

IL PIANO ENERGETICO-AMBIENTALE PER LA PROVINCIA DI GROSSETO

<p>Allegato A2.9 POTENZIALE PRODUTTIVO DI BIOMASSE AD USO ENERGETICO</p>

Riferimento al capitolo 3.1 della Relazione di sintesi PEAP GR



A cura di CO.SVI.G., e Scuola Superiore S.Anna di Pisa

Potenziale produttivo di biomasse ad uso energetico

Scenari di produzione delle biomasse

1. Introduzione

Nell'evoluzione complessiva dell'agricoltura toscana il percorso di "rigenerazione multifunzionale" delle imprese agricole ha individuato anche nel comparto delle agroenergie sia un'opportunità per le imprese stesse (vedi PSR) che un'occasione di sviluppo per la società tutta (vedi PIER); ed è risultato del tutto evidente che, anche per la provincia di Grosseto, la valorizzazione del potenziale agro-energetico, la capacità di immagazzinamento del carbonio e – in senso lato - la produzione di esternalità positive per l'ambiente, devono essere riconosciuti come una componente importante della multifunzionalità delle aziende agricole e devono avviarsi a diventare anch'essi elementi prioritari di valorizzazione economica delle stesse attività produttive agricole. A nostro avviso è altrettanto scontato che per uno sviluppo effettivamente "sostenibile" delle energie rinnovabili occorre che questo avvenga, da un lato, garantendo la loro piena accettabilità economica, ambientale e sociale e, dall'altro, che questo garantisca anche nel lungo periodo la convenienza e l'interesse economico delle imprese agricole locali.

Le potenzialità dell'agricoltura grossetana in questo comparto risiedono sia nella valorizzazione delle biomasse residuali delle attività forestali e delle produzioni agricole – ed in misura molto minore di quelle zootecniche ed agroindustriali – che nella eventuale diffusione di colture dedicate per la produzione di biomasse lignocellulosiche e nella coltivazione di specie erbacee oleaginose destinabili alla produzione di oli vergini e/o biocarburanti (di 1° generazione), come il biodiesel e, considerando le più volte richiamate peculiarità ambientali e paesaggistiche del territorio di riferimento, lo sfruttamento delle diverse agroenergie appare a nostro avviso percorribile e "sostenibile" soltanto con impianti e sistemi tecnologici di piccole e/o medie dimensioni (micro e minigeneratori) idonei per un impiego "diffuso" e distribuito in comprensori ad alto tasso di ruralità, con ridotto impatto ambientale e paesaggistico.

L'attività di ricerca direttamente condotta da alcuni anni dal laboratorio "Land Lab – Agricoltura, Ambiente e Territorio" della Scuola Superiore Sant'Anna, in Provincia di Grosseto su incarico della locale Camera di Commercio, sulla stima dei quantitativi di biomassa utilizzabile a fini energetici attraverso lo sfruttamento dei residui forestali ed agricoli e l'eventuale utilizzazione di seminativi per colture dedicate, sembra incoraggiare soprattutto lo sviluppo di due tipologie di filiera energetica, basate l'una sulle biomasse lignocellulosiche per la produzione di energia

elettrica e termica da impianti di cogenerazione o trigenerazione e l'altra basata su colture oleaginose per la produzione di biocarburanti liquidi (oli vegetali e biodiesel). Proprio a partire dallo studio dell'assetto dei settori agricolo e forestale è stato possibile determinare il grado di vocazionalità del territorio provinciale allo sviluppo delle filiere agroenergetiche prese in esame, analizzare la distribuzione delle varie superfici sul territorio medesimo e di classificarle in base ai caratteri pedoclimatici prevalenti, e quindi di stimare sia i quantitativi massimi annui di biomassa residuale da attività agricole e forestali, sia le superfici potenzialmente destinabili alla coltivazione di specifiche colture dedicate e le rese medie prevedibili nei diversi areali di coltivazione per ciascuna di queste.

Per le biomasse lignocellulosiche sono state considerate tre possibili fonti di approvvigionamento - dai residui silvicolture e agricoli alla coltivazione di colture dedicate - mentre nel caso degli oli vegetali sono state considerate le rese ottenibili dalla coltivazione, già affermata nell'area, del girasole e da quella meno diffusa della colza.

Lo studio si è articolato nelle seguenti fasi:

- 1) stima dei quantitativi massimi di biomassa residua ottenibili,
- 2) stima delle superfici potenzialmente adatte alla coltivazione delle diverse colture dedicate,
- 3) stima delle rese unitarie ottenibili dalla coltivazione di ciascuna coltura dedicata nei diversi areali;
- 4) analisi di scenari produttivi basati su ipotesi di diversi livelli di sfruttamento delle risorse potenziali e di adozione di impianti di conversione standard.

