolazione e di servizi. Seguono, con considerevole distacco, Frosinone, che si classifica seconda tra le

Province per i consumi nel settore industriale, e Latina che si classifica prima per consumi nel settore agricolo. Infine, consumi più bassi si registrano nelle province di Viterbo e di Rieti.

Fonti energetiche rinnovabili

Anche nella Regione Lazio, a seguito degli importanti incentivi si è registrata una crescita della potenza installata di impianti di produzione di energia da FER e la crescita ha interessato preminentemente il settore fotovoltaico. Di seguito si riportano i dati dal 2008 al 2012 delle produzioni da FER rilevate da Terna-GSE per fonte (Fig. 3), effettive e non normalizzate rispetto all'idroelettrico e all'eolico come invece previsto per il calcolo dell'obiettivo FER dal D.Lgs. 28/2011 e dal Decreto Burden Sharing (ENEA, 2015).

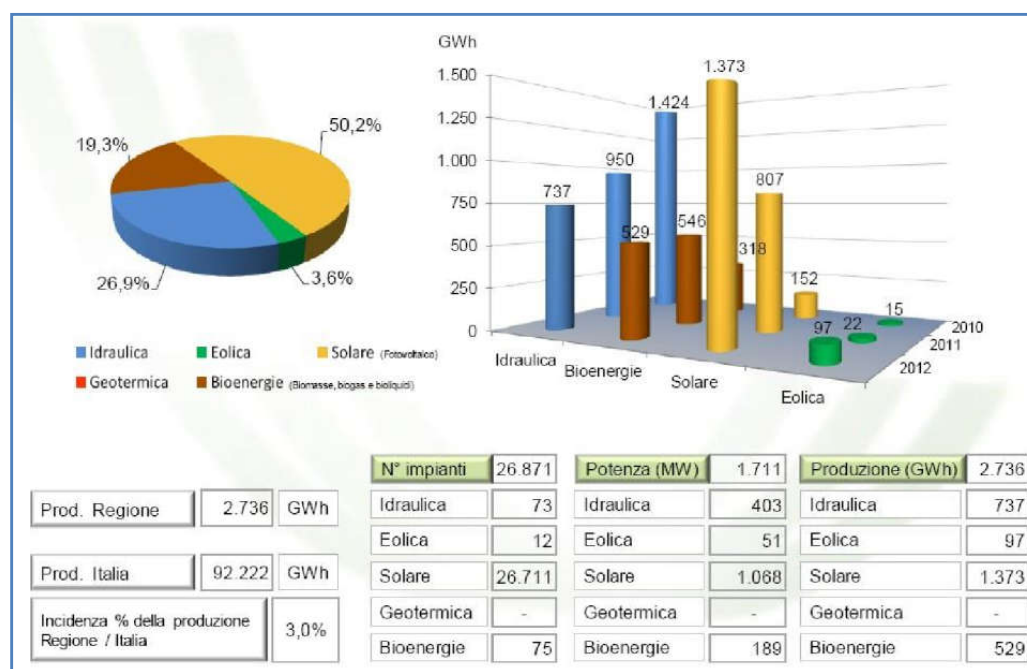


Figura 3: Produzione lorda rinnovabile nel 2012: quota % e valori assoluti (GSE, 2012; Terna, 2012).

I dati relativi alla produzione di energia elettrica a consuntivo da fonti energetiche rinnovabili elettriche sono estratti dal portale SIMERI del GSE. Il SIMERI è il Sistema Italiano per il Monitoraggio statistico delle Energie Rinnovabili: Elettricità, Riscaldamento - Raffreddamento e Trasporti, che consente di monitorare lo stato di raggiungimento dell'obiettivo nazionale del 17% al 2020 imposto dalla direttiva UE 28/2009. Confrontando gli anni 2008 e 2012, la crescita maggiore si è registrata per il fotovoltaico la cui potenza installata è passata da 23MW a 1.068 MW, seguono gli impianti a biomassa con un incremento da 78 MW a 189 MW. Lieve aumento della potenza installata anche per l'eolico che è passato da 9 MW a 51 MW, pressoché stabile l'idroelettrico che mantiene 403 MW di potenza installata.

Di seguito, nella tabella 3, i dati del GSE al 2011 ripartiti per Provincia e relativi a tipologia impianti, numerosità e produzione elettrica (non normalizzati rispetto a idroelettrico ed eolico):

Roma

Anno	Tipologia	Produzione da FER (kWh)	Potenza (kW)	N. Impianti
2011	Biomassa	172.924.905	66.976	17
2011	Eolica	13.743	20	5
2011	Idroelettrica	344.641.348	127.730	16
2011	Solare	231.204.806	254.120	10.273
2011		748.784.802	448.846	10.311

Frosinone

Anno	Tipologia	Produzione da FER (kWh)	Potenza (kW)	N. Impianti
2011	Biomassa	336.846.761	78.394	6
2011	Eolica	14.838.252	9.000	4
2011	Idroelettrica	380.584.293	156.079	32
2011	Solare	78.982.907	98.371	2.125
2011		811.252.213	341.844	2.167

Viterbo

Anno	Tipologia	Produzione da FER (kWh)	Potenza (kW)	N. Impianti
2011	Biomassa	16.578.869	2.859	4
2011	Eolica	7.518.237	42.020	2
2011	Idroelettrica	86.521.648	25.268	12
2011	Solare	329.708.532	307.673	2.311
2011		440.327.286	377.820	2.329

Latina

Anno	Tipologia	Produzione da FER (kWh)	Potenza (kW)	N. Impianti
2011	Biomassa	19.641.536	9.968	11
2011	Eolica	720	1	1
2011	Idroelettrica	241.667	760	3
2011	Solare	155.827.895	188.625	2.356
2011		175.711.818	199.354	2.371

Rieti

Anno	Tipologia	Produzione da FER (kWh)	Potenza (kW)	N. Impianti
2011	Biomassa	483.880	1.975	3
2011	Idroelettrica	137.854.395	91.448	10
2011	Solare	11.198.500	12.537	889
2011		149.536.775	105.960	902

Tabella 3: dati del GSE al 2011 ripartiti per Provincia e relativi a tipologia impianti, numerosità e produzione elettrica (non normalizzati rispetto a idroelettrico ed eolico).

2.3 Produzione di energia da biomasse

Il settore delle biomasse comprende un insieme di tecnologie e fonti eterogenee. Nel Lazio, soprattutto nelle aree interne, l'impiego della legna per il riscaldamento domestico tal quale, in ciocchi o in forme diverse (cippato, tronchetti, pellet, gusci) è molto diffusa, ma non vi sono dati e/o stime aggiornate circa gli impianti termici domestici né di quelli a servizio di attività produttive o comunità. In generale nel contesto italiano le filiere agro-energetiche che hanno avuto la maggior diffusione e che hanno il potenziale per svilupparsi nell'immediato futuro, anche alla luce dei nuovi sistemi incentivanti nazionali (Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 6 luglio 2012), in essere sono:

- Filiera oli, sia alla piccola scala per la autoproduzione di energia da olii vegetali autoprodotti o da raccolta di olii di scarto e/o eventuale fornitura ad industrie di trasformazione per la produzione di biodiesel;
- Filiera biocombustibili solidi, sia per produzione termica che elettrica da scarti agricoli, residui, sottoprodotti di natura lignocellulosica. Vi sono diverse varianti tecnologiche che fanno uso di scarti tal quali o di biomasse densificate e producono energia con rendimenti elevati e bassi livelli emissivi.
- Filiera biogas, tramite la codigestione di biomasse di origine agro zootecnica e non.

Vi sono diverse soluzioni tecnologiche capaci di valorizzare sia i prodotti ad alto che basso contenuto di umidità ed anche sistemi integrati alla produzione in sequenza di compost tramite processi aerobici. Vi è un crescente interesse ed è in corso la realizzazione dei primi impianti per la purificazione del biogas e l'upgrading a biometano utilizzabile anche nell'ambito dei trasporti.

Nello schema sottostante sono indicate alcune delle tecnologie e soluzioni disponibili oggi:

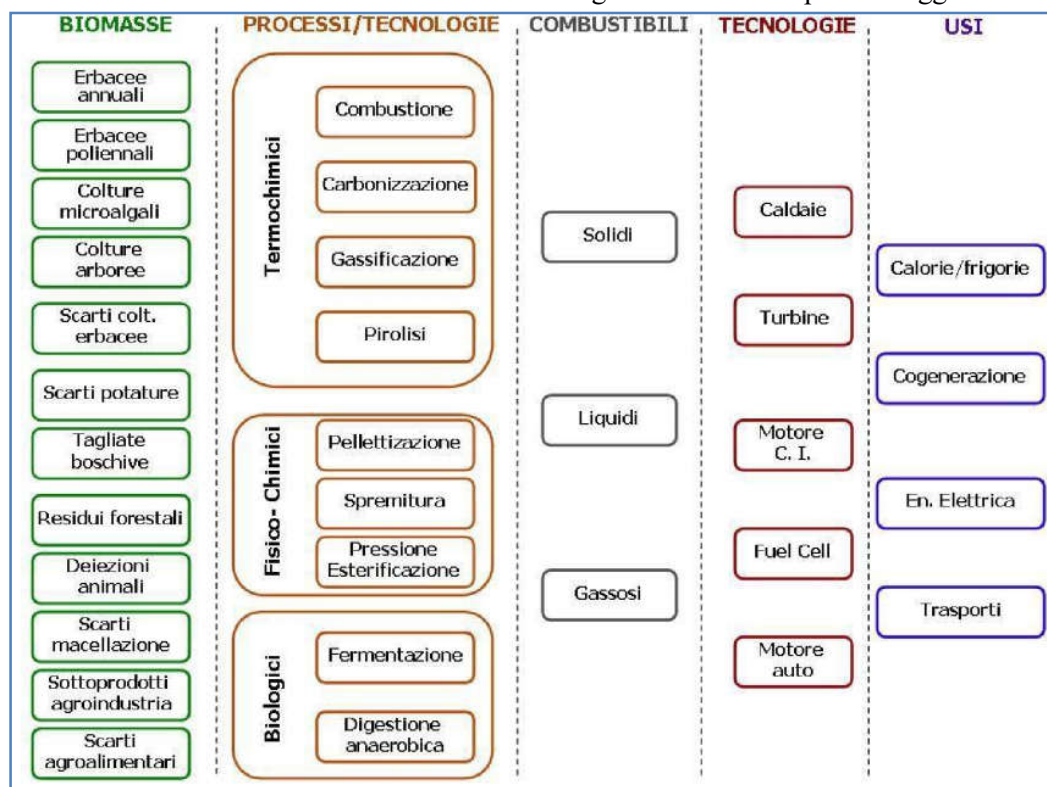


Figura 4: biomasse da cui si possono ricavare scarti di lavorazione da poter riutilizzare tramite processi/tecnologie.

Le biomasse a differenza delle altre FER sono suscettibili di essere raccolte, trasportate e concentrate in luoghi ed impianti deputati alla loro trasformazione in energia (elettrica o termica). Sono disperse sul territorio in aree a differente grado di accessibilità e in un numero, talvolta molto ampio, di aziende; sono inoltre disponibili in stagioni differenti. Tutto ciò deve essere attentamente analizzato per poter valutare quanta parte del potenziale netto possa essere effettivamente utilizzata ai fini energetici.

Entrano infatti in gioco molteplici fattori che rendono possibile (tecnicamente ed economicamente) o meno raccogliere ed utilizzare tali residui. Su taluni di questi fattori politiche attive possono agire al fine di creare le condizioni per favorire l'impiego energetico delle biomasse disponibili. Elemento cruciale e indispensabile per disporre di informazioni utili alla pianificazione è aumentare il dettaglio territoriale del potenziale utilizzando dati statistici e, ove possibile, dati puntuali. Questi approfondimenti consentono di territorializzare le tipologie di intervento e di dare priorità ad azioni specifiche sul territorio. La conoscenza dell'insieme degli elementi fisici economici sociali e tecnologici consente di definire le finalità produttive e le taglie dimensionali più idonee per un determinato contesto. In linea di principio, la combustione di biomasse ha un effetto neutro sulle emissioni di gas serra in quanto con la combustione si reimmette in atmosfera anidride carbonica che durante la crescita le piante avevano assorbito dall'atmosfera e fissato nei loro tessuti sotto forma di cellulosa e altri composti organici (seppur tutta insieme rispetto ai tempi di fissaggio), tuttavia non bisogna trascurare il fatto che le biomasse usate come combustibile, anche dopo depurazione dei fumi prodotti, provocano l'immissione nell'ambiente di quantità non trascurabili di numerosi macro e micro inquinanti (polveri sottili ed ultra sottili, ossidi di azoto, idrocarburi policiclici aromatici, ecc). Più ecosostenibile è la realizzazione di impianti di fermentazione anaerobica, progettati secondo le migliori tecnologie disponibili, dimensionati al trattamento degli scarti agricoli e degli allevamenti di bestiame operanti in zona e se necessario anche al trattamento della frazione umida dei rifiuti urbani da raccolta differenziata. Un impianto di questo tipo, finalizzato alla produzione di bio-metano e alla conversione energetica di questo gas sia per gli autoconsumi dell'impianto, che per usi esterni (riscaldamento-raffreddamento, autotrazione, cogenerazione di elettricità e calore), contribuisce a rendere energeticamente autosufficienti le aziende agricole che operano nell'area. Inoltre, un impianto per il trattamento aerobico dei fanghi prodotti dal digestore e di cippato di legno derivante da eventuali potature e dalla gestione dei vicini boschi, potrebbe chiudere il ciclo, con la produzione di compost di qualità, prodotto che troverebbe la sua naturale destinazione nelle stesse aziende agricole che alimentano il digestore. In questo caso, la costante segregazione nei terreni agricoli del carbonio organico sintetizzato dalle piante, nella forma di compost, darebbe un contributo alla riduzione dei gas serra nettamente maggiore di quello della semplice combustione delle stesse biomasse.

2.4 Organizzazione delle filiere agro-energetiche

Le attività principali di una filiera agro-energetica possono ricondursi alla sequenza delle seguenti attività logisticamente organizzata:

- ottenimento di biomasse vegetali da colture energetiche dedicate (materiale ligneo-cellulosico, oleaginoso o zuccherino-amidaceo a seconda della specie coltivata e delle finalità produttive);

diversamente o congiuntamente:

- valorizzazione territoriale di biomasse residuali derivanti dalla manutenzione del patrimonio forestale (pubblico e privato) e degli scarti delle lavorazioni agricole, agro-alimentari, agro-industriali;

- definizione logistica dei cantieri di raccolta ed organizzazione degli interventi di trasporto, conferimento e stoccaggio direttamente presso i siti di trasformazione o presso siti ausiliari e temporanei;
- installazione di impianti di conversione energetica, secondo strategie opportunamente pianificate, in riferimento alla loro localizzazione territoriale, alla loro potenza di generazione energetica, proponendo le soluzioni tecnologicamente più efficienti ed a più elevato rendimento, quelle economicamente ed ambientalmente più sostenibili, valutando nel modo più equilibrato la ripartizione delle risorse biomassa, in rapporto alle esigenze di rifornimento dei diversi impianti presenti sul territorio;
- processi di conversione energetica con produzione di energia (elettricità, calore od entrambe), biocombustibili, biocarburanti;
- commercializzazione dei prodotti energetici così ottenuti e dei titoli ad essi associati (ad esempio: certificati verdi o bianchi), o autoproduzione e consumo diretto di energia a seguito di attività agricole e di trasformazione realizzate in ambiti consortili opportunamente costituiti o sotto precisi accordi di filiera.

In generale, una filiera di conversione energetica delle biomasse può essere suddivisa in tre fasi: i) la coltivazione (nel caso di colture energetiche) o comunque la raccolta delle biomasse nei siti di produzione; ii) il trasporto della biomassa fino allo stabilimento industriale (fase comprensiva di eventuale condizionamento e stoccaggio); iii) la successiva conversione in una forma direttamente impiegabile dall'utente finale (combustibili, energia elettrica, energia termica). Ciascuna fase richiede un proprio consumo energetico e l'impiego di mezzi di produzione, ma produce anche residui ed emissioni inquinanti.

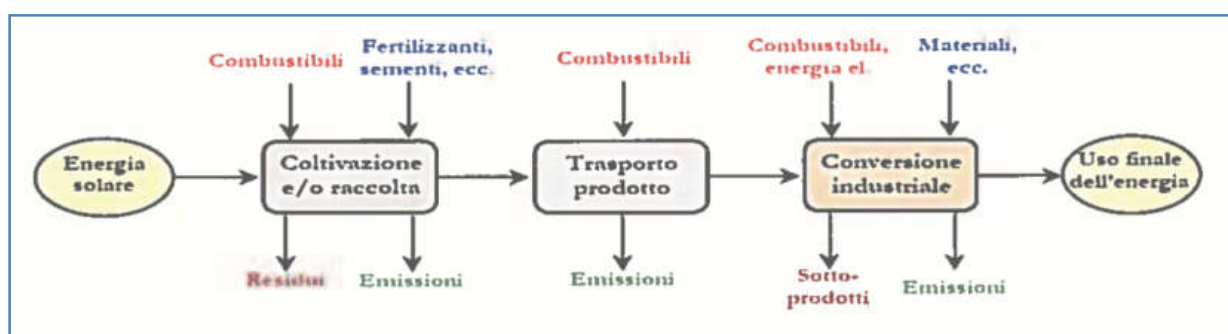


Figura 5: filiera di conversione energetica.

Procedendo attraverso la sequenza delle attività e dei processi in cui la filiera si articola, è possibile identificare una pluralità di punti critici, ciascuno dei quali inerente al segmento specifico di riferimento, riguardanti, ad esempio, aggiustamenti e calibrazioni tecniche miranti ad ottenere produzioni qualitativamente più conformi alle esigenze, abbattimento dei costi di produzione, etc. Assoluta preminenza assume la necessità di operare una stretta integrazione fra i diversi segmenti di filiera, eliminando gli ostacoli che si frappongono alla loro efficiente interconnessione ed operando per la costruzione dei supporti logistici, oltre che infrastrutturali, in una logica di distretto agro-energetico, che possano favorire l'efficienza di filiera.

Tutti questi interventi possono essere eseguiti solo se a monte sussiste un adeguato bagaglio di conoscenze tecniche, queste ultime opportunamente verificate in rapporto specifico al distretto territoriale di riferimento, organizzate in pacchetti tecnologici e sintonizzate fra loro, affinché sia possibile conseguire il massimo rendimento energetico ed economico. L'assenza di questa organizzazione di filiera (integrazione verticale) costituisce il limite decisivo che finora non ha consentito un decollo effettivo delle filiere agro-energetiche, sebbene esse evidenzino numerose e convincenti indicazioni di profittabilità.

3- Caso di studio Toscana Romana

3.1 Materiali e metodi

3.1.1 Il potenziale della biomassa residuale ad uso energetico

Attualmente, la biomassa per uso energetico contribuisce al 10-12% del bilancio energetico mondiale, ma la quantità di biomassa consumata è circa il 40% del potenziale utilizzabile. Su scala globale, questo potenziale è di circa 1/3 del consumo di oggi di fonti convenzionali di energia (Hall e Casa, 1995 Pignatelli et al., 2014 e Salvati et al., 2015).

All'interno di un sistema territoriale sono identificabili due principali fonti di provenienza della biomassa:

- le foreste
- i territori agricoli

lo sfruttamento energetico di queste fonti è possibile a condizione che le azioni siano sostenibili. In particolare vanno considerati i fattori critici legati all'interazione tra sfruttamento e conservazione del terreno. In entrambi i sistemi produttivi, gli impianti industriali possono produrre grandi quantità di rifiuti (lavorazione del legno, lavorazione degli alimenti, etc). Il riutilizzo di tali residui può essere una soluzione ottimale per l'ambiente e per il beneficio di varie catene produttive. La bioenergia in generale, e l'agro-energia, in particolare, insieme ad altre fonti di energia rinnovabili, non è necessariamente "positiva" in termini ambientali: un cattivo sistema di produzione e di utilizzo di fonti rinnovabili può infatti risultare dannoso per l'ambiente, tanto quanto un combustibile fossile.

La penetrazione della biomassa nei mercati dell'energia dipende non solo dall'adatto sfruttamento della componente energetica, ma anche da una pianificazione dettagliata che tiene conto di fattori quali: caratteristiche geologiche e climatiche della zona considerata, le potenziali fonti, l'economia delle colture, i mercati di carburanti alternativi, le esigenze locali di energia, il degrado ambientale nella zona, etc. Inoltre non sono da trascurare i potenziali problemi con la tecnologia adottata, che devono essere esaminati controllando aspetti macroeconomici e "macro-ecologici" (Hummel, 1988 e Recanatesi et al., 2014).

La valutazione della disponibilità nazionale di biomassa è resa difficile non solo dalla mancanza di dati ufficiali affidabili (e questa difficoltà si trova anche nella valutazione del suo uso), ma anche da un punto concettuale: è da capire se con il termine "disponibile", si intenda la totale disponibilità biomasse nel territorio (disponibilità potenziale), o se è al contrario ci si riferisce alla disponibilità tecnicamente ed economicamente sostenibile. Con una transizione graduale delle responsabilità riguardo le fonti di energia rinnovabile (e quindi anche per la biomassa) dallo Stato alle Regioni, ci si poteva aspettare un maggiore impegno da parte del governo nel promuovere studi e ricerche accurate, per la pianificazione e la valutazione territoriale. Invece, i Piani Energetici delle Regioni (o documenti di pianificazione simili) sono, nella maggior parte dei casi, estremamente superficiali in questo tipo di analisi e, in molti casi, i dati sono in realtà inutilizzabili (Pignatelli et al., 2014 e Bilgili e Ozturk, 2015).

Non esiste ancora un set completo ed esaustivo di norme tecniche per le bioenergie, malgrado gli sforzi degli ultimi anni, sia a livello nazionale ed europeo, provenienti dalle varie istituzioni responsabili per le norme tecniche, quali:

- ISO (International Organization for Normalizzazione), che opera in tutto il mondo;
- CEN (Comité Européen de Normalisation), per la regolazione europea;
- UNI (Nazionale di Unificazione), in Italia, che comprende il CTI (Comitato Termotecnico Italiano Energia e Ambiente) e, con specifico riferimento ai biocarburanti, il CUNA (Commissione Tecnica di Unificazione Motorcar).

Le ragioni di questa produzione di standard tecnici incompleti e non sempre soddisfacenti sono molteplici; tra le più significative:

- la complessità dei sistemi bioenergetici, derivanti da più materie prime, tecnologie di conversione e di uso finale;

- la confusione tra biomassa residua di un ciclo di produzione, il suo uso per l'energia, e dei rifiuti che deve o può essere scartata;
- il vuoto giuridico, a livello agro-forestale, circa l'uso di colture energetiche dedicate, a dispetto di documenti politici a livello europeo che assegnano a queste colture una gran parte del futuro contributo della biomassa a bilanci energetici;
- la sovrapposizione di norme europee e nazionali, che spesso costringe gli organismi nazionali di normalizzazione di ritirare o rivedere norme che sono state emanate.

Secondo un rapporto della FAO sullo stato delle risorse forestali del mondo (2010), le foreste italiane si estendono su una superficie totale di circa 11 milioni di ettari, pari al 36,2% di tutto il territorio nazionale. Le aree occupate da formazioni forestali hanno visto negli ultimi 50 anni un aumento molto significativo, da 5,5 milioni di ettari nel 1959 a 10,4 milioni di ettari nel 2000, quindi sono sostanzialmente raddoppiate nel giro di quarant'anni (Koukios, 1987, GSE, 2012 e Ferrara et al., 2015). Questo sviluppo ha avuto luogo in termini di quantità, ma non in termini di qualità, perché, come appare dal Piano Forestale-Legno 2012-2014 del Ministero dell'Agricoltura italiano, il fenomeno di espansione della foresta è principalmente dovuto ad una ricolonizzazione spontanea dei terreni agricoli abbandonati e aree a pascolo. Queste aree soffrono di una mancanza di gestione o di investimento che ne limita l'uso e la produttività. Infatti, l'intensità di raccolta nazionale negli ultimi dieci anni, vicina a 8 milioni di m³ all'anno (GSE, 2012), è del 25% dell'incremento annuo (stimato in 36 milioni di m³ / anno), rispetto al 65% della media europea. I rendimenti annuali della raccolta di legno in Italia (2 m³ / ha / anno) sono pari alla metà di quelli di Francia, Spagna e Portogallo (4 m³ / ha / anno) e sono notevolmente inferiori a quelli di Germania e Regno Unito (5,6 e 5,4 m³ / ha / anno) (GSE, 2012).

Questa criticità è accompagnata anche da un concetto anacronistico della concezione secondo la quale le risorse forestali sono solo una riserva economico-ambientale da preservare, piuttosto che da utilizzare adeguatamente, anche per la produzione, secondo i principi di "gestione forestale sostenibile" (Di Mario et al., 2012). Inoltre, il quadro normativo attuale, nato nel 1923 per rispondere ai problemi di conservazione, di indirizzo e di protezione delle foreste, non è stato adeguatamente aggiornato alle esigenze attuali e reali del territorio, sia in termini ambientali che economici. Ciò si traduce in una situazione critica in cui l'Italia continua a pagare l'elevato costo del dissesto idrogeologico, dovuto alla negligenza nella gestione forestale e, allo stesso tempo, alle importazioni massicce, che vengono preferite all'utilizzo di risorse interne. Di conseguenza, è opportuno aumentare la raccolta della risorsa legno proveniente da foreste nazionali secondo criteri che rispettino l'equilibrio ambientale, e, nello stesso tempo, e creare opportunità di sviluppo economico.

Una stima interessante del potenziale di biomassa ad uso energetico che potrebbe derivare dal pieno sfruttamento delle foreste italiane, è stato creato da Itabia (Itabia, 2008) in uno studio commissionato dal Ministero Italiano delle Politiche Agricole "Documento preparatorio al piano di biocarburanti nazionali e agroforestali biomassa a fini energetici". In assenza di dati precisi, questo studio ha prodotto stime utilizzando l'integrazione delle informazioni fornite da IFNC (Inventario Nazionale delle Foreste e della foresta Serbatoi di carbonio) per il 2005 con il più recente ISTAT circa gli usi e la raccolta del legno.

Lo studio, finanziato dal Ministero Italiano delle Politiche Agricole nell'ambito del Progetto Biomasse Enama, ha trattato in dettaglio la questione del recupero energetico delle biomasse residue dal settore primario, concentrandosi sui tipi, sulla qualità e sulla idoneità tecnica. I "punti di forza" della risorsa biomassa risiedono principalmente nelle caratteristiche chimico-fisiche, nella sua consistenza in termini quantitativi, nella distribuzione quasi onnipresente ed, infine, nel fatto che il suo uso per la produzione di energia non incide sulla superficie destinata ad essere utilizzata per la produzione degli alimenti (Pignatelli et al., 2014). Come è noto il timore, su scala mondiale, di un conflitto tra cibo e risorse energetiche legate all'agricoltura ha creato controversie negli ultimi anni, in particolare sugli effetti relative al costo del cibo, soprattutto nei paesi economicamente deboli. Fortunatamente questi problemi non hanno avuto molto effetto in Italia grazie alle politiche ambientali, in particolare per quelle riguardanti l'energia verde (Buchhloz et al, 2009, Zambelli et al, 2012;... Perpiñá et al, 2013).

Un altro fattore limitante per l'avvio di un distretto energetico sono i costi per la raccolta e il trasporto di biomassa dai campi agricoli (paglia e rami) e dalle foreste (scarti del legno) alla centrale di conversione. Per questi motivi l'acquisizione di un supporto informativo, riguardante la rete stradale e la rete di raccolta all'interno di un database geo-referenziato, può giocare un ruolo fondamentale nel processo decisionale, in

quanto può essere utilizzato efficacemente per individuare la posizione migliore in termini di costi e di impatto ambientale della centrale nel territorio analizzato.

Alcune regioni italiane recentemente hanno eseguito test sulle tecniche di recupero, combinato con un elevato livello di meccanizzazione, da adottare nei diversi contesti agricoli, che hanno contribuito a fornire modelli efficienti che stanno emergendo e diffondendo. Per queste ragioni oggi sempre più aziende sono fortemente motivate a perseguire la multi-funzionalità in termini sia di politiche di gestione sia di energia verde. Dal punto di vista ambientale, è utile considerare l'uso corrente dei residui, ancora prima di valutare i benefici del consumo di energia. I residui delle colture arboree sono attualmente solo in parte recuperati per l'utilizzo di legna da ardere, mentre la maggior parte sono tritati e lasciati in loco o, in alcuni casi, rimossi dalla coltivazione e bruciato per prevenire la possibile diffusione di agenti patogeni (Pignatelli et al., 2014). I residui di colture erbacee invece forniscono, in alcuni casi, un importante contributo di materia organica al terreno, immagazzinando carbonio organico nel suolo, pertanto la loro rimozione può essere un elemento agronomico critico (Zoellner et al., 2008). Per questi motivi, il loro possibile uso a fini energetici deve essere valutato di volta in volta, dando priorità a quei metodi di utilizzo che sono in grado di garantire benefici ambientali.

In base alla nuova politica agricola UE ed, in particolare, ai programmi di sviluppo rurale, è necessario da parte degli agricoltori definire una strategia su scala nazionale per sostenere gli investimenti nel settore agro-energetico, nell'efficienza energetica e nella chimica verde. Ad esempio, sarebbe auspicabile per migliorare la risorsa nazionale agro-forestale, attualmente circa 11 milioni di ettari, la maggior parte dei quali sono in stato di abbandono, così come i terreni marginali, che costituiscono una possibile ulteriore opportunità di sviluppo agro-energetico dedicato.

La produzione di biomassa non dovrebbe creare conflitti con la produzione agricola e, pertanto, dovrebbe essere incoraggiata attraverso protocolli culturali con l'integrazione di biomasse, coinvolgendo le rotazioni che beneficino impianti tradizionali per alimenti, mangimi o fibra (Zambelli et al., 2012). Inoltre, grandi quantità di risorse potrebbero e dovrebbero derivare da una corretta gestione delle foreste, che è necessaria anche per contrastare i frequenti disastri prodotti da incendi e dissesto idrogeologico (Di Mario et al., 2012 e Pignatelli et al., 2014).

Per questo motivo il taglio deve essere programmato in modo tale da garantire una produzione costante nel tempo. Per raggiungere questo obiettivo, tutte le foreste demaniali situate nell'area di studio e attualmente gestite a livello comunale, in future potrebbero essere gestite con l'unico scopo di produrre un rifornimento costante di biomassa.

La biomassa residuale è una quota importante (sia quantitativamente che qualitativamente) di risorse disponibili all'interno della catena bio-energetica. Pertanto, è necessaria una maggiore attenzione per facilitare l'uso sostenibile dei rifiuti e dei sottoprodotti, tracciando una linea netta tra biomassa e rifiuti attraverso l'emanazione di norme nazionali chiare e la loro applicazione in diverse regioni (Panichelli e Gnansounou, 2008).

La produzione di biomassa per l'energia, quindi, deve guardare in primo luogo, nel contesto italiano, al riciclo ed alla valorizzazione dei rifiuti, dei residui colturali e di trasformazione dei residui di prodotti alimentari. L'uso di sottoprodotti e residui provenienti dall'agricoltura, dalla foresta e dall'agro-industria deve essere sempre valutato con cura per evitare una rimozione eccessiva di sostanza organica, con effetti negativi sugli ecosistemi agricoli e/o naturali. In particolare, il rischio di possibili alterazioni nel ciclo della materia organica deve essere evitato, poiché porterebbe a un degrado della qualità del suolo, con perdite di humus e fertilità residua e con una rapida contrazione del potenziale produttivo di qualsiasi tipo di biomassa (Uuemaa et al, 2013; Sang et al 2013).

Al contrario, nel caso di residui risultanti dalla ordinaria manutenzione forestale, dalla manutenzione di canali fluviali, etc., la loro rimozione ed il riutilizzo energetico è considerato una soluzione efficace nella prevenzione di altri fenomeni negativi quali incendi, deflusso incontrollato delle acque, erosione del terreno, etc. (Kanzian et al., 2013).

La strategia nazionale per l'energia (NES) del marzo 2013, individua tre questioni critiche, quattro goal e sette priorità che caratterizzano il settore energetico italiano, importanti come punti di riferimento per lo sviluppo futuro e nell'ottica di una maggiore sostenibilità economica e ambientale. In particolare, le priorità da attuare entro il 2020 sono:

- efficienza energetica;
- un mercato competitivo per il gas e un hub europeo del sud;
- sviluppo sostenibile delle energie rinnovabili;

- lo sviluppo delle infrastrutture e del mercato elettrico;
- ristrutturazione della rete di raffinazione e distribuzione di carburante;
- produzione nazionale sostenibile di idrocarburi;
- modernizzazione del sistema di governance.

In questo contesto, lo sviluppo del settore dell'energia da biomassa presenta molti punti importanti e nel complesso il potenziale per contribuire in modo significativo a sostenere l'agricoltura e l'ambiente in generale, soprattutto nelle zone rurali.

Al fine di rivitalizzare il ruolo dell'agricoltura come elemento chiave per il raggiungimento degli obiettivi nazionali e comunitari in materia di energie rinnovabili, a causa delle caratteristiche specifiche e particolari del settore agro-energetico rispetto ad altri tipi di fonti rinnovabili, è necessario garantire un coordinamento efficace tra tutti i soggetti istituzionali coinvolti e tra i diversi mezzi di azione adottati.

La bienergia comprende una molteplicità di temi e settori le cui responsabilità coinvolgono diversi dipartimenti e reparti a livello centrale e locale. La carenza, ed in alcuni casi l'assenza totale, di una sinergia fra queste amministrazioni limita l'efficacia, la forza e la tempestività delle azioni di governo a spese del sistema nazionale. Il miglioramento dei meccanismi esistenti per la consultazione guiderà lo sviluppo del settore che consente di ottenere misure coerenti da adottare.

3.1.2 Definizione e descrizione delle biomasse agro-forestali

La definizione di biomassa nella normativa italiana e comunitaria appare abbastanza confusa; diverse fonti legislative e normative la definiscono in maniera differente e, spesso, contraddittoria. Le principali definizioni, utili per inquadrare l'argomento e attualmente accettate, sono riportate nel riquadro sottostante:

biomassa: secondo la direttiva CE/2003/30, viene definita la parte biodegradabile dei prodotti o dei residui provenienti dall'agricoltura, sostanze vegetali ed animali, residui dalla silvicoltura ed industria connesse, nonché la parte biodegradabile dei residui urbani e industriali. Deve pertanto intendersi ogni sostanza organica che deriva direttamente o indirettamente dalla fotosintesi clorofilliana. Da tale processo vengono fissate circa $2 \cdot 10^{11}$ tonnellate di carbonio all'anno, con un contenuto energetico equivalente a 70 miliardi di tonnellate di petrolio (10 volte l'attuale fabbisogno energetico mondiale).

biocombustibile: ogni sostanza organica diversa dal petrolio, dal gas naturale, dal carbone o dai loro derivati, utilizzabile come combustibile.

bioenergia: energia proveniente dall'uso delle biomasse. La bioenergia, così come qualsiasi altra fonte rinnovabile di energia, non è necessariamente "positiva" nei confronti del rapporto con l'ambiente; un cattivo sistema di produzione e di uso di fonti rinnovabili può essere dannoso per l'ambiente quanto una fonte fossile

Le biomasse ligno-cellulosiche possono essere ricavate da fonti diverse tra loro. I principali comparti che forniscono residui legnosi utilizzabili come combustibili sono quelli agricoli, forestali, industriali, del verde urbano e la componente ligno-cellulosica dei residui solidi urbani. Attualmente alcune fonti non vengono utilizzate, sia per difficoltà di accesso, sia per la mancanza di un mercato per il prodotto, che, nella maggior parte dei casi, viene lasciato nell'ambiente o bruciato, come nel caso dei residui delle potature. Le stime dei diversi comparti sono attualmente molto superficiali se non inesistenti. I dati ufficiali dell'ISTAT sottostimano la quantità di legno proveniente dalle operazioni selvicolturali e non fornisce alcun dato circa la biomassa legnosa ricavabile dal settore agricolo (paglie di cereali, residui verdi), agroindustriale e dell'industria alimentare (vinacce, sanse, pannelli oleosi, gusci) nonché dagli scarti della lavorazione industriale del legname (segatura, trucioli ecc. ecc.).

Definizione e classificazione delle biomasse

In base a caratteristiche come il contenuto di umidità e il rapporto C/N, e di conseguenza al processo che viene scelto per la trasformazione, le biomasse sono classificabili in due grandi gruppi, secche e umide, nei quali si distinguono:

- residui cellulosici, amidacei e zuccherini;
- scarti di zootecnia;
- residui di oleaginose;
- residui lignocellulosici.

Le biomasse con contenuto di umidità superiore al 50% - appartenenti cioè al 1° e 2° gruppo - sono più indicate per la produzione di etanolo e gas, che si sviluppano in seguito a fermentazione o digestione anaerobica rispettivamente. Le piante e i residui oleaginosi invece hanno un'umidità maggiore del 35% e vengono impiegati per la produzione di oli ottenuti per estrazione, o biodiesel tramite esterificazione.

Le biomasse lignocellulosiche, sono materiali caratterizzati da contenuti idrici relativamente bassi ($U\% < 35$) e rapporti C/N elevati. Vengono pertanto utilizzati soprattutto nei processi termo-chimici di conversione energetica ("via secca") per produzione di energia elettrica e termica.

Queste biomasse sono caratterizzate da un'estrema eterogeneità per composizione, misura e forma: si passa, infatti, dalla polvere di legno alla segatura, dai trucioli alle scaglie, fino ai tronchi interi.

Sulla base delle dimensioni sono stati dunque classificati i seguenti combustibili lignocellulosici:

- scaglie di legno;
- pellets;
- briquettes;
- legno frantumato;
- ciocchi e tronchetti;
- segatura;
- ramaglie forestali;
- residui agricoli legnosi, talvolta compressi;
- sansa di olive;
- gusci di frutta secca.

Biomassa da boschi cedui

Potenzialmente i boschi cedui sono una fonte di biomassa particolarmente cospicua. In Italia le specie forestali che costituiscono i cedui con maggiore estensione e produzione sono le querce come cerro, roverella e leccio, ma anche faggio castagno e, in minore quantità altre latifoglie come Carpino, Tiglio, Ontano, Orniello.

Il turno dei cedui varia in relazione alla specie legnosa e al regolamento forestale elaborato per ogni Regione. In linea di massima i turni hanno una durata di 15-20 anni, anche se, recentemente, si assiste con una maggiore frequenza al feomento dell'abbandono dei cedui. Tale situazione è determinata da un valore di macchiatico negativo che non rende economicamente sostenibile l'operazione di utilizzazione forestale.

Le superfici forestali governate a ceduo ammontano a circa 3,7 Mha. I prodotti ritraibili dall'utilizzazione dei boschi cedui possono essere di vario tipo a seconda della specie forestale e del turno, come riassunto in tabella 4.

SPECIE FORESTALI	PRODOTTO PRINCIPALE	PRODOTTO SECONDARIO
Querce	Legna da ardere	A seconda della specie e delle dimensioni piccola falegnameria
Castagno	Paleria grossa e minuta, falegnameria	Legna da ardere
Faggio	Legna da ardere,	a seconda delle dimensioni piccola falegnameria
Altre latifoglie	Legname da falegnameria di pregio, in relazione alla dimensione	Legna da ardere

Tabella 4: Identificazione dei prodotti e dei sotto prodotti ritraibili dall'utilizzazione dei boschi cedui

I cedui, semplici, matricinati, più raramente composti, forniscono prevalentemente legna da ardere (a parte il castagno che ha una produzione particolare). Recentemente è stata favorita una politica di conversione dei cedui a fustaia.

Le superfici utilizzate ammonterebbero a 56 kha ossia solo il 2% di tutta la superficie produttiva nazionale, mentre le produzioni sarebbero di 6 Mm³ di legname, di cui 1 Mm³ da lavoro e 5 Mm³ da ardere.

È ipotizzabile una possibilità di gestione differente per il bosco ceduo con finalità prettamente energetiche, con anche la possibilità di diminuire i turni.

Le modalità di utilizzazione forestale dovrebbero tener conto di tale tipologia di produzione e incentivare metodi di esbosco di pianta intera con sminuzzatura all'imposto.

Si stima che l'80% della biomassa ligneo-cellulosica, costituente il fusto principale ed i rami di maggiori dimensioni, possa essere anche interamente utilizzata per biomassa per scopi energetici. Mediamente il restante 20% è costituito da residui minuti e perdite che, con un sistema idoneo di utilizzazione forestale, potrebbe essere interamente destinata alla produzione di biomassa. Attualmente il valore economico della legna da ardere (circa 6 euro/q) è nettamente superiore a quello della biomassa da utilizzare per fini energetici (mediamente 3-4 euro/q) e pertanto non sussiste la convenienza economica che l'intera ripresa possa essere impiegata per scopi energetici.

Biomassa da fustaie

Le fustaie, costituite da conifere e latifoglie, pure o miste, sono caratterizzate da piante che hanno dimensioni nettamente superiori, sia in altezza che diametro, e da turni molto più lunghi. Recentemente la politica forestale ha adottato criteri più di tipo conservazionistico e pertanto gli interventi selvicolturali sono maggiormente indirizzati ad operazioni di diradamento, ripulitura, tagli fitisanitari. I tagli di fine turno interessano superfici non molto estese oppure interventi puntuali, preferibilmente con tagli successivi o saltuari.

Le superfici forestali governate a fustaia ammontano sul territorio nazionale a circa 2,9Mha.

Biomassa da coltivazioni agricole

Attualmente, tra le biomasse destinabili ad uso energetico, la maggior disponibilità è rappresentata dai residui di alcune specifiche colture alimentari agricole. Tali biomasse sono costituite da tutte quelle parti della pianta che non sono indirizzate all'utilizzo primario, generalmente per usi alimentari. I residui agricoli sono in genere costituiti dalle strutture di supporto, produzione e protezione della pianta. I residui si originano dalle operazioni svolte alla fine del ciclo colturale per le colture annuali (taglio, raccolta, ecc.) o dalle operazioni effettuate con varia periodicità sulle colture poliennali (potatura ed espianto). Le parti utilizzabili per la trasformazione energetica possono essere raccolte direttamente in campo come gli steli dei cereali (frumento, mais, riso, ecc.), i tutoli del mais e delle colture industriali (girasole, tabacco), dalla lavorazione del prodotto (i raspi dell'uva, le brattee, la lolla di riso, le glume e le glumette) o dai rami e i tronchi derivati da potature ed espianti a fine ciclo colturale delle piante da frutto (Enama,2008).

Non sono considerati utili per la trasformazione energetica quei residui non recuperabili per motivi tecnici (radici, materiale fine, foglie), per motivi economici o chimico-fisici (non idonei a processi di trasformazione energetica). Le quantità di residui colturali annualmente recuperabili dipendono da numerosi fattori tra cui si segnalano: le superfici coltivate, la produttività delle colture, le modalità di raccolta e le condizioni di operatività. Inoltre sulla disponibilità influiscono anche la stagionalità della raccolta e la possibilità di stoccaggio del sottoprodotto. In linea di massima una buona e studiata organizzazione aziendale consente quasi sempre un utilizzo alternativo del sottoprodotto.

I residui colturali hanno delle caratteristiche intrinseche che li rendono diversi sia dai prodotti principali da cui derivano sia da eventuali co-prodotti, le principali differenze riguardano:

- composizione della sostanza secca;
- contenuto di acqua al momento della raccolta;
- massa volumica apparente;
- potere calorifico inferiore (PCI);

- contenuto di ceneri ed altri minerali.

Le biomasse residuali prese in considerazione possono essere suddivise in 2 categorie: le erbacee e le legnose, come illustrato in tabella 5.

Erbacee		Legnose	
Coltura	Residuo	Coltura	Residuo
Frumento tenero e duro	Paglia	Vite	Sarmenti
Segale	Paglia	Olivo	Legna e rami
Orzo	Paglia	Melo	Legna e rami
Avena	Paglia	Pero	Legna e rami
Riso	Paglia	Pesco	Legna e rami
Mais	Stocchi e paglia	Agrumi	Legna e rami
Girasole	Stocchi	Mandorlo	Legna e rami
		Nocciolo	Legna e rami
		Albicocco	Legna e rami
		Actinidia	Potature

Tabella 5: tipologia di scarti delle colture agricole.

I residui agricoli illustrati nella tabella trovano, in alcuni casi, impiego all'interno dell'azienda stessa per vari utilizzi o entrano in qualche mercato locale; tra quelli considerati solo la paglia di cereali ha un mercato di maggiore dimensione e signifi catività. Nella figura 6 sono mostrate le principali destinazioni dei residui considerati nella presente indagine.

Coltura	Residuo	Utilizzo	Percentuale di utilizzo/inutilizzo
Frumento tenero e duro	Paglia	• Lettieria per ricovero animali	40-50 %
		• Alimentazione animale	5-10 %
		• Industria cartaria e varie	5-10 %
		• Bruciata in campo	30-50 %
Orzo	Paglia	• Lettieria per ricovero animali	40-50 %
		• Bruciata in campo	50-60 %
Avena	Paglia	• Alimentazione animale	40-60 %
		• Bruciata in campo	40-60 %
Riso	Paglia	• Lettieria per ricovero animali	20-30 %
		• Bruciata in campo	70-80 %
Mais da granella	Stocchi (steli); Tutoli (assi delle spighe)	• Lettieria per ricovero animali (stocchi)	40-50 %
		• Alimentazione animale (stocchi)	10-20 %
		• Interramento (tutoli)	70-80 %
Barbabietola da zucchero	Foglie	• Alimentazione animale	10-20 %
		• Interramento	90-80 %
Tabacco	Steli	• Interramento	100 %
Girasole	Steli	• Interramento	100 %
Vite da vino e da tavola	Sarmenti (rami)	• Interramento	30-40 %
		• Bruciati a bordo campo	30-40 %
		• Fascine da ardere	20-40 %
Olivo	Legna, rami, fresche	• Energia (legna)	90-100 %
		• Bruciati in campo (rami)	90-100 %
Fruttiferi (melo, pero, pesco, ecc.)	Rami	• Interrati (solo in pianura)	10-20 %
		• Bruciati in campo	80-90 %
Agrumi (arancio, limone, ecc.)	Rami	• Bruciati in campo	90-100 %
Fruttiferi a guscio (mandorlo, nocciolo, noce)	Rami	• Bruciati in campo	90-100 %

Figura 6: attuale destinazione dei residui delle principali colture arboree ed erbacee (Enama, 2008).

Attualmente occorre tenere presente che la convenienza alla valorizzazione energetica di molti sottoprodotti agricoli e residui d'operazioni agroindustriali va confrontata anche con l'impoverimento di sostanza organica che i suoli possono subire per l'eccessive asportazioni operate. Quest'aspetto ha la sua maggiore valenza per i residui delle coltivazioni erbacee dove spesso l'interramento costituisce una fonte di fertilità chimica, fisica e biologica per il terreno agricolo. Le analisi sulle potenzialità economiche d'utilizzo dei residui non possono tralasciare il fattore meccanizzazione delle operazioni di raccolta, carico, trasporto, scarico e immagazzinamento, che variano a seconda del tipo di materiale, dimensione dell'impresa e destinazione della materia prima. Tuttavia oggi, se esistono semplici adattamenti delle macchine operatrici del comparto agricolo per certi tipi di residui agricoli, in altri casi il recupero degli stessi si presenta più difficoltoso e

richiede soluzioni innovative che comunque i costruttori di macchine si stanno impegnando a trovare. In teoria sono recuperabili in Italia materiali nell'85% delle aree investite a colture erbacee e praticamente l'intera superficie a colture legnose. Si deve, inoltre, considerare che pur esistendo idonee soluzioni meccaniche, non tutte le superfici si prestano alle operazioni di recupero a causa di anomale condizioni strutturali (eccessiva polverizzazione fondiaria e frammentazione delle aziende agrarie), per elevate distanze fra gli appezzamenti ed i centri di utilizzazione o per la rilevante pendenza dei terreni. La meccanizzazione è un fattore incidente sulla formazione dei costi di produzione e tale incidenza può ulteriormente pesare quando le macchine, scelte ed introdotte senza tener conto delle effettive esigenze, vengano impiegate in modo poco razionale. L'ottimizzazione della meccanizzazione e della conseguente logistica della movimentazione, quindi, si pongono come presupposti di base per la scelta di un qualsiasi componente del parco macchine aziendale al fine di non vanificare la convenienza economica del recupero oltre l'esecuzione delle operazioni con la maggior sicurezza possibile. Un esempio di facile riutilizzo di macchine è quello delle raccogliballatrici utilizzate per i foraggi affienati, il cui uso può estendersi alla raccolta di paglie, stocchi di mais o sarmenti di vite, aumentandone l'impiego e riducendone i costi di esercizio. Il limite principale alla diffusione delle bioenergie è il prezzo di mercato dei combustibili fossili, che ancora rende poco competitiva qualsiasi altra fonte di energia (ma che tendenzialmente cresce), tuttavia questa mancanza di competitività è legata anche all'attuale sistema dei prezzi, che non tiene conto delle esternalità e dei costi sociali connessi allo sfruttamento delle risorse fossili (danni alla salute pubblica, degrado dei monumenti, cambiamento climatico, fuoriuscite di greggio, ecc.). Inoltre, bisogna considerare che tali tecnologie, dato il loro carattere innovativo e l'attuale limitata diffusione, non sono ancora in grado di beneficiare di economie di scala. Va tuttavia sottolineato che il maggior costo di produzione delle bioenergie è spesso legato anche ad un maggior numero di posti di lavoro creati a parità di investimento e che questo beneficio si ripercuote positivamente sull'economia del nostro paese.

3.2 Sito oggetto di studio

Lo studio ha interessato il territorio della Tuscia Romana. La Tuscia Romana, situata nel centro Italia, comprende 12 comuni della regione Lazio settentrionale. Questa zona ha una superficie totale di 720,5 km² e si trova a metà strada tra le città di Roma e Viterbo. L'area è caratterizzata da una superficie media per comune di 60,26 km², con una popolazione media di 6548 abitanti per comune (ISTAT, 2010). L'altitudine media è di 357,25 metri sul livello del mare, rientrando, dal un punto fitoclimatico nella zona compresa tra le fasce *Lauretum* e *Castanetum*, caratterizzata da temperature medie annuali tra i 13 ° C e 15 ° C e precipitazioni medie annue di 900 mm, con una estate deficit idrico. Nella zona ci sono numerose aree protette: parchi, SIC (Siti di Importanza Comunitaria) e ZPS (Zone di Protezione Speciale). La zona ha quindi una vocazione naturale per l'agricoltura e la silvicoltura. La Figura. 7 mostra i comuni all'interno Tuscia Romana. Per le caratteristiche orografiche, condizioni climatiche e per il suo uso del suolo questo settore può essere considerato molto rappresentativo del centro Italia. Inoltre, l'area è stata recentemente selezionata da B.I.C. (Business Innovation Centre e) Lazio, un'agenzia finalizzata a valorizzare il territorio regionale, come progetto pilota nel settore dell'energia rinnovabile.



Figura 7: Localizzazione geografica dei Comuni oggetto di studio.

Comune	Superficie (kmq)
Allumiere	92.30
Anguillara Sabazia	74.91
Barbarano Romano	37.46
Bassano Romano	37.46
Blera	92.74
Bracciano	142.52
Canale Monterano	36.89
Manziana	23.79
Oriolo Romano	19.23
Tolfa	167.76
Trevignano	39.44
Veiano	44.33
Villa San Giovanni in Tuscia	5.25
Totale	813.96

Tabella 6: Superfici in kmq dei Comuni oggetti di studio (Censimento generale dell'agricoltura - Istat 2010).

La Tuscia Romana può essere suddivisa in tre sub-sistemi territoriali omogenei al loro interno:

- Area dei Monti della Tolfa, caratterizzata da una forte vocazione rurale e naturalistica e che comprende i Comuni di Allumiere, Canale Monterano e Tolfa;
- Area del Lago di Bracciano, rappresentata dai Comuni di Anguillara Sabazia, Bracciano, Manziana e Trevignano Romano;
- Area dell'Altopiano della Tuscia, fortemente caratterizzata dalle risorse archeologiche legate al tema della civiltà etrusca, di cui fanno parte i Comuni di Barbarano Romano, Bassano Romano, Oriolo Romano, Veiano e Villa San Giovanni in Tuscia.

La Tuscia Romana quindi si presenta come un'area ampia, caratterizzata da una alta incidenza di aree sottoposte a protezione naturalistica. Infatti circa il 20% delle superfici totali è costituita da 3 parchi, il Parco Regionale del Complesso Lacuale di Bracciano e Martignano, il Parco Suburbanum Marturanum e la Riserva Naturale Monterano, nonché da altre aree a protezione special.

L'area del lago di Bracciano è caratterizzata da una cinta collinare compresa tra i 150 ed i 600 m di altitudine, che offre l'intera gamma dei tipi vegetazionali dei boschi di latifoglie. Le aree più estese, anche su

pendii molto ripidi, sono caratterizzate dal leccio (Trevignano e Poggio Le Forche). Boschi d'alto fusto sono nell'area di Monte Termine e di Monte Raschio in parte misto al faggio, lungo la riva del lago di Bracciano presso S. Celso, sulla riva del Lago di Martignano sul versante esposto a nord-est.

Molto diffuso è il castagno (*Castanea sativa*), introdotto in epoca romana o precedente e naturalizzato nel territorio. Il settore collinare tra Bracciano, Trevignano e Bassano Romano è coperto in prevalenza da castagneti e vaste fasce di questo tipo di bosco si estendono pure nel settore a nord della Rocca Romana in Comune di Sutri. Alle quote più alte si afferma il faggio (*Fagus sylvatica*) che domina tutte le aree più fresche e piovose con esposizione settentrionale o costituite da territori più o meno pianeggianti. La faggeta di Oriolo e quella di Monte Termine presentano lembi di alto fusto di spettacolare bellezza, con alberi di grandi dimensioni ed altezze che sfiorano i 30 m. Faggi isolati si trovano in questa area anche a quote di 300 m, tra le più basse registrate per questa pianta in Italia.

L'area che si estende tra i Monti della Tolfa e i rilievi Sabatini offre un panorama che va dai terreni sedimentari calcareo-marnosi dei primi alle spesse coltri di tufo dell'apparato vulcanico sabatino che presentano profonde forre incise dal fiume Mignone e dal suo affluente Bicione. La rigogliosa vegetazione a bagolaro, leccio, caprifico, carpino e sambuco evoca paesaggi esotici mentre le pareti a strapiombo delle forre sono coperte, nei versanti ben esposti, da una formazione vegetazionale mediterranea. Un denso strato di muschi, felci tra le quali la rara felce florida e ciclamini, riveste i versanti in ombra. I boschi sono costituiti prevalentemente da querce, dall'ontano, dal pioppo, dall'acero di monte, dal nocciolo, dal carpino bianco e dal non comune agrifoglio. Di grande importanza alcuni monumenti naturali arborei quali le querce della Lega, due esemplari vetusti di circa 400 anni.

3.3 Raccolta dati

Abbiamo usato il seguente database di riferimento:

- piani forestali di valutazione per tutte le foreste di proprietà statale del distretto agro-energetico (B.I.C. Lazio, 2013). Per tutti i comuni compresi nell'area di studio abbiamo acquisito i piani di gestione forestale dello Stato per l'implementazione della banca dati GIS.
- parametri dendrologici e forestali, quali: sono state georeferenziate e analizzate la superficie della foresta, la densità di alberi, l'età, le specie e l'anno di raccolta, per indagare il potenziale di ogni foresta per la produzione di biomasse di scarto ad uso energetico;
- carta dell'uso del suolo (1: 25.000). La carta che descrive l'utilizzo del suolo classificato in base al Corine Land Cover (CLC) del progetto della Comunità europea;
- Rete stradale. I file vettoriali delle strade asfaltate e delle piste forestali di raccolta sono stati acquisiti per questo studio. Attraverso il telerilevamento di fotografie aeree digitali georeferenziate, scattate nel 2012, tutte le strade asfaltate e le piste di raccolta forestale sono state foto-interpretate in scala 1: 5000.

3.3.1 Biomassa forestale

La stima della biomassa ritraibile deriva dalla banca dati della BIC Lazio, che raccoglie i piani di gestione forestale e le informazioni dendrometriche fornite all'Ente, direttamente dai professionisti agronomi e forestali che operano sul territorio. Tale banca dati è stata confrontata ed implementata con i dati del database statistic ISTAT e con quelli riportati dallo studio Corine Land Cover (CLC, 2012).

La maggior parte dei popolamenti forestali considerati ricadono nei castagneti, nei cedui quercini, nei popolamenti di sclerofille mediterranee, fustaie di faggio e cerro, cedui in conversione di cerro.

Vengono di seguito riportate le caratteristiche boscate dei Comuni, così come emerso dai risultati della presente indagine.

Comune di Allumiere

Il Comune di Allumiere ha una superficie totale in ettari di 8.893 di cui 3.574 di bosco per una copertura sul totale del 40%. Solo per il 23% della superficie boscata (dai dati forniti dalla BIC -Lazio) sono stati forniti i dati sulla programmazione dei tagli. La ripresa dei soprassuoli forestali, calcolata al 2036 è pari a m³ 82.370,30. Confrontando i dati BIC Lazio con la superficie boscata dei dati ISTAT all'anno 2000,

potenzialmente nel Comune di Allumiere si stima un ulteriore 17% di superficie che potrebbe essere ulteriormente destinata all'approvvigionamento di biomassa.

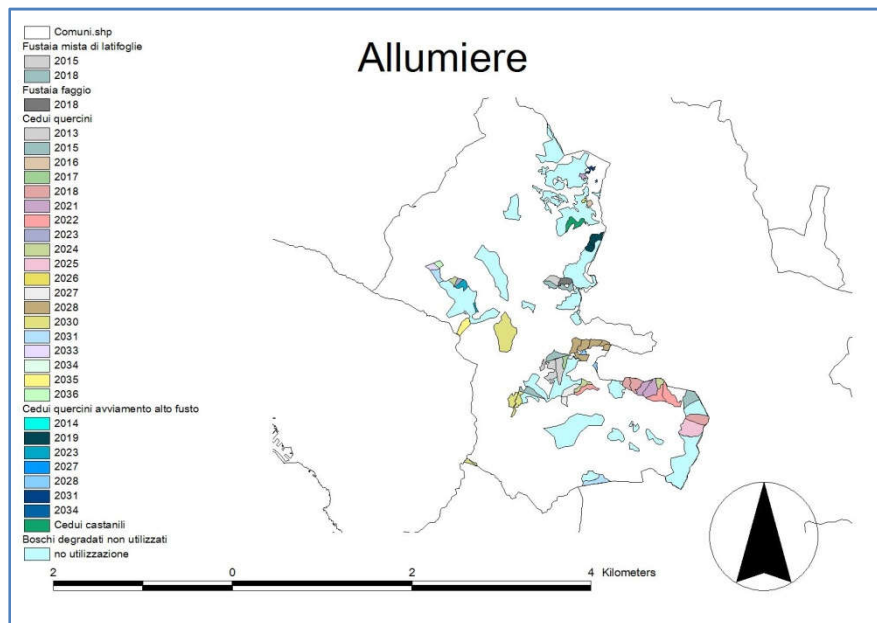


Figura 7: localizzazione della biomassa forestale in base alla tipologia di governo ed agli anni di taglio.

Comune di Barbarano Romano

Il Comune di Barbarano Romano ha una superficie totale in ettari di 3.302 di cui 786 di bosco per una copertura sul totale del 26%. Solo per il 42% della superficie boscata (dai dati forniti dalla BIC -Lazio) sono stati forniti i dati sulla programmazione dei tagli. La ripresa dei soprassuoli forestali, calcolata al 2040 è pari a m^3 29.736,13. Confrontando i dati BIC Lazio con la superficie boscata dei dati ISTAT all'anno 2000, potenzialmente nel Comune di Barbarano Romano si stima un ulteriore 16% di superficie che potrebbe essere destinata all'approvvigionamento di biomassa.

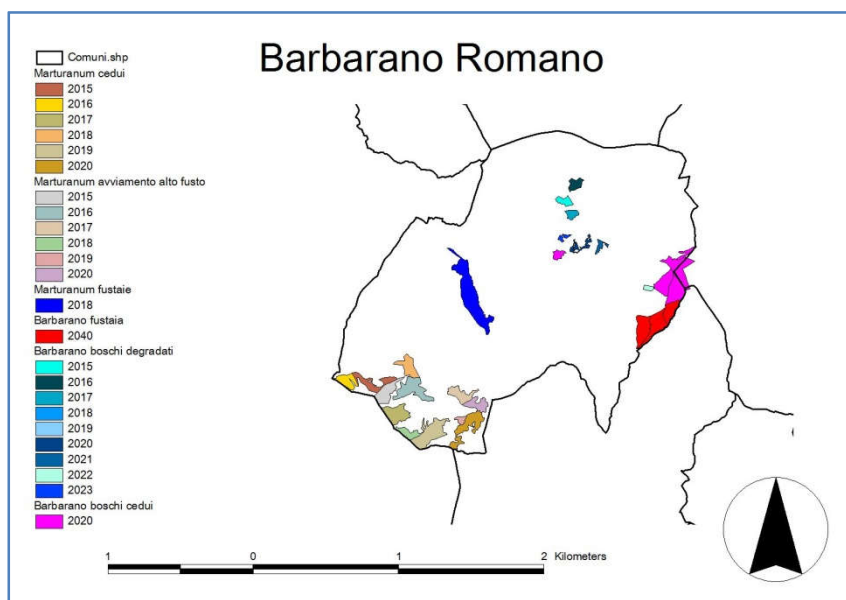
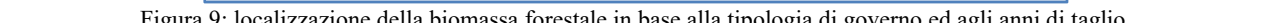


Figura 8: localizzazione della biomassa forestale in base alla tipologia di governo ed agli anni di taglio.

Comune di Bassano Romano

Il Comune di Bassano Romano ha una superficie totale in ettari di 2.147 di cui 526 di bosco per una copertura sul totale del 24%. Solo per il 61% della superficie boscata (dai dati forniti dalla BIC -Lazio) sono



Il Comune di Bracciano ha una superficie totale in ettari di 11.840, di cui 3127 di bosco per una copertura su

☐ Consult ship



Il Comune di Manziana ha una superficie totale in ettari di 1.081 di cui 936 di bosco per una copertura su

Il Comune di Manziana ha una superficie totale in ettari di 1.981 di cui 950 di bosco per una copertura su
di 1.147% e il 74% di colline. Il fiume Tevere scorre lungo i confini del comune.

Manziana si stima un ulteriore 27% di superficie che potrebbe essere destinata all’approvvigionamento di biomassa.

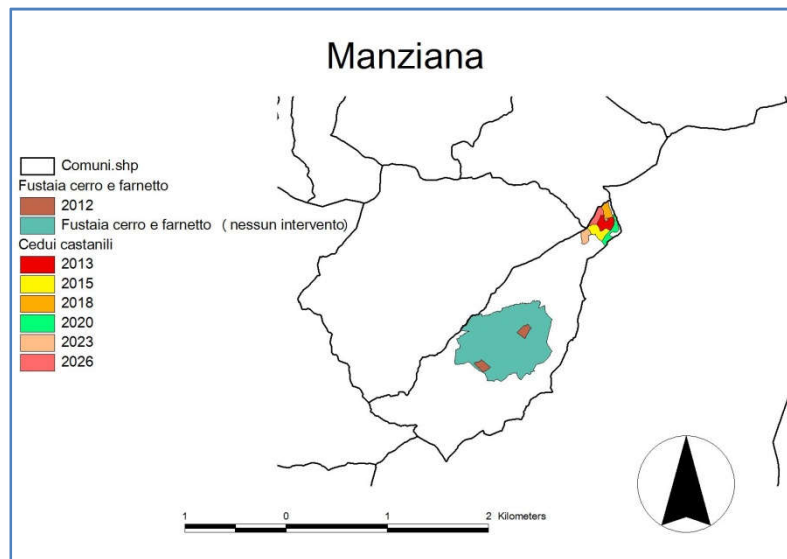


Figura 11: localizzazione della biomassa forestale in base alla tipologia di governo ed agli anni di taglio.

Comune di Oriolo Romano

Il Comune di Oriolo ha una superficie totale in ettari di 1.332 di cui 534 di bosco per una copertura sul totale sulla programmazione dei tagli. La ripresa totale dei soprassuoli forestali, calcolata al 2030, è pari a m³ 26.487,94. Confrontando i dati BIC Lazio con la superficie boscata dei dati ISTAT all’anno 2000, potenzialmente nel Comune di Oriolo Romano si stima un ulteriore 19% di superficie che potrebbe essere destinata all’approvvigionamento di biomassa.

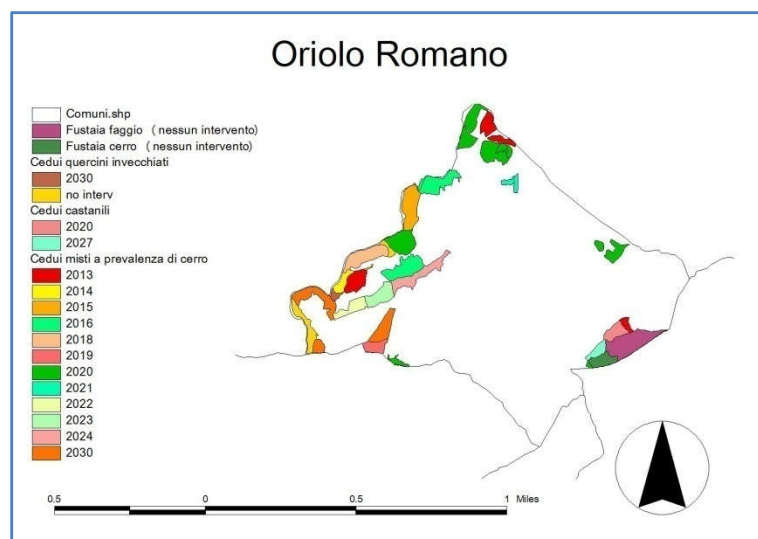


Figura 12: localizzazione della biomassa forestale in base alla tipologia di governo ed agli anni di taglio.

Comune di Trevignano Romano

Il Comune di Trevignano Romano ha una superficie totale in ettari di 624 di cui 40 di bosco per una copertura sul totale del 6%. La ripresa totale dei soprassuoli forestali, calcolata al 2040 è pari a m³ 16.808,03. Confrontando i dati BIC Lazio con la superficie boscata dei dati ISTAT all’anno 2000, potenzialmente nel Comune di Trevignano Romano si stima una elevata superficie che potrebbe essere destinata all’approvvigionamento di biomassa.

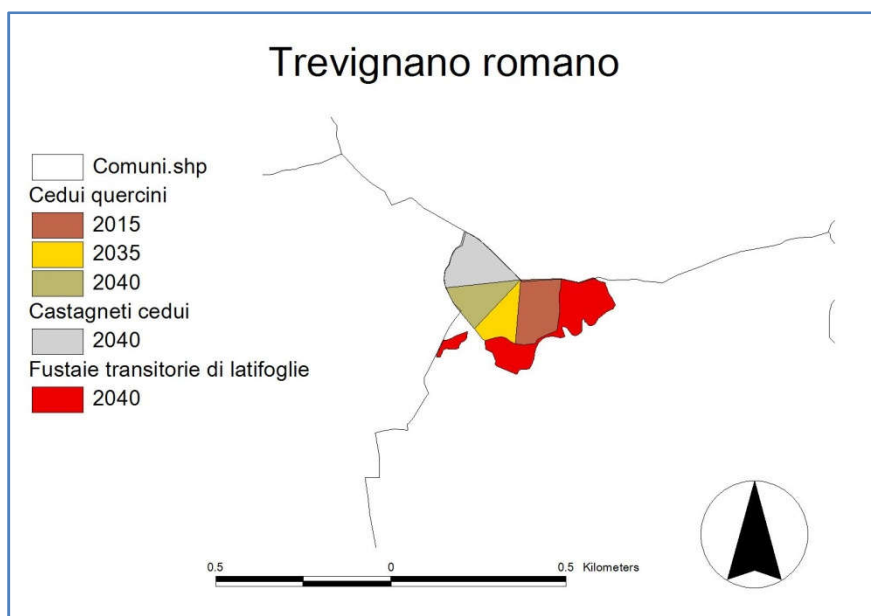


Figura 13: localizzazione della biomassa forestale in base alla tipologia di governo ed agli anni di taglio.

Comune di Vejano

Il Comune di Vejano ha una superficie totale in ettari di 2.890 di cui 729 di bosco per una copertura sul totale del 25%. Solo per il 59% della superficie boscata (dai dati forniti dalla BIC -Lazio) sono stati forniti i dati sulla programmazione dei tagli. La ripresa totale dei soprassuoli forestali, calcolata al 2034 è pari a m^3 43.225,25. Confrontando i dati BIC Lazio con la superficie boscata dei dati ISTAT all'anno 2000, potenzialmente nel Comune di Vejano si stima un ulteriore 34% di superficie che potrebbe essere destinata all'approvvigionamento di biomassa.

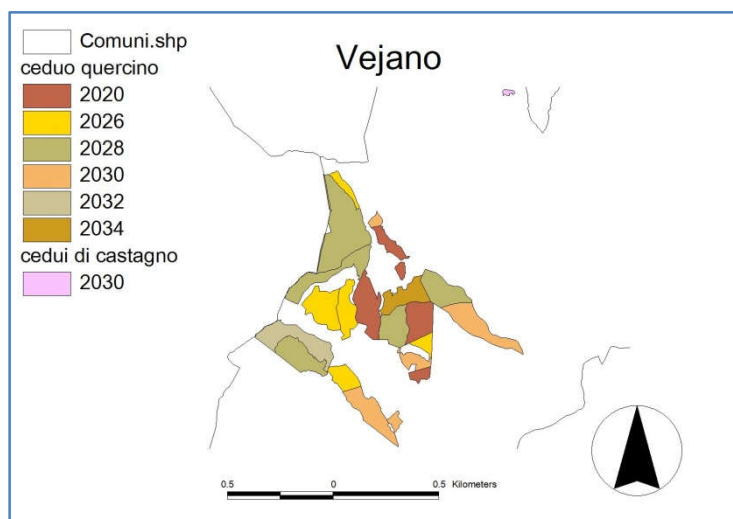


Figura 14: localizzazione della biomassa forestale in base alla tipologia di governo ed agli anni di taglio.

Comune di Anguillara Sabazia

Il Comune di Anguillara ha una superficie totale in ettari di 2.586 di cui 53 di bosco per una copertura sul totale del 2%. Solo per il 53% della superficie boscata (dai dati forniti dalla BIC -Lazio) sono stati forniti i dati sulla programmazione dei tagli. La ripresa totale, calcolata al 2033 è pari a m^3 5699,3 (solamente con 41,3 ha di ceduo di cerro). Confrontando i dati BIC Lazio con la superficie boscata dei dati ISTAT all'anno 2000, potenzialmente nel Comune di Anguillara si stima un ulteriore 76% di superficie che potrebbe essere destinata all'approvvigionamento di biomassa.

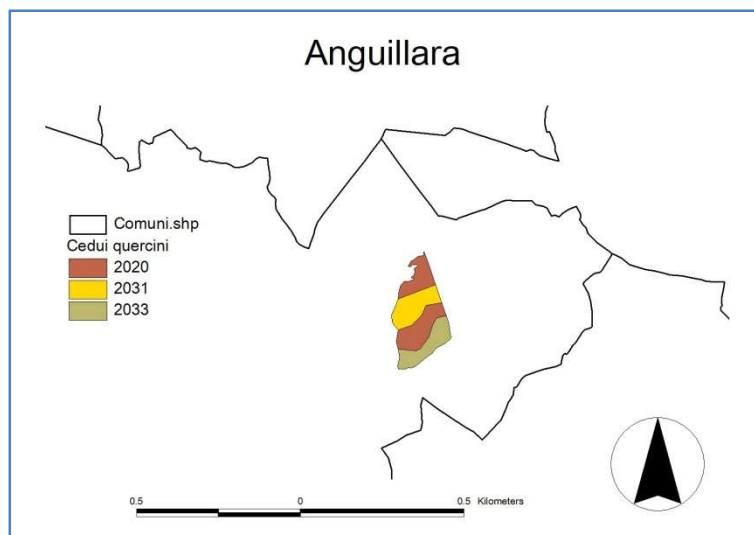


Figura 15: localizzazione della biomassa forestale in base alla tipologia di governo ed agli anni di taglio.