La metodologia adottata nel presente studio è basata su tecniche di indagine ed analisi di dati a scala territoriale già messe a punto e sviluppate nel corso del "Progetto pilota sull'impiego delle Biomasse ai fini energetici" condotto tra il 2005 ed il 2007 dal laboratorio Land Lab della Scuola superiore Sant'Anna, in collaborazione con il Centro di Ricerca sulle Biomasse di Perugia (CRB) e finanziato dalla Camera di Commercio, Industria, Artigianato ed Agricoltura di Grosseto per l'intero territorio provinciale (CCIAA, 2007) ed ulteriormente migliorate nell'ambito di uno studio commissionato da ENEL, per la stima delle potenzialità di produzione di biomasse nell'Italia centro occidentale (ENEL, 2007).

2. Metodologia

La valutazione dei quantitativi di biomassa vegetale di diversa provenienza ha previsto la messa a punto di una specifica metodologia di indagine che consentisse di elaborare informazioni e dati di varia tipologia e riferiti a scale spaziali e temporali diverse. Ricordiamo che lo studio condotto è mirato a valutare le possibilità produttive nell'ambito di due filiere agri-energetiche, quella delle biomasse solide di tipo lignocellulosico e quella degli oli vegetali, per cui si distinguono 5 diverse tipologie di fonti di approvvigionamento classificabili schematicamente come riportato in tabella 1.

		Origine	
		Residua	Producibile
Tipologia di materiale	Solida lignocellulosica	<i>agricola erbacea</i>	
		<i>agricola legnosa</i>	
		<i>forestale legnosa</i>	
	Liquida oleaginosa		<i>da colture agrarie dedicate lignocellulosiche</i>
			<i>da colture agrarie dedicate oleaginose</i>

Tabella 1: classificazione schematica delle biomasse da energia in base alle fonti di approvvigionamento.

La biomassa residua agricola di tipo erbaceo è costituita dai residui colturali di campo facilmente asportabili ed include soprattutto le paglie dei cereali autunno-vernini, mentre quella di tipo legnoso è costituita prevalentemente dai residui di potatura delle principali colture arboree, tra le quali nel territorio oggetto di studio primeggiano l'olivo e la vite. La biomassa residuale di origine forestale, comunemente denominata ramaglia, è rappresentata prevalentemente dal materiale di

scarto dei tagli di utilizzazione o dei tagli colturali condotti sia su boschi cedui che su boschi ad alto fusto; si tratta prevalentemente di pezzature che altrimenti, non avendo avuto di fatto fino ad oggi uno specifico mercato, vengono abbandonate nell'area delle tagliate e parzialmente raggruppate.

Le colture “dedicate” sono per lo più colture erbacee o legnose a rapido accrescimento per la produzione di biomassa lignocellulosica; le colture erbacee possono essere ulteriormente distinte per la durata del ciclo in annuali e poliannuali e quelle legnose in base al turno di ceduzione. Attualmente nell'area oggetto di studio le colture dedicate da biomassa lignocellulosica non sono coltivate a livello aziendale anche se sono conosciute o perché destinate ad utilizzi alternativi rispetto a quelli proposti in questo contesto o perché facenti parte della flora spontanea del territorio. Queste quattro tipologie di biomassa sono facilmente integrabili tra loro nell'ambito di processi di conversione basati sulla combustione della biomassa stessa.

Le colture dedicate da olio combustibile sono invece affermate anche a livello aziendale per la produzione di olio vegetale attualmente destinato al mercato alimentare; le due colture considerate in questo lavoro sono il girasole, coltura ampiamente diffusa ed apprezzata nelle aziende agricole dell'areale oggetto di studio e la colza, che invece, soprattutto per motivi di carattere tecnico, ha fino ad ora faticato a trovare spazio negli ordinamenti colturali della provincia di Grosseto.

2.1 Stima della biomassa residuale agricola potenzialmente disponibile

Per la stima dei quantitativi di biomassa residuale potenziale provenienti dall'attività agricola lo studio si è basato su una metodologia già adottata dal gruppo di studio in altre occasioni (CCIAA, 2007; ENEL, 2007) consistente da un lato sull'individuazione delle colture agrarie erbacee ed arboree più diffusamente coltivate nel territorio di indagine, sulla stima delle superfici mediamente destinate ogni anno a ciascuna di esse e poi sulla stima dei residui da queste prodotte.

Nell'ambito delle colture erbacee sono state prese in considerazione soprattutto i cereali autunno-vernini ed il mais da granella, mentre tra le colture arboree sono state considerate sia la coltivazione della vite e dell'olivo, ampiamente diffuse nel territorio, ma anche le principali frutticole (melo, pero, pesco, albicocco) che, seppur di minore diffusione, rappresentano un indirizzo produttivo degno di rilievo in alcuni ristretti contesti.

La SAU destinata alle diverse colture è stata reperita dai dati dell'ultimo Censimento Generale dell'Agricoltura ISTAT per il 2000.

Nel caso dei residui dei cereali (ovvero della paglia per i cereali autunno-vernini e/o degli stocchi per il mais), per stimare quantità potenzialmente disponibili per le superfici censite, sono stati utilizzati i dati produttivi ufficialmente rilevati dalla Regione Toscana per il medesimo anno 2000; successivamente attraverso le rese delle singole specie in prodotto utile (granella) e tenendo conto delle caratteristiche bioagronomiche e dell'*Harvest Index* (indice che si riferisce al rapporto tra la biomassa utile e la biomassa totale) delle varietà di cereali a paglia più diffuse nell'area di studio, è stato possibile stimare la quantità di residui colturali disponibili nel territorio agricolo della pianura grossetana.