Comune di Canale Monterano

Il Comune di Canale Monterano ha una superficie totale in ettari di 2.747 di cui 1.165 di bosco per una copertura sul totale del 42%. Solo per il 35% della superficie boscata (dai dati forniti dalla BIC -Lazio) sono stati forniti i dati sulla programmazione dei tagli. La ripresa totale dei soprassuoli forestali, calcolata al 2017 è pari a m^3 53114,68 (solamente con 405 ha di ceduo di cerro). Confrontando i dati BIC Lazio con la superficie boscata dei dati ISTAT all'anno 2000, potenzialmente nel Comune di Canale Monterano si stima un ulteriore 8% di superficie che potrebbe essere destinata all'approvvigionamento di biomassa.

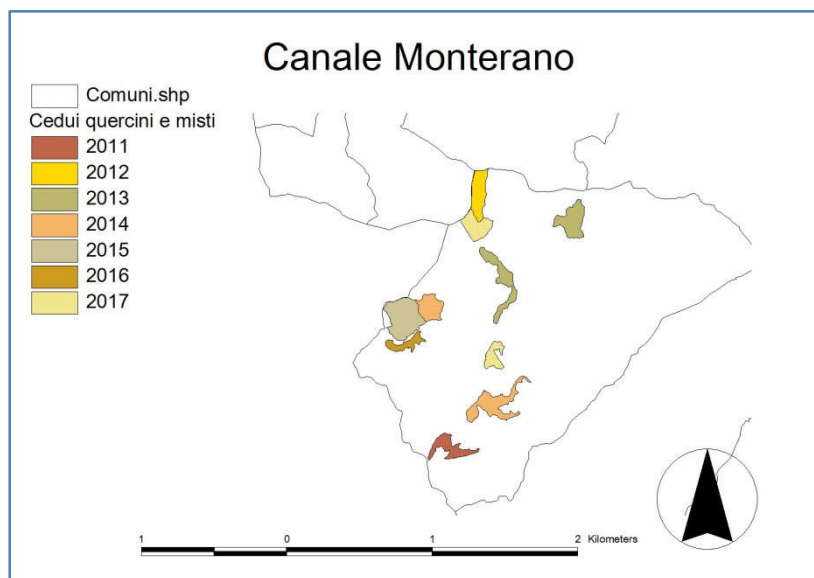


Figura 16: localizzazione della biomassa forestale in base alla tipologia di governo ed agli anni di taglio.

Comune di Tolfa

Il Comune della Tolfa ha una superficie totale in ettari di 13.568 di cui 6185 di bosco per una copertura sul totale del 46%. Solo per il 52% della superficie boscata (dai dati forniti dalla BIC -Lazio) sono stati forniti i dati sulla programmazione dei tagli. La ripresa totale, calcolata al 2034 è pari a m^3 280.604,82 (solamente con 3252,6 ha di ceduo di cerro). Confrontando i dati BIC Lazio con la superficie boscata dei dati ISTAT all'anno 2000, potenzialmente nel Comune di Canale Monterano si stima un ulteriore 6% di superficie che potrebbe essere destinata all'approvvigionamento di biomassa.

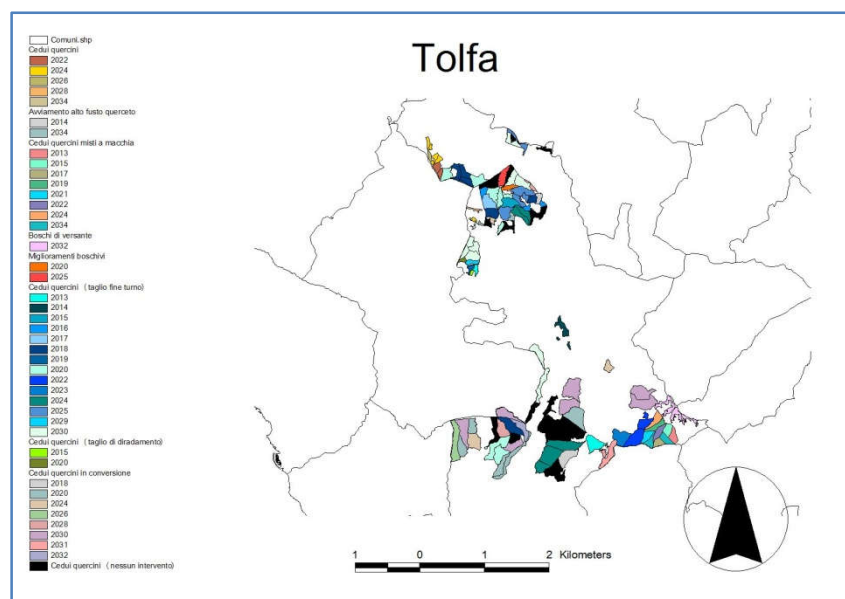


Figura 17: localizzazione della biomassa forestale in base alla tipologia di governo ed agli anni di taglio.

Comune di Villa San Giovanni in Toscana

Il Comune di Villa San Giovanni ha una superficie totale in ettari di 528 di cui 56.82 di bosco per una copertura sul totale del 11%, per i quali (dai dati forniti dalla BIC -Lazio) sono stati forniti i dati sulla programmazione dei tagli. La ripresa totale, calcolata al 2050 è pari a m^3 5683.79. Confrontando i dati BIC Lazio con la superficie boscata dei dati ISTAT all'anno 2000, potenzialmente nel Comune si stima un ulteriore 6% di superficie che potrebbe essere destinata all'approvvigionamento di biomassa.

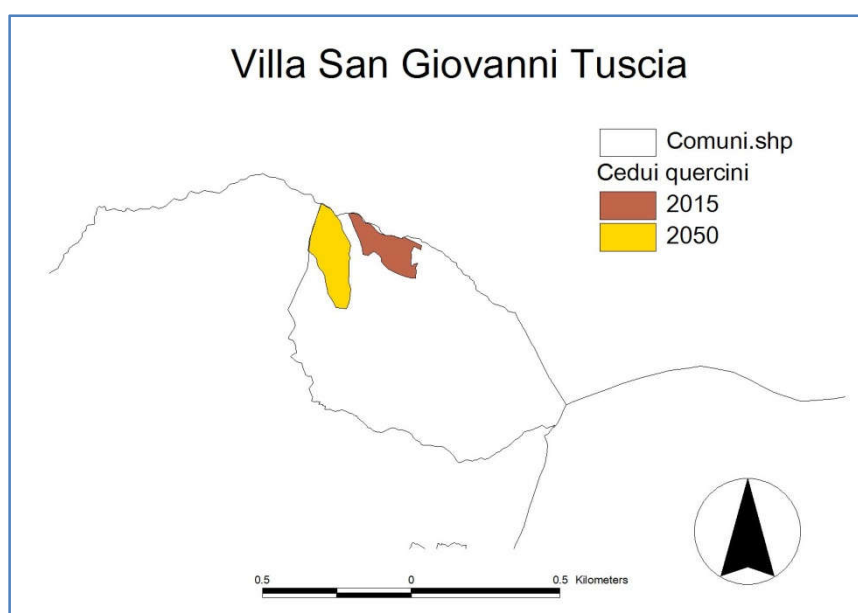


Figura 18: localizzazione della biomassa forestale in base alla tipologia di governo ed agli anni di taglio.

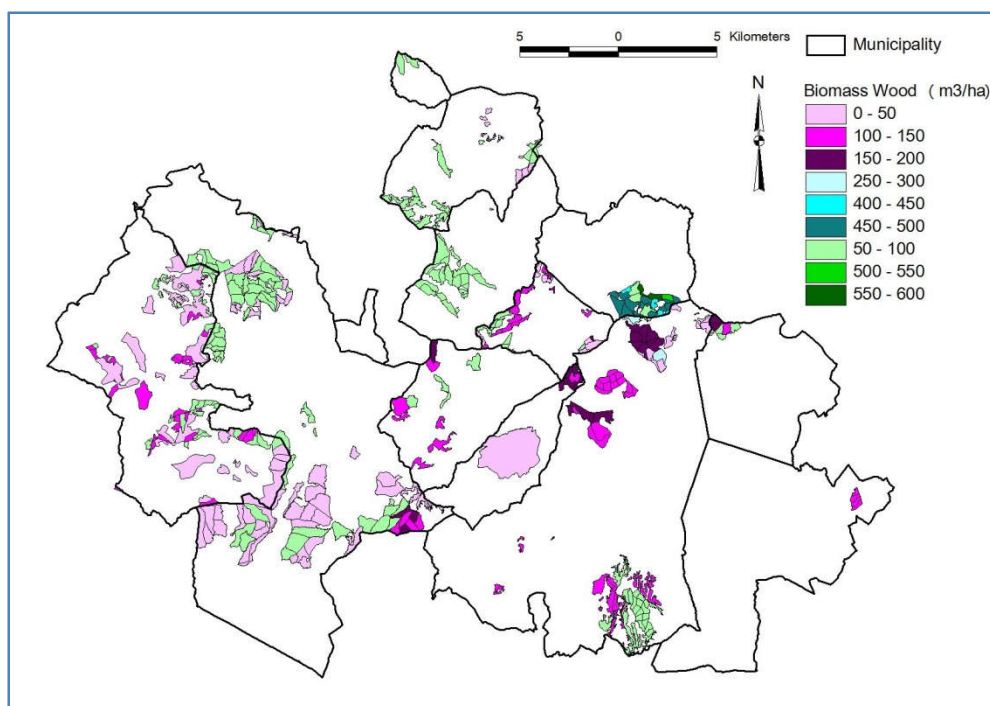


Figura 19: quantità della biomassa totale per tutti i comuni.

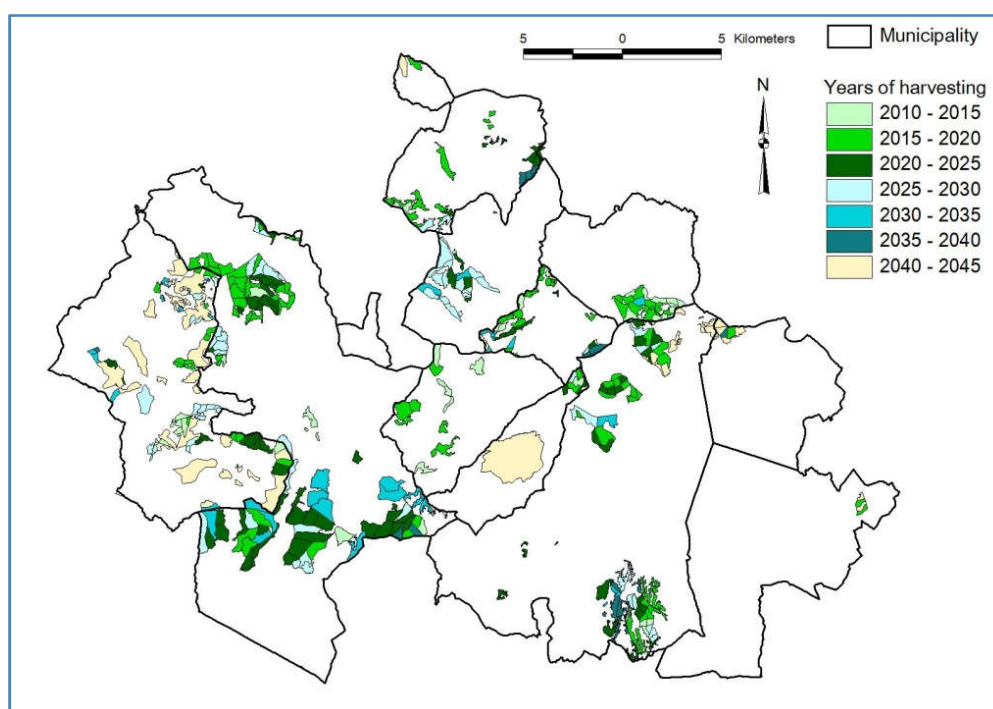


Figura 20: suddivisione della ripresa in base al tempo.

Il prodotto principale ottenibile dal bosco è il legno. Il legno è utilizzato nell'industria delle costruzioni, dei mobili, della carta e della pasta di cellulosa e per la produzione di energia, generalmente sotto forma di legna da ardere. I sottoprodotti del bosco sono costituiti da tutti quei residui che risultano dalle operazioni di utilizzazione delle piante (taglio, allestimento, sramatura, scortecciatura, depezzatura, ecc.) e sono: ramaglia, cimari, corteccia, foglie e radici. Parte di questi non sono praticamente raccogliibili, da un punto di vista tecnologico (ad esempio le radici), ovvero non presentano alcun interesse economico (ad esempio le foglie); la parte rimanente è invece frequentemente lasciata in bosco e costituisce un pericoloso innesco per gli incendi, dolosi o meno. Con l'avvento di nuove macchine e sistemi per l'utilizzazione forestale, e con l'aumento della richiesta da parte del settore energetico è divenuto possibile ad oggi recuperare parte della frazione legnosa solitamente lasciata in bosco. Tra i nuovi sistemi di lavoro risulta particolarmente valido

quello del prelievo della pianta intera dal bosco. Questo sistema applicabile in particolar modo per le piante di medie dimensioni (cedui o diradamenti di fustaie) prevede l'asportazione dal bosco della pianta intera e la successiva operazione di allestimento effettuata all'imposto, dove il materiale di risulta (rami e cimale) divengono utilizzabili. (ENAMA, 2008)

Per quanto riguarda invece le macchine, molti istituti, da anni sperimentano l'utilizzo di harvester e forwarder per una selvicoltura moderna. L'harvester abbate le piante e le allestisce in tronchi, disponendoli in cataste eventualmente divise per assortimenti; il forwarder, invece, preleva le cataste, le carica su un pianale incorporato e le porta fino ad un imposto accessibile ai mezzi di trasporto. Nata in Scandinavia, la coppia harvester-forwarder si è diffusa rapidamente in tutta Europa, giungendo in Italia alla fine degli anni '90. Oggi lavorano da noi oltre 100 macchine, tra l'una e l'altra tipologia. Anche nelle nostre condizioni di lavoro, un harvester produce almeno quanto cinque operatori dotati di motoseghe, e spesso fa un lavoro più accurato. Dotato di una gru, infatti, l'harvester è in grado di direzionare meglio la caduta delle piante, atterrando anche quelle che altrimenti resterebbero appollaiate. Il forwarder invece fa lo stesso lavoro di tre trattori con rimorchio, grazie alla maggiore capacità di carico ed alla superiore manovrabilità: questa macchina infatti può operare su terreni inaccessibili al trattore agricolo, ed è ideale sulle distanze di esbosco maggiori, dove è necessario massimizzare il carico utile trasportato. In questi ultimi anni la richiesta di combustibili legnosi: legna da ardere, cippato, pellet e brichette è aumentata, grazie alla messa in commercio di impianti per il riscaldamento o la cogenerazione di diversa dimensione capaci di valorizzare questa risorsa con un'efficienza molto maggiore rispetto al passato. (ENAMA, 2008)

Nei popolamenti quercini, così come in quelli a prevalenza di faggio, la maggior parte della produzione viene destinata a legna da ardere per la quale esiste una domanda sul mercato con un prezzo superiore a quello del cippato.

In questo studio di fattibilità si è preferito fare riferimento alla potenzialità di utilizzare per fini energetici la biomassa residua, ovvero a quella che viene generalmente lasciata in bosco e che pertanto non è oggetto di alcun tipo di utilizzazione. Anche nel caso del castagno gli assortimenti, anche di piccole dimensioni, hanno destinazioni d'uso che hanno un maggior valore aggiunto rispetto alle scaglie per energia, poiché trovano impiego per paleria, tavolame, perlinature.

Una volta definita la tipologia di biomassa che si intende utilizzare, la stima del quantitativo ritraibile dai popolamenti forestali, per scopi energetici, è stata effettuata comparando le esperienze condotte su soprassuoli con configurazione assimilabile a quella della zona oggetto di indagine.

Baldini recentemente (com per) ha ottenuto in cedui di castagno di 18-19 anni una percentuale di biomassa (rami e cimale) pari al 18% della massa totale dell'albero.

In linea di massima (Verani et al., 2009) trova una percentuale di biomassa residua nei cedui che oscilla da una percentuale in peso che va dal 15 al 25%. Gli scarti residui possono raggiungere percentuali anche del 40% laddove si sia in presenza di boschi particolarmente degradati (Spinelli et al., 2011).

Nel caso del faggio i pochi valori riscontrabili in bibliografia hanno una notevole fonte di variabilità si passa da solo il 10% in fustaie transitorie di faggio (Spinelli e Magagnotti, 2008), ma in cedui di faggio è risultato possibile mediamente asportare anche oltre il 20%-25% di biomassa da cimale e diametri inferiori ai 4 cm (Bagnaresi et al., 1987). Nei cedui misti di quercia possiamo considerare 21% in peso costituito da rami e cimale, questo valore può salire al 25% se viene considerato i polloni sotto i 5 cm di diametro che vengono eliminati perché morti e deperienti (Baldini com.per., 2010).

Bibliografia	% biomassa ad uso energetico
Baldini	18% del totale in cedui di Castagno di 18-19 anni
Verani et al.,	15%-25% del totale nei cedui
Spinelli et al	40% del totale se boschi molto degradati
Spinelli e Magagnotti, 2008	10% del totale in fustaie transitorie di faggio
Bagnaresi et al., 1987	20%-25% di biomassa da cimale e diametri inferiori ai 4 cm in cedui di faggio
Baldini com.per	21% costituito da rami e cimale nei cedui misti di quercia e può salire al 25% se viene considerato i polloni sotto i 5 cm di diametro che vengono eliminati perché morti e deperient

Si è ritenuto opportuno applicare un valore del 18% calcolato dal peso della ripresa totale come desunta dai piani di assestamento.

La conversione dai m³ della ripresa stimata alle tonnellate corrispondenti è stata effettuata considerando un contenuto idrico (W) del 33%, che corrisponde ad una umidità del legno del 50%. A questo valore di umidità del materiale non si verifica una diminuzione del volume ma solo una eventuale perdita di peso, rispetto allo stato fresco, dovuta all'eliminazione dell'acqua.

Il 33% di contenuto idrico del legno comunque è in genere un valore ritenuto accettabile per il funzionamento delle caldaie a biomassa.

Per la conversione del volume in peso sono stati considerati i valori di densità al 33% di contenuto idrico pari a 900 kg/m³ calcolati mediamente su specie quercine, 920 kg/m³ calcolato sul faggio e 780 kg/m³ calcolato sul castagno (Hellrigl, 2001).

Dopo aver convertito la ripresa in biomassa come tonnellate, il 18% di questa è stato considerato come potenzialmente utilizzabile per fini energetici.

Il rendimento energetico è stato calcolato considerando il potere calorifico inferiore, ed applicando il coefficiente di conversione di 3,6.

Infine è stata calcolata la biomassa totale potenzialmente ritraibile dall'intero comprensorio Tuscia Romana, per ogni singolo anno, così da poter avere informazioni sulle tendenze di medio e breve periodo dell'insieme del comprensorio (Kinoshita et al., 2009, Colantoni et al., 2013 Sacchelli et al., 2013 e Colantoni et al., 2015).

Pertanto la biomassa ad uso energetico (Beu) è stata calcolata secondo la seguente formula:

$$Beu = (B * VMic * 0.18)/1000$$

Dove:

B = biomassa;

VMic = massa volumetrica, in funzione del contenuto volumetrico di acqua;

0,18 = la percentuale di biomassa ad uso energetico (18 %).

Il contenuto totale di energia è stato calcolato secondo la seguente formula:

$$(Beu * VMic * Lcv)/3,6$$

Dove:

Beu = biomassa ad uso energetico;

VMic = massa volumetrica, in funzione del contenuto volumetrico di acqua;

Lcv = potere calorifico inferiore.

Questi dati sono calcolati per ogni anno, corrispondente al periodo di utilizzo, secondo quanto definite dai piani di assestamento forestale, dal 2010 al 2045.

3.3.2 Biomassa agro-forestale

Per il settore agricolo abbiamo analizzato i soli dati Corine Land Cover (Fig. 4) (Regione, 2000), in quanto risultano essere maggiormente aggiornati rispetto alla banca dati ISTAT ed in quanto, attualmente, non esiste un database che raccolga i dati reali delle attuali coltivazioni agrarie.

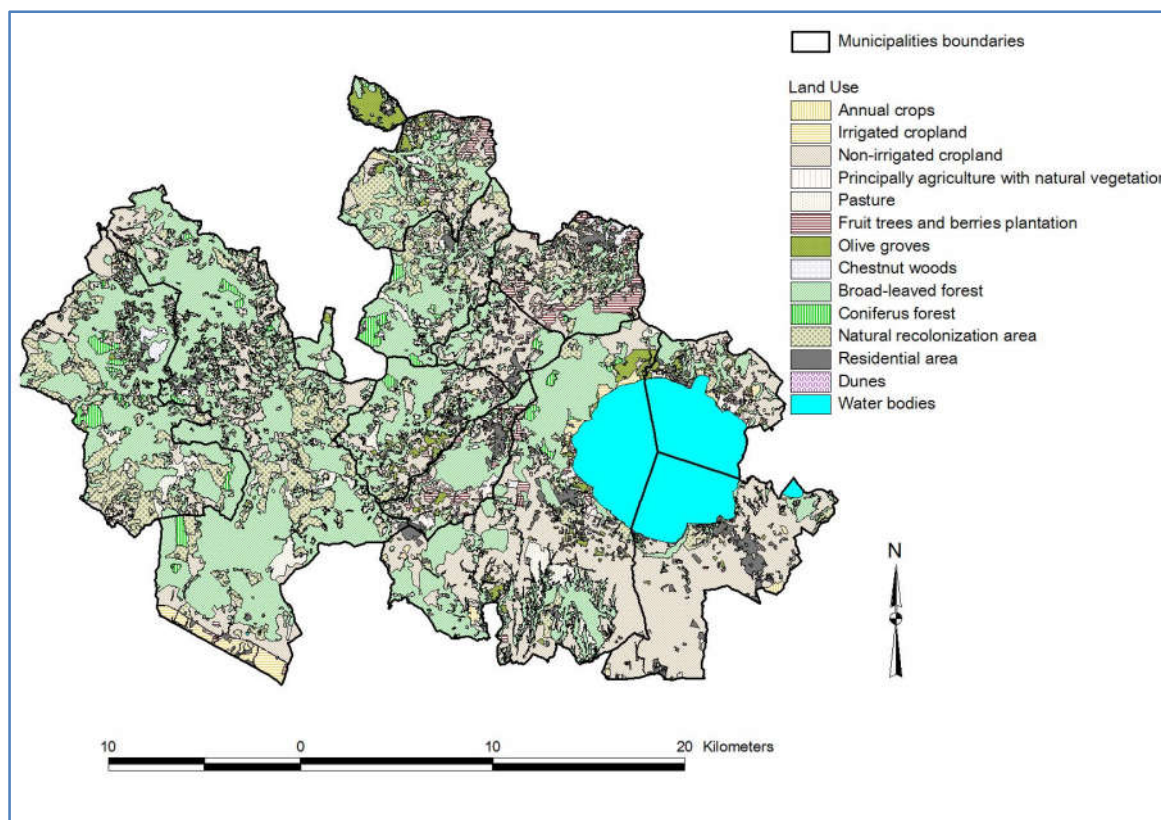


Figura 21: rielaborazione della CLC, considerando soltanto le voci dalle quali è possibile utilizzare la biomassa derivante dagli scarti delle lavorazioni agricole.

A questo scopo, per quanto riguarda i residui erbacei, abbiamo considerato solo le seguenti classi di uso del suolo CLC:

- aree urbane verdi;
- terreno prevalentemente occupato da agricoltura, con significative aree di vegetazione naturale;
- colture annuali associate a colture permanenti;
- non irrigate terre coltivabili;
- permanentemente irrigata terreno;
- superfici con copertura erbacea densa;

Per le colture agro-forestali abbiamo considerato le seguenti classi:

- alberi da frutta;
- vigneto;
- uliveti.

A questi dati sono state applicate le stime delle percentuali di riuso della biomassa residuale (Tab. 7), elaborati all'interno del progetto Biomasse (ENAMA, 2008), considerando la quantità di sostanza secca derivate da ogni tipo di coltura.

Coltura	Residuo	% riuso
Triticum L	Paglie	50
Hordeum L	Paglie	50
Avena L.	Paglie	50
Zea L.	Stocchi	50
Vitis L.	Sarmenti	100
Olea L.	Legno e rami	100
Alberi da frutto	Potature	100

Tabella 7: percentuale di riuso dei residui agricoli.

Paglie (frumenti, orzo, avena, segale)

La paglia è il sottoprodotto della coltivazione dei cereali autunno-vernini (frumento, orzo, avena e segale) e consiste principalmente nel culmo cavo che sorregge la spiga. La coltivazione di questi cereali avviene su tutto il territorio italiano con concentrazioni maggiori nelle zone pianeggianti e su terreni argillosi del versante adriatico.



Figura 22: la raccolta della paglia.

La raccolta dei cereali autunno-vernini avviene solitamente tra giugno e luglio, momento in cui questo residuo diventa disponibile al prelievo in campo. La raccolta della paglia lasciata in campo dopo la mietitrebbiatura può avvenire con tre tipologie di sistemi:

- con raccogliballatrici che producono balle parallelepipediche di 15-18 kg;
- con rotoimballatrici che producono balle cilindriche (rotoballe) di 250-400 kg;
- con imballatrici che producono balle parallelepipediche di 250-400 kg.

Per l'impiego energetico l'industria delle macchine agricole sta sviluppando attrezzature appositamente progettate per aumentare la densità delle balle, al fine di consentire un maggior carico a parità di volume e diminuire in tal modo i costi di trasporto. Attualmente la paglia trova utilizzo nell'azienda stessa se è ad indirizzo zootecnico o nel mercato se è presente una zootecnia a distanza compatibile con i costi di trasporto. Gli utilizzi più comuni sono:

- lettiera per il ricovero di animali;
- alimentazione animale;
- industria cartaria.

Si può stimare un riutilizzo del 40-60% della produzione totale, con forte variabilità regionale e temporale, in relazione all'andamento dei prezzi di mercato. L'impiego energetico delle paglie per la produzione di energia è possibile solo per impianti di grandi dimensioni (superiori a 10 MW), in quanto questa matrice energetica possiede caratteristiche chimico-fisiche tali da non consentire l'utilizzo in impianti di dimensione più piccola. In particolare, le principali problematiche sono legate all'elevato contenuto in silice, che ad alte temperature forma ceneri basso-fondenti ed alla presenza di cloro che si combina con il vapore acqueo e si trasforma in acido cloridrico (HCl), altamente corrosivo per le superfici degli scambiatori. Esistono tuttavia alcune tecnologie e sistemi impiantistici, applicati ad impianti di elevata dimensione, che risolvono queste

problematiche. Tali tecnologie sono a tutt'oggi molto aff ermate nei paesi del Nord-Europa (Danimarca, Svezia).

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE	
Potere calorifico inferiore (MJ/kg ss)	17,5-19,5
Umidità alla raccolta (%)	10-20
COMPOSIZIONE CHIMICA	
Ceneri (% su ss)	2-10
Silice (mg/kg)	1.000-20.000
Potassio (mg/kg)	2.000-26.000
Azoto variazione tipica (% su ss)	0,2-1,6
Zolfo variazione tipica (% su ss)	<0,05-0,2
Cloro variazione tipica (% su ss)	<0,1-1,2
Rame variazione tipica (% su ss)	1-10
PRODUZIONE UNITARIA	
Nord (t/ha di ss)	1,91
Centro (t/ha di ss)	1,70
Sud (t/ha di ss)	1,28
Media nazionale (t/ha di ss)	2,13
SUPERFICI COLTIVATE	
Nord (ha x 1.000)	437
Centro (ha x 1.000)	123
Sud (ha x 1.000)	60
Italia (ha x 1.000)	620
BIOMASSA STIMATA	
Potenziale nazionale (kt/a di ss)	2.158
Disponibilità effettiva stimata (kt/a di ss)	1.080
MERCATO	
Prezzo di vendita all'ingrosso (€/t)	60-100

Figura 23: dati relative alle paglie di cereal (frumento, orzo, avena, segale) (Enama, 2008).

Sarmenti di vite

I sarmenti sono rami lunghi ed esili con andamento prostrato o rampicante tipici della coltura della vite. Annualmente da novembre fino a febbraio si eff ttua la potatura della vite per controllare il ciclo vegeto-produttivo della pianta, ed è in questo periodo che si ha la disponibilità di questa biomassa. La coltura della vite è diffusa in tutta l'Italia con moltissime varietà, in condizioni stazionarie diverse e con sistemi d'allevamento differenti, infatti risulta difficile standardizzare i sistemi di raccolta di questo sottoprodotto. Il tempo utile per la raccolta dei sarmenti può variare tra 20-30 gg. fino a 80-90 gg. a seconda dell'inizio della potatura, della zona di produzione e comunque deve concludersi prima della ripresa vegetativa (marzo-aprile).



Figura 24: macchina trincia sarmenti con contenitore posterior ribaltabile.

Le tecniche colturali classiche prevedono la combustione di questi residui ai bordi del vigneto (40-50% del totale); diversamente, se la coltura è meccanizzata, vengono trinciati ed interrati (50% del totale). I residui delle potature, ai sensi del D. Lgs. n. 22/97 (Decreto Ronchi), quando devono essere smaltiti, rientrano nella

categoria dei rifiuti. Se contrariamente a ciò, viene loro conferita una destinazione energetica come da D. Lgs. n. 152/06 (ex. DPCM 8 marzo 2002), possono essere considerati biomasse combustibili.

Il recupero dei residui di potatura può essere condotto secondo varie modalità e con diverse macchine. Nei vigneti pianeggianti e con interfilari abbastanza ampi, i sarmenti possono essere raccolti con macchine raccogliimbattrici che producono balle parallelepipediche di 15-18 kg. Le tecnologie in commercio sono prevalentemente macchine sviluppate dalla modifica di attrezzature agricole destinate ad altre lavorazioni, progettate per raccogliere da terra le potature già disposte in andane. L'utilizzo dei macchinari più adatti dipende da molteplici fattori, tra cui il sesto di impianto e la forma di allevamento. In linea di principio si possono avere due diverse tecniche per la raccolta e il recupero delle potature:

- imballatura in campo e successiva cippatura;
- cippatura in campo.

L'imballatura è una tecnica che consente di raccogliere, comprimere e confezionare i sarmenti in modo da ottenere unità omogenee, facilitandone la movimentazione e lo stoccaggio. Le imballatrici utilizzabili possono essere distinte in:

- piccole imballatrici parallelepipediche
- rotoimbattrici, che possono essere sia leggere che pesanti (Tab. 8).

Imballatrici	Trattore kW	Dimensioni balle cm	Peso balla kg	Produttività tss/ha	Costo orario €/ha	Costo macchina €
Parallelepipediche piccole	40-60	45x35x70	20-40	0.6	50	8000-15000
Rotoimbattrici leggeri	25-30	Diam < 100	30-40	1.6	38	10000-12000
Rotoimbattrici pesanti	60	Diam 150	200-700	2-4	60	35000

Tabella 8: caratteristiche delle imballatrici (Spinelli et al., 2009).

L'imballatura del materiale è molto efficace anche se la movimentazione delle balle può determinare un aumento dei costi perché è effettuata comunemente a mano o tramite un trattore dotato di forche. Dopo la raccolta, le balle vengono stoccate per alcuni mesi fino ad arrivare ad un contenuto idrico del 10% e successivamente cippate. L'imballatura ha un costo variabile in funzione della dimensione delle balle e del tipo di macchina impiegata, mediamente il costo varia da 15,00 a 29,00 €/t.



Figura 25: deposito di balle di sarmenti di vite in essiccazione; cippatura delle balle di sarmenti di vite.

Le macchine per la cippatura/trinciatura in campo possono essere distinte in:

- trinciasarmenti semi-industriali
- trinciacaricatrici industriali
- cippatrice – trinciasarmenti (tab. 9).

Le trinciasarmenti semi-industriali sono normali trinciatrici a mazze a cui è stato applicato un contenitore ribaltabile nel quale si accumula il materiale trinciato. Comunemente il contenitore ha una capacità compresa fra 2 e 7 m³. In alcuni casi il cassone è sostituito da sacchi di tela (tipo big-bag).

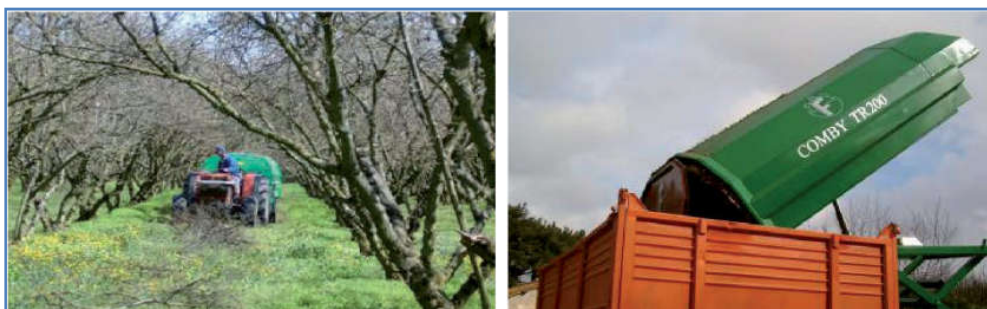


Figura 26: trincia caricatrice in fase di raccolta; trinciatrice in fase di scarico del prodotto.

Le trinciacaricatrici industriali sono macchine appositamente costruite per trattare i residui di potatura, in genere a partire da una cippatrice a disco o a tamburo. Possono essere semoventi o applicate a un trattore agricolo ma richiedono sempre elevate potenze. Sono caratterizzate da un'applicazione frontale che le rende capaci di trattare anche le andane più alte, dove è impossibile impiegare attrezzature retro portate. Consentono di ottenere un prodotto più omogeneo e regolare. Le cippatrici-trinciasarmenti rientrano nella categoria delle trinciasarmenti ma con alcune soluzioni innovative tipiche di una cippatrice/trituratrice tali da rendere agevole da un lato la raccolta e dall'altro l'omogeneità e regolarità del prodotto.



Figura 26: Macchina trincia sarmenti in funzione.

Trinciasarmenti	Trattore	Diametro max lavorato	Produttività	Costo orario	Costo macchina
	kW	cm	t/ora (M40)	€/ha	€
Trinciasarmenti Semi-indistriale	40-70	5	0.6-0.9	45	10000-20000
Trinciacaricatrici industriali	Circa 150	10-15	3-5	150	80000
Cippatrice - trinciasarmenti	Min 30	5	1.1-1.8	41	15000

Tabella 9: caratteristiche delle trinciasarmenti (Spinelli et al., 2009, Grigolato S., 2007) (M40=Umidità 40%).

Costo di produzione del cippato da sarmenti La tecnica impiegata per la raccolta delle potature incide sul costo di produzione del cippato. Qui di seguito sono stati riportati gli studi condotti su due cantieri, il primo composto da imballatura e successiva cippatura, il secondo composto da cippatura in campo con macchina combinata. Gli esempi riportati corrispondono a cantieri effettuati per le potature di vite (sarmenti).

		min	medio	Max
Raccolta in campo	€/t	17.14	25.00	40.00
Trasporto e accatastamento balle	(M10)	11.43	13.89	14.00
Cipatura		14.88	23.44	29.24

TOTALE	43.45	62.33	83.24
---------------	-------	-------	-------

Tabella 10: costo di produzione del cippto di vite (M10) nel caso di imballatura in campo e successive cippatura (Antonini et al., 2009).

Macchina usata	Produttività lorda	Costo di produzione
	t/ora	€/t (M45)
Cippato di vite Cippatrice/trinciasarmenti	0.62	35.02

Tabella 11: costo di produzione del cippato da sarmenti di vite (M45) nel caso di cippatura in campo (Zuccoli, 2009).

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE	
Potere calorifico inferiore (MJ/kg ss)	16,0-19,0
Umidità alla raccolta (%)	18-55
COMPOSIZIONE CHIMICA	
Ceneri (% su ss)	2-5
Silice (mg/kg)	n.d.
Potassio (mg/kg)	n.d.
Azoto variazione tipica (% su ss)	0,4-0,1
Zolfo variazione tipica (% su ss)	0,01-0,07
Cloro variazione tipica (% su ss)	0,07-0,14
Rame variazione tipica (% su ss)	30-44
PRODUZIONE UNITARIA	
Nord (t/ha di ss)	1,45
Centro (t/ha di ss)	1,42
Sud (t/ha di ss)	1,39
Media nazionale (t/ha di ss)	1,45
SUPERFICI COLTIVATE	
Nord (ha x 1.000)	249
Centro (ha x 1.000)	121
Sud (ha x 1.000)	414
Italia (ha x 1.000)	784
BIOMASSA STIMATA	
Potenziale nazionale (kt/a di ss)	1.124
Disponibilità effettiva stimata (kt/a di ss)	560
MERCATO	
Prezzo di vendita all'ingrosso (€/t)	n.d.

Figura 27: caratteristiche dei sarmenti di vite (Enama, 2008).

Potature di olivo

I residui della potatura dell'olivo consistono in legna e frasche o ramaglie. L'olivo è una coltura di tipo mediterraneo che predilige climi caldi e soleggiati. In genere, nell'area studiata, questa coltura è caratterizzata da piccole dimensioni 4-5 m di altezza. Molto spesso le potature sono successivamente lavorate al fine separare tronchi e rami dalle frasche. La raccolta della legna, costituita da rami di maggiori dimensioni, e delle frasche avviene durante e dopo la potatura (gennaio-aprile), che viene effettuata con cadenze variabili in base alle metodologie colturali ed alle varietà delle colture.



Figura 28: raccolta dei residui di potatura con macchina trincia caricatrice.

Le frasche possono essere lasciate in campo per un periodo di 20-30gg. al fine di far perdere al materiale parte dell'umidità in esse contenuta. Periodi più lunghi possono innescare fenomeni di decomposizione del materiale. I sistemi di recupero sono differenti a seconda del sottoprodotto: la legna è raccolta a mano; le frasche possono essere raccolte con macchine raccogliemballatrici che producono ballette da 34-40 kg o con triciacaricatrici che convogliano il prodotto trinciato in grandi sacchi, cassoni integrati alla macchina operatrice o rimorchi agricoli. Sono in fase di studio sistemi di imballaggio delle frasche con macchine che producono balle parallelepipediche di grandi dimensioni fino a 500 kg. Data la ridotta dimensione delle aziende olivicole, la legna è quasi sempre impiegata come combustibile in azienda; le frasche, invece, a causa della loro difficile gestione sono molto spesso bruciate in campo.



Figura 29: macchina raccogliemballatrice per potature di olivo.

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE	
Potere calorifico inferiore (MJ/kg ss)	17-19
Umidità alla raccolta frasca (%)	45 - 60
COMPOSIZIONE CHIMICA	
Ceneri legno (% su ss)	1.5 - 2.0
Ceneri frasca (% su ss)	5.0 - 7.0
Silice (mg/kg)	150
Potassio (mg/kg)	1500
Azoto variazione tipica (% su ss)	0,50 - 1,00
Zolfo variazione tipica (% su ss)	0,01 - 0,09
Cloro variazione tipica (% su ss)	0,01 - 0,06
Rame variazione tipica (% su ss)	0,50 - 4,50
PRODUZIONE UNITARIA	
Nord (t/ha di ss)	1,00
Centro (t/ha di ss)	1,37
Sud (t/ha di ss)	1,31
SUPERFICI COLTIVATE	
Nord (1.000 x ha)	10
Centro (1.000 x ha)	220
Sud (1.000 x ha)	900
Italia (1.000 x ha x 1.000)	1.130
BIOMASSA STIMATA	
Biomassa nazionale potenziale (kt/a di ss)	1.547
Biomassa nazionale disponibile stimata (kt/a di ss)	770
MERCATO	
Prezzo di vendita all'ingrosso (€/t)	n.d.

Figura 30: caratteristiche delle potature di olivo (Ebama, 2008).

Potature di fruttiferi

I residui della potatura delle principali colture arboree quali: melo, pero, mandorlo, nocciolo, actinidia sono costituiti da rami e ramaglie. La potatura viene effettuata per conferire alla pianta la forma voluta e quindi regolare l'equilibrio vegeto-produttivo. In generale si effettuano due tipologie di potature: una di produzione, solitamente prima della ripresa vegetativa; ed una di tipo verde, durante il periodo primaverile-estivo al fine di eliminare rami giovani che non portano frutto. La potatura di produzione è quella che asporta la maggior quantità di massa legnosa. Di seguito una tabella sintetica con l'indicazione dei periodi di potatura di produzioni per le principali specie da frutto.

Specie	Periodo di potature
Melo, pero	Febbraio-marzo
Susino, pesco, albicocco, nettarina	Febbraio-marzo
Agrumi	Giugno-luglio
Nocciolo	Novembre-dicembre
Actinidia	Dicembre (produzione)

Tabella 12: periodi di potatura per le principali specie da frutto in Italia.

La raccolta delle ramaglie deve avvenire prima della ripresa vegetativa al fine di consentire gli interventi fitosanitari e più in generale colturali che iniziano in questo periodo. Il tempo utile per la raccolta delle potature, affinché perdano umidità ma non inizino il processo di decomposizione, va da 15-20 gg. a 70-80 gg. Le macchine ed i sistemi per la raccolta, il trattamento e il trasporto della ramaglia sono gli stessi illustrati nei paragrafi precedenti per i residui delle potature della vite e dell'olivo. La ramaglia può essere raccolta, a seconda dell'impianto, con macchine raccogliballatrici che producono balle parallelepipedo di 15-18 kg. o con triciacaricatrici che convogliano il prodotto trinciato in grandi sacchi, o cassoni integrati alla macchina operatrice o rimorchi agricoli. Attualmente la legna è utilizzata per circa l'80-90% in azienda mentre la ramaglia viene trinciata ed interrata in loco o più spesso bruciata a bordo campo al fine di prevenire fonti d'inoculo di patogeni.

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE	
Potere calorifico inferiore (MJ/kg ss)	18,0-18,5
Umidità alla raccolta (%)	35-45
COMPOSIZIONE CHIMICA	
Ceneri (% su ss)	10-12
Silice (mg/kg)	n.d
Potassio (mg/kg)	n.d
Azoto variazione tipica (% su ss)	n.d
Zolfo variazione tipica (% su ss)	n.d
Cloro variazione tipica (% su ss)	n.d
Rame variazione tipica (% su ss)	n.d
SUPERFICI COLTIVATE	
Nord (ha x 1.000)	158
Centro (ha x 1.000)	23
Sud (ha x 1.000)	337
Italia (ha x 1.000)	537
BIOMASSA STIMATA	
Potenziale nazionale (kt/a di ss)	700
Disponibilità nazionale (kt/a di ss)	280
MERCATO	
Prezzo di vendita all'ingrosso (€/t)	n.d.

Figura 31: caratteristiche delle potature di fruttiferi (Enama, 2008).

Come risulta dalle colture fin ora descritte, in base a quanto ricadente nella carta di uso del suolo, ed in base a confronti fatti su foto aeree e tramite sopralluoghi, abbiamo ristretto l'uso del suolo a quello che più è significativo per la zona in cui si concentra questa ricerca (Delfanti et al, 2014). Per ciascuna delle colture considerate, abbiamo calcolato la quantità totale (t) di materia secca; quindi abbiamo stimato la percentuale disponibile per l'uso di energia, il 50% per le biomasse erbacee e il 100% per le colture agroforestali, in accordo con la figura 31 (Enama, 2008). Infine, utilizzando il potere calorifico (Helrigl 2004 e Enama 2008) abbiamo ottenuto l'energia disponibile in termini di kWh_{th}.

Il contenuto totale di energia è stato calcolato secondo la seguente formula:

$$Btq * Lcv * 10^3$$

Dove:

Btq = quantità totale di biomassa;

Lcv = potere calorifico inferiore.

3.4 Analisi multicriteriale

L'analisi multi-criteriale implica un processo di assegnazione di valori ad alternative che vengono valutate in base a diversi criteri. Questo tipo di analisi può essere suddivisa in due grandi classi decisionali: decisioni multi-attributo e decisioni multi-obiettivo. Se il problema è quello di valutare un insieme finito di alternative e di scegliere quello migliore basato sui punteggi di un insieme di attributi, si tratta di una classe decisionale multi-attributo. La classe decisionale multi-obiettivo si occupa della scelta della migliore alternativa basata su una serie di obiettivi in conflitto. (Yue e Yang, 2007; Kinoshita et al., 2009; Sacchelli et al., 2013).

I criteri e gli indicatori vengono valutati utilizzando tecniche GIS, remote sensing, associate a dati di campo e letteratura. Tutti i punteggi sono standardizzati secondo la logica fuzzy. Le preferenze sui criteri e sugli indicatori sono espressi come pesi assegnati dai decisori. La combinazione dei pesi e delle mappe degli indicatori genera un'area prioritaria per la migliore ubicazione dell'impianto per la produzione di energia rinnovabile.

La fase più importante è quella con una forte influenza nella valutazione dei siti potenziali per un impianto o un'attività è la selezione dei fattori e dei criteri che avranno un'influenza diretta sull'attività in questione. Come ci si può aspettare, possono essere presi in considerazione molti fattori diversi in questo tipo di studi e quelli finalmente selezionati saranno conformi agli obiettivi richiesti, alle informazioni disponibili, all'esperienza del planner, etc.

Sono stati acquisiti numerosi set di dati per eseguire le analisi, alcuni dei quali sono disponibili presso gli uffici istituzionali quali: il dipartimento ambientale della Regione Lazio e il Centro di Innovazione per il Business - BIC Lazio; Mentre, in altri casi, sono stati acquisiti per interpretazione fotografica. Questo è il caso di un set di dati georeferenziato sulle reti stradali che nel presente caso studio rappresentano uno dei fattori più significativi nel processo di supporto decisionale. Inoltre, alcune ricerche hanno indagato sui costi dei diversi sistemi di trasporto perché il trasporto e la distribuzione influenzano notevolmente il costo per l'utilizzo della biomassa legnosa. Malinel (Malinel et al., 2001) ha stimato la quantità di biomassa legnosa utilizzabile, assumendo che la distanza tra le foreste sia di 250 m e la distanza di trasporto con autocarro sia di 40 Km. Quando invece viene utilizzata la biomassa per il riscaldamento locale, Sennbald (Sennbald, 1994) ha rilevato che i profitti possono essere effettuati quando la distanza di trasporto all'interno della foresta è inferiore a 300 m e la distanza di trasporto di autocarri è inferiore a 30 Km. Interpretazione fotografica, in ambiente GIS, di fotografie aeree rilevate nel 2010 in una scala di 1: 5.000 è stato condotto per acquisire la rete stradale per l'area di studio. Di recente, Hamelinck (Hamelinck et al., 2005) ha trovato che i profitti possono essere fatti anche se la distanza di trasporto è di 100 Km.

A questo scopo, abbiamo classificato tutte le strade: strade principali, strade secondarie e strade di raccolta. La prima classe, le strade principali, è rappresentata da tutte le strade lastricate con una traccia lunga da 6 a 8 metri, mentre la seconda classe è rappresentata da strade con tracce larghe da 3 a 6 metri, mentre le strade di raccolta presentano le stesse caratteristiche del secondo Strade, ma a differenza di queste, cadono nelle foreste statali. (Gauss et al., 2008). La figura 32 mostra la rete stradale rilevata per l'area di studio e la localizzazione delle foreste statali, mentre la figura 3 mostra la classificazione dell'area di studio dalla distanza delle strade principali e la classificazione Le foreste di proprietà statale dalla raccolta di strade distanza.

Infine, sono elencati i fattori ed i vincoli utilizzati nella presente analisi AMC sulla base di una logica fuzzy.

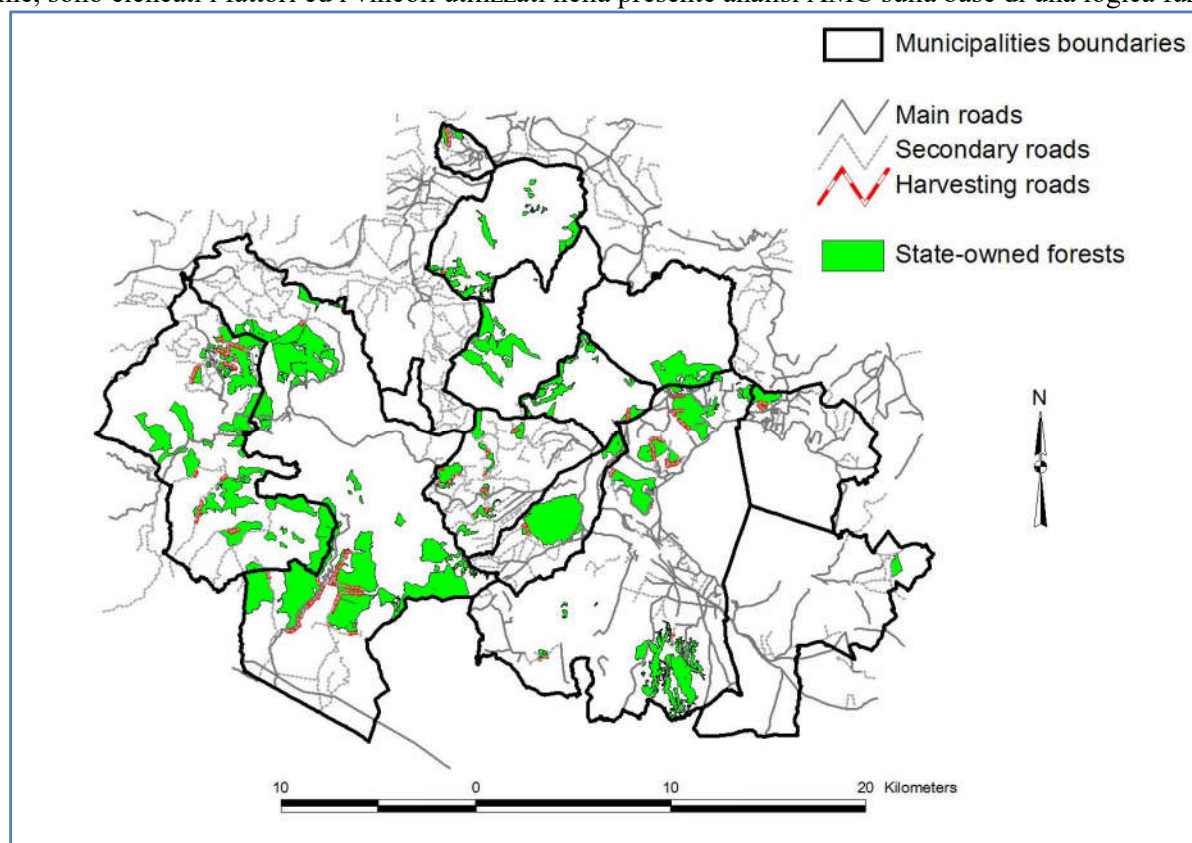


Figura 32: confine comunali, localizzazione delle foreste e della rete stradale (principale e secondaria).

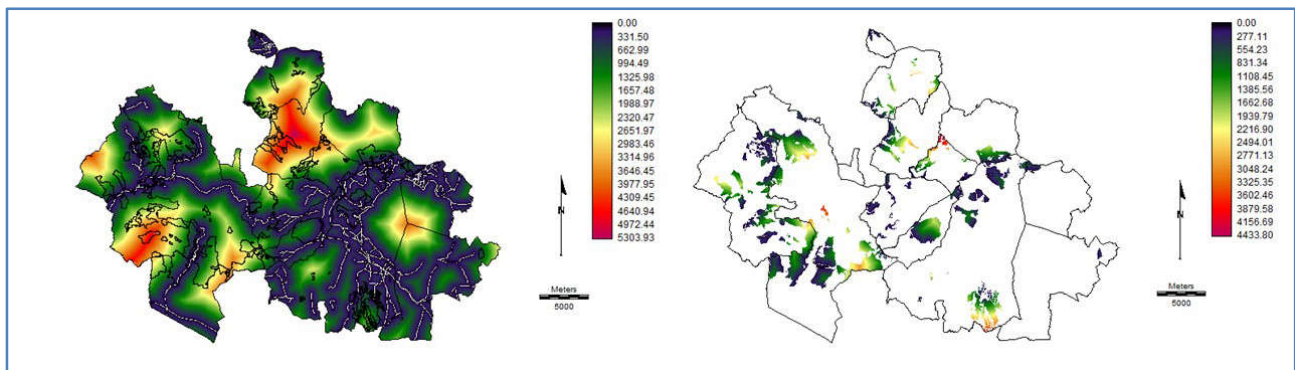


Figure 33. Layers che mostrano la distanza dalle strade principali e la classificazione delle foreste in base alla distanza dalle strade principali.

Questo tipo di analisi è stata effettuata per ottenere la disponibilità di biomassa (Phua e Minowa 2005, Buchholz et al., 2009 e Recchia et al., 2010) nei dodici comuni della Tuscia Romana. Abbiamo incluso nove variabili spaziali che il software ha connesso, comparandole l'una con l'altra e unendo le scale e le misure multidimensionali in un'unica scala di priorità.

Le variabili, in ordine di priorità, sono:

Pendenza: questo strato rappresenta l'area di studio suddivisa in zone, rappresentanti le classi di pendenza. Questo file viene calcolato tramite il D.E.M. (Modello digitale) della Regione Lazio, con una risoluzione di 20 m. La pendenza è molto importante in questa analisi perché rappresenta un fattore limitante nella raccolta della biomassa forestale e nella lavorazione meccanica agricola; queste attività sono infatti possibili solo con pendenze inferiori al 30% (Barbati et al 2012).

Aree delle foreste demaniali: superficie totale delle foreste demaniali rilevate in una scala di patch;

Sistemi agricoli e forestali: questo strato è molto importante per rilevare la quantità di biomassa che è veramente disponibile utilizzando la rete di infrastruttura esistente. Per fare questo, è necessario analizzare l'accessibilità della zona di raccolta (piste forestali e strade asfaltate).

Distanza dalle piste forestali: strato che rappresenta la distanza dalla più vicina pista forestale.

Distanza da strade asfaltate: strato che rappresenta la distanza (m) dalle strade asfaltate per l'intero territorio comunale.

Accessibilità (attraverso piste forestali e strade asfaltate), è il fattore più importante perché permette il trasporto della biomassa per la pianta. Più la foresta è vicina alla strada, tanto minore sarà il costo in termini di trasporto e inquinamento (Allen et al., 1998).

Specie forestali: in questo strato le foreste demaniali (8950 ha) sono classificate in base al potere calorifico di ogni specie. Le aree forestali sono rappresentate da quattro specie principali: *Quercus cerris* L. (cerro), *Castanea sativa* Miller (castagno), *Pinus spp.* (pini, tra cui *Pinus pinea* L., *Pinus pinaster* Aiton, *Pinus J.F.Arnold*), *Fagus sylvatica* L. (faggio europeo). Il potere calorifico (Helrigl 2004) è calcolato da loro relativa disponibilità.

Rete stradale: livello in cui tutto il territorio analizzato è classificato secondo la distanza da strade asfaltate.

Distanza dalle foreste demaniali: l'intera area di studio è classificata in base alla distanza dalle foreste demaniali.

Il set di dati georeferenziati è stato impiegato in una analisi multicriteriale eseguita in ambiente GIS secondo l'analisi Fuzzy. Ogni strato è stato elaborato per interpretare meglio le potenzialità realistiche del sistema di produzione della biomassa.

3.5 Risultati

Comune	Tipologia di governo	Specie forestale	Biomassa allo stato fresco (m ³)	Contenuto idrico (%)	Umidità (%)	Massa Volumica in funzione del Contenuto idrico kg/m ³	biomassa ritraibile per scopi energetici (t) 18% del totale	Pci MJ/kg (33% w)	Contenuto energetico totale (kWh _{th})
Allumiere	Fustaie	<i>Fagus sylvatica</i>	5,438.00	33	50	920	901	12.04	2,770,839
	Ceduo	<i>Quercus cerris</i>	63,309.00	33	50	900	10,256	11.74	30,101,530
	Ceduo avv. alto fusto	<i>Quercus cerris</i>	4,858.36	33	50	900	787	11.74	2,310,004
	Ceduo	<i>Castanea sativa</i>	1,855.13	33	50	780	260	12.51	705,978
Anguillara Sabazia	Ceduo	<i>Quercus cerris</i>	5,699.27	33	50	900	923	11.74	3,312,017
Barbarano Romano	Ceduo	<i>Quercus cerris</i>	13,454.75	33	50	900	2,180	11.74	6,397,330
	Fustaie	<i>Quercus cerris</i>	5,817.99	33	50	900	943	11.74	2,766,280
	Ceduo avv. alto fusto	<i>Quercus cerris</i>	5,117.39	33	50	900	829	11.74	2,433,165
	Ceduo	<i>Quercus cerris</i>	87,937.49	33	50	900	14,246	11.74	41,811,638
Bracciano	Ceduo misto	<i>Quercus cerris</i>	16,688.50	33	50	900	2,704	11.74	7,934,881
	Ceduo	<i>Castanea sativa</i>	79,341.06	33	50	780	11,139	12.51	30,193,574
Canale Monterano	Ceduo	<i>Quercus cerris</i>	53,114.69	33	50	900	8,605	11.74	25,254,442
Manziana	Fustaia	<i>Quercus cerris/frainetto</i>	42,652.58	33	50	900	6,910	11.74	20,280,022
	Ceduo	<i>Castanea sativa</i>	14,577.25	33	50	780	2,047	12.51	5,547,434
Oriolo	Ceduo	<i>Quercus cerris</i>	26,487.94	33	50	900	4,291	11.74	12,594,221
Tolfa	Ceduo	<i>Quercus cerris</i>	278,264.16	33	50	900	45,079	11.74	132,306,260
Trevignano Romano	Ceduo	<i>Quercus cerris</i>	6,288.61	33	50	900	1,019	11.74	2,990,045
	Ceduo	<i>Castanea sativa</i>	3,697.89	33	50	780	519	12.51	1,407,248
	Fustaia transitoria	<i>Quercus cerris</i>	6,821.52	33	50	780	958	12.51	2,595,958
Vejano	Ceduo	<i>Quercus cerris</i>	43,131.90	33	50	900	6,987	11.74	20,507,924
	Ceduo	<i>Castanea sativa</i>	123.36	33	50	780	17	12.51	46,945
Villa san Giovanni in Tuscia	Ceduo	<i>Quercus cerris</i>	5,683.79	33	50	900	921	11.74	2,702,472

Tabella 13: sono riportati i risultati di calcoli per la biomassa ad uso energetico, in termini di quantità (t) e di energia prodotta (kWh_{th}).

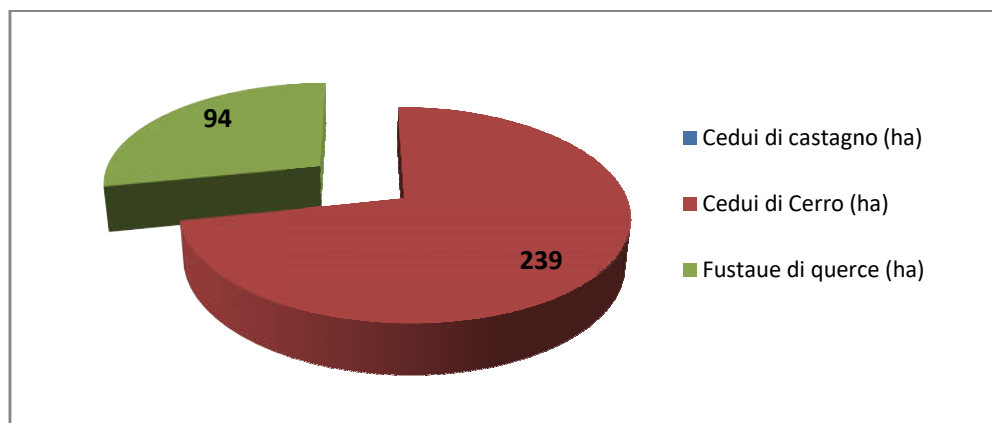


Figura: 34: grafico a torta, raffigurante gli ettari totali destinati alle diverse colture, per il totale dei comuni.

Nella tabella 14 seguente sono riportati i risultati dati dall'applicazione di delle formule sopra descritte per ottenere la quantità di biomassa ad uso energetico (m^3) e la relativa quantità di energia prodotta (kWh_{th}), in riferimento al turno dei boschi.

Anni	Biomassa ad uso energetico (m^3)	kWh_{th}
2010-2015	19300.4	57800231.1
2015-2020	40486.2	119046129.3
2020-2025	20031.5	122184048.2
2025-2030	17668.4	51579775.8
2030-2035	5342.9	15590228.1
2035-2040	2626.3	7483889.8

Tabella 14: biomassa destinata ad uso energetico per il settore forestale e per tutte le municipalità.

In Figura 35 3 abbiamo mostrato graficamente la disponibilità totale, ottenuta sommando i valori per ciascun comune, sia per "biomasse" e " kWh_{th} ". La tendenza è modellata come una polinomiale decrescente.

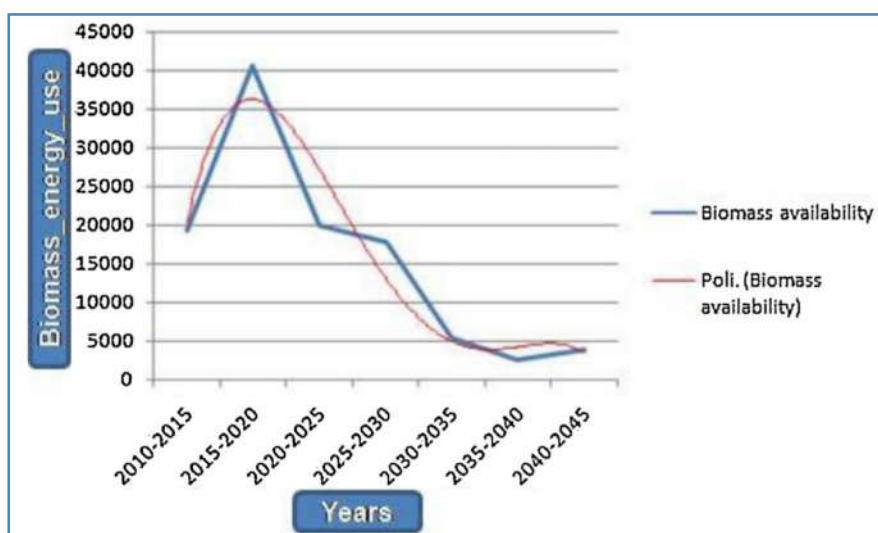


Figura 35: la disponibilità di biomassa negli anni è rappresentata da una funzione polinomiale.

È chiaro che la disponibilità di biomassa ha un picco che coincide con il periodo di cinque anni 2015-2020; dopo questo picco diminuisce progressivamente fino al periodo 2040-2045. Da ciò è evidente la necessità di considerare altre fonti di biomassa per alimentare un ipotetico impianto. Per questo motivo è anche stata considerate la biomassa agro-forestale (erbacee e colture agro-forestali).

I risultati dell'applicazione della formula descritta precedentemente per i residui agro-forestali sono riportati in Tabella 15. Vi è la quantità (t) totale di biomassa destinata ad uso energetico e la relative capacità energetica (kWh_{th}), entrambe per le colture annuali (erbacee) e per quelle permanenti (agro-forestali).

	Biomassa ad uso energetico	kWh_{th}
Colture annuali	87645	400723125
Colture permanenti per uso energetico	10289.5	50941007.3

Tabell 15: risultati della biomassa destinata ad uso energetico. Il totale è riportato per le colture annuali e per quelle permanenti.

La Figura. 36 mostra i risultati ottenuti dalla analisi multi criteri eseguita secondo logica fuzzy. L'intero territorio è stato suddiviso in zone in una scala di valori che va da 1 a 199: i valori corrispondenti ad 1 indicano zone a basso potenziale; quelli con 199, sono perfetti per fornire biomassa. Analizzando la distribuzione spaziale sul territorio, per quanto riguarda l'idoneità a produrre biomasse, abbiamo trovato una

buona capacità in termini di disponibilità di biomassa per sostenere una filiera agro-energetica nella Tuscia Romana.

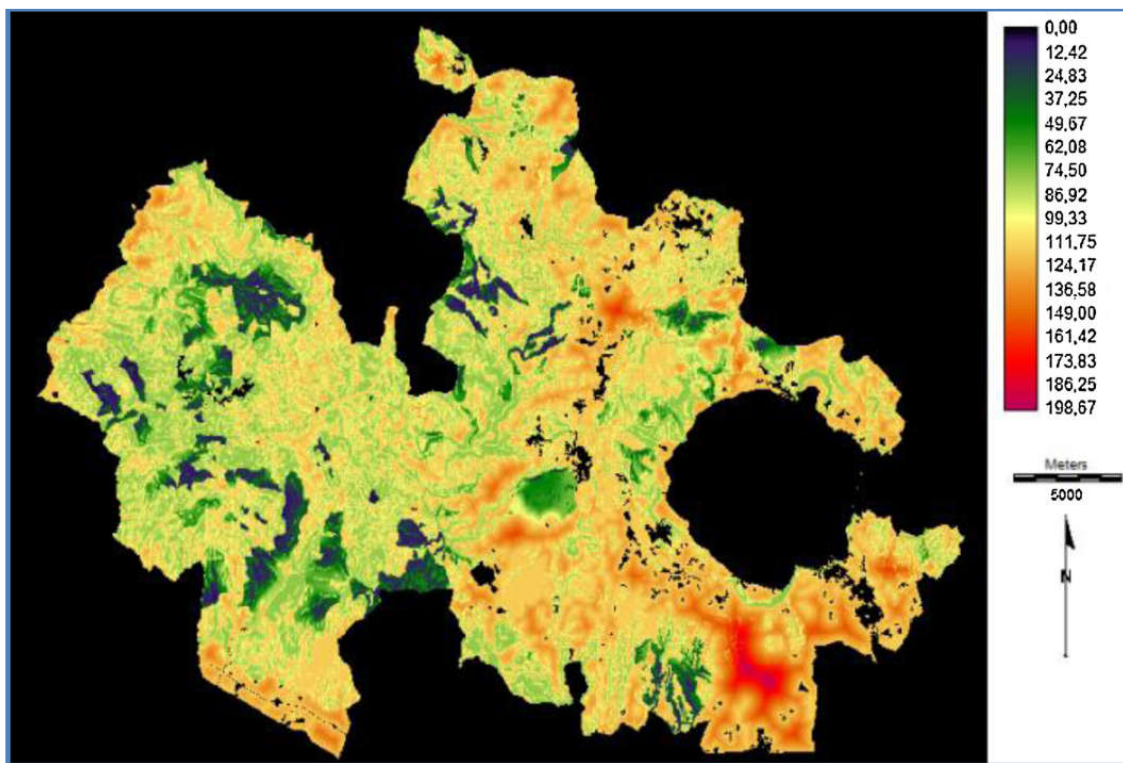


Figura 36: analisi multi criteriole: idoneità del territorio per la produzione di biomassa.

Nonostante l'area di studio sia caratterizzato da un ambiente collinare e un'alta densità di insediamenti urbani, oltre il 45% (324 km²) di tutta l'area possiede caratteristiche idonee per la produzione e per la raccolta della biomassa per impianti energetici. Questo risultato è dovuto a due fattori principali: una buona capacità per la produzione di biomassa nel sistema agroforestale e un'alta densità di strade che rende possibile la raccolta ed il trasporto all'impianto. Grazie all'alta densità di insediamenti urbani, la rete stradale segue una distribuzione omogenea sul territorio, per questo motivo la produzione e la raccolta di biomassa può essere impiegata per un uso efficiente dell'energia. La presenza di strade forestali, specialmente nelle foreste più produttive, consente la raccolta di una grande quantità di biomassa con un elevato potere calorifico. Tuttavia, un fattore limitante identificato è l'assenza di una pianificazione, relativa alla gestione delle foreste, che sia allineata tra tutti i Comuni della Tuscia Romana.

A differenza degli ambienti agricoli in cui la rotazione, e di conseguenza la raccolta, delle colture è prevista ogni anno, per le specie forestali, i tempi di taglio le dipenderanno da diversi fattori, quali: le specie, l'età, la gestione selvicolturale e la durata, in anni, del ciclo di raccolta.

Per tutti i comuni della Tuscia Romana, come risulta dalla figura 36, la disponibilità prevista di biomassa non è omogenea, presentandosi con una produzione in eccesso nel breve termine ed una carenza dopo il 2025. Ciò richiede una efficiente gestione futura per meglio organizzare l'uso delle foreste, in modo tale da avere una produzione costante nel tempo. Pertanto, tutti i comuni devono coordinare la gestione della loro superficie forestale in accordo con gli altri comuni della Tuscia Romana.

Per quanto riguarda l'individuazione delle zone più idonee per la localizzazione di un impianto di energia, la disponibilità di dati molto dettagliati per il territorio ha permesso l'individuazione di due aree all'interno della Tuscia Romana, ognuna delle quali supera due ettari. In questo caso il parametro principale considerato

nell'analisi è stato la distanza da strade, tenendo presente che, da un punto di vista ambientale ed economico, la distanza ottimale entro cui la fornitura della biomassa è conveniente, è pari a 20 km (Fig. 37).

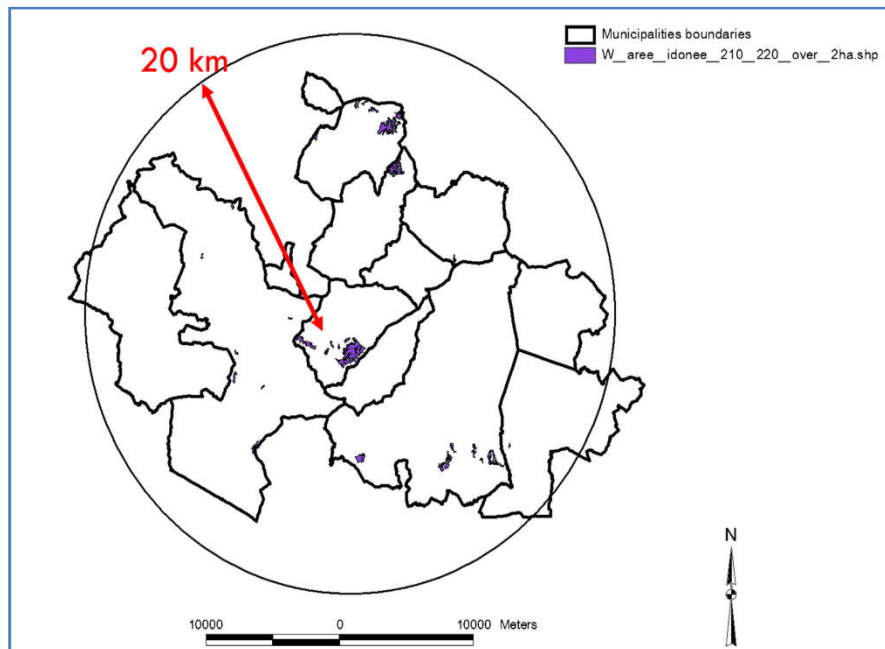


Figura 37: distanza ottima entro cui la fornitura di biomassa è conveniente.

3.6 Discussione e Conclusione

In conclusione, è possibile affermare che l'analisi multicriteriale (MCA), eseguita utilizzando la logica Fuzzy, rappresenta un potente strumento per lo studio del potenziale del territorio riguardo la produzione di biomassa. La maggior parte dell'area, in questo studio, risulta avere una quantità utile di biomassa che può essere utilizzata per scopi energetici (l'area segnalata con un valore oltre 100). Questa quantità di biomassa potrebbe essere maggiormente incrementata includendo nel distretto energetico anche le foreste private. Allo stato attuale della ricerca, sono state considerate soltanto le foreste demaniali perché la loro futura gestione, improntata ad un uso energetico, appare più realistica rispetto al settore forestale privato, che potrebbe non essere d'accordo con questo tipo di politica, anche perché, nel caso della gestione del bosco a fini energetici, le pratiche sono spesso più costose.

Uno dei fattori chiave limitanti della metodologia proposta è rappresentato dalla difficoltà nella raccolta dei dati, soprattutto per la produzione forestale; tuttavia il database nello studio di fattibilità di una filiera agro-energetica nel territorio è importante, in quanto influenza fortemente la disponibilità di biomassa: la conoscenza dell'area dipende, infatti, dalla qualità dei dati di partenza. Per questo motivo i dati Corine Land Cover sono stati combinati con quelli reperiti dalla B.I.C. Lazio, in particolare per i dati forestali.

Un altro aspetto importante nel definire la reale capacità del sistema agro-forestale di fornire biomassa per un impianto energetico, consiste nella pianificazione e nella compilazione di un database georeferenziato in grado di rilevare la complessità dei sistemi ambientali. Dati come la rete stradale, le piste forestali ed i parametri dendrologici e forestali sono spesso difficili da trovare ed è ancora più difficile richiederne l'acquisizione in un database GIS, soprattutto in termini di tempo.