Per la stima dei residui colturali derivanti dalle specie arboree nel caso della vite e degli altri fruttiferi è stata considerata sia la biomassa derivante dalle potature annuali, sia quella ottenuta dall'espanto a fine ciclo (e ripartita ai fini del mero calcolo matematico per un numero di anni pari alla durata media dell'impianto), mentre per l'olivo, la cui durata dell'impianto è spesso di difficile valutazione e comunque straordinariamente lunga, è stata considerata solo la biomassa proveniente dalle potature annuali.

2.2 Stima della biomassa derivante dall'attività silvicolturale

La stima della biomassa forestale potenzialmente destinabile all'impiego energetico è stata effettuata "incrociando" i dati dell'Inventario Forestale della Toscana (IFT) e con quelli del Corine Land Cover, con lo scopo di individuare le *superfici* delle diverse *tipologie di bosco* presenti nel territorio provinciale. Successivamente, grazie ai dati ottenuti tramite interviste ai soggetti locali (pubblici e privati) preposti alla gestione del patrimonio forestale, sono state stimate le *superfici medie effettivamente sottoposte a taglio* ogni anno in ciascun comune, le relative *rese* ottenute e l'attuale destinazione di mercato dei diversi assortimenti.

In particolare, è stata stimata la resa in biomassa (quantità di sostanza secca per ettaro di superficie) per le principali tipologie forestali:

1) fustaie (suddivisa in assortimenti principali – legname da opera – e residui della lavorazione forestale);

2) cedui ed altre tipologie boschive minoritarie (suddivisa in legna da ardere e residui della lavorazione forestale, ovvero la *ramaglia*).

Il prodotto tra le superfici di ciascuna tipologia di bosco utilizzata e la relativa resa al taglio, ripartita in prodotto principale e residui di lavorazione, ha infine rappresentato la disponibilità complessiva di biomassa forestale.

Entrando invece nel merito della effettiva possibilità che i quantitativi di biomassa come sopra stimati siano destinati alla produzione di energia (nelle più diverse forme), abbiamo ritenuto opportuno supporre che il *legname da opera* mantenesse sostanzialmente le attuali destinazioni d'uso e la relativa biomassa è stata del tutto esclusa dal calcolo. Un discorso a parte merita anche la *legna da ardere*, il cui prezzo attuale risulta al momento non competitivo per una eventuale destinazione energetica, ma considerando i possibili scenari del settore energetico a livello globale non è possibile escludere che nel breve-medio periodo si verifichino condizioni tali da renderne conveniente l'utilizzo a scopi energetici. Ciò premesso la stima della disponibilità potenziale è quindi stata basata solo sui quantitativi di biomassa residuale (*ramaglia*).

2.3 Stima della biomassa potenziale da colture dedicate

La stima della produzione potenziale di biomassa da colture dedicate è stata effettuata ipotizzando alcuni scenari produttivi la cui accettabilità è inevitabilmente legata (1) alle effettive possibilità di inserimento delle specie considerate nei contesti produttivi del territorio di riferimento e (2) alle rese medie che queste possono garantire nei differenti contesti ambientali.

La metodologia di stima adottata ha previsto due livelli di indagine paralleli con l'obiettivo, da un lato, di individuare e quantificare le superfici potenzialmente destinabili a ciascuna specie e, dall'altro, di prevedere le rese unitarie medie di ciascuna di queste nei diversi ambienti pedoclimatici del territorio; alla base di entrambe le valutazioni vi è stato in primo luogo lo studio della variabilità spaziale del comprensorio per quei fattori agro-ambientali che, alla scala di riferimento, hanno un effetto diretto e rilevante sulle capacità adattative e sulle "prestazioni agronomiche" delle diverse colture.

Poiché è da ritenersi del tutto irrealistica e comunque scarsamente sostenibile l'ipotesi di destinare tutti i seminativi eventualmente idonei e disponibili alla produzione di colture da energia, la stima dei quantitativi producibili è stata fatta ipotizzando scenari produttivi che tenessero conto anche di alcuni criteri di sostenibilità agroambientale.

2.3.1 Stima delle superfici potenzialmente idonee

La stima delle superfici potenzialmente idonee è stata condotta in due fasi:

- 3) stima delle superfici facilmente meccanizzabili e quindi più adatte alla coltivazione di colture di carattere industriale che talvolta richiedono tipologie di macchine poco adatte a lavorare su terreni acclivi;
- 4) stima delle superfici ricadenti in areali rispondenti da un punto di vista pedoclimatico alle esigenze colturali di ciascuna delle colture considerate.