Sulla base dei dati ottenuti dall'analisi effettuata in questo studio, può essere determinata la posizione ottimale di un impianto di filiera agro-energetica, il tipo di impianto e la fattibilità ambientale di questo (per esempio usando un approccio L.C.A.-Life Cycle Assessment).

3.7 Prospettive di filiera: l'ipotesi di un Partenariato Pubblico-Privato

Se da un lato il distretto agro-energetico rappresenta dunque un modello utile per il conseguimento di importanti obiettivi energetici ed ambientali in Italia, in Europa e nel mondo, dall'altro è fortemente legato allo sviluppo rurale (competitività delle zone rurali, reddito degli agricoltori, conservazione delle risorse naturali, riduzione dei cambiamenti climatici, coesione sociale). Il successo del distretto agro-energetico è dato da un efficiente partenariato che coinvolge il settore pubblico, ma anche quello privato (P.P.P.-Private Public Partnership). Tale partenariato dovrebbe soddisfare almeno tre condizioni: dovrebbero esserci benefici per il settore privato (ad esempio, generare un flusso di entrate redditizio o ampliare l'accesso al mercato); dovrebbero essere presenti vantaggi per il consumatore (ad esempio, la fornitura di servizi che la gente vuole e alla quale non avrebbe accesso allo stesso prezzo in un normale mercato, o il miglioramento dei servizi forniti); ed infine dovrebbero esserci benefici per il governo: come il compimento di una necessità politica, di un obbligo sociale, di uno sviluppo di importanza fondamentale.

A causa della regolamentazione politica dell'UE, i prezzi dell'energia e le campagne di sensibilizzazione per l'energia rinnovabile ed i benefici ambientali, sempre più Comuni stanno prendendo provvedimenti per migliorare l'efficienza e le competenze in materia energetica, in particolare cercando di incrementare l'uso delle energie rinnovabili e lo sfruttamento nel loro territorio, in collaborazione con le agenzie che forniscono l'energia e con il settore privato. Nel corso di questi ultimi anni, i Comuni stanno organizzando azioni nel campo delle energie rinnovabili e facendo accordi con le imprese private, cercando di diffondere una maggiore consapevolezza ai cittadini riguardo i benefici legati alle energie rinnovabili, coinvolgendo le associazioni cittadine in progetti comuni, cooperando con le associazioni industriali e con gli istituti di tecnologia per gli studi di fattibilità, per i corsi di formazione, e per le decisioni strategiche. Molto spesso, un distretto di energia rinnovabile si costituisce quando vi è una chiara e forte volontà politica di procedere da parte della amministrazione comunale. Il primo passo è, infatti, quasi sempre, la decisione del sindaco sostenuto dai suoi consiglieri a prendere parte in un'iniziativa di PPP per l'energia rinnovabile e ad apportare modifiche e miglioramenti nel Comune. Poi, le aziende private (gli impiantisti, gli installatori e i manutentori) vengono contattati per una gara di appalto per avviare il progetto.

fasi preliminari della realizzazione di un PPP

- Identificazione dei bisogni locali

Il primo passo nella preparazione di un PPP è la selezione della zona in cui sarà sviluppato il progetto per identificare gli obiettivi di copertura desiderati e le esigenze di servizio. L'amministrazione che ha concepito l'idea di un distretto agro-energetico dovrà effettuare un'analisi di settore e definire le azioni tecniche specifiche del progetto di PPP proposto. Una volta avuto il risultato dell'analisi di settore, l'amministrazione è in grado di determinare in quale misura esiste un ambiente favorevole per la PPP e quali attività sono richieste per creare un ambiente del genere. La diagnostica è importante al fine di: (a) di individuare i punti di forza e di debolezza del settore e le aree più promettenti per aumentare l'efficienza, (b) valutare regolarmente i progressi della riforma, e (c) modificare il programma di riforma come necessario.

- Ruolo delle parti interessate

All'interno di una PPP, posso presentarsi una vasta gamma di controversie tra le parti interessate. Questo è in parte dovuto ai molti soggetti coinvolti nel processo ed alla conseguente difficoltà di conciliare i loro interessi e le loro preoccupazioni. Inoltre, troppo spesso i soggetti interessati non sono stati adeguatamente consultati o non sono abbastanza impegnati nel processo. La consultazione è sempre più importante per diverse ragioni. Innanzitutto una consultazione inadeguata o mancanza di comunicazione con le parti interessate aumenta il rischio di opposizione, che può potenzialmente allungare il processo, portando a ritardi

o addirittura alla cancellazione dello stesso. Inoltre, le parti interessate sono fondamentali per la sostenibilità di una PPP. Inoltre, anche nel caso di successo di una PPP, le difficoltà ed il rischio per il progetto aumentano drasticamente se il sostegno pubblico non è presente. Le parti interessate forniscono un prezioso input per la progettazione e la praticità di un approccio. Permettere alle parti interessate di commentare le strategie della PPP permette un approccio più semplice ed innovativo. La diffusione delle informazioni porta ad una maggiore credibilità dei partner del progetto.

Nonostante questi motivi validi, alcuni enti pubblici vedono rischioso il processo di consultazione pubblica sia perchè potrebbero esserci aspettative che non possono essere soddisfatte, sia per il rischio di perdere il controllo del flusso di informazioni, o per il pericolo di non essere in grado di conciliare le differenze, o ancora perchè l'informazione potrebbe alimentare l'opposizione. Tali rischi sono facilmente controbilanciati dai vantaggi della comunicazione e dal ruolo cruciale che questa svolge nella costruzione di sostegno e di comprensione all'interno della PPP. Ogni ruolo è fondamentale, ma le parti interessate specifiche avranno interessi diversi che influenzeranno il modo in cui tali parti si avvicinano al loro ruolo. Ci deve essere quindi un processo di consultazione per riconciliare le priorità tematiche, portando ad un ampio accordo sugli obiettivi di PPP. La Tabella 16 elenca i ruoli delle parti nel processo di PPP.

Stakeholders	Role
Political decision maker	Establish and prioritize goals and objectives of PPP and communicate these to the public Approve decision criteria for selecting preferred PPP option Approve recommended PPP option Approve regulatory and legal frameworks
Company management and staff	Identify company-specific needs and goals of PPP Provide company-specific data Assist in marketing and due diligence process Implement change
Consumers	Communicate ability and willingness to pay for service Express priorities for quality and level of service Identify existing strengths and weaknesses in service
Investors	Provide feedback on attractiveness of various PPP options Follow rules and procedures of competitive bidding process Perform thorough due diligence resulting in competitive and realistic bidding
Strategic consultants	Provide unbiased evaluation of options for PPP Review existing framework and propose reforms Act as facilitator for cooperation among stakeholders

Tabella 16: The PPP implementation in the Italian target area, on the basis of the gained experience

Le parti interessate

In alcuni casi irrapporti all'interno del PPP restano controversi. Questo è dovuto ai molti soggetti coinvolti nel processo e alla conseguente difficoltà di conciliare i loro interessi e le loro preoccupazioni. Inoltre, troppo spesso i soggetti interessati non sono stati adeguatamente consultati o impegnati nel processo.

La zona della Tuscia romana potrebbe essere favorita nei confronti dell'avvio di una PPP, grazie alla presenza del Gruppo di Azione Locale (G.A.L.). Si tratta di un'associazione tra partner pubblici e privati, la cui forma giuridica è disciplinata dagli articoli 14-35 del Codice Civile ed è costituita come G.A.L., secondo il Programma Regionale Leader di 2007-2013 approvato dal regolamento CE/2008/708. Il P.S.L. (Piano di Sviluppo Locale), approvato dal GAL della Tuscia romana, racchiude le Linee guida di una strategia pilota di Sviluppo integrato e sostenibile, fondato proprio su un partenariato rappresentativo, imperniato sul tema centrale dell'identità del territorio, e costruito sulla base di una analisi della situazione e dei fabbisogni dell'area di riferimento.

Nella tabella 17 sono riportati i membri del GAL

Municipal	Body	Company	Bank
Allumiere	Provincia di Roma	Allumiere agrarian association	Rome Cooperative Credit Bank (CCB)
Anguillara Sabazia	Bracciano and Martignano Natural Regional Park	Bassano Romano agrarian association	Formello e Trevignano Romano CCB
Barbarano Romano	Viterbo Province	Rome Cooperative Confederation	Barbarano Romano CCB
Bassano Romano,	Marturanum Sub-urban Park	Lazio Regional association Cooperatives and National Health Found	
Bracciano		Bracciano's Lake Consortium	
Canale Monterano		Bracciano Environment	
Manziana		Viterbo Chamber of Commerce	
Oriolo Romano		Rome Companies Craft Confederation	
Tolfa			
Trevignano Romano			
Vejano			
Villa San Giovanni in Tuscia			

Table 17: sono riportati i soci presenti all'interno del GAL in questione.

Sostanzialmente, la zona di studio della Tuscia Romana si presenta caratterizzata da una quantità utile di biomassa che può essere utilizzata per scopi energetici. Come già descritto nei precedenti capitoli, questa quantità di biomassa potrebbe essere incrementata, considerando ed includendo nel distretto energetico anche le foreste private. Considerando però che normalmente, per un partenariato, l'iniziativa parte dalle amministrazioni, in questa ricerca, è stata considerata soltanto la superficie forestale demaniale.

Sono presenti in Italia alcuni esempi virtuosi di distretto agro-energetico, come le realtà della regione Molise. A livello comunale sono presenti, anche se in maniera non molto diffusa, esperienze positive in materia di biomassa, questo grazie anche all'adesione di molti Comuni al Patto dei Sindaci. Queste piccole realtà virtuose sono gli esempi di pubblico interesse di un nuovo approccio di sviluppo. La maggior parte delle iniziative pubbliche che utilizzano biomassa, consistono nella sostituzione delle caldaie tradizionali con tecnologie più innovative (grazie anche alle recenti incentivazioni concesse per l'energia termica – GSE, 2014). Sono tuttavia ancora rari i casi che propongono lo sviluppo delle filiere locali per la produzione di biomassa come azione virtuosa, che intendono promuovere il riutilizzo dei trucioli di legno (ad esempio, nocciolino di oliva e la potatura residui) da utilizzare per il riscaldamento invernale degli edifici.

Tuttavia è probabile che questo tipo di realtà virtuose non potranno sussistere finché non vi sarà anche un mercato per questo settore, rendendo così possibile avere prezzi competitivi rispetto al petrolio, gas, carbone e carbonio.

Lo sviluppo di questo mercato dovrebbe inoltre essere collegato allo sviluppo di una coscienza di filiera, allo stato attuale ancora non concepita, ma all'interno della quale esiste una rete di relazioni sociali, ma anche e soprattutto una rete negli studi effettuati. Ricordiamo le lacune di dati che abbiamo riscontrato nel nostro studio, dati che, al contrario, dovrebbero essere la base di un efficace studio energetico, che stenda le fondamenta per un altrettanto efficace rapporto tra le parti. Per questo motivo sono indispensabili adeguate figure professionali, per sostenere le amministrazioni pubbliche, sia in campo tecnico che nella divulgazione scientifica collettiva.

Fondamentale infine è il coinvolgimento di tutti gli attori locali, soprattutto del settore privato (agricoltori, cittadini, ecc ..), questo perché il sostegno pubblico è fondamentale per il successo di PPP. Sarebbe dunque importante all'interno di un approccio di filiera organizzare incontri divulgativi, ma anche dare la possibilità di poter prendere parte attiva al partenariato, presentando idee o alternative di sviluppo. In molti Paesi europei sono stati coinvolti soggetti privati, grazie alla presentazione di appositi questionari basati sul metodo di indicatori culturali. Grazie a questi metodi è stato possibile conoscere in maniera ancora più

efficace il territorio e la sua cultura, e definire dunque un approccio di filiera maggiormente rispettoso del bene comune e della sostenibilità sociale, oltre che economica ed ambientale.

In conclusione, per quanto riguarda la creazione di una filiera agro-energetica nella Tuscia romana, così come in altri paesi, sono fondamentali i seguenti aspetti: i) l'organizzazione in un PPP per avviare la filiera è efficiente sia per il settore pubblico sia per il privato; ii) l'organizzazione di un PPP ridurrà il rischio connesso con il modello di business per il privato da un lato, e la controparte pubblica avrà minori costi per il servizio dall'altro lato; iii) la selezione del partner pubblico, ma anche dei partners privati, deve basarsi su motivazioni chiare e su una campagna di comunicazione, che in alcuni casi potrebbe essere molto costosa e non utile, se svolta in maniera non adeguata (infatti la promozione di un progetto di bioenergia in un territorio comunale richiede numerosi incontri con la popolazione per spiegare meglio i vantaggi e gli svantaggi di questo tipo di nuova fonte di energia); iiiii) per attuare una PPP ed il conseguente approccio di filiera è fondamentale la conoscenza del territorio, sia nelle caratteristiche fisiche (influenza la disponibilità di biomassa), sia nella natura delle parti interessate; iiiiii) risulta fondamentale dunque una specifica competenza tecnica negli studi ed un cosciente processo iterativo, che si basa sul feedback dal mercato e che garantisca l'accessibilità del progetto in ogni fase di progettazione, nonché la facilità comprensiva per tutti i soggetti coinvolti e non.

4 – Caso di studio Costa Rica

4.1 Il settore energia in America centrale

La regione dell'America Latina è ancora distante dal raggiungere il pieno accesso all'energia elettrica per tutte le famiglie della popolazione: circa il 6% della popolazione (29 milioni di persone), soprattutto nelle aree rurali, infatti, non ha ancora accesso all'elettricità. Inoltre, il 14% della popolazione di questa area utilizza le tradizionali fonti di biomassa per il riscaldamento e la cottura (legna da ardere). I paesi che attualmente stanno adottando misure per aumentare la copertura della rete elettrica sono Perù, Messico e Nicaragua; l'obiettivo principale di questi Paesi è quello di aumentare la copertura di energia elettrica nelle zone rurali, andando ad incrementare il collegamento alla rete esistente o generando energia elettrica in aree separate dalla rete.

I paesi dell'America centrale hanno livelli di sviluppo e tassi di crescita della popolazione molto diversi gli uni dagli altri. Il problema è rappresentato dal fatto che la regione sta mostrando sempre di più la dipendenza dalle importazioni di combustibili fossili, con quantitative del 45% di energia primaria e del 70% di energia secondaria, generati da tali fonti.

Questi alti tassi di consumo hanno un impatto sulle economie dei paesi a causa dei loro prezzi elevati, così come sugli aspetti sociali, ambientali e globali dei cambiamenti climatici. L'alternativa a questo scenario è quello di promuovere l'uso di fonti di energia rinnovabili con vantaggi comparativi, come riduzione delle emissioni di gas serra e relativi miglioramenti nei servizi ecosistemici.

Nonostante questi alti tassi di consumo, la regione non è isolata dall'agenda globale per l'energia rinnovabile, in quanto la maggior parte dei Paesi al suo interno stanno sviluppando progetti di energia rinnovabile, in particolare eolica, solare ed idroelettrica. È proprio questi il caso dei progetti solari su larga scala, iniziati in 2012 in Nicaragua e Costa Rica; quest'ultima ha inoltre avviato importanti progetti eolici in numerosi siti. Si tratta di macro-progetti condotti dai due governi; tuttavia, esistono, a scala più piccola, anche impianti domestici e di riscaldamento solare dell'acqua. Importante è inoltre lo sviluppo di energia idroelettrica in Costa Rica, che contribuisce a renderla completamente *green* dal punto di vista energetico.

Anche se l'immagine di questi Paesi, così descritta, potrebbe sembrare molto incoraggiante, i problemi persistono; primo tra questi l'uso inefficiente di legna da ardere per la tradizionale cottura del cibo, che genera gravi ripercussioni sulla salute.

Attualmente l'uso della biomassa per la conversione di energia non è ancora stato sufficientemente considerato dalla regione, e gli sforzi della ricerca scientifica in tal senso e sull'uso efficiente della biomassa sono ancora pochi e mal integrati. I governi, come già accennato, sono infatti impegnati nello sviluppo di progetti per la generazione di energia solare, eolica ed idroelettrica, che, tuttavia, non consentono un completo sviluppo del potenziale di energia rinnovabile della regione.

Appare evidente, quindi, che la regione centroamericana deve superare molti limiti, al fine di apportare modifiche al suo settore energetico (Dolezal et al 2013):

- creare una copertura completa per l'energia in tutti i paesi, garantendo l'accesso per le aree rurali che ancora non l'hanno. Questo dovrebbe essere fatto promuovendo l'uso di fonti rinnovabili, di nuove tecnologie e nuovi approcci.
- Avviare un cambiamento nella matrice di energia per ridurre il consumo di combustibili fossili nella regione. Per questo, le strategie devono essere ricercate in tutti i settori, in modo da utilizzare tecnologie che possono trarre vantaggio da tutte le fonti di energia rinnovabili disponibili.
- Arrestare l'uso non sostenibile di legna da ardere per cucinare e per riscaldarsi. Questo comporta l'affrontare due questioni fondamentali: i) l'accesso all'energia, e ii) lo sviluppo di strategie per cambiare le fonti e le forme di gestione della legna da ardere.
- Il settore dei trasporti è tra quello che consuma più combustibile fossile e, per questo motivo, devono essere trovate strategie che ne diminuiscano l'uso, compresa la diversificazione dei combustibili nel settore, cambiando le abitudini di utilizzo e definendo le riforme per migliorare l'efficienza nel trasporto pubblico.

Per quanto riguarda l'accesso all'energia elettrica, i dati dell'ECLAC 2013 mostrano che il paese con la più alta copertura di energia elettrica nella zona rurale è il Costa Rica, con una copertura del 90% dal 2000 al 2011. Gli altri paesi della regione hanno tra il 60% e il 50% della copertura elettrica. Questo problema suggerisce che ogni paese ha molte differenze di contesto, il che suggerisce che è necessario studiare bene caso per caso.

4.2 Potenzialità di biomasse in Costa Rica

La Costa Rica è, quindi, un luogo ricco di risorse naturali rinnovabili che potrebbero essere utilizzate a finalità energetica; attualmente, le basi della produzione di energia elettrica provengono per il 95% dall'energia idroelettrica, ma, parallelamente c'è anche un grande uso di petrolio, in particolare nel settore dei trasporti.

Nel 2010 la dipendenza del petrolio è aumentato fino a 64,4% del consumo di energia commerciale; il consumo di energia commerciale è di circa il 22,8%, quello della biomassa del 10,8% e dalle altre risorse circa del 2,0%.

Il consumo di energia commerciale nel 2010, è suddiviso in questo modo: il settore dei trasporti è responsabile del maggiore consumo (52,1%), seguito al settore industriale (25,2%) e da quello residenziale (10,5%). Questi tre settori hanno assorbito l'87,8% dell'energia totale in Costa Rica. Lo sviluppo di fonti energetiche rinnovabili (solare, eolico, geotermico, biomasse) per migliorare questa condizione è un'opzione che non è del tutto sperimentata, fatta eccezione ovviamente per l'idroelettrica, la geotermica e l'eolica, che sono già in uso per la produzione di energia elettrica. In questo contesto, la risorsa

biomassa (legno, rifiuti vegetali, biogas), ancora non bene esplorata, racchiude un grande potenziale energetico.

4.3 Panorama energetico nazionale

La questione dell'energia rinnovabile in Costa Rica ha concentrato fin ora gli sforzi su un lento processo di produzione di energia elettrica basata sul potenziale idroelettrico. Sono state individuate 34 aree di possibile sviluppo ed alla fine ipotizzati 19 progetti idroelettrici, elencati nella tabella 18:

Watershed	N° Projects	MW Identifiedby ICE	MW Identifiedby Private Sector
Térraba	9	1,078.4	19.9
Sixaola	16	1,055.3	0
Reventazón	15	549.8	16.6
San Carlos	31	0	39.7
Pacuare	4	231	0
Tárcoles	22	307.	13
Savegre	8	386.6	0
Chirripó	10	136.3	28.3
Matina	4	344.3	0
Sarapiquí	14	80	30.2
Naranjo	2	118.4	0
Río Esquinas	7	0	38.1
Barranca	3	40	20
Zapote	5	0	17.7
Bebadero	4	0	15
Tempisque	2	0	0
Río Frío	1	0	6.7
Parrita	7	35.2	20
Abangares	1	0	0.6
Total	174	4,362.6	265.8

Table 18: Hydroelectric projects identified Source: DSE

Questa è una lista dei progetti individuati; tuttavia, alcuni di questi ricadono in zone boschive, dove si trovano comunità indigene, ed altri in aree dedicate al turismo. Pertanto, non è possibile fare uso di tutto il potenziale a causa dei possibili effetti negativi sull'ambiente o dei problemi sociali con le comunità. Un altro fattore da considerare è l'esposizione alle variazioni del ciclo idrologico, come quelle che si verificano con i fenomeni meteorologici come El Niño.

Per il settore politico, il problema è generalmente diviso tra la produzione di energia elettrica e la vendita e la raffinazione del petrolio. Pertanto, in materia di politiche e incentivi per l'energia alternativa, il focus è stato incentrato sulla produzione di energia elettrica e sulla sua diversificazione nelle fonti come l'eolico, il solare ed il geotermico, senza considerare fin ora la biomassa e il suo possibile contributo alla diversificazione energetica nazionale.

Le leggi che regolano i prezzi per i servizi di pubblica utilità (elettricità, acqua, trasporti pubblici, ecc) in Costa Rica sono regolate dall'Autorità di Vigilanza dei Servizi Pubblici (acronimo spagnolo ARESEP). Per quanto riguarda i sottosettori, il ruolo di ARESEP è quello di regolare i prezzi tra i concorrenti private, l'ICE e i singoli consumatori. Le istituzioni pubbliche elettriche devono affrontare due problemi principali di investimento: il primo è rappresentato dalla formula di calcolo, stabilita dalle leggi, che limita le loro opportunità di ottenere fondi da investire, il secondo è costituito dal fatto che per ottenere crediti per poter fare investimenti vi è la necessità di chiedere fondi agli istituti finanziari all'estero del paese.

Il processo attraverso il quale i fornitori vendono la loro energia alla rete nazionale è regolata sempre dall'ARESEP. Le tariffe si basano su una valutazione dell'energia venduta in base al costo evitato da ICE. Si

tratta di una questione controversa, tuttavia, ci sono molti tentativi per stabilire tariffe competitive a lungo termine entro la SEN.

4.4 Bioenergie

La Costa Rica ha attuato un certo numero di politiche e azioni che mirano a realizzare un'economia a basse emissioni di gas serra. Tra gli sforzi nei settori quali la silvicoltura e l'agricoltura sono state trovate alcune lacune informative che richiedono indagini; le lacune rilevate includono la valutazione del potenziale energetico delle biomasse ligno-cellulosiche, un compito al quale dovrebbe essere dato uno spazio maggiore.

Inoltre, la Costa Rica, tra gli impegni presi, vuole essere *carbon neutral* entro il 2021 (<http://cambioclimaticocr.com/>) e per raggiungere tale obiettivo il Paese deve superare alcuni ostacoli, tra i quali: a) la dipendenza dalle fonti energetiche esterne (80% di energia generata da petrolio e derivati è importata) e b) le inefficienze nel consumo di carburante e di energia elettrica (infrastrutture stradali, industriali e abitudini di consumo delle famiglie). Questo è il motivo per cui diversi istituti di ricerca stanno valutando le varie fonti ed il loro potenziale per il settore dei trasporti, nonché per i processi di riscaldamento nelle industrie e nelle abitazioni.

La biomassa come fonte di energia ha diverse caratteristiche che sono vantaggiose per vari settori, come l'industriale, il trasporto e la produzione di energia, tra cui: a) un ciclo di emissione che è praticamente neutro, in quanto la biomassa che viene bruciata viene anche ripiantata e può sequestrare di nuovo carbonio, b) non è necessario importarla, in quanto viene prodotta nel paese, e c) è in grado di generare dinamica economica alternativa nelle zone rurali, in quanto può essere considerata la produzione di biomassa dagli scarti delle lavorazioni nei settori agricolo e forestale.

4.5 Materiali e Metodi

4.5.1 Il territorio agricolo e forestale

La tabella 19 mostra l'ammontare della maggior parte delle produzioni agricole tra il 2009 e il 2012.

Industrial crops	5,306,998	5,503,989	5,172,446	6,067,064
Coffee	481,067	511,428	526,753	658,346
Sugarcane	3,635,409	3,734,732	3,418,193	4,005,752
Oil palm	897,750	985,800	1,050,000	1,111,250
Orange	277,488	252,000	159,406	280,000
Heart of palm	12,100	16,813	14,850	9,000
Coconut	800	800	800	800
Cacao	650	665	690	700
Macadamia	632	632	638	139
Pepper	1,040	1,040	1,040	1,040
Tobacco	62	79	76	37
Fresh fruits	3,695,465	4,267,767	4,607,390	4,834,226
Banana 1/	1,588,742	1,844,544	1,937,122	1,948,869
Pineapple	1,682,043	1,976,755	2,268,956	2,484,729
Cantaloupe	198,565	198,921	160,810	132,017
Watermelon	48,692	49,708	44,440	52,383
Plantain	60,000	90,000	90,000	80,000
Mango	38,617	38,542	39,224	45,168
Papaya	64,160	64,800	60,800	80,000
Strawberry	4,620	3,720	4,690	4,860
Lychee fruits	10,026	777	1,348	6,200

Basic grains	292,436	299,367	313,189	245,871
Rice in husk	259,656	267,772	278,975	214,279
Corn	23,860	18,765	18,501	17,323
Beans	8,920	12,830	15,713	14,269
Vegetables	232,566	206,026	215,281	217,805
Potato	74,608	55,711	59,958	69,316
Onion	35,390	34,940	36,764	35,365
Tomato	61,708	51,615	60,895	51,076
Chayote	24,200	24,200	21,296	23,520
Carrot	36,660	39,560	36,368	38,528
Tropical tubers	234,815	185,697	252,764	201,912
Cassava	178,927	130,150	195,100	147,375
Yam (Ñame)	28,674	29,580	29,580	29,580
Taro (Tiquisque)	15,850	14,493	15,428	11,692
Taro (Ñampí)	5,639	5,701	5,493	5,502
Yam(Yampí)	2,903	2,340	2,360	2,360
Ginger	1,499	1,690	1,703	1,703
Sweet potato	479	630	1,000	1,000
Taro (Malanga)	845	1,113	2,100	2,700
Total	9,762,281	10,462,845	10,561,069	11,566,878

Table 19: Annual agricultural production in Costa Ricain metric tons 2009-2012 Source: SEPA 2013

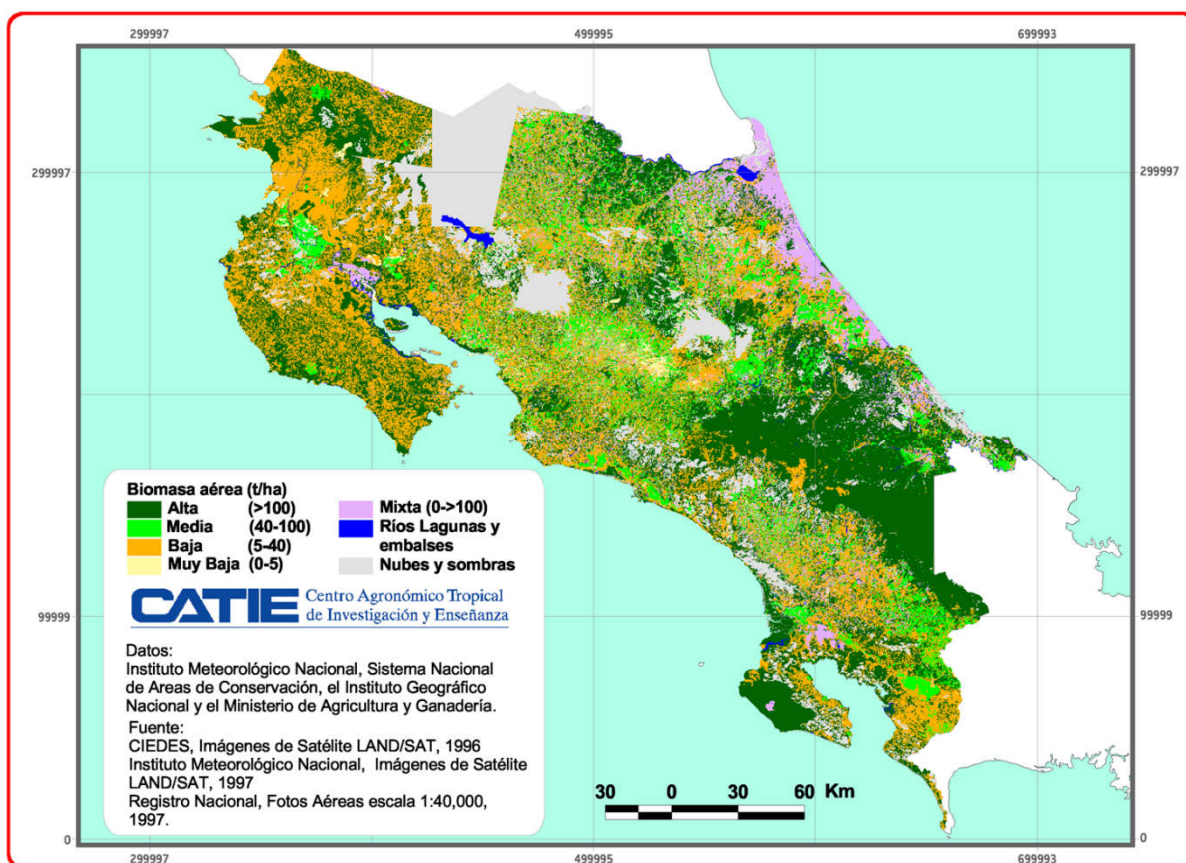


Figura 38: carta della vegetazione del Costa Rica (Imbach, 2005).

La mappa (Fig. 38) prodotta dimostra che gli ecosistemi di forestali naturali e di mangrovie sono i siti con le più elevate concentrazioni di biomassa, mentre le colture poliennali e le colture perenni hanno valori intermedi. D'altra parte, le colture annuali, i pascoli, le macchie e contenuto di biomassa più bassi (Imbach et al 2005).

Anche se gli ecosistemi forestali sono quelli con il più alto potenziale di biomassa residuale secondo il Imbach et. al2005, alcune delle aree sono protette, ed in queste zone la gestione forestale estrattiva non è permessa. Colture che coprono vaste aree come la canna da zucchero, il caffè, il banano e la palma da olio apportano un notevole contributo alla quantità di biomassa che è possibile considerare.

Il contributo più importante è costituito dalla posizione geografica delle concentrazioni di biomasse di scarto, che permette di valutare gli aspetti decisionali per la gestione di queste risorse e per il loro impatto territoriale, individuando le aree ad alto potenziale di sfruttamento che, al contrario, non sono attualmente utilizzate.

Biomasse agricole

Riso

In scala industriale la lavorazione del riso genera diversi tipi di biomasse di catalogati come sottoprodotti:

- Buccia di riso
- Semolino
- Crusca di riso
- broken rice

Dei quattro residui sopra elencati, l'unico che ha applicazioni energetiche è buccia di riso. Questo sottoprodotto viene generato nel processo di pulitura del riso. L'industria comunemente lo utilizza come combustibile per generare calore per l'essiccazione del riso nelle industrie (DSE 2006). Vi è inoltre già un'industria che lo utilizza per generare anche energia elettrica (Compañía Arrocera industrial, Barahona 2009).

Ai fini di questa ricerca, dobbiamo capire il concetto del fattore equilibrio, che è sostanzialmente il rapporto tra il numero di tonnellate di produzione vegetale e il numero di tonnellate di rifiuti prodotti dalla stessa coltura. Nel caso del riso, Connarroz et al. definisce questo rapporto compreso tra 0.21 (t) o 0,2317 (t). Per il calcolo del potenziale, viene usato il primo fattore perché è il più accettato dagli esperti.

Attualmente, la produzione di picco di questo sottoprodotto si ha nei mulini durante i mesi in cui viene lavorato il raccolto nazionale (Luglio ed Agosto). Questo materiale trova corrente uso in:

- processo di essiccazione
- Cibo per animali
- fertilizzante

La tabella 20 fornisce le caratteristiche chimico-fisiche delle bucce di riso.

Chemical Properties		
<i>Characterization tests</i>	<i>Theoretical value</i>	<i>Practical value</i>
1. Immediate Analysis		
Volatile material	64.7(db)	ND
Fixed carbon	15.7(db)	ND
Ash	19.6 (db) (2)	22.5% (4)
2. Chemical Analysis/ Elemental		
Carbon	38.7(db)	NA
Hydrogen	5 (db)	NA
Nitrogen	0.5 (db)	NA
Sulfur	0.1(db)	NA

Chlorine	NA	NA
Phosphorus	NA	NA
Oxygen(*)	36 (db)	NA
3. Analysis of Ash		
Potassium	2.10% (5)	0.30% (db)
Sodium	0.11% (5)	0.02% (db)
Silicon	94.1% (5)	NA

Source: Alvarado R, Gloriana, Villalobos G. Ana Catalina, Determination of biomass resources in Costa Rica, November 2011.

(1) Calculated on a dry basis (db)

(2) NA: not applicable, ND: not detectable

Table 20: Chemical properties of rice husk

Caffè

La produzione di caffè in Costa Rica è, da sempre, una delle attività economiche più importanti del paese. La coltivazione di questa coltura è iniziata intorno al 1808 e gradualmente è diventata un sostentamento per molti costaricani, ma anche un prodotto di esportazione di grande rilevanza. Attualmente è prodotta in Coto Brus, Los Santos, Perez Zeledon, Turrialba, Valle Central, Vallès Occidental e la Zona Nord. Il processo di lavorazione caffè è industrializzato, con 184 aziende in tutto il paese. La fresatura del caffè produce diversi sottoprodotti tra cui bucce, polpa e mucillagine. Tali rifiuti hanno la caratteristica di essere in grado di generare energia in forme diverse.

Secondo i dati forniti da INFOAGRO (www.infoagro.go.cr), la produzione annuale di caffè per il periodo 2008-2012 mostra una produzione media di 538,142.22 tonnellate all'anno.

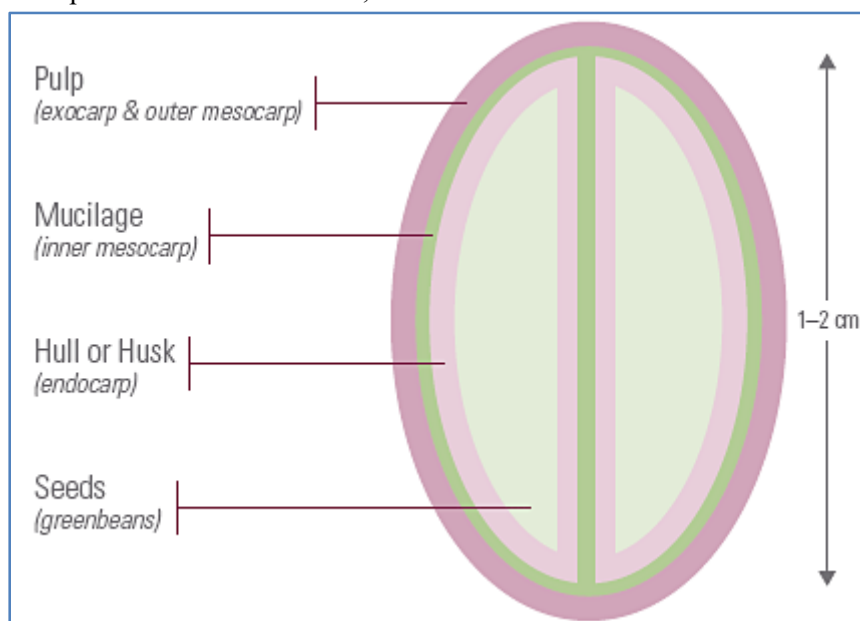


Figure 38.1. Coffe bean components

Buccia

La buccia (pulp) è ottenuta principalmente dal processo di rimozione dell'esocarpo e del mesocarpo (quando i chicchi sono asciutti, la buccia viene rimosso); non è inquinante e, poiché ha un valore energetico calorifico simile a quello della legna, è normalmente bruciata nei forni degli essiccatoi per asciugare il caffè bagnato. Pertanto, si tratta di un sottoprodotto utilizzato per fornire un beneficio economico non inquinante. Circa il 90% di questo residuo viene utilizzato nella produzione di calore per essiccare il prodotto. Grazie alle sue caratteristiche fisiche come basso contenuto di umidità (11,00%) e potere calorifico inferiore di 17.93 (MJ/kg), la buccia di caffè è un prodotto eccellente per uso energetico. Il fattore di equilibrio di massa di questo residuo è pari a 0.043.