Una volta stimate le superfici agricole più facilmente meccanizzabili (pendenza inferiore al 15%) all'interno di queste sono state selezionate le classi di seminativi non irrigui ritenute potenzialmente convertibili in tempi di breve-medio periodo alla coltivazione di specie da energia e per queste, al fine di individuare le sub aree più adatte a ciascuna delle potenziali colture, si è proceduto alla loro caratterizzazione in merito: 1) alle classi di tessitura prevalente del suolo (medio impasto, pesante, sabbiosa e scheletrica) elaborate a partire dalla descrizione dei suoli effettuata

dall'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo di Firenze (CRA ISSDS); 2) all'indice di aridità stagionale, così come risulta dal rapporto tra piovosità ed evapotraspirazione potenziale ($I = P/ETP$) del periodo primaverile estivo (figura 15). Relativamente a quest'ultimo indice, l'area di studio è stata classificata secondo due fasce climatiche definite sulla base di un valore soglia di I pari a 0,35 (CNR IBIMET, 2004).

Successivamente nell'ottica di prevedere comunque una gestione sostenibile dei processi produttivi delle biomasse, sono stati definiti due ordini di criteri per determinare gli areali di coltivazione più adatti per ciascuna coltura. Al primo di questi appartengono criteri di tipo ecofisiologico, adottati per determinare la più opportuna associazione tra "classe pedoclimatica" e specie coltivata, assumendo come vincolante la necessità di evitare per queste colture il ricorso all'irrigazione.; il secondo ordine di criteri di tipo squisitamente agronomico, considera da un lato i punti di forza e di debolezza delle diverse colture dal punto di vista tecnico e socio-economico e dall'altro la necessità di garantire comunque produzioni di biomassa quali – quantitativamente elevate a livello di intero comprensorio.

In questo senso, quando è apparso possibile, sono state privilegiate le colture in grado di garantire produzioni legnose, decisamente più pregiate (es. pioppo), ipotizzando di introdurle solo negli areali dalle caratteristiche pedoclimatiche migliori e non valutando opportuno che le specie più "rustiche" (es. canna comune e cardo) fossero introdotte nei medesimi areali, pur considerando che queste avrebbero potuto realizzare produzioni più elevate per unità di superficie.

La metodologia appena sintetizzata è stata adottata sia per le colture da biomassa lignocellulosica che per le colture oleaginose, ma, per favorire la migliore comprensione dell'approccio utilizzato, tratteremo separatamente i risultati ottenuti per le due tipologie di colture.

Sulla scelta delle colture da biomassa lignocellulosica

Per la filiera delle biomasse lignocellulosiche sono state prese in esame le colture che, a seguito degli studi di lungo periodo direttamente condotti presso il Centro Interdipartimentale di ricerche Agro-Ambientali "E. Avanzi" (CIRAA) di San Piero a Grado Pisa (in terreni di media fertilità tipici della bassa valle dell'Arno), erano state considerate le migliori per i nostri ambienti pedoclimatici:

1. Short Rotation Forestry di pioppo (*Populus* spp.)
2. Canna comune (*Arundo donax* L.)
3. Sorgho da fibra (*Sorghum bicolor* L. Moench)
4. Miscanto (*Mischantus x giganteus* Greef et Deuter)
5. Cardo (*Cynara cardunculus* L.)

La SRF di pioppo – che notoriamente è piuttosto esigente in termini di disponibilità idrica e di fertilità dei suoli – è stata prevista nei terreni di medio impasto della fascia climatica su-umida (I

> 0,35) in considerazione delle sue ridotte capacità adattative a condizioni ambientali più estreme e dell'ottimo livello quanti-qualitativo della biomassa prodotta dal pioppo (figura 1).

Sia terreni a grana fine che quelli più sabbiosi della fascia climatica sub-umida sono stati ritenuti maggiormente adatti alla coltivazione delle varietà tardive di sorgo (denominate sorgo A), del miscanto e della canna comune; tra queste si è ritenuto che il sorgo avesse maggiori probabilità nel breve periodo di essere inserito negli ordinamenti colturali aziendali soprattutto in quanto coltura annuale e quindi più facilmente avvicendabile alle colture tradizionali dell'area (figura 1); di contro, per miscanto e canna è stata prevista una minore probabilità di diffusione, in quanto si è ritenuto ipotizzabile anche una certa "diffidenza" da parte degli agricoltori nei confronti delle colture poliennali (che tengono occupato il terreno per un consistente numero di stagioni agrarie e che possono essere addirittura percepite come specie infestanti ed invasive).