Mucillagine

La mucillagine è generalmente derivante dal processo di fermentazione e si stacca meccanicamente per permettere il lavaggio del chicco.

Questo per prodotto ha un elevato contenuto di umidità, pari al 81,00%, ed il suo potere calorifico raggiunge i 15.88 (MJ/kg); il fattore di bilancio di massa per questo tipo di biomassa è 0,156. La produzione di mucillagine per il periodo 2008-2012 è stata di 15,950.54 tonnellate di biomassa secca, in media, per un contributo di 253,29 TJ di energia.

In generale, i sottoprodotti polpa e mucillagine vengono scartati durante la lavorazione del caffè e il loro smaltimento è un problema ambientale (che sono in gran parte eliminati); essi, quando vengono scartati con la acqua di lavaggio, sono responsabili dell'inquinamento delle acque (in termini di domanda chimica di ossigeno o COD) (Rodriguez Valencia, nd). Quindi vi è la necessità di trovare alternative di smaltimento sostenibile e un loro impiego.

Banana

Nel caso del settore della produzione di banane, sono stati identificati due tipi di biomassa; il primo è costituito dalle bucce delle banane che vengono utilizzate principalmente nell'industria alimentare. Le bucce hanno un interessante potenziale energetico ed attualmente sono utilizzate negli stabilimenti di lavorazione; tuttavia, alcune industrie stanno già cominciando a valutare altri potenziali modi per sfruttarle. Il secondo dei rifiuti è il rachide delle banane (pinzote), che viene concentrato attualmente nei siti delle piantagioni e utilizzato per reintegrare le sostanze nutrienti nel terreno o per l'alimentazione del bestiame.

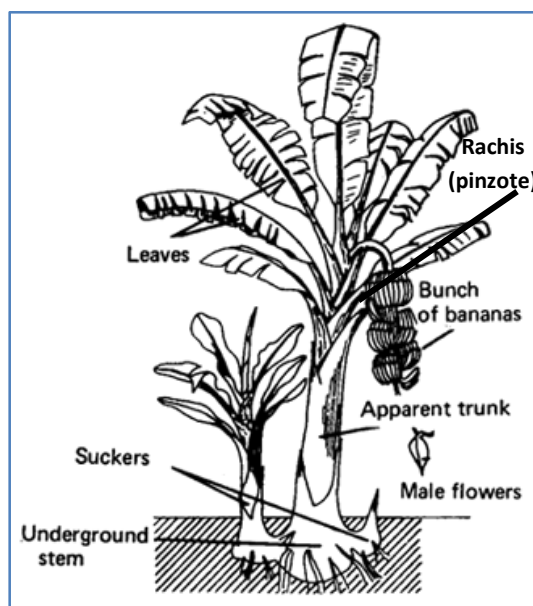


Figure 39: Parts of the banana plant.

Le proprietà chimiche sono riportate nella tabella seguente:

Chemical Properties		
Characterization tests	Theoretical value	Practical value
1. Immediate analysis		
% Volatiles	NA	NA

Fixed carbon	NA	NA
Ash (%)	NA	31.1 (1)
2. Elemental analysis (2)		
S	0.32	NA
Cl	NA	NA
N	1.52	NA
P	0.27	NA
Ca	0.40	NA
Mg	0.10	NA
Fe	0.19	NA
Cu	0.011	NA
Zn	0.023	NA
Mn	0.15	NA
B	0.021	NA
3. Analysis of Ash		
Na (% p/p)	NA	0.02 (1)
K (% p/p)	14.6(1)	11.9 (1)
Si (% p/p)	NA	0.57(1)

Source: Alvarado R, Gloriana, Villalobos G. Ana Catalina, Determination of biomass resources in Costa Rica, November 2011.

(1) Calculated on a dry basis.

(2) NA: not applicable

Table21:Chemical properties of banana rachis

Questi rifiuti hanno alto contenuto di umidità, così che le tecnologie di conversione devono essere in grado di gestire questi livelli in modo efficiente. La tecnologia di digestione anaerobica è in fase di sperimentazione sulle bucce di banana.

Al fine di poter sfruttare il potenziale secco di questi rifiuti per qualche processo di combustione, ci deve essere un processo di essiccazione con un flusso stabile di calore sufficiente per permettere l'evaporazione dell'acqua in modo che il processo di combustione successiva possa essere soddisfacente. Ciò imporrebbe costi troppo elevati sul processo di conversione che in linea di principio fa il processo di combustione un'alternativa finanziariamente poco attraente.

Canna da zucchero

La storia della produzione della canna da zucchero in Costa Rica risale al periodo coloniale. Il settore ha attraversato diverse fasi di cambiamento nei processi di lavorazione dal più artigianale al più tecnologico, con la comparsa di massa di zuccherifici nel 1925. Nel 1950, gli zuccherifici hanno cominciato a crescere e la produzione di canna da zucchero si è espansa, di conseguenza, in aree in cui non era stata precedentemente coltivata.

La produzione di canna da zucchero ha mercati nazionali ed internazionali, ed i prodotti includono zucchero greggio e bianco o raffinato e zucchero marrone. I sottoprodotti comprendono:

- Melassa: viene prodotta nel processo di fabbricazione dello zucchero. Il suo utilizzo principale è l'alimentazione animale; un'altra applicazione è nella produzione di alcol.
- Filtercake (cachaza): viene prodotto prima che i succhi della canna siano evaporati. Questi vengono separati dai solidi che formano attraverso un processo pulizia; oggi è utilizzato come fertilizzante.
- Bagassa: viene generato durante la macinazione della canna per l'estrazione del succo; il suo utilizzo principale è come combustibile per la generazione di energia elettrica nelle caldaie degli zuccherifici.

In generale, tutti i sottoprodotti o rifiuti menzionati hanno un potenziale contributo energetico; tuttavia, essi hanno anche usi che competono con qualche possibile applicazione. Come abbiamo detto, la bagassa è il residuo con il maggior potenziale per diventare una fonte di energia.

Altri rifiuti generati nel ciclo di produzione di zucchero sono "residui delle lavorazioni di campo" (CFR). Attualmente, la gestione di tali residui consiste nel bruciarli in situ prima della raccolta; questa pratica si traduce in una perdita di potenziale di CFR.

I settori ambientali si oppongono a questo tipo di gestione, a causa della quantità di CO₂ che viene rilasciata nell'ambiente. Un altro fattore è che a causa della crescita della popolazione, i campi di canna si trovano vicino le città, e questo può implicare problemi respiratori.

In generale, il settore dello zucchero in Costa Rica è consapevole dei vantaggi associati all'utilizzo di residui di biomassa nella produzione di energia, perché aggiungono un significativo risparmio nella loro gestione e conducono all'indipendenza energetica del settore.

Nonostante i progressi nell'uso di questi residui, ci sono ancora attività in sospeso per massimizzare il potenziale di generazione di energia del settore, come ad esempio la realizzazione di piantagioni forestali a fini energetici, e il rafforzamento e la promozione della messa a dimora di canne nelle aree marginali per fini energetici. Questo perché, a volte, la bagassa è sufficiente solo per processi interni e sarebbero necessarie eccedenze per il collegamento alla rete elettrica. Inoltre, il potenziale dei rifiuti che si generano in campo e che sono attualmente bruciati prima della raccolta devono ancora essere valutati.

Palma Africana da olio

Questa pianta è coltivata perché produce due oli che sono rilevanti per l'industria cosmetica ed alimentare. Uno è olio di palmisti, che ha un alto contenuto di acido laurico che viene utilizzato nella produzione di saponi e altri prodotti del settore. L'altro è olio di palma, che viene usato nell'industria alimentare. Tuttavia, questo olio può anche essere usato per produrre biocarburante, ma questo uso compete con l'uso nell'industria alimentare e il suo sviluppo è quindi più limitato.

La palma da olio è stata introdotta in Costa Rica nel 1940 e la prima produzione di petrolio si è verificato nel 1950. Nel 1996, sono stati piantati 26.000 ettari ed, entro il 2005, gli ettari in produzione avevano raddoppiato la loro estensione a 50.123 ettari. In questo periodo, la palma da olio ha occupato il terzo posto (in numero di ettari) tra i prodotti principali del paese.

Nonostante l'elevato potenziale che l'olio di palma ha per i biocarburanti, il suo uso nell'industria alimentare non lascia molto spazio per coloro che vogliono fare il biodiesel dall'olio; tuttavia, nella lavorazione per il suo utilizzo, vengono generati quattro diversi rifiuti:

- il guscio di palmisti, il rivestimento (endocarpo) del seme del frutto
- la fibra - mesocarpo (rivestimento del seme)
- Fibra dalla rachide (parti delle infiorescenze, senza frutti)
- effluenti, prodotti durante l'estrazione dell'olio

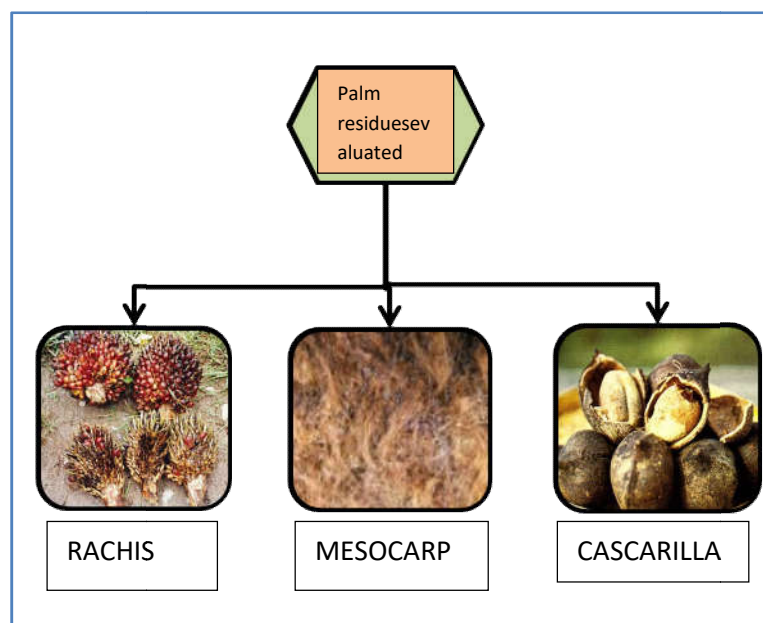


Figure 40. Palm oil residues

Tali rifiuti hanno vari usi. Per quanto riguarda i palmizi, alcuni vengono utilizzati per l'energia e altri come fertilizzante organico. La fibra Viene utilizzata nelle caldaie, e alcune delle fibre di rachide vengono usate come fertilizzanti; il resto è di scarto.

Chemical Properties		
<i>Characterization tests</i>	<i>Theoretical value</i>	<i>Practical value</i>
1. Immediate Analysis		
Volatile material	77.1 %(db)	NR
Fixed carbon	17.3 % (db)	NR
Ash	5.7 % (db)	5.14 % (db)
2. Chemical Analysis/ Elemental		
Carbon	48.8 %(db)	NA
Hydrogen	7.33 % (db)	NA
Nitrogen	0 % (db)	NA
Sulfur	0.68 % (db)	NA
Oxygen	36.3 % (db)	NA
3. Analysis of Ash		
Potassium (K₂O)	ND	0.055 % (db)
Sodium (Na₂O)	ND	1.585 % (db)
Silicon (SiO₂)	ND	4.9 % (db)

Source: Alvarado R, Gloriana, Villalobos G. Ana Catalina, Determination of biomass resources in Costa Rica, November 2011.

(1) Calculated on a dry basis (db)

(2) NA: not applicable, ND: not available, NR: not done

Table 22. Chemical properties of the rachis

Chemical Properties		
<i>Characterization tests</i>	<i>Theoretical value</i>	<i>Practical value</i>
1. Immediate Analysis		
Volatile material	76.3%(db)	NR
Fixed carbon	20.1% (db)	NR
Ash	3.6% (db)	5.77% (db)
2. Chemical Analysis/ Elemental		
Carbon	50.3% (db)	NA
Hydrogen	7.07% (db)	NA
Nitrogen	0.42% (db)	NA
Sulfur	0.63% (db)	NA
Oxygen	36.3% (db)	NA
3. Analysis of Ash		
Potassium (K₂O)	ND	0.03% (db)
Sodium (Na₂O)	ND	0.405% (db)
Silicon (SiO₂)	ND	5.45% (db)

Source: Alvarado R, Gloriana, Villalobos G. Ana Catalina, Determination of biomass resources in Costa Rica, November 2011.

(1) Calculated on a dry basis (db)

(2) NA: not applicable, ND: notavailable

Table 23.Chemical properties of mesocarp fiber

Chemical Properties		
<i>Characterization tests</i>	<i>Theoretical value</i>	<i>Practical value</i>
1. Immediate Analysis		
Volatile material	76.9% (db)	NR
Fixed carbon	20.8% (db)	NR
Ash	2.3% (db)	1.95% (db)
2. Chemical Analysis/ Elemental		
Carbon	53.8% (db)	NA
Hydrogen	7.2% (db)	NA
Nitrogen	0% (db)	NA
Sulfur	0.51% (db)	NA
Oxygen	36.3% (db)	NA
3. Analysis of Ash		
Potassium (K₂O)	ND	0.006% (db)
Sodium (Na₂O)	ND	0.05% (db)
Silicon (SiO₂)	ND	1.9% (db)

Source: Alvarado R, Gloriana, Villalobos G. Ana Catalina, Determination of biomass resources in Costa Rica, November 2011.

(1) Calculated on a dry basis (db)

(2) NA: not applicable, ND: notavailable, NR: not done

Table 24.Chemical properties of palm kernel shell

Il settore industriale utilizza attualmente alcuni residui. Circa il 56% dei palmisti e tutti i mesocarpi sono utilizzati per alimentare le caldaie del settore; tuttavia, possono verificarsi variazioni nelle percentuali di utilizzo se si vanno a migliorare i sistemi di efficienza del processo di estrazione e di generazione di calore per i processi industriali.

Inoltre, l'uso non energetico di questi residui, come il reinserimento dei nutrienti nel terreno, è un fattore da considerare in quanto tale processo non può essere interrotto.

Un altro aspetto importante è rappresentato dal fatto che delle piante di palma devono essere rimosse completamente quando il loro ciclo produttivo finisce: ciò comporta un aumento esponenziale della biomassa disponibile nel passaggio da un ciclo vegetativo all'altro.

Ananas

L'ananas è una coltura presente in Costa Rica da circa 50 anni. In principio, le produzioni in campo rispondevano soltanto alla domanda locale, ma con l'esportazione del frutto, che è iniziata nel 1986 ed è incrementata dal 2000 ad oggi, la produzione di ananas è di conseguenza aumentata di 11.000 ettari nel sud e nelle zone settentrionali. La crescita delle esportazioni ha portato 1330 produttori a coltivare 42.000 ettari, localizzati per il 51% nella zona del Nord, per il 28% nella zona atlantica e per il 21% nella zona del Pacifico.

Il settore della produzione di ananas nazionale ha identificato due sottoprodotti: la corona, che viene tagliata durante la raccolta e la preparazione per l'esportazione, e le stoppie, che è ciò che resta della pianta quando la piantagione è rinnovato completamente, dopo 2,5 anni di ciclo di produzione.



Figure 41. Pineapple stubble

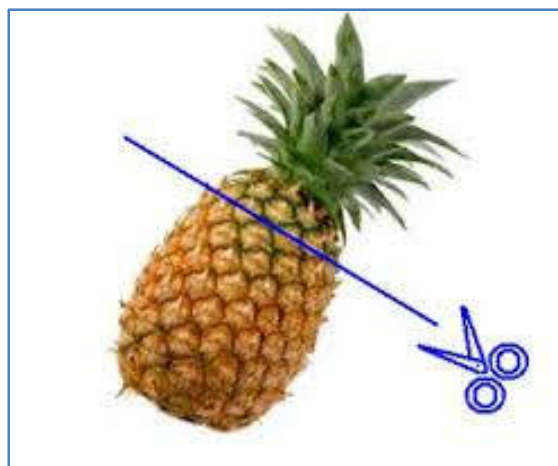


Figure 42. Pineapple crown

Chemical Properties		
<i>Characterization tests</i>	<i>Theoretical value</i>	<i>Practical value</i>
1. Immediate Analysis		
Volatile material	ND (1)	NR (1)
Fixed carbon	ND	NR
Ash	ND	5.3 (db)
2. Chemical Analysis / Elemental		
Carbon	ND	NA (1)
Hydrogen	ND	NA
Nitrogen	ND	NA
Sulfur	ND	NA
Chloride	ND	NA
Phosphorus	ND	NA
Oxygen(.)	ND	NA
3. Analysis of Ash		
Potassium	ND	NR
Sodium	ND	NR
Silicon	ND	NR

Source: The values in this table for the properties of pineapple stubble were taken from the study: Physicochemical characterization of pineapple, Material ME-2. Instituto Costarricense de Electricidad, Laboratorio Químico de la UEN Producción, 2007.

(1) Calculated on a dry basis (db), NA: not applicable, ND: not available, NR: not done

Table 25. Chemical properties of pineapple stubble

L'ananas è attualmente prodotta in sei delle otto regioni del paese, con una concentrazione nel cantone di San Carlos nella Regione Nord Huetar, che ha un totale di 16.000 ettari coltivati.

Alcune caratteristiche: la densità di impianto per ettaro è di 73.000 piante; ognuno ha una massa di 5,8 kg. Questi dati possono variare da piantagione di piantagioni a causa delle condizioni prevalenti nel sito di impianto. In media, si può trovare una densità d'impianto di 65.000 piante per ettaro. Ciò implica una biomassa umida di 377 a 423 tonnellate per ettaro.

A differenza dei rifiuti di canna da zucchero che vengono già sfruttati per produrre energia, i rifiuti di ananas non sono ancora utilizzati per produrre energia. Ad esempio, una percentuale della corona viene utilizzato per generare nuovi impianti e il resto è usato come fertilizzante organico. Le stoppie di ananas non sono attualmente utilizzate quando vengono rimosse dai campi; la pratica attuale è quella di bruciarle.

Biomassa forestale

Segherie

Il Piano Nazionale di sviluppo forestale 2011-2021 (NFDP) affronta la promozione della produzione di energia pulita da biomassa forestale e lo sviluppo di un mercato competitivo per questo settore. Del legname prodotto dalle latifoglie, in media il 60% diventa rifiuto. Generalmente, i rifiuti si accumulano nelle segherie, dove sono portati via dagli utenti quali allevatori, oppure vengono utilizzati per generare energia per l'essiccazione. Incoraggiare quindi la produzione e il consumo di energia rinnovabile da prodotti forestali da fonti legali e sostenibili è uno degli obiettivi che la politica forestale mira a definire.

I residui più comuni derivanti dalla lavorazione del legname nelle segherie sono:

- segatura: questo è generato dalle operazioni di lavorazione del legno meccaniche; è granulare e molto fine, e consiste principalmente di fibre vegetali e acqua. La maggior parte di questo prodotto rimane nel sottotetto delle segherie, con o senza ventilazione, per periodi inferiori ad una settimana; in altri casi è conservata per più di un mese.
- Legna da ardere: Si tratta di pezzi di legno con corteccia o imperfezioni che non passano il controllo di qualità o residui lasciati dal dimensionamento del legname che non hanno specifiche commerciali (punti, bordi, ecc.); questo sottoprodotto è principalmente conservato all'aperto, mentre alcuni

preferiscono mantenerlo sotto tetto senza ventilazione per periodi di una settimana, fino a più di un mese.

- Trucioli: Questo sottoprodotto è generato dai processi di pianificazione in legno. Segherie mantengono i trucioli di legno all'aperto o al chiuso senza ventilazione per periodi inferiori ad una settimana a più di tre mesi, a seconda della domanda di questa biomassa.
- Chip e schegge: Chips sono pezzi rettangolari che sono il risultato di rifiuti che passano attraverso la macchina trinciatrice. Mentre le schegge sono dei pezzi lunghi e sottili.

Nel 2011, è stato condotto il "censimento Nazionale dell'Industria forestale primaria del Costa Rica" (MINAET 2011). Dai dati raccolti in questo documento, si stima che il consumo annuo di legno tondo è 252.300.000 PMT pari a 697,089 m³. Questa è la percentuale che viene lavorata nelle segherie; Tuttavia, c'è un'altra parte che viene elaborato sotto altre forme, che rappresentano 14,8 milioni PMT di legna all'anno, equivalente ad un volume di 41.014 m³. Il consumo totale di 267.100.000 PMT o 738.103 m³ di consumo di legno grezzo all'anno.

Per quanto riguarda le specie, la più utilizzata è la Melina, ma ci sono 46 specie che sono usate nelle segherie nazionali tanto quanto Melina (volume totale 22%), tra alloro (16%), teak (11%), cedro (6%), Pochote (5%), pino (4%), eucalipto (3%) e pilón (3%).

Secondo FONAFIFO (2012), la regione Huetar Nord ha il maggior potenziale di sviluppo forestale nel paese. E' anche la regione che mostra il maggior numero di impianti attivi, 97, con il più alto consumo medio registrato nel paese: si tratta di circa 89,6 milioni di PMT, che rappresentano il 36% del consumo nazionale.

I residui di tali lavorazioni sono utilizzati in diversi modi; possono essere sfruttati nelle segherie o nelle operazioni interne (consumi interni). Possono essere venduti o ceduti ad altri utenti, potrebbe avere vari altri usi (compostaggio, lettiera per gli animali da allevamento, legno di produzione compressa, produzione di calore ed energia, etc).

L'uso di residui di segherie per la produzione di combustibile o di energia elettrica comporta importanti investimenti in infrastrutture, ed è proprio questo il motivo per cui alcune opzioni non sono redditizie da implementare e sviluppare. Vi è la necessità di sviluppare tecnologie appropriate per il settore forestale, che apportino calore ed energia necessari all'interno del settore.

Inoltre, nel settore forestale del Costa Rica, ci sono diverse lacune informative per quanto riguarda la percentuale di rifiuti che rimangono nelle foreste e nelle piantagioni dopo la raccolta e le attività selvicolturali. Pertanto, tutte le informazioni contenute in questo documento si concentrano sui dati forniti dalle segherie; Tuttavia, si stima che esiste un potenziale significativo che non viene sfruttato nella gestione dei siti forestali.

Caratteristiche chimico-fisiche

Qui di seguito è riportata una raccolta di informazioni chimico-fisiche per le diverse specie riportate nella Tabella 26, in linea con quello riportato da Moya et al (2010) e Blanco, Carpio e Muñoz (2005).

Common Names	Scientific Name
Teak/Teca	<i>Tectonagrandis</i>
Melina	<i>Gmelinaarboria</i>
Pochote	<i>Bombacopsisquinata</i>
Mexican white cedar/Cipres	<i>Cupressuslisitanica</i>
Acacia	<i>Acacia manguim</i>
Surá	<i>Terminaliaoblunga</i>
Spanish elm/Laurel	<i>Cordiaalliodora</i>
Rain tree/Cenízaro	<i>Samaneasaman</i>
Guanacaste	<i>Enterolobiumcyclocarpum</i>
Botarrama	<i>Vochysiaferruginea</i>
Chanco Blanco	<i>Vochysiaguatemalensis</i>
Eucalyptus/Eucalipto	<i>Eucalyptus saligna</i>

Table 26. Species of wood for the physicochemical characterization.

Le informazioni sono presentate nelle tabelle 27, 28, 29 and 30.

Physical property*		Teak	Melina	Pochote	Ciprés	Acacia	Surá
Density (g/cm ³)	Basic wood	1.10 (0.05 / 6.02)	1.04 (0.12 / 11.54)	0.96 (0.05 / 5.65)	0.81 (0.09 / 10.95)	1.06 (0.05 / 4.63)	0.93 (0.10 / 10.52)
	Dry wood	0.83 (0.04 / 4.82)	0.48 (0.10 / 19.79)	0.39 (0.04 / 10.76)	0.60 (0.07 / 11.74)	0.60 (0.21 / 35.16)	0.65 (0.08 / 12.76)
	Anhydrous wood	0.58 (0.07 / 12.95)	0.45 (0.06 / 14.22)	0.35 (0.04 / 10.36)	0.54 (0.07 / 12.28)	0.57 (0.21 / 36.86)	0.61 (0.08 / 13.03)
Specific weight	Basic wood	0.56 (0.04 / 7.14)	0.40 (0.05 / 13.17)	0.32 (0.03 / 9.90)	0.49 (0.06 / 12.15)	0.45 (0.04 / 9.12)	0.55 (0.07 / 12.03)
	Dry wood	0.57 (0.04 / 7.02)	0.45 (0.06 / 14.15)	0.34 (0.03 / 9.91)	0.52 (0.06 / 12.29)	0.55 (0.20 / 35.59)	0.58 (0.07 / 12.72)
	Anhydrous wood	0.59 (0.04 / 6.78)	-	0.35 (0.04 / 10.36)	0.55 (0.06 / 11.53)	0.57 (0.21 / 36.86)	0.61 (0.08 / 13.03)
Initial moisture content(%)	Green condition**	117.90 (28.46 / 24.14)	160.00 (4.73 / 21.77)	199.64 (25.31 / 12.68)	65.99 (15.49 / 23.47)	134.9 (19.61 / 14.53)	71.12 (10.96 / 15.41)
Calorific capacity (kJ/g)	Green condition**	9510 (2409 / 25.33)	9860	6119 (1999 / 32.68)	6051 (1463 / 24.18)	5821 (442 / 7.59)	12270 (2506 / 20.42)
	Dry condition***	19390 (1903 / 9.81)	15687	15642 (521 / 3.33)	16188 (1648 / 10.18)	16423 (1449 / 8.82)	14403 (2184 / 15.16)

Source: Moya & Colab 2010.

* Number in parentheses: standard deviation and coefficient of variation, respectively.

**Green condition above the saturation point of fibers.

***Dry condition to 12% moisture content.

Table 27. Physical properties of timber species commonly used in Costa Rica

Chemical property*		Teak	Melina	Pochote	Ciprés	Acacia	Surá
Overall composition	Holocellulose (%)	59.65 (0.85 / 1.42)	60.38 (1.35 / 2.24)	64.11 (3.92 / 6.12)	53.54 (0.69 / 1.28)	64.19 (2.15 / 3.36)	69.04 (2.53 / 3.67)
	Lignin (%)	30.91 (1.41 / 4.56)	25.56 (0.04 / 0.16)	39.92 (1.44 / 3.61)	46.35 (1.35 / 2.91)	31.42 (3.80 / 12.09)	39.14 (2.17 / 5.67)
	Total extractables (%)	13.67 (1.32 / 9.66)	-	-	-	-	-
	Ash (%)	0.78 (0.13 / 16.67)	1.07 (0.08 / 7.48)	3.99 (0.51 / 12.78)	0.19 (0.04 / 21.05)	0.582 (0.09 / 15.46)	1.84 (0.07 / 4.07)
	Silica (ppm)	-	9.20 (3.77 / 40.98)	4.67 (3.33 / 71.31)	10.64 (0.17 / 1.60)	0.00	13.33 (13.89 / 100.00)
Elemental chemical analysis in ash	Nitrogen (%)	0.20 (0.01 / 5.00)	0.24 (0.02 / 8.33)	0.37 (0.02 / 5.41)	0.33 (0.02 / 6.06)	0.34 (0.01 / 2.94)	0.34 (0.02 / 0.04)
	Phosphorus (%)	0.04	0.005	0.05	0.00	0.02	0.02

		(0.02 / 50.00)	(0.004 / 80.0)	(0.01 / 20.00)	(0.00 / 0.00)	(0.00 / 0.00)	(0.00 / 0.16)
		0.14	0.17	1.52	0.06	0.12	0.95
	Calcium (%)	(0.06 / 42.86)	(0.05 / 29.41)	(0.33 / 21.71)	(0.01 / 16.67)	(0.02 / 16.67)	(0.09 / 0.10)
		0.07	0.02	0.04	0.00	0.02	0.03
	Magnesium (%)	(0.04 / 57.14)	(0.004 / 20.00)	(0.01 / 25.00)	(0.00 / 0.00)	(0.01 / 50.00)	(0.01 / 0.17)
		0.50	0.38	0.64	0.02	0.05	0.22
	Potassium (%)	(0.09 / 18.00)	(0.07 / 18.42)	(0.10 / 15.62)	(0.01 / 50.0)	(0.02 / 40.00)	(0.02 / 0.09)
		0.01	0.003	0.02	0.01	0.01	0.03
	Sulfur (%)	(0.00 / 0.00)	(0.01 / 333.33)	(0.01 / 50.00)	(0.00 / 0.00)	(0.00 / 0.00)	(0.00 / 0.09)
		1.00	15.85	23.67	36.70	15.36	18.76
	Iron (mg/kg)	(0.58 / 58.00)	(2.62 / 16.53)	(2.52 / 10.65)	(11.70 / 31.88)	(5.74 / 37.37)	(11.81 / 0.63)
		5.00	2.03	1.00	1.00	1.00	2.23
	Copper (mg/kg)	(1.00 / 20.00)	(0.31 / 15.27)	(0.00 / 0.00)	(0.00 / 0.00)	(0.00 / 0.00)	(0.38 / 0.17)
		2.00	10.26	2.67	0.00	6.67	1.83
	Zinc (mg/kg)	(1.00 / 50.00)	(4.52 / 44.05)	(1.15 / 43.07)	(0.00 / 0.00)	(0.17 / 2.55)	(0.90 / 0.49)
		0.00	4.52	0.00	0.00	9.00	3.21
	Manganese (mg/kg)	(0.00 / 0.00)	(0.78 / 17.26)	(0.00 / 0.00)	(0.00 / 0.00)	(0.51 / 5.67)	(0.26 / 0.08)
		2.67	1.82	1.67	1.67	3.00	3.95
	Boron (mg/kg)	(1.53 / 57.30)	(0.52 / 28.57)	(0.58 / 34.73)	(0.58 / 34.73)	(0.33 / 11.00)	(0.84 / 0.21)
		11.98	26.13	11.08	24.23	13.21	19.02
Solubleextractables	NaOHto 1(%)	(1.17 / 9.77)	(0.56 / 2.14)	(0.49 / 4.32)	(0.51 / 2.10)	(1.17 / 8.86)	(2.81 / 14.78)
		3.13	8.97	6.16	8.01	2.45	11.21
	Hot H ₂ O (%)	(0.87 / 27.80)	(0.15 / 1.67)	(1.50 / 24.35)	(1.27 / 15.86)	(0.87 / 35.51)	(2.82 / 25.13)
		3.28	7.81	2.59	4.29	2.00	5.32
	Cold H ₂ O (%)	(0.93 / 28.35)	(0.08 / 1.02)	(0.49 / 18.92)	(1.03 / 24.01)	(0.93 / 46.27)	(1.07 / 20.11)
		2.20	2.21	2.52	4.61	3.25	1.05
	Dichloromethane (%)	(0.08 / 3.64)	(0.12 / 5.43)	(0.73 / 28.97)	(1.69 / 36.66)	(1.14 / 35.08)	(0.38 / 36.26)
		1.18	0.82	1.26	2.21	0.95	2.87
	Toluene-ethanol (%)	(0.00 / 0.00)	(0.49 / 59.76)	(0.61 / 48.41)	(0.99 / 44.80)	(0.43 / 45.26)	(0.81 / 28.24)
		6.41	5.55	9.72	4.92	5.66	4.13
Other properties	pH	(0.07 / 1.09)	(0.05 / 0.90)	(0.14 / 1.48)	(0.04 / 0.81)	(0.13 / 2.32)	(0.27 / 6.42)

Source: Moya & Colab 2010.

* Number in parentheses: standard deviation and coefficient of variation, respectively. Total of 9 repetitions for each chemical property.

Table 28. Chemical characteristics of timber species commonly used in Costa Rica

Physical property		Cenízaro	Laurel	Guanacaste	Botarrama	Chanco Blanco	Eucalipto (<i>Eucalyptus saligna</i> Smith)	Eucalipto (<i>Eucalyptus deglupta</i> Blume)
Density (g/cm ³)	Green wood	0.78	0.68	N.D	1.04	0.33	0.92	0.86
	Dry wood	0.57	0.42	N.D	0.42	0.83	0.56	0.39
Basic		0.52	0.37	0.49	0.37	0.33	0.49	0.35

specific wt.

Source: Blanco, Carpio&Muñoz 2005.

Table 29. Physical properties of timber species commonly used in Costa Rica.

Chemical property		Ceniza ro	Laur el	Guanacas te	Botarra ma	Chanchoblan co	Eucalipto (<i>Eucalypt us saligna</i> Smith)	Eucalipto (<i>Eucalyptus deglupta</i> Blu me)
Overall composition (dry basis)	Holocellulo se (%)	47.1	65.5	55.3	64.7	60.7	69.8	58.0
	Lignin (%)	32.6	28.3	25.5	28.5	24.5	27.1	35.9
	Total extractables (%)	18.8	5.2	17.8	5.8	10.7	4.7	5.6
Elemental chemical analysis in ash (mg/kg)	Ash (%)	1.5	1.0	1.4	1.0	4.1	0.5	0.5
	Nitrogen	3100	2100	1000	600	400	100	1800
	Phosphorus	500	400	400	2500	900	300	400
	Calcium	2000	3200	2500	8400	1100	2000	2100
	Magnesium	500	900	500	3300	1300	200	300
	Potassium	2800	-	3600	18400	10400	100	1000
	Iron	107	238	189	157	110	36	20
	Copper	5	3	20	10	33	7	3
	Zinc	5	2	3	7	31	11	3
	Manganese	4	5	4	142	172	5	7
	Boron	-	-	-	-	-	0.1	-
	Sulfur	-	-	-	-	-	100	-
Solubleextractab les (dry basis)	NaOHto 1(%)	22.6	13.4	27.4	19.0	24.0	21.6	17.4
	Hot H ₂ O (%)	15.0	4.0	16.6	3.5	9.4	3.8	2.4
	Cold H ₂ O (%)	11.9	2.9	13.5	3.2	8.6	3.0	2.0

Source: Blanco, Carpio& Muñoz, 2005.

Table 30. Chemical characteristics of timber species commonly used in Costa Rica

Altri valori riportati per la legna:

Nelle tabelle 31 e 32 sono presentati rispettivamente i dati disponibili per le specie *Cordia alliodora* (laurel), and *Eucalyptus deglupta*.

Chemical composition	Holocellulose (%)	17 %
	Cellulose	45 %
	Lignin (%)	30 %

Source: Gómez, Ríos & Peña (2012).

Table 31. Composition of laurel wood (*Cordiaalliodora*).

Components		Branches		Trunk	
		Value (%)	Coefficient of variation (%)	Value (%)	Coefficient of variation (%)
Main components	Holocellulose	66.09	0.1428	69.38	0.2393
	Cellulose	40.0	0.1872	44.04	0.5328
	Lignin	33.15	0.1023	29.03	0.5797
	Pentosan	15.12	1.1654	15.51	1.6147
	Ash	0.47	5.5014	0.62	4.1217
Soluble extractables	NaOH at 1(%)	12.2	0.3447	12.99	0.8814
	Hot H ₂ O (%)	2.23	1.4192	3.17	4.5249
	Cold H ₂ O (%)	2.36	1.6335	2.73	6.2469

	Benzene-ethanol (%)	2.63	1.8591	3.56	3.1201
--	---------------------	------	--------	------	--------

Source: Aryat, 2009.

Table 32. Chemical characteristics reported for Eucalyptus deglupta wood

Situazione politica riguardo l'energia da biomassa

Come già detto, gli alti tassi di crescita della domanda di energia elettrica rendono necessario avere la più alta quota possibile di produzione di energia rinnovabile, al fine di ridurre la dipendenza energetica esterna e ridurre le emissioni di gas serra.

Oltre ad aumentare la capacità installata e la produzione da fonti rinnovabili, è anche importante diversificare le fonti. Il settore elettrico Costa Ricano ha un attraente mix di fonti di generazione di energia idroelettrica, in cui predomina; a questa fonte sono stati integrate con successo le fonti geotermiche e quelle eoliche. È necessario che nel sistema elettrico nazionale (SEN) vi siano differenti fonti di energia che si completano per quanto riguarda la disponibilità, nei diversi periodi dell'anno, in modo da contribuire all'energia, quando le altre fonti non possono essere utilizzate.