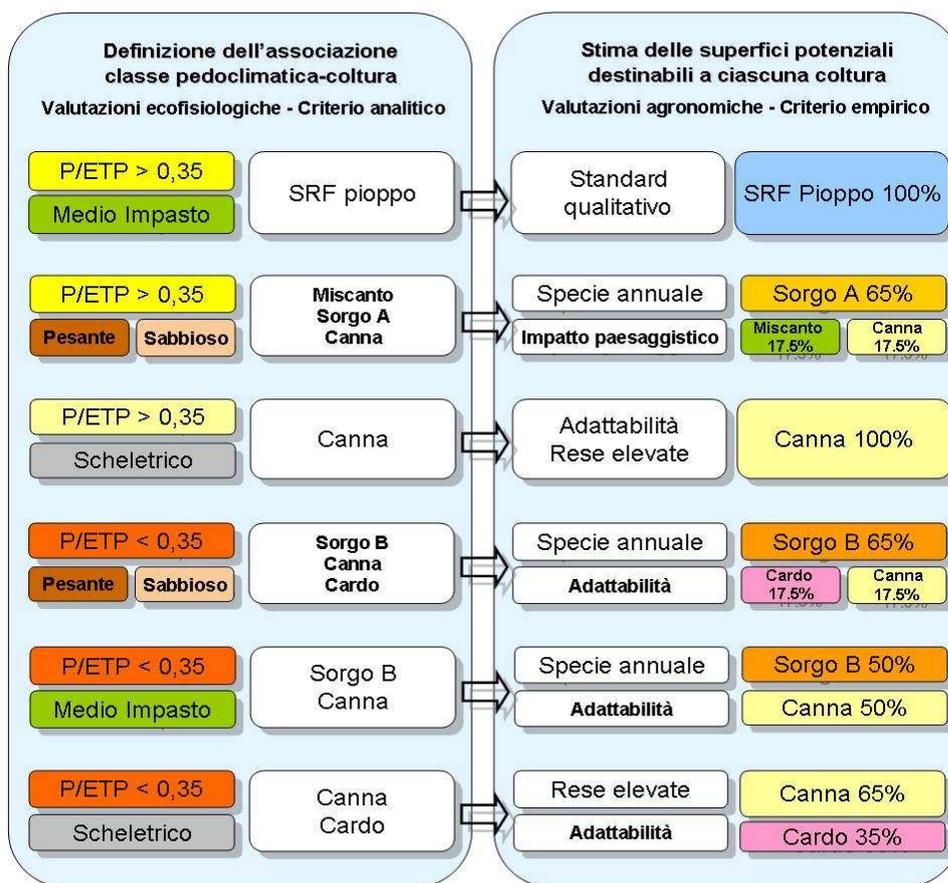


Figura 1: rappresentazione schematica del processo adottato per la determinazione degli areali di coltivazione più favorevoli per ciascuna coltura da biomassa lignocellulosica e per la stima delle superfici potenzialmente destinabile alla loro coltivazione; nella colonna di destra sono illustrati i criteri analitici per utilizzati per determinare l'associazione tra classe pedoclimatica e coltura, nella colonna di sinistra sono illustrati i criteri agronomici utilizzati per determinare le probabilità di diffusione di ciascuna coltura nei diversi areali.

I terreni più leggeri e grossolani della fascia climatica sub-umida sono stati ritenuti più adatti alla coltivazione della canna comune, che per la sua rusticità può garantire rese elevate anche in terreni più ostici (figura 1); nella fascia climatica sub-arida, invece, i terreni fini e quelli sabbiosi sono stati associati al cardo, alla canna e alle varietà precoci di sorgo (denominate sorgo B); al riguardo nonostante il cardo sia considerato adattabile a questo specifico contesto pedoclimatico e nonostante sia una specie già conosciuta nel comprensorio, è stata ipotizzata una sua diffusione più contenuta soprattutto a causa delle basse rese unitarie attese e per la modesta qualità della biomassa prodotta. Di contro terreni di medio impasto della medesima fascia climatica sono stati ritenuti più adatti alla coltivazione della canna comune ed alle varietà precoci di sorgo (sorgo B); infine quelli più grossolani sono stati associati alle due specie più rustiche, cardo e canna comune, privilegiando maggiormente quest'ultima per le più elevate rese potenziali.

Sulla scelta delle colture dedicate per la produzione di olio

Per la filiera dell'olio vegetale/biodiesel il girasole e la colza sono le due colture erbacee, tra le specie oleaginose, ritenute più adatte agli ambienti climatici tipici del mediterraneo; tra l'altro, com'è noto, il girasole appartiene alla tradizione agricola dell'area oggetto di studio; si tratta di una coltura primaverile - estiva, caratterizzata da un ciclo piuttosto breve che, seminata tra febbraio e aprile, raggiunge la maturazione fisiologica già a partire dalla fine di luglio e può essere coltivato anche in condizioni asciutte.

La colza da granella è invece una coltura a ciclo autunno-invernale e potrebbe costituire una valida alternativa anche negli ambienti maremmani, in particolare in condizioni di suolo ben drenato, in avvicendamento con i cereali autunno-vernini. I criteri utilizzati per la definizione dei più opportuni areali di coltivazione per le due colture sono schematicamente riassunti in figura 18; in sintesi si è assunto che la colza, più del girasole, potesse essere coltivato su terreni tendenzialmente sciolti e/o grossolani e in condizioni climatiche sub-aride (indice di aridità inferiore a 0,35). Di contro nei terreni a tessitura più fine e in condizioni climatiche caratterizzate da maggiore piovosità è apparsa più probabile la coltivazione del girasole, la cui tecnica colturale è anche meglio nota agli agricoltori locali e le cui rese in queste condizioni sono spesso superiori a quelle dalla brassicacea.