Così l'ICE (Costa Rica energia elettrica Institute) mira a integrare la generazione di biomassa per alimentare la domanda interna. Tuttavia, il quadro istituzionale (leggi, regolamentari e organizzazioni) non facilitano sempre il successo di questa integrazione. L'integrazione delle fonti rinnovabili non convenzionali ha ancora bisogno di definire meccanismi di sviluppo più flessibili e regole più chiare che possano incentivare i vari attori a partecipare, salvaguardando gli interessi della Comunità.

Il rapporto IRENA su RET (Renewable Energy Technology) rileva alcuni principi per le politiche energetiche che guidano l'innovazione e l'avanzamento nella tecnologia. I principi chiave sono:

- Condividere una visione politica di settore finalizzata ad incrementare l'impegno delle parti interessate a promuovere le bioenergie
- Creare condizioni adeguate per sfruttare sui flussi di tecnologia dell'energia rinnovabile nel paese o nella regione.

4.5.2 Descrizione dei metodi

Il Ministero dell'Agricoltura e del Bestiame, con Decreto n 31344 –MAG, ha costituito l'istituzione di interesse pubblico del Costa Rica per il Sistema Informativo del Settore Agricolo, noto come INFOAGRO, che prepara le newsletter con le informazioni statistiche relative a questo settore e comprende questi punti: superfici seminate, la produzione delle attività agricole, le importazioni di prodotti agricoli, la zootecnia, la produzione del settore agro-industriale.

Fino ad ora sono stati improntati vari studi in materia, ma nessuno è completo di alcune informazioni importanti. Di seguito si procederà a fare una sintesi delle informazioni statistiche delle diverse fonti, quali INFOAGRO, FAOSTAT, INF (inventario Nacional Forestal), e NFO (Ufficio nazionale della foresta). Con questo lavoro intendiamo proporre un metodo di stima primaria teorica chiaro e che sia aggiornato sulle produzioni attuali, ma anche rispetto alle produzioni precedenti, basata più su un approccio di confronto tra dati grafici e tabelle statistiche; un metodo rapido, a differenza della stima diretta, più lunga e complessa, e, a differenza dei complessi modelli di calcolo proposti da altri autori; un metodo, infine, che include le varie informazioni disponibili nei diversi database presenti, aggiornato rispetto al riutilizzo attuale dei residui e al periodo di disponibilità durante l'anno.

Con questo lavoro intendiamo facilitare il settore privato e le politiche nella corretta valutazione e progettazione preliminare sulla bioenergia. Si vuole ottenere quindi uno strumento di facilitazione nella lettura dei dati che sono frammentati tra loro, secondo quanto definito dalle norme sopra citate. Considerando anche l'evoluzione delle colture in tempo e il riutilizzo delle stesse nei vari settori produttivi, intendiamo fornire una preliminare strumento economico per la disponibilità delle colture, da valorizzare in una centrale elettrica.

La disponibilità di sufficienti quantitativi di biomassa da convertire in bioenergia è uno dei fattori determinanti per il futuro di una matrice energetica; Pertanto, è importante valutare il potenziale di fornitura della biomassa.

Il potenziale teorico primario è determinato da considerazioni fisiche, come la quantità di materia secca o il potere calorifico e da considerazioni quantitative, quali la disponibilità sottratta dalla percentuale di riutilizzo e la disponibilità dei residui vegetali a base di periodo di raccolta.

In questa ricerca, ci concentreremo su una valutazione potenziale teorica primaria, perché attraverso questo tipo di studio è possibile conoscere l'approvvigionamento energetico massimo teorico che è fisicamente disponibile in una data regione entro un determinato periodo di tempo, tenendo conto, ovviamente, che non tutti i potenziali teorici calcolati possono essere realizzati. Si tratta quindi di un punto di partenza per i decisori per una prima progettazione.

Le fonti di dati per identificare e selezionare i residui di biomassa provenienti da settori agricoli e forestali sono stati il database di INFOAGRO e quello FAOSTAST, in particolare per l'ananas. Abbiamo considerato anche il database di INF e NFO. I criteri per selezionare i residui di un tipo biomassa rispetto altri sono stati la quantità di ettari e le tonnellate di residuo da biomasse agricole produrre.

Parametri di destinazione

Un altro parametri utilizzati nella valutazione potenziale è fattore equilibrio, già citato nella descrizione delle specie, cioè rapporto tra il numero di tonnellate di produzione vegetale e il numero di tonnellate di rifiuti di quella coltura. Il rapporto è stato stimato da tre fonti, una consultazione delle industrie agricole, consultazione degli esperti e revisione della letteratura.

I residui forestali si dividono in due categorie, una che riguarda i prodotti dell'industria forestale primaria e l'altro comprende i prodotti derivanti dalla raccolta in campo. Il residuo di prodotto nel settore industriale è stato preso da MINAE 2011, per la stima silvicoltura abbiamo usato come rapporto quello definite da FAO 1991.

Una volta che il rapporto è definito, il passo successivo è descrivere il processo di stima della biomassa umida e secca, ed il processo che porta ad ottenere l'energia primaria. Un'informazione chiave, necessaria per il calcolo di ogni biomassa, è la caratterizzazione fisico-chimica.

La biomassa umida dei residui è stata calcolata secondo la seguente formula [29]:

$$W_t = B_t * \alpha$$

Dove,

W_t è la quantità di residui di biomassa umida in tonnellate l'anno;

B_t è la quantità di biomassa agricola o forestale in tonnellate;

α è il fattore di equilibrio.

La formula utilizzata per la stima della biomassa secca residuale calcolata è:

$$\phi = h * W_t$$

Dove,

ϕ è la massa di acqua in W_t ,

h è la percentuale di umidità contenuta nel residuo biomassa.

$$D_t = \frac{\phi - h * \phi}{h}$$

Dove,
la quantità di residui DTI biomassa secca in tonnellate all'anno.

La formula per il calcolo dell'energia primaria è

$$Ep = D_t * \left(\frac{\gamma_{Tj}}{1000_t} \right)$$

Dove,
Ep è l'energia primaria di residui di biomassa;
YTJ è potere calorifico dei residui di biomassa.

Il processo descritto nei paragrafi precedenti è stato utilizzato per il calcolo dell'energia potenziale prodotta per tutti i residui di biomassa ligneo-cellulosica ad ettaro.

Residui agricoli

Le attività agricole generano biomassa residuale che in molti casi non viene utilizzata o smaltita in modo corretto. Gli usi attuali per questi materiali sono, in genere: essiccazione nel processo industrie, fertilizzanti o mangimi nelle aziende locali. Alcuni residui (residui di campo) sono attualmente bruciati prima della raccolta; questa pratica è in opposizione con la politica di gestione ambientale, a causa della quantità di CO₂ che viene rilasciata nell'atmosfera. Quindi, bisogna valutare se questi residui possono essere utilizzati come fonte di energia in grado di produrre importanti benefici sia a livello ambientale ed economico.

Secondo l'"Indagine sulla fornitura e il consumo energetico nazionale da biomasse in Costa Rica", tenutasi nel 2006, i rifiuti della biomassa generata nel paese hanno un contenuto energetico di 16765 GWh, con un potenziale di quasi 635 MW di energia elettrica durante tutto l'anno.

fonti di biomassa con elevato potenziale energetico sono ananas e residui di canna da zucchero (3550,27 GWh e 3056,11GWh, rispettivamente), che potrebbero generare più di 440 MW.

Residui forestali

In Costa Rica, i residui generati dal settore forestale possono essere suddivisi in due parti: il settore forestale e le attività forestali. Per il settore forestale, le informazioni sulla quantità di rifiuti prodotti nelle operazioni di gestione è carente. Attualmente, i residui di questo settore sono utilizzati come legna da ardere nelle case vicine, o bruciati nella foresta. Invece, nell'industria del legno, ci sono sufficienti informazioni per quantificare i rifiuti, in quanto questo sottosettore è tradizionalmente caratterizzato da una bassa efficienza nell'uso di materia prima, implicando così che una grande percentuale di materiale diventa rifiuto.

Source	Volume (m ³)	Volume (%)	Main wood uses in Costa Rica - 2013		
			Use	Volume (m ³)	Volume (%)
Forest plantation	771591,00	73,10	Pallets	446425,00	45,90
Agro-forestry	212526,00	21,90	Construction	218411,00	22,50
Forest	48426,00	5,00	Export	172295,00	17,70
Total	972542,00	100,00	Furniture	132411,00	13,60
			Pencils, boards, and other	3200,00	0,30

Table 33: production (in m³) of forestry sector, subdivided in kind of source for year 2013.
Table 34: main wood uses in Costa Rica for year 2013, divided in kind of use.

L'uso di questi rifiuti nel paese è piuttosto limitato ed implica attualmente costi per la manipolazione e lo smaltimento, oltre a restrizioni e rischi anche ambientali e industriali. I principali aspetti di sicurezza ambientale e industriale connessi con i rifiuti delle segherie sono la generazione di percolati non trattati in quanto i rifiuti sono depositati al di fuori e quando piove, si verifica lisciviazione. Le emissioni di gas serra vengono anche provocate quando questi residui vengono rilasciati come rifiuti, decomponendosi e creando rischi di incendio.

L'uso dei residui delle segherie per la produzione di combustibile o di energia elettrica comporta importanti investimenti in infrastrutture, ed è questo motivo per cui alcune opzioni non sono redditizie da implementare e sviluppare. Vi è la necessità di sviluppare tecnologie appropriate per la scala del settore forestale che corrispondono alla necessità di potere calorifico all'interno del settore.

Il legno principale usato di legno in Costa Rica, per l'anno 2013 è riportato nella tabella 34.

4.6 Risultati

4.6.1 Potenzialità di biomasse in Costa Rica

Le colture agricole considerate in questo studio comprendono riso, banane, caffè, canna da zucchero, olio di palma e ananas. Le stime annuali dei residui agricoli in Costa Rica sono calcolate sulla base delle formule definite nella parte sopra descritta.

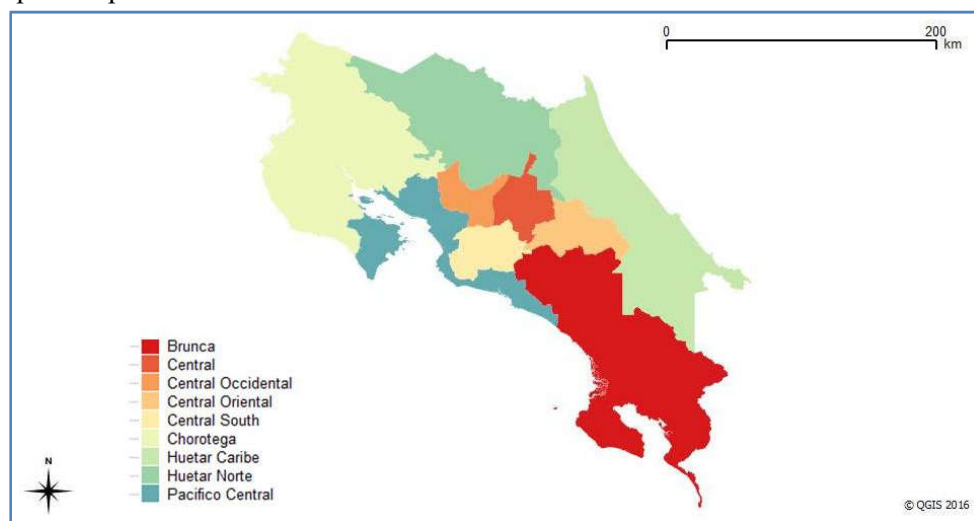


Figure 43: Elaboration of Midelpian regionalization of Costa Rica.

Nella figura 43 è indicata la regionalizzazione Midelpian del Costa Rica. Abbiamo usato questa suddivisione per analizzare i diversi residui e localizzare la disponibilità di ciascuna coltura. In questa parte, è illustrata la valutazione dei residui di colture agricole in Costa Rica. È presentata la produzione annua, per la serie storica 2008-2013, per le sei colture agricole considerate. Le informazioni sulla disponibilità dei residui e sul loro uso corrente sono presi dallo studio del progetto di cooperazione tra CATIE e NIFOS [41].

I dati di distribuzione e di produzione per le colture agricole sono ottenuti dal FAOSTAT e da INFOAGRO, basi di dati statistici che presentano i risultati di produzione per ogni tipo di coltura. Le caratteristiche dei residui che abbiamo considerato sono riportati nella tabella 35.

4.6.2 Disponibilità dei residui di biomassa ad uso energetico

Agricoltura

A proposito di settore agricolo, abbiamo calcolato, per ogni anno, dal 2008 al 2013, i residui per ciascuna coltura, considerando il fattore di equilibrio, come sopra descritto. Nella tabella che segue sono riportati i valori dei residui di ciascuna coltura agraria.

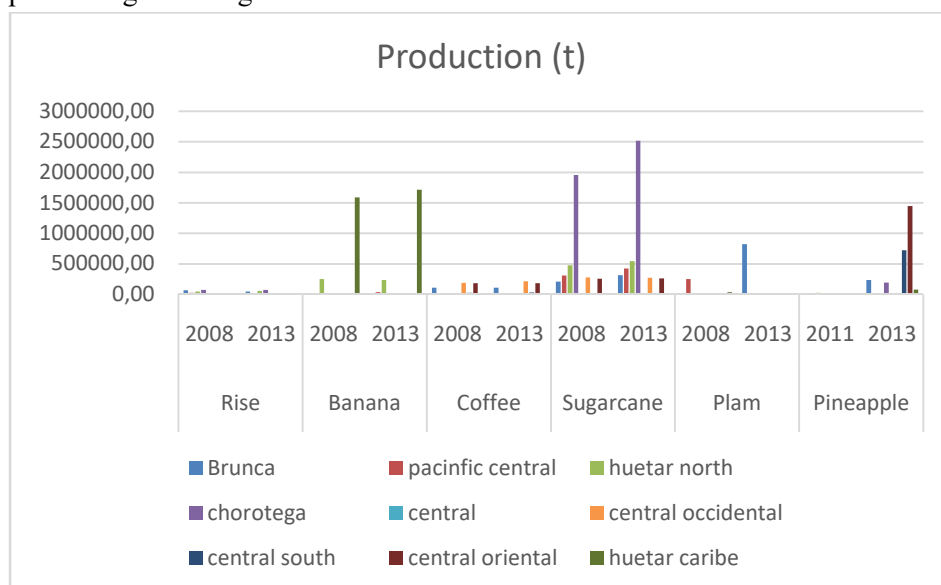
Crop	Residue	Balance factor (t)	Moisture (%)	HCV (MJ/kg)
Rice	Husk	0.21	15	15.43
Banana	Rachis	0.094	85	11.60
	Rejected	0.114	85	11.60
Coffee	Husk	0.416	81	15.88
	Mucilage	0.043	11	15.88
	Pulp	0.156	81	15.88
Sugarcane	Bagasse	0.25	50	17.50
	Field residues	0.232	70	17.43
Palm	Mesocarp fiber	0.13	37	19.43
	Husk	0.05	17	22.94
	Rachis	0.22	55	18.62
Pineapple	Crown	3.29	90	11.60
	Field residues	0.003	78	11.60

Table 35: we have reported for each crop, the type of residue considered, the balance factor, the moisture quantity and the High Calorific Value (HCV). Balance factor is expressed in tons; moisture is in percentage; HCV is in MJ/kg.

Analisi

Per valutare l'energia primaria (GWh), abbiamo preventivamente calcolato, secondo la formula 1, la massa umida e conseguentemente la massa secca. Con il valore della massa secca e l'applicazione di HCV (potere calorifico superiore), secondo la formula 2, abbiamo ottenuto la quantità di energia primaria (espressa in GWh) di residui di biomassa per ogni coltura e per ogni anno (2008-2013). Nelle seguenti mappe riportiamo il risultato di energia primaria solo rispetto all'anno 2013. Nel grafico 1 si riportano invece le produzioni a confronto tra il 2008 e il 2013.

Per quanto riguarda la produzione (t) dei residui di ananas, abbiamo considerato l'evoluzione della coltura negli anni 2011-2013, mentre per tutte le altre vengono considerate gli anni 2008-2013. I risultati per ogni coltura sono riportati in grafico seguente.



Graph 1: representation of production (t) evolution, for each crop and region in years 2008 and 2013.

È evidente una diminuzione della produzione 2008-2013, una parte nel Huetar regione del Nord (+ 12,3%). È costante invece la produzione, in particolare nelle regioni Chorotega (71532 t), Huetar Nord e Brunca. La regione Huetar Caribe, con una produzione già inferiore nel 2008 (16741 t) rispetto alle altre regioni, segna un decremento complessivo (- 89.61%), raggiungendo 1.740 tonnellate di produzione. La produzione è comunque inferiore rispetto alle altre colture.

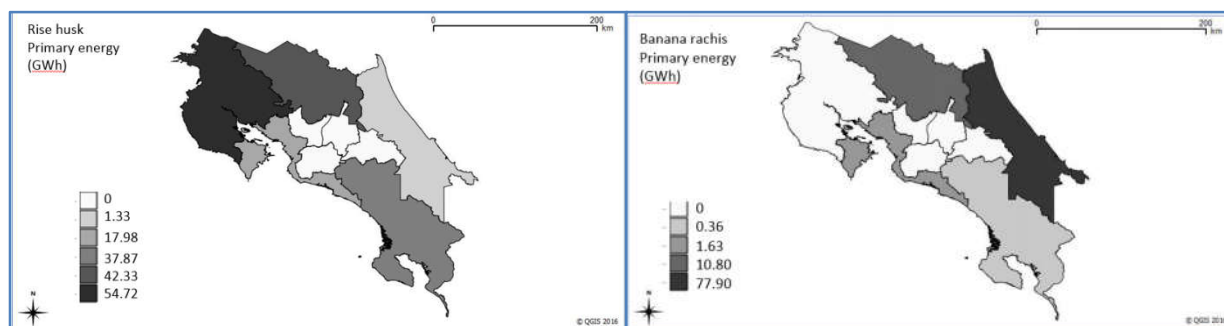
Per quanto concerne la produzione di banane, in Costa Rica, vi è una produzione importante solo in Huetar Caribe, con un incremento 2008-2013 (+ 8%). Le altre regioni dove si coltiva questa coltura sono, in ordine di produzione, Huetar Nord (237.810 t), Pacifico centrale (35971 t), dove vi è un aumento della produzione del 87% rispetto al 2008, e Brunca (7994 t).

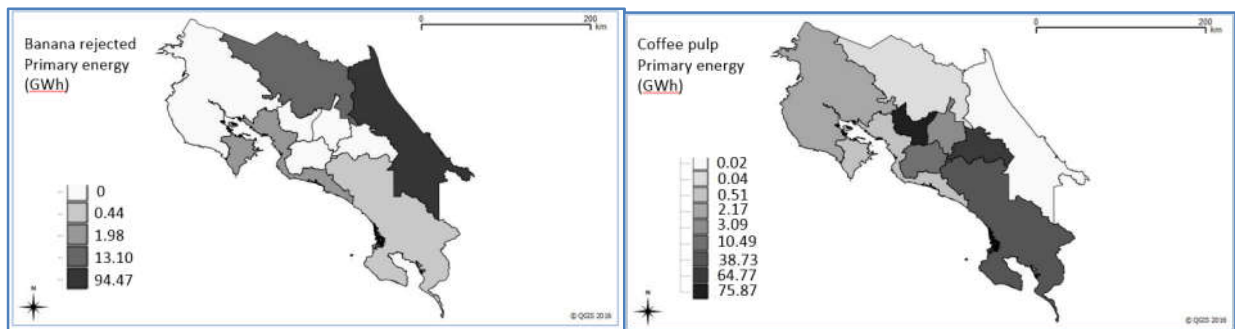
Il caffè viene coltivato in tutte le regioni, ed è la coltura più comune. La produzione più alta è a Occidental centrale (+ 14,2%), Oriental centrale (+ 2,5%) e nella regione Brunca.

La canna da zucchero è soprattutto nella regione Chorotega, dove la sua produzione nel 2013 è di circa 2.516.955 t (con un aumento del 28,5% rispetto al 2008). Nelle altre regioni (Brunca, Pacifico centrale, Huetar Nord, Occidental centrale e orientale Centrale) vi è una produzione media di 364.669 t. Nel centro South la produzione è di circa 305 t, invece manca nelle regioni Huetar Caribe e centrale. La situazione della Costa Rica sulla produzione di palma è sviluppata solo nella regione Brunca nel 2013, con 822.500 t, l'aumento maggiore, se si pensa che nel 2008 la produzione è stata solo circa 145 t. Nelle altre regioni, ci sono diminuzioni, del 100% in Pacific Central e del 51% in Huetar Caribe. Nella regione centrale del Sud c'è un inizio della produzione con 4800 t nel 2013. Le altre regioni non hanno produzione.

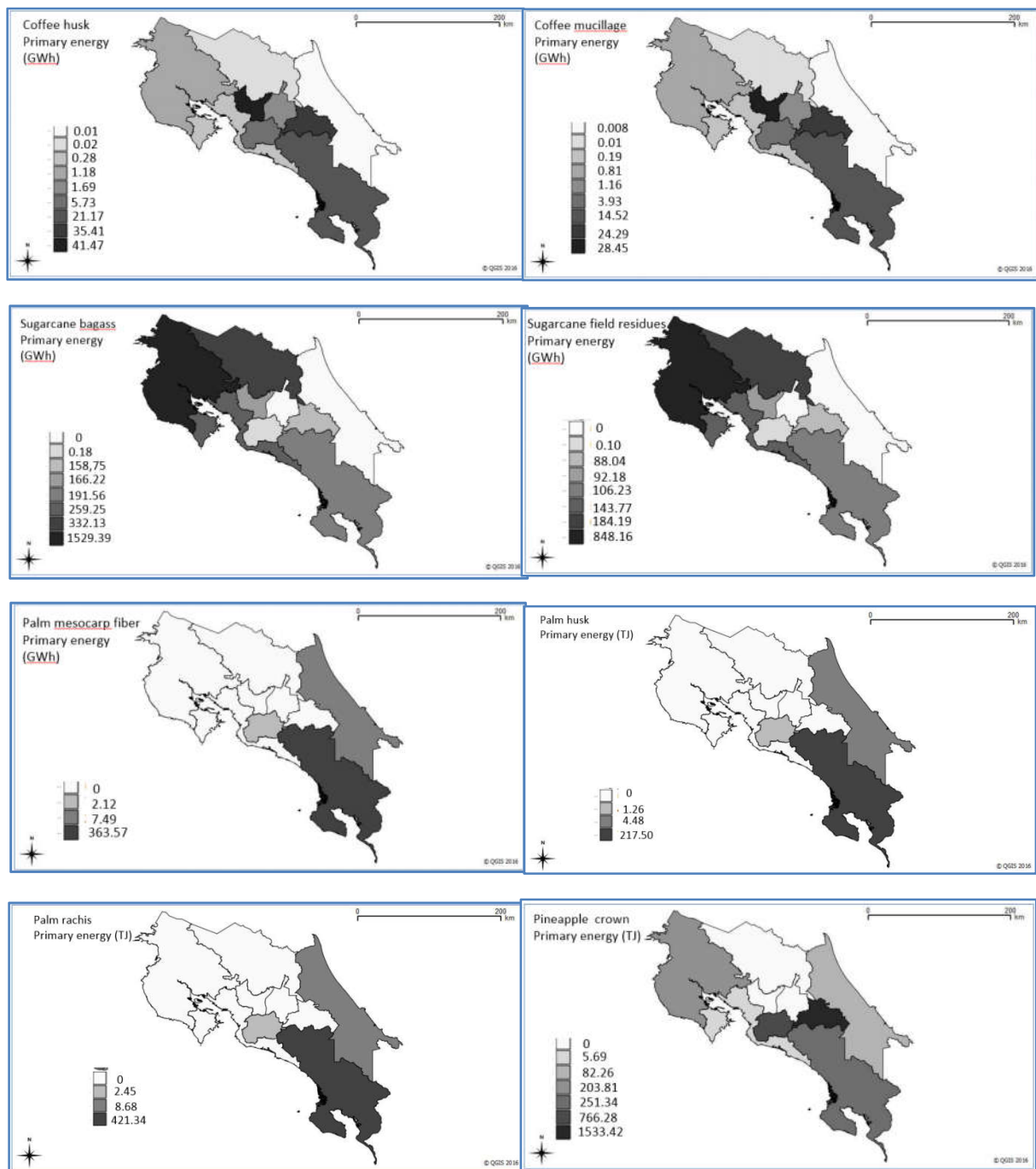
Per la coltura dell'ananas, abbiamo avuto la disponibilità di dati solo per la produzione dal 2011 al 2013. Da questi dati, è evidente un aumento generale della produzione, soprattutto nella regione centrale orientale e Centrale del Sud, con una produzione rispettivamente di 1.446.480 t e 722.837 t. Le regioni Brunca, Chorotega e Huetar Caribe hanno una produzione media di 106.689 t nel 2013. Non vi è produzione nella regione Central, invece la produzione, già bassa, è diminuito del 100% in Huetar Nord e nelle regioni centrali occidentali.

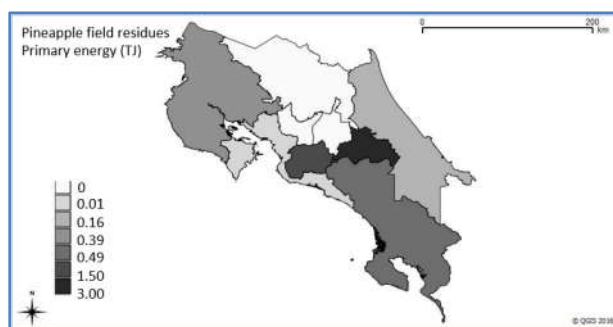
A partire dalle produzioni delle colture, abbiamo applicato le formule descritte nel capitolo precedente, e abbiamo calcolato la produzione di energia primaria (in GWh). Nelle seguenti mappe sono riportati i risultati per ogni coltura.





Maps 1,2,3,4: representation of production (GWh) for each crops residues. From the top, at left: rise husk, banana rachis, banana rejected and cofee pulp.





Maps 5,6,7,8,9,10,11,12,13: representation of production (GWh) for each crops residues. From the top, at left: coffee husk, coffee mucilage, sugarcane bagass, sugarcane field residues, palm mesocarp fiber, palm husk, palm rachis, pineapple crown, pineapple field residue.

Come si evince dalle mappe, la produzione della buccia del riso è in aumento praticamente in tutte le regioni, a parte le regioni centrali. Si tratta di una grande quantità in Chorotega (54.72GWh), Huetar Nord (42.33GWh) e Brunca (37.87GWh).

I residui di banane (rachide e bucce) sono diffusi soprattutto nel Huetar Caribe (77.90GWh per la rachide e 94.47GWh per le bucce), invece nelle altre regioni il valore diminuisce, fino a diventare lo zero nelle zone centrali e in Chorotega.

I residui di coltivazione del caffè sono soprattutto nelle regioni centrali e in Brunca; i residui di canna da zucchero sono abbondanti nelle regioni Chorotega e Huetar del Nord (con quantità comprese tra il 1550 e 330GWh), invece non sono presenti nelle aree Huetar Caribe e centrale.

La palma produce residui solo in Brunca (con valori contenere tra 420 e 220GWh), Huetar Caribe e Centro Sud (nelle ultime due regioni con minore quantità che nella prima - da 10 GWh a meno di 1GWh). Infine i residui di ananas sono prodotti principalmente nel Centro Orientale, Sud Centrale, Brunca e Chorotega; non sono presenti nel Huetar Nord, nel Centro e nelle regioni centrali occidentali.

(GWh) 2013	Brunca	Pacific Central	Huetar North	Chorotega	Central	Central Occidental	Central South	Central Oriental	Huetar Caribe
Risehusk	37.87	17.98	42.33	54.72	0,00	0,00	0,00	0,00	1.33
Banana rachis	0.36	1.63	10.80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	77.90
Banana rejected	0.44	1.98	13.10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	94.47
Coffeepulp	38.73	0.51	0.04	2.17	3.09	75.87	10.49	64.77	0.02
Coffeehusk	21.17	0.28	0.02	1.18	1.69	41.47	5.73	35.41	0.01
Coffeemucillage	14.52	0.19	0.01	0.81	1.16	28.45	3.93	24.29	0.008
Sugarcanebagass	191.56	259.25	332.13	1529.39	0,00	166.22	0.18	158.75	0,00
Sugarcane field residues	106.23	143.77	184.19	848.16	0,00	92.18	0.10	88.04	0,00
Palm mesocarp fiber	363.57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.12	0,00	7.49
Palm husk	217.50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.26	0,00	4.48
Palm rachis	421.16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.45	0,00	8.68
Pineapple crown	251.34	5.69	0,00	203.81	0,00	0,00	766.28	1533.42	82.26
Pineapple field residues	0.49	0.01	0,00	0.39	0,00	0,00	1.50	3.00	0.16

Table 36: primary energy production for each agricultural crop divided for region (year 2013)

Dalla tabella precedente e dal grafico è chiaro che vi è una maggiore produzione primaria di energia dalla canna da zucchero (entrambi bagass e residui campo) e dai residui degli ananas (crown). Nella canna da zucchero i residui sono praticamente in tutte le regioni. La regione con la minore quantità di residui è la centrale, invece quella la più grande produzione è Chorotega, dove troviamo una grande produzione dei residui della canna da zucchero, seguita dalla regione Brunca (in cui è notevole la presenza di palma). I residui di canna da zucchero sono abbondanti anche in Huetar Nord e nelle zone del Pacifico centrale. La corona degli ananas è presente soprattutto nel Centro orientale e nel Centro Sud, invece i residui di campo sono di gran lunga inferiori rispetto alla corona e si concentrano nelle regioni sud orientali e Centrale, con piccole quantità. Nella regione Huetar Sud vi è la più piccola quantità di residui a consumo energetico.

Foresta

Nella figura 44 è mostrata la mappa dell'Inventario Forestale Nazionale (NFI) della copertura Forestale della Costa Rica (NFI, 2014). Abbiamo usato questa mappa per analizzare la posizione delle segherie e di conseguenza dei residui. La Figura 44 mostra la distribuzione delle segherie stazionarie identificato da dell'ONF nel 2011.

In questa parte viene illustrata la valutazione dei residui provenienti dalle costure forestali in Costa Rica. Abbiamo considerato i diversi tipi di rifiuti prodotti dall'industria forestale nel 2013, e abbiamo condotto una stima preliminare di energia potenziale delle foreste, a seconda del tipo proposto dalla FAO, ma considerando la serie storica 2008-2013.

Le informazioni sulle disponibilità dei residui e sull'uso corrente degli stessi sono presi dallo studio del progetto di cooperazione tra CATIE e NIFOS.

I dati di quantità e distribuzione della produzione per le colture forestali sono ricavati dai database ONF, FAOSTAT e dal INFOAGRO, il primo è un ufficio economico che ogni anno presenta la banca dati statistica della produzione e del commercio di legno delle foreste, gli altri sono database statistici che presentano i risultati della produzione per ogni colture, forestale e agricola.

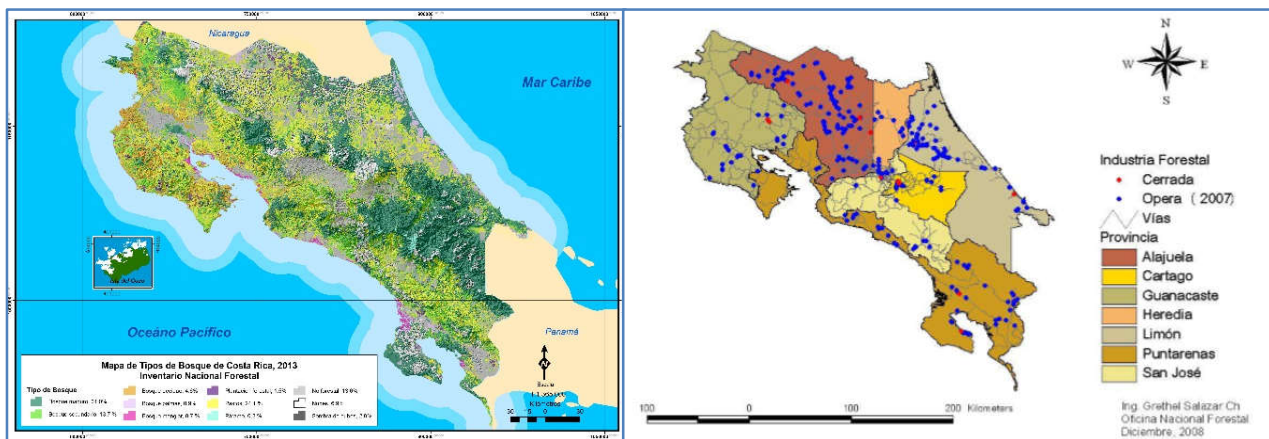


Figure 44: forest localization in Costa Rica [16].Figure 45: Sawmill localization in Costa Rica[5].

La mappa (Fig. 44) fornisce informazioni sulla struttura e sullo stato delle foreste in termini di specie, inventari forestali, volumi di legname, gestione sostenibile delle risorse forestali, cambiamenti che si verificano con l'uso del territorio e monitoraggio e valutazione per la protezione e la conservazione delle foreste ecosistemiche (vulnerabilità e l'adattamento ai cambiamenti climatici).

Sono stati identificati sei tipi di copertura forestale, così come altre categorie classificate come uso non forestale. Da questo studio della copertura forestale, si conclude che la Costa Rica ha il 52,4% del suo territorio coperto da foreste. Entro il 2013 si è constatato che gli aumenti delle aree forestali del Costa Rica sono dovuti principalmente alla ripresa da foreste secondarie. Questo, però, non implica una maggiore

disponibilità di terreni forestali coinvolti nell'uso delle risorse forestali, tuttavia, ci sono alcune aree di in cui viene svolta la gestione non controllata delle foreste, che è davvero preoccupante per la sostenibilità del settore.

Riguardo la seconda mappa (Fig.45), è stata condotta una raccolta di informazioni primarie, da NFO (Nacional Foresta Office), attraverso indagini su una popolazione di 249 industrie di trasformazione del legno. E 'possibile stimare che ci siano circa 700 industrie tra fisse, mobili e fabbriche di pallet. Abbiamo usato questa mappa per avere un confronto tra la localizzazione delle foreste e la posizione delle segherie. Nella tabella che segue, vi presentiamo le caratteristiche della biomassa forestale, in termini di fattore di equilibrio, di percentuale di umidità e di potere calorifico superiore (PCS). Questi sono valori molto importante, necessari per calcolare il potenziale della biomassa, come già evidenziato in merito settore agricolo.

Crop	Residue	Balance factor (t)	Moisture (%)	UCV (MJ/kg)
Forestry sawmill	Sawdust	0.13	32	18.5
	Firewood	0.199	50	18.5
	Wood shaving	0.111	32.5	18.5
	Other residues	0.008	55	18.5
Forest operations	38% residues	-	-	18.5

Table 36: characteristics of waste from forestry industry.

Analisi

Dalle due mappe precedenti (Fig. 44 e 45), è evidente che il bosco maturo è soprattutto nelle provincie di Limon e Cartago, nella Cordigliera Centrale e nella Cordigliera di Taran. In queste aree, da un punto di vista naturalistico, si trovano anche le aree protette e le riserve più importanti. In queste zone, infatti, come è evidente dalla mappa della localizzazione delle segherie (Fig. 45), le segherie ferma non sono distribuite, segno evidente che l'uso di questo tipo di foreste non è presente.

La maggior parte delle segherie è distribuito, invece, nella provincia di Alajuela, e nella parte NE della provincia di Limon, dove sono collocati le foreste secondarie ed i pascoli. Sebbene una grande concentrazione di foresta secondaria e bosco di latifoglie si trovi in provincia di Guanacaste, l'area è caratterizzata da una bassa diffusione delle segherie.

Riguardo il settore forestale, abbiamo considerate i residui prodotti sia nel settore forestale (segherie), sia nelle operazioni forestali (raccolta e l'estrazione), relative al 2013. Abbiamo utilizzato, per quanto riguarda l'industria forestale, il fattore di equilibrio, applicato secondo alle formule sopra descritte.

Dalla tabella 37, è chiaro che, nel 2013, la produzione di residui di segheria è alto in ciascun settore (segatura, legna e truciolo), ma la maggior apporto di energia primaria, è dato dal settore legna, con 48587,78GWh.

Per quanto riguarda le operazioni forestali, abbiamo valutato la produzione (m³) pari al 38% del totale, second quanto riportato in bibliografia. Per calcolare biomassa secca, abbiamo considerato una densità media di base di 0,5, come riportato in bibliografia. Infine, l'energia primaria è calcolato secondo la formula, sopra riportata.

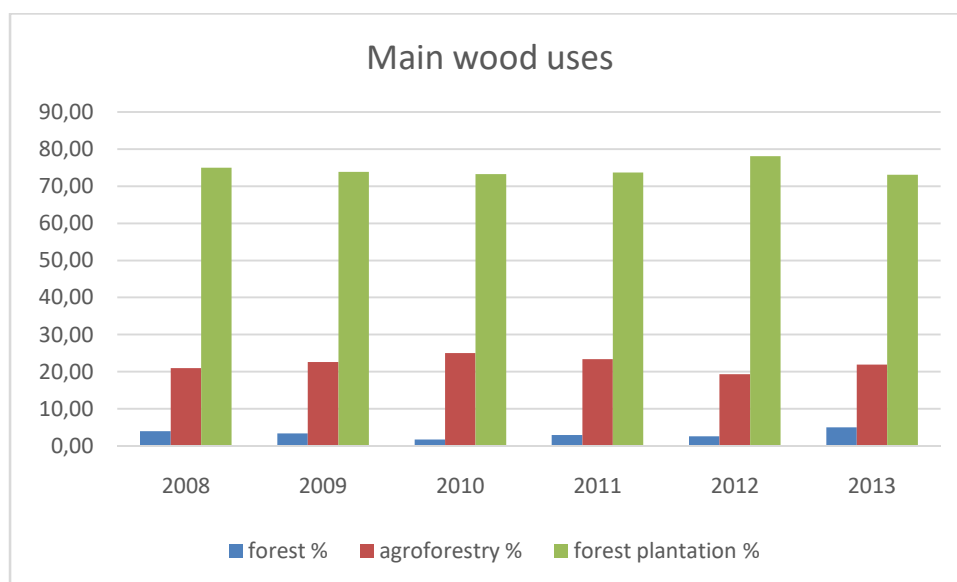
	Sawdust	Firewood	Wood Shaving	Otherresidues	Total
Residues	102771,00	189098,70	110992,70	8221,70	
Moisturemass	32886,72	94549,35	36072,63	4521,94	
Dryresidues	69884,28	94549,35	74920,07	3699,77	
Primaryenergy (GWh)	35912,78	48587,78	38500,56	1901,39	124902,50

Table 37: Primary energy (GWh) from waste produced in sawmills (2013).

Considerando la produzione totale, nel 2013, di 972542,00 m³ come il 62% del volume estratto dalla foresta, si può supporre che 596074,12 m³ siano il 38% della biomassa che rimane nella foresta dopo i processi di raccolta e di estrazione. La stessa operazione è stata svolta per ogni anno della serie storica 2008-2013 (Tab. 38). Per ogni anno è stata calcolata la quantità di biomassa secca e quella di energia primaria (Tab. 39).

Year	Total production(m3)	forestplantation %	agroforestry %	forest %
2008	1229331,00	75,00	21,00	4,00
2009	1048126,00	73.9	22.6	3.4
2010	1079730,00	73.3	25,00	1.7
2011	919014,00	73.7	23.4	2.9
2012	1058708,00	78.1	19.3	2.6
2013	972542,00	73.1	21.9	5,00

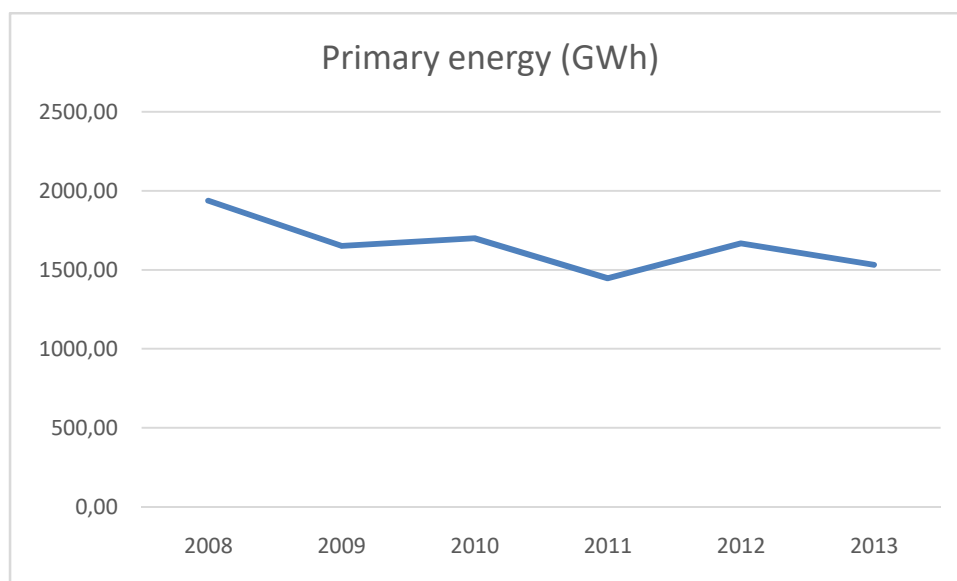
Table 38: Total production subdivided in sector of wood source, for historical serie 2008-2013.



Graph2: Graphical representation of wood production evolution for sector and for each year.

Year	Total production(m3)	38%	Dry biomass	Primaryenergy (GWh)
2008	1229331,00	753460,94	376730,47	1935,98
2009	1048126,00	642399,81	321199,90	1650,61
2010	1079730,00	661770,00	330885,00	1700,38
2011	919014,00	563266,65	281633,32	1447,28
2012	1058708,00	648885,55	324442,77	1667,28
2013	972542,00	596074,13	298037,06	1531,58

Table 39: Primary energy from forest and forest plantation residues in historical series 2008-2013.



Graph 3: Graphical representation of evolution trend of residues variability during considered years (2008-2013).

Dal grafico 2, in cui è rappresentata l'evoluzione della produzione di legno per settore e per anno, è chiaro che la produzione di legno ha un andamento piuttosto regolare, in cui: la maggior parte della produzione sul settore piantagione forestale è nel 2008, con 1229331,00 m³, e nel 2012, con 1058708,00 m³ (Tab. 38); la maggior parte della produzione sul settore agroforestali è nel 2010 (25%), e nel 2013 (21,9%); la maggior parte della produzione del settore forestale è negli anni 2008 (4%) e 2013 (5%). Il grafico 3 mostra un andamento in lieve calo, in cui diventa da 1935,98GWh del 2008, a 1531,58GWh del 2013.

4.7 Discussione

E' importante, nella metodologia, prendere in considerazione una visione d'insieme in cui possiamo avere un confronto diretto e continuo tra situazione statistica, grafici e mappe, per tutti i residui presenti in un paese. E' possibile avere una sintesi importante, per capire dove indirizzare gli sforzi di programmazione per un piano di recupero efficiente. In questo modo si può avere un'idea su come procedere ulteriormente anche nella progettazione di un impianto di trattamento dei rifiuti, sia in termini di posizione sia relativamente alla migliore tecnologia applicabile.

Nel caso costaricano, che abbiamo analizzato in questo articolo, è già evidente dal grafico della produzione agricola (t), quali siano le principali produzioni, anche in base all'analisi delle tendenze della produzione nel tempo (per le quali si possono implicare motivi di sviluppo - o non sviluppo - sociale ed economico). Infine, con le mappe siamo in grado di avere una chiara idea sulla reale distribuzione delle colture. E' infine nella tabella riassuntiva, che la produzione di energia per ogni regione permette di avere una buona informazione sulla produzione di energia attuale, facendo un confronto per ogni regione e per ogni cultura. Nel caso di studio del Costa Rica, la canna da zucchero è la più coltivata e la più importante risorsa fonte di residui (sia bagass e residui di campo); è presente soprattutto nella regione Chorotega, dove la sua produzione nel 2013 è di circa 2.516.955 t (con un aumento del 28,5% rispetto al 2008). La regione con la minore quantità di residui di canna da zucchero è la centrale, dove invece c'è abbondanza di residui di ananas (corona).

E' possibile lo stesso confronto per la produzione di legno (in m³) e la produzione di rifiuti, desunti sia dai grafici e dalle mappe. E' evidente una correlazione tra la legislazione e la disponibilità di legno a seconda del settore l'origine. Per questo motivo, il settore forestale naturale ha una produzione più bassa, rispetto al

settore industriale forestale secondario, la cui produzione appare invece prevalente. Ed in effetti, è nel settore industriale che le latifoglie, da cui si possono recuperare i residui di legno, sono più distribuiti.

	Brunca	Pacific Central	Huetar North	Chorotega	Central	Central Occidental	Central South	Central Oriental	Huetar Caribe
Total GWh 2013	1664,94	431,29	582,62	2640,63	5,94	404,19	794,04	1907,68	276,80

Table 40: summary of agricultural residues.

Sector	Primaryenergy (GWh)	Reuse %	Total primaryenergy (GWh)
Agriculture	8708,14	10,00	870,81
Forest	1531,58	10,00	153,15
Sawmill	124902,50	10,00	12490,25

Table 41: final summary with the total residues quantity for each considered sector.

Infine, dalla tabella 9, è chiaro che la regione in cui è possibile avere la maggior quantità di residui agricoli è Chorotega seguita dalle regioni oriental, Brunca e centrale. Queste regioni si trovano, come mostrato in figura 1, rispettivamente nelle parti del sud, del centro e del nord del paese.

Riguardo il settore forestale, è evidente, dalla precedente analisi e dalla tabella 41 che il settore segheria è il più produttivo, con una presenza, come mostrato in figura 45, di una maggiore diffusione nella regione Huetar northe, dove si trova anche la maggior quantità di foresta secondaria.

4.8 Conclusioni

In questo studio abbiamo analizzato il potenziale energetico dei principali residui agricoli e forestali prodotti in Costa Rica. I fattori utilizzati per calcolare i potenziali sono stati la produzione annuale totale del prodotto agricolo, l'equilibrio di massa che è il rapporto tra la produzione di residui rispetto alla produzione totale delle colture ed il potere calorifico (MJ/kg).

Questi indicatori erano quelli necessari per valutare i potenziali teorici dei tipi di biomasse analizzati, secondo le informazioni disponibili al momento dello studio. La metodologia di valutazione potrebbe certamente essere migliorata, tuttavia le analisi effettuate rappresentano un importante contributo ai processi decisionali nei settori coinvolti.

Da questo studio abbiamo potuto stimare preliminarmente la quantità di rifiuti destinati al consumo energetico di ciascun settore agro-forestale (Tab. 41). La Tabella 41 mostra i dati definitivi, dai quali si può dedurre che il settore segheria è il più produttivo in termini residuali (12,490.25 GWh).

Sui risultati ottenuti, abbiamo applicato una percentuale di riutilizzo, fissata al 10% per ogni settore perché, al momento alcuni dei residui che abbiamo considerato sono utilizzati in alcuni settori (come fertilizzante o lettiera per gli animali nel caso di residui agricoli, e come humus nel terreno nel caso della foresta). Questa percentuale è indicativa e potrebbe essere esplorata con ulteriori studi.

I residui che hanno un maggior potenziale per la generazione di energia nei residui agricoli sono la canna da zucchero e stoppie di ananas. I residui della canna da zucchero vengono utilizzati come fonte di energia nella trasformazione dello zucchero industriale, ma ci sono possibilità di azione per massimizzare il potenziale di questo sottoprodotto in modo da fornire più energia ai processi industriali e per la possibilità di connettersi alla rete.

Per quanto riguarda le stoppie di ananas, ci sono molte possibilità tecnologiche da indagare per la sua conversione energetica, poiché in questo momento il residuo non ha alcun uso alternativo ed il suo potenziale suggerisce che è molto promettente a causa della grande quantità dei rifiuti generati, tuttavia è necessario svolgere ancora molto lavoro per quanto riguarda il potenziale reale di questo residuo.

Va sottolineato che gli altri residui di biomassa che non hanno mostrato un così grande potenziale di generazione di energia non dovrebbero comunque essere eliminati dalla ricerca sull'energia in quanto potrebbero avere grandi potenzialità in applicazioni di dimensioni inferiori o potrebbero essere utilizzati per ottenere risultati rilevanti in combinazione con altri rifiuti.

Chiaramente, il potenziale è presente e disponibile e ci sono istituzioni e imprese che promuovono ricerca e progetti; tuttavia, il settore dello sfruttamento delle potenzialità energetiche relative alla biomassa non è ancora abbastanza sviluppato.

Oggi esistono una serie di lacune nelle politiche e nel quadro normativo legale che devono essere risolte a causa di mancati strumenti che promuovano efficacemente gli sforzi della ricerca sui metodi per sfruttare la biomassa disponibile in Costa Rica.

Sono necessarie più informazioni per la localizzazione geografica delle fonti di biomasse, in particolare riguardo i luoghi dove sono generati i rifiuti, al fine di valutare le diverse posizioni per i centri di lavorazione e di stoccaggio, nonché i modi migliori per massimizzare i costi di trasporto, che potrebbero essere molto alti in Costa Rica a causa delle sue non adeguate infrastrutture.

Il Paese ha già diverse tecnologie in funzione per trasformare la biomassa in energia; tuttavia, rispondono alle esigenze degli investitori e non sono integrate con lo sviluppo del settore energetico.

Il paese ha un grave divario nelle informazioni sulla biomassa forestale, abbiamo analizzato solo la biomassa riscontrata a livello industriale. Per quanto riguarda le piantagioni, le quantità di rifiuti provenienti da processi quali la potatura, il diradamento e la raccolta non sono noti. La loro quantificazione è tuttavia necessaria perché le piantagioni forestali ora coprono circa 50.000 ettari.

Inoltre, esistono circa 500.000 ettari di terreno con bassa produttività che potrebbero essere utilizzati per l'impianti a short rotation forestry; altre aree ad elevato potenziale sono rappresentate dai pascoli (per circa un milione di ettari) e da 700.000 ettari di foreste che sono o sono state sotto qualche tipo di gestione.

I dati menzionati sottolineano l'importanza di condurre ulteriori studi sul potenziale del settore forestale e sui possibili contributi alla matrice energetica del Costa Rica.

Un altro fattore che non è più studiato è l'uso di legna da ardere nelle case e in alcune industrie. Si deve ancora considerare un elemento, perché i prezzi del petrolio, l'infrastruttura del settore e la situazione economica aumentano il costo dell'elettricità generata e potrebbero portare ad un consumo più elevato di legna da ardere.

In sintesi, sono già state fatte misure per la ricerca sulle tecnologie di conversione con vari tipi di biomassa presenti nel paese. È stata fatta una considerevole caratterizzazione fisico-chimica dei tipi di biomasse e ci sono stati sforzi per quantificare e valutare il loro potenziale; Tuttavia, ci sono tre aspetti che richiedono l'investimento di maggiori sforzi: il settore forestale, le politiche e i sistemi di informazione geografica.

La mancanza di politiche specifiche costituisce un ostacolo per il settore e gli sforzi in questo settore dovrebbero essere aumentati per promuovere l'attività a livello nazionale. Le politiche che ne derivano dovrebbero essere progettate per fornire condizioni adeguate per lo sviluppo del settore, affrontando

questioni quali l'infrastruttura, la tracciabilità della biomassa, il sostegno alla ricerca e il rafforzamento della sicurezza energetica nazionale.



Figura 46: utilizzazione dei boschi.

5 Bibliografia

1. Ayoub N. et al. Two levels decision system for efficient planning and implementation of bioenergy production. Energy Conversion and Management, 2007.
2. A. Barrantes R., G. Salazar Ch., N. Salas V..Uses and wood contributions in Costa Rica. Statistics 2008. Nacional Forest Office.
3. A. Barrantes R., G. Salazar Ch..Uses and wood contributions in Costa Rica. Statistics 2009. Nacional Forest Office.
4. A. Barrantes R., R. Paniagua V., G. Salazar Ch..Uses and wood contributions in Costa Rica. Statistics 2010. Nacional Forest Office.
5. A. Barrantes R., S. Ugalde A..Uses and wood contributions in Costa Rica. Statistics 2011. Nacional Forest Office.
6. A. Barrantes R., S. Ugalde A..Uses and wood contributions in Costa Rica. Statistics 2012. Nacional Forest Office.
7. A. Barrantes R., S. Ugalde A..Uses and wood contributions in Costa Rica. Statistics 2013. Nacional Forest Office.
8. Bhattacharya et al 2007
9. Bryden J., Cavicchi B., Kvakkestad V., Refsgaard K.. Toward inclusive innovation praxis in forest based bioenergy. 2015, Conferencepaper.
10. De La Torre D. et al. Biomass and bioenergy application of the POLYSYS modeling framework. Biomass and Bioenergy, 2000.
11. DSE. 2006. Survey national energy supply and consumption from biomass in Costa Rica 2006. Energy Sector Directorate. Ministry of Environment and Energy. San José, Costa Rica. p 336.
12. ECN Database for biomass and waste www.ecn.nl/phyllis2/
13. Economic Commission for Latin America and the Caribbean. Energy in Central America: Exploring the transition to low carbon economy. 2015.
14. Eigner-Thiel S. et al. Assessment of different bioenergy concepts in terms of sustainable development. SustainableBioenergyProduction – AnIntegrateApproach. 2013.
15. Fengxiang X, Han A, King RL, Lindner JS, Yu T-Y, Durbha SS, et al. Nutrient fertilizer requirements for sustainable biomass supply to meet U.S. bioenergy goal. Biomass Bioenergy 2011;35:253–62.
16. L. G. Hernandez S., A.I. Hontero F., H. Sacher T., C. Avila A., R. Murillo C..Management of forest resources in Costa Rica. 2014, State of the Nation in Human Development.
17. Hiloidhari M. et al. Bioenergy potential from crop residue biomass in India. Renewable and SustainableEnergyReviews, 2014.
18. Huttunen S., LampinenA.. Bioenergy technology evaluation and potential in Costa Rica. Researchreports in biological and environmentalsciences, 2005 (81).
19. Idania V-V, Jorge A, Acevedo-Benitez, Cuitlahuac H-S. Distribution and potential of bioenergy resources from agricultural activities in Mexico. Renew Sust Energ Rev 2010;14:2147–53.

20. IEA 2012
21. Imbac, P., Coto, O., Salinas, Z., 2005. Ranking of biomass waste in Costa Rica using Geographic Information Systems. Tropical Agricultural and Higher Education Center, CATIE.
22. IRENA (International Renewable Energy Agency). Renewable Energy Innovation Policy: Success criteria and strategies. 2013
23. D. Jiang, D. Zhuang, J. Fu, Y. Huang, K. Wen, Bioenergy potential from crop residues in China: availability and distribution. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2012; 16: 1377-1382.
24. Jingjing L., Jinming B., Overend R.. Assessment of biomass resource availability in China. 1992, China Environmental Science Press.
25. Jimenez R.. Energy policies and actions for Integrating ICE biomass electricity generation: challenges and opportunities.
26. Kim S., Dale B.E.. Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues. Biomass and Bioenergy 26 (2004), 361-375.
27. Koopmans A., Koppejan J.. Agricultural and forest residues generation, utilization and availability. Regional Consultation on Modern Applications of Biomass Energy. 6-10 January 1997, Malaysia.
28. Ladanai S., Vinterback J.. Global potential of sustainable biomass for energy. Report 013. Uppsala 2009.
29. McKendry, P. (2002). Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. Bioresource Technology, 83(1), 3746.
30. Milbrandt A.. A geographic perspective on the current biomass resources availability in the United States. National Renewable Energy Laboratory. Technical Report. 2005.
31. Milbrandt A.. Assessment of biomass in Liberia. 2009, Technical Report.
32. MINAET, DSE (2011). VI Plan Nacional de Energia 2012-2030.
33. MINAET, DSE (2011). Prospectiva de la demanda y oferta de energia.
34. MINAET, DSE (2011). DIAGNOSTICO. Sector Energia de Costa Rica.
35. Moya & Tenorio 2012
36. Moreira J.R. Bioenergy success and barrier. World Congress. 2007.
37. Okello C. et al. Bioenergy potential of agricultural and forest residues in Uganda. Biomass and Bioenergy, 2013.
38. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Irving W., and Krug T.. 2006 IPCC GUIDELINES FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES. 2006.
39. Perez-Cruzado C. et al. A management tool for estimating bioenergy production and carbón sequestration in Eucalyptus globosus and Euclyptus nitens grown as short rotation woody crops in north-west Spain. Biomass and Bioenergy, 2011.
40. Pessoa J.R. et al. Perspectives on bioenergy and biotechnology in Brasil. 26 Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals. 2005.
41. Project for cooperation between CATIE and KFRI. Assessment of agricultural and forestry lignocellulosic residues in Costa Rica. 2014, Turrialba, Costa Rica.
42. Ramirez 2006
43. C. Roldán Villalobos. REPORT AVAILABLE CAPACITY IN COSTA RICA CLEAN ENERGY. COSTA RICA INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2012.
44. Sang T., Zhu W.. China's bioenergy potential. GCB Bioenergy (2011) 3, 79-90.
45. Scarlat N., Martinov M., Dallemand J.-F.. Assessment of the availability of agricultural crop residues in the European Union: Potential and limitation for bioenergy use. Waste Manage 2010;30:1889-97.
46. Scarlat N. et al. Assessment of the availability of agricultural crop residues in the European Union: potential and limitation for bioenergy use. Waste Management, 2010.
47. Song G. et al. Estimation of crop residue in China based on a Monte Carlo analysis. Chinese Journal of Population Resources and Environment, 2014.
48. Tum M. et al. A process-based vegetation model for estimating agricultural bioenergy potentials. Sustainable Bioenergy Production, 2013.
49. Ulloa et al 2004
50. Valdez-vazquez I. et al. Distribution and potential of bioenergy resources from agricultural activities in Mexico. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010.
51. Van Dama J., Junginger M. Striving to further harmonization of sustainability criteria for bioenergy in Europe: recommendations from a stakeholder questionnaire. Energy Policy 2011;39:4051-66.
52. Wicke B, Smeets E, Watson H, Faaij A. The current bioenergy production potential of semi-arid and arid regions in sub-Saharan Africa. Biomass Bioenergy 2011;35:2773-86.
53. World Bioenergy Association. Certification criteria for sustainable biomass for energy. WBA Position Paper; 2010, <http://www.worldbioenergy.org/content/news-and-comments-wba>.
54. www.infoagro.go.cr
55. N. Jordan, 1* G. Boody, 2 W. Broussard, 3 J. D. Glover, 4 D. Keeney, 5 B. H. McCown, 6 G. McIsaac, 7 M. Muller, 5 H. Murray, 8 J. Neal, 9 C. Pansing, 10 R. E. Turner, 11 K. Warner, 12 D. Wyse 1. Sustainable Development of the Agricultural Bio-Economy. 2007, vol. 316, Science
56. Ott O Schmid 1,*, SuSanne Padel 2 and leS levidow 3. The Bio-Economy Concept and Knowledge Base in a Public Goods and Farmer Perspective. Bio-based and Applied Economics 1(1): 47-63, 2012

57. Prof Terry Marsden, Dr Alex Franklin, Dr Adrian Morley, Dr Andrew Flynn, Dr Mara Miele (Visiting Scholar), Dr Gillian Bristow. Research Project: SustainableFoodSystems – Bioeconomy and Ecoeconomy
58. Kitchen, L. and Marsden, T. (2011), Constructing sustainable communities: A theoretical exploration of the bio-economy and eco-economy paradigms, *Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability*, 16 (8), 753-769.
59. Marsden, T. (2010), Mobilising the regional eco-economy, *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 3 (2), 225-245.
60. Marsden, T. (2010), Food 2030: Towards a redefinition of food? A Commentary on the new UK food strategy, *The Political Quarterly*, 81 (3), 443-446.
61. Marsden, T., Yu, L., & Flynn, A. (2011), Exploring the emerging rural eco-developments in China: The case of Anji Province, *Town Planning Review*, 82 (2), 195-225.
62. Marsden, T., Franklin, A., Newton, J. and Middleton, J. (2010), Sustainability in practice: Situated learning and knowledge for the evolving eco-economy, *Town Planning Review*, 81 (4), 541-562.
63. Kitchen, L. and Marsden, T. (2009), Creating sustainable rural development through stimulating the eco-economy: Beyond the eco-economic paradox? *SociologiaRuralis*, 49 (3), 273-294.
64. Ellen MacArthur Foundation. 2013. Towards the circular economy. Economic and business rationale for an accelerated transition.
65. D. Carrez, P. Van Leeuwen. 2015. Bioeconomy: circular by nature. T&he European Files.
66. Terry Marsden • Francesca Farioli. Natural powers: from the bio-economy to the eco-economy and sustainable place-making. *SustainSci* (2015) 10:331–344
67. B. Allen, S. Nanni, J P Schweitzer, D. baldock, E. Watkins, S. Withana, C. Bowyer. International review of a bio-economy with a focus on waste resources. *InstituteforEuropeanEnvironmentalPolicy (IEPP)*, 2015.
68. EUROPEAN COMMISSION. Where next for the European bioeconomy? The latest thinking from the European Bioeconomy Panel and the Standing Committee on Agricultural Research Strategic Working Group (SCAR). 2014
69. Camagni, R., and Capello, R. (2013). Regional innovation patterns and the EU regional policy reform: toward smart innovation policies. *Growth and change*, 44(2), 355-389.
70. Capello, R., and Lenzi, C. (2013). Territorial patterns of innovation and economic growth in European regions, *Growth and change*, 44(2), 195-227
71. Kes McCormick * and NiinaKautto. The Bioeconomy in Europe: An Overview. *Sustainability* 2013, 5, 2589-2608.
72. IlariaZambon 1, FabrizioColosimo 2, Danilo Monarca 1, MassimoCecchini 1, Francesco Gallucci 3, Andrea Rosario Proto 4, Richard Lord 2 and Andrea Colantoni. An Innovative Agro-Forestry Supply Chain for Residual Biomass: Physicochemical Characterisation of Biochar from Olive and Hazelnut Pellets. *Energies* 2016, 9, 526
73. Scarlat N. et al. The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: policies and facts. *EnvironmentalDevelopment*. 2015 Vol. 15, 3-34.
74. Janssen S. et al. Assessing farm innovations and responses to policies: a review of bio-economic farm model. *AgriculturalSystems*. Vol. 94, Issue 3, 2007, 622-636.
75. Janssen et al., A generic bio-economic farm model for environmental and economic assessment of agricultural system. *Environmental Management*, 2010 (46), 862-877.
76. Herrero et al. Bio-economic evaluation of dairy farm management scenarios using integrated simulation and multiple-criteria models. *AgriculturalSustems* (1999), vol. 62, 169-188.
77. European Association for Bioindustries (EuropaBio). Building a Bio-based Economy for Europe in 2020; European Association for Bioindustries: Brussels, Belgium, 2011
78. European Commission (EC). Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe; COM (2012) final; European Commission: Brussels, Belgium, 2012.
79. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda, Main Findings; Organisation for Economic Cooperation and Development: Paris, France, 2009.
80. White House. National Bioeconomy Blueprint; White House: Washington, DC, USA, 2012.
81. Langeveld, J.W.; Sanders, J.P.M. General Introduction. In *The Biobased Economy: Biofuels, Materials and Chemicals in the Post-oil Era*; Langeveld, J.W., Sanders, J.P.M., Meeusen, M., Eds.; Earthscan: London, UK, 2010; pp. 3–17.
82. Bünge, M. Biofuels: Putting Pressure on Petrol. Available online: <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2010/06/biofuels-putting-pressure-on-petrol> (accessed on 13 May 2013).
83. FAO (2009). The state of food and agriculture 2009. Roma: Food and Agricultural Organization of the United Nations.

84. Brookes, G., and Barfoot, P. (2013). The global income and production effects of genetically modified crops 1996-2011. *Landes Bioscience*, 4(1), 7483.
85. Trigo, E., Falck, J., and Zepeda, C. (2010). *Biotechnología agropecuaria para el desarrollo de América Latina. Oportunidades y retos*. Roma: FAO/BID/LAC.
86. Cardenas A.. Socio -economic effects of the sugarcane to ethanol production chain in Costa Rica. *Socio-Economic Impacts of Bioenergy Production*, 2014, pp. 215-231.
87. Allen, J., Browne, M., Hunter, A., Boyd, J., Palmer, H., 1998. Logistics management and costs of biomass fuel supply. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 28, 463-477.
88. Barbati, A., Corona, P., Mattioli, W., Quatrini, A., 2012. Biomassa forestale per la produzione di energia termica: un modello di analisi per l'alta valle dell'Aniene. *Italian Journal of Forest and Mountain Environments*, 67 (4), 329-336.
89. Bentsen, N.S., Felby, C., 2012. Biomass for energy in the European union-a review of bioenergy resource assessments. *Biotechnol Biofuels*, 5 (1), 1-10.
90. BIC Lazio, 2013. *Piani di gestione dei boschi demaniali del Lazio. Rapporto 2013*.
91. Bilgili, F., Ozturk, I. 2015. Biomass energy and economic growth nexus in G7 countries: Evidence from dynamic panel data. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 132-138
- 92.
93. Blumentrath, C., Sundli Tveit, M., 2014. Visual characteristics of roads: a literature review of people's perception and Norwegian design practice. *Transportation Research Part A*, 59, 58-71.
94. Buchholz, T., Rametsteiner, E., Volk, T. A., Luzadis, V. A., 2009. Multi Criteria Analysis for bioenergy Systems assessments. *Energy Policy*, 37, 484-495.
95. Colantoni, A., Mavrikakis, A., Sorgi, T., Salvati L., 2015. Towards a 'polycentric' landscape? Reconnecting fragments into an integrated network of coastal forests in Rome. *Rendiconti Lincei*, 1-10.
96. Colantoni, A., Recanatesi, F., Baldini, S., Felicetti, M., Romagnoli, M., 2013. Decision analysis for the determination of biomass in the territory of Tuscia Romana by geographic information system and forest management plans. *Journal of Agricultural Engineering*, 44 (s2) 16-18.
97. Decreto Ministeriale n. 9800 del 27 aprile 2012. Tavolo di Filiera per le Bioenergie. Biomasse - biocarburanti e bioliquidi - biogas e biometano - chimica verde. Stato dell'arte della bioenergia in Italia. 2014.
98. Delfanti, L. M. P., Bedini, R., Romagnoli, M., Recanatesi, F., Meacci, F., Caruso, L., Manzo, A., Salvati, L., 2014. Estimation of Agroforestry biomasses available for energy purposes in a municipality in central Italy as instrument for energy planning. *Applied Mathematical Sciences*, vol. 8 (131), 6577-6587.
99. Di Mario, F., Braccio, G., Pignatelli, V., Colonna, N., Zimbardi, F., 2012. *Quaderno - Biomasse e Bioenergia*. ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile).
100. Enama, 2008. *Biomasse ed energia. Caratteristiche tecniche delle biomasse e dei combustibili*. Progetto biomasse.
101. European Council. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the council. On the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC, Official J Eur Union L140/16, Brussels.
102. Ferrara, C., Barone, P.M., Salvati, L., 2015. Towards a socioeconomic profile for areas vulnerable to soil compaction? A case study in a Mediterranean country. *Geoderma*, 247-248, 97-107.
103. GSE (Gestore Servizi Energetici). *Rapporto statistico 2012. Impianti a fonti rinnovabili - Settore elettrico*.
104. Hall, D. O., House, J. I. 1995. Biomass energy in Western Europe to 2025. *Land Use Policy*, 12 (1) 37-48
105. Helrigl, B., 2004. Il potere calorifico del legno. Convegno studio "Le biomasse agricole e forestali nello scenario energetico nazionale". Progetto Fuoco 2004, Verona 18-19 marzo 2004.
106. Hummel, F. C. 1988. Biomass forestry: implication for land use policy in Europe. *Land Use Policy*, 5 (4) 375-384
107. ISTAT, 2012. La progettazione dei censimenti generali 2010 – 2011. Informazione e formazione ai comuni sulle innovazioni di metodi e tecniche per il 15° Censimento generale della popolazione e delle abitazioni. (1) 6-93
108. Jiao, L., Mao, L., Liu, Y., 2015. Multi-order landscape expansion index: characterizing urban expansion dynamics. *Landscape and Urban Planning*, 137, 30-39.
109. Kanzian, C., Kuhmaier, M., Zazgornik, J., Stampfer, K., 2013. Design of forest energy networks using multi-objective optimization. *Biomass and bioenergy*, 58, 294-302.
110. Kinoshita, T., Inoue, K., Iwao, K., Kagemoto, H., Yamagata, Y., 2009. A spatial evaluation of forest biomass usage using GIS. *Applied Energy*, 86, 1-8.

- 111.Koukios, E. G. 1987. The effects of new biosystems technology on land use: The case of the European Community. *Land Use Policy*, 4 (3) 219-228.
- 112.Mendoza, G. A., Prabhu, R., 2000. Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria and indicators: a case study. *Forest ecology and management*, 131, 107-126.
- 113.Perpina, C., Martinez-Llario, J. C., Perez-Navarro, A., 2013. Multicriteria assessment in GIS environments for siting biomass plants. *Land Use Policy*, 31, 326-335.
- 114.Phua, M., Minowa, M., 2005. A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: a case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. *Landscape and Urban Planning*, 71, 207-222.
- 115.Recanatesi, F., Tolli, M., Lord, R. 2014. Multi criteria analysis to evaluate the best location of plants for renewable energy by forest biomass: A case study in central Italy. *Applied Mathematical Sciences*, 8 (129-132), pp. 6577-6587
- 116.Recchia, L., Cini, E., Corsi, S., 2010. Multicriteria analysis to evaluate the energetic reuse of riparian vegetation. *Applied Energy*, 87, 310-319.
- 117.Regione Lazio, 2000. Carta di Uso del Suolo. Tavola 19, Foglio 364 - Inquadramento ED50.
- 118.Sacchelli, S., De Meo, I., Paletto, A., 2013. Bioenergy production and forest multifunctionality: A trade-off analysis using multi scale GIS model in a case study in Italy. *Applied Energy*, 104, 10-20.
- 119.Salvati, L., Ferrara, C., Corona, P., 2015. Indirect validation of the Environmental Sensitive Area Index using soil degradation indicators: A country-scale approach. *Ecological Indicators*, 57, 360-365.
- 120.Shaghaygh, A., Taraneh, S., Ken, D., 2014. Economic feasibility of utilizing forest biomass in district nenergy. *Renewable and sustainable energy reviews*, 33, 117-127.
- 121.Perpiña, C., Martínez-Llario, J.C., Pérez-Navarro, Á., 2013. Multicriteria assessment in GIS environments for siting biomass plants. *Land Use Policy*, 31, 326-335.
- 122.Panichelli, L., Gnansounou, E., 2008. GIS-based approach for difining bioenergy facilities location: a case study in northern Spain based on marginal delivery costs and resources competition between facilities. *Biomass and Bioenergy*, 32, 289-300.
- 123.Phua, M., Minowa, M., 2005. A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: a case study in the Kinabalu area, Sabah, Malaysia. *Landscape and Urban Planning*, 71, 207-222.
- 124.Pignatelli, V., Monni, M., Pari, L., Mannelli, S., 2014. Piano di settore per le bioenergie. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali.
- 125.Scott, J.A., Ho, W., Dey, P.K., 2012. A review of multi-criteria decision-making methods for bioenergy systems. *Energy*, 42, 146-156.
- 126.Sang, A.O., Tveit, M.S., 2013. Perceptions of stewardship in Norvwegian agricultural landscapes. *Land Use Policy*, 31, 557-564.
- 127.Shi, Y., Sun, X., Zhu, X., Li, Y., Mei, L., 2012. Characterizing growth types and analyzing growth density distribution in response to urban growth patterns in peri-urban areas of Linyungang city. *Landscape and Urban Planning*, 105, 425-433.
- 128.Uuemaa, E., Mander, U., Marja, R., 2013. Trends in the use of landscape spatial metrics as landscape indicators: a review. *Ecological Indicators*, 28, 100-106.
- 129.Yue, C., Yang, G. G., 2007. Decision support system for exploiting local renewable energy surces: A case study of the Chigu area of southwestern Taiwan. *Energy Policy*, 35, 383-394.
- 130.Zambelli, P., Lora, C., Spinelli, R., Tattoni, C., Vitti, A., Zatelli, P., Ciolli, M., 2012. A GIS decision support system for regional forest management to assess biomass availability for renewable energy production. *Environmental Modelling & Software*, 38, 203-213.
- 131.Zoellner, J., Schweizer-Ries, P., Wemheuer, C., 2008. Public acceptance of renewable energies: results from case studies in Germany. *Energy Policy*, 36, 4136-4141.