La probabile distribuzione delle colture oleaginose nel territorio agricolo della pianura grossetana è sinteticamente rappresentata in figura 2.

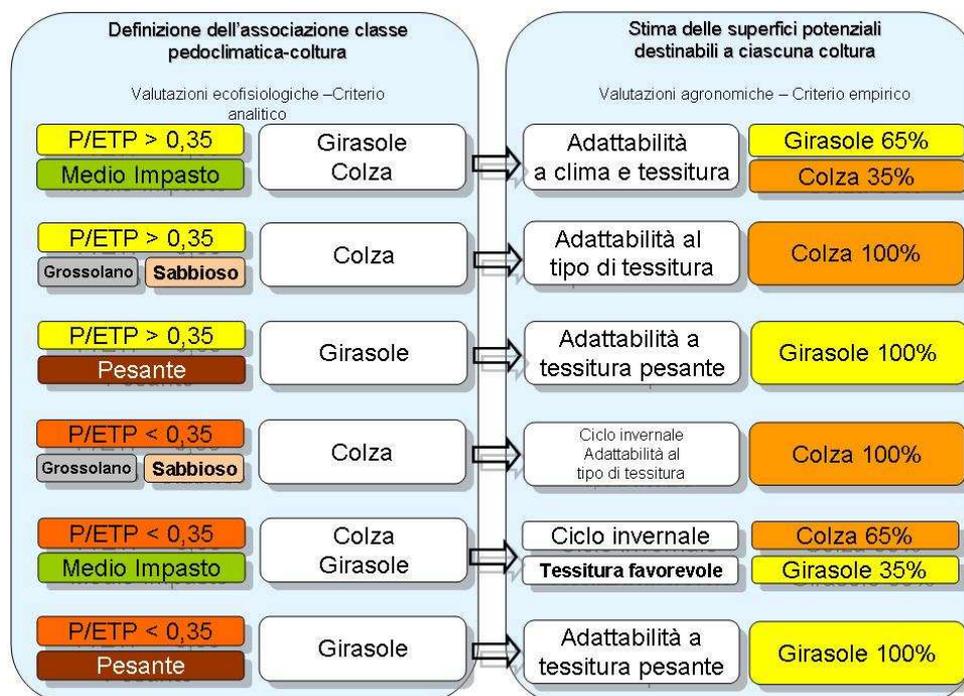


Figura 2: rappresentazione schematica del processo adottato per la determinazione degli areali di coltivazione più favorevoli per la colza ed il girasole e per la stima delle superfici potenzialmente destinabile alla loro coltivazione; nella colonna di destra sono illustrati i criteri analitici per utilizzati per determinare l'associazione tra classe pedoclimatica e coltura, nella colonna di sinistra sono illustrati i criteri agronomici utilizzati per determinare le probabilità di diffusione di ciascuna coltura nei diversi areali.

2.3.2 Considerazioni sulla stima delle rese unitarie potenziali

Non disponendo ad oggi di sufficienti informazioni in merito al comportamento fisiologico ed agronomico delle specie considerate (soprattutto di quelle lignocellulosiche) nel contesto agropedoclimatico della provincia di Grosseto, la stima delle rese unitarie delle diverse colture è stata frutto di un'autonoma elaborazione; ciò in quanto alcune delle specie in questione non sono mai state coltivate in questo territorio (nemmeno a livello di sperimentazione), e al momento per queste specie, lo stato delle conoscenze scientifiche non permette di fornire modelli di simulazione attendibili ai fini di una stima accettabile.

La previsione delle possibili rese medie unitarie di cui diamo conto in questa sede si è quindi basata sulla determinazione di un "coefficiente di resa relativa" CRr , calcolato a partire dalle rese medie unitarie del frumento duro e del girasole, che è servito a delineare le "attitudini produttive" dei diversi areali di coltivazione rispetto a quelle da noi direttamente rilevate per le medesime colture nell'ambito della pianura pisana (Centro di Ricerche Agro-Ambientali "E. Avanzi" (CIRAA) di San Piero a Grado), per la quale erano disponibili anche i dati sulle produzioni delle colture da biomassa. Le due colture "guida" (girasole e frumento) sono state ritenute le colture più idonee allo scopo per le seguenti caratteristiche:

- ❖ sono specie coltivate su tutto il territorio oggetto dello studio;
- ❖ sono tra le colture arative più diffuse;
- ❖ sono colture tradizionali, coltivate con tecniche agronomiche simili nelle aziende del territorio;
- ❖ sono specie che ben si possono adattare anche alla riduzione dell'impiego di input colturali;
- ❖ sono abbastanza rappresentative dei riflessi sulle rese dell'andamento della stagione agraria (sia per le specie autunno-vernine che di quelle primaverili – estive).

La metodologia di stima adottata (CCIAA, 2007; ENEL, 2007) ha permesso di stimare con un certo margine di approssimazione le rese medie previste nell'area di studio per le cinque colture dedicate da biomassa lignocellulosica e per le due colture oleaginose (tabella 2).

Tipo di coltura	Coltura	Resa unitaria prevista (t/ha anno)		
		media	minima	massima
<i>Lignocellulosica</i>	<i>Canna</i>	22,5	20	25.5
	<i>Miscanto</i>	18.5	16	21.5
	<i>Sorgo tardivo</i>	18.5	16	21.5
	<i>Sorgo precoce</i>	11	9.5	12.5
	<i>Cardo</i>	8	7.5	9.5
	<i>Pioppo</i>	13	11.5	15
<i>Oleaginosa</i>	<i>Girasole</i>	2.1	1.83	2.4
	<i>Colza</i>	1.88	1.65	2.15

Tabella 2: rese unitarie attese per ciascuna coltura nella provincia di Grosseto.

3. Scenari di produzione di biomassa

Poiché appare assai improbabile che tutte le superfici teoricamente utilizzabili e quindi, tutti i quantitativi di biomassa potenziale stimati nei capitoli precedenti possano essere effettivamente disponibili a scopo energetico, di seguito vengono descritti ed analizzati alcuni scenari ipotetici di produzione al fine di valutare i margini effettivi per un eventuale sviluppo della filiera agri-energetica con sufficienti livelli di sostenibilità. I residui agricoli e forestali, ad esempio, costituiscono senz'altro una potenziale fonte di combustibile, ma rappresentano soprattutto un risorsa fondamentale per il mantenimento della fertilità dei suoli, per il contenimento dei fenomeni erosivi e per la salvaguardia della biodiversità. Per quanto riguarda le colture da energia, bisogna invece considerare che la loro possibilità di diffusione è inevitabilmente condizionata dalla disponibilità di suoli agrari che attualmente sono destinati a produzioni di tipo alimentare, e la loro introduzione non può che essere adeguatamente integrata con gli attuali indirizzi produttivi.

Le produzioni di biomassa ad uso energetico sono state quindi stimate in base a due diversi livelli (basso ed alto) di sfruttamento dei materiali residui e a differenti gradi di utilizzazione dei seminativi agrari per colture dedicate definiti secondo criteri agronomici. Per quanto riguarda la filiera delle biomasse lignocellulosiche entrambi gli scenari prevedono la massimizzazione delle produzioni a livello comunale in funzione comunque del mantenimento di una soglia minima qualitativa legata alla percentuale di legno prodotta rispetto alla biomassa totale, non inferiore al 50%, dato che il materiale legnoso oltre ad avere un maggior valore energetico, comporta una minor produzione di ceneri e un più facile stoccaggio.

3.1 Scenario basso

Per la **filiera delle biomasse lignocellulosiche** è stato ipotizzato lo sfruttamento del 25% dei residui di origine forestale, il che comporterebbe interventi di esbosco del materiale residuo sul 25% della superficie provinciale mediamente sottoposta al taglio ogni anno, ovvero un intervento ogni 4 turni di taglio sulla stessa area. Anche per i sarmenti della vite, per le frasche di olivo e le potature dei frutteti è stato previsto un livello di utilizzazione pari al 25% del materiale potenzialmente disponibile ogni anno. Per quanto riguarda le paglie residue l'ipotesi fatta tiene conto, come premesso, dell'importante ruolo svolto dai residui di campo nel mantenimento della fertilità del suolo e del contenimento dei fenomeni erosivi, per cui è stato supposto un intervento sulla stessa superficie ogni 10 anni, equivalente ad un recupero della biomassa residua annua potenziale pari al

10%. Per le colture dedicate di tipo lignocellulosico è stato supposto un utilizzo minimo dei seminativi non irrigui facilmente meccanizzabili (pendenza <15%) pari al 5% del totale stimato, considerate prevalentemente fuori avvicendamento considerando che a parte il sorgo da fibra tutte le specie considerate sono colture poliennali, la cui durata di impianto varia di 10 ai 15 anni (figura 3).

Per la **filiera delle biomasse oleaginose** è stato ipotizzato di destinare a colza e girasole il 25% della restante quota di seminativi non irrigui facilmente meccanizzabili, nell'ottica di introdurle in un ipotetico avvicendamento quadriennale (figura 3).

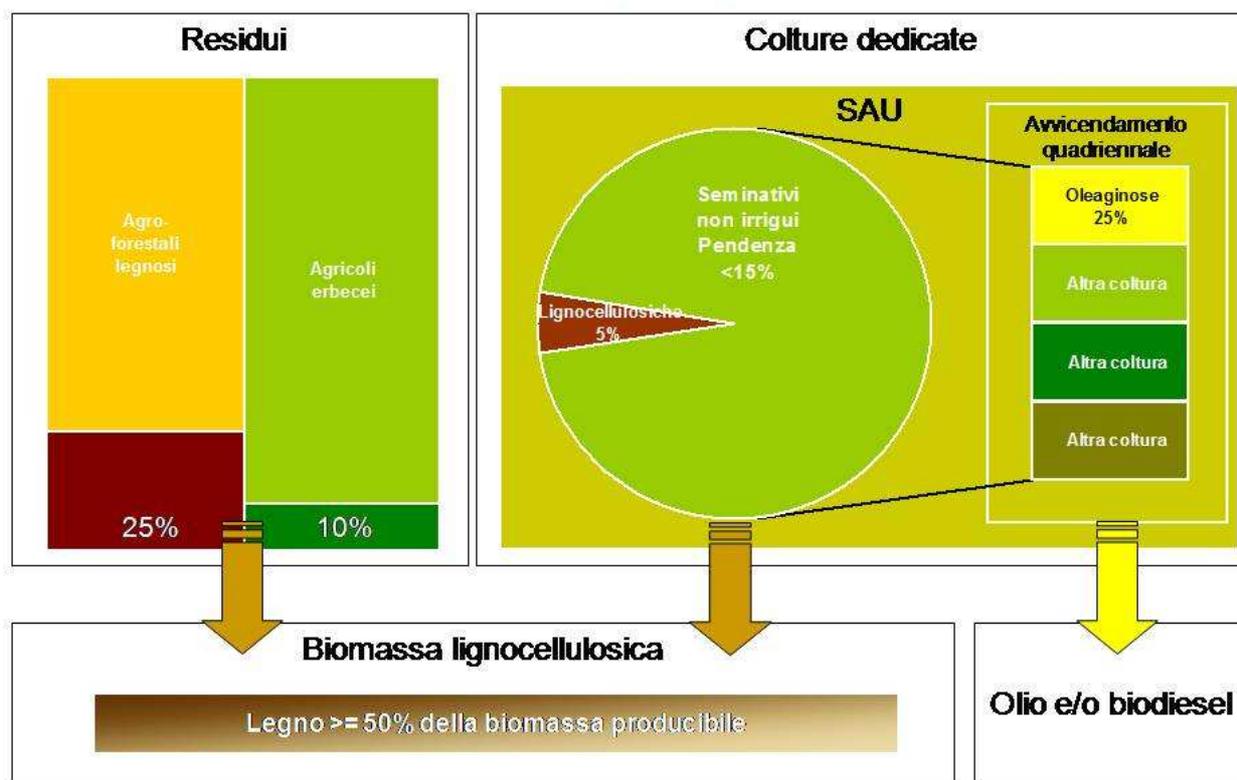


Figura 3: rappresentazione schematica dell'ipotesi di **scenario basso** per la produzione di biomasse ad uso energetico nel territorio della provincia di Grosseto.

In base a questa ipotesi di scenario è stata stimata una produzione provinciale di biomasse lignocellulosiche pari a circa 140.000 t/anno di sostanza secca (circa 230.000 tonnellate di sostanza tal quale, considerando un umidità media del materiale alla raccolta intorno al 40%, 50% per il materiali legnoso, 30% per il materiale di tipo erbaceo). L'olio producibile da girasole e colza ammonta a circa 27.100 t/anno (tabella 3).

Tipologia di biomassa	Origine	t/anno
<i>Lignocellulosica</i>	Residui agricoli erbacei	22.550
	Residui agricoli legnosi	11.200
	Residui forestali	7.515
	Colture dedicate	98.520
	Totale	139.785
<i>Oleaginosa</i>	Olio	27.100

Tabella 3: livelli produttivi di biomasse lignocellulosiche (t/anno di sostanza secca) ed olio (t/anno) prevedibili in base all'ipotesi di scenario basso.

La produzione di biomassa lignocellulosica stimata è costituita prevalentemente da materiale derivante da coltivazioni dedicate, e in quota minore da residui agricoli erbacei, da residui agricoli legnosi ed infine da residui forestali. La produzione di biomassa di origine forestale costituisce una quota marginale rispetto alle altre tipologie, poiché, come evidenziato nei paragrafi precedenti, la produzione massima potenziale è stata calcolata sulla base degli attuali livelli di utilizzazione delle aree boscate, che sono notevolmente inferiori rispetto al potenziale raggiungibile sottoponendo al taglio la superficie massima consentita annualmente dal regolamento forestale della regione Toscana.

Nel grafico di figura 4 è rappresentata la produzione di biomassa ottenibile da ciascuna fonte di approvvigionamento a livello provinciale in base all'ipotesi di scenario basso. La biomassa potenziale, ottenibile dai residui agro-forestali, è rappresenta per il 55% da residui di tipo erbaceo, per il 21% da potature di olivo, per il 18% da residui dell'attività silvicolture, e per il 4% da sarmenti di vite. Le colture dedicate lignocellulosiche, impegnando il 5% dei seminativi pianeggianti della provincia, possono garantire un approvvigionamento stimabile intorno alle 98.500 t/anno di sostanza secca, costituite, in base allo scenario ipotizzato, per il 52% da materiale

legnoso derivante dalla coltivazioni di SRF di pioppo. Destinando il 25% della quota restante di seminativi pianeggianti alla coltivazione di girasole e colza potrebbero essere prodotte a livello provinciale circa 27.000 t/anno di olio combustibile.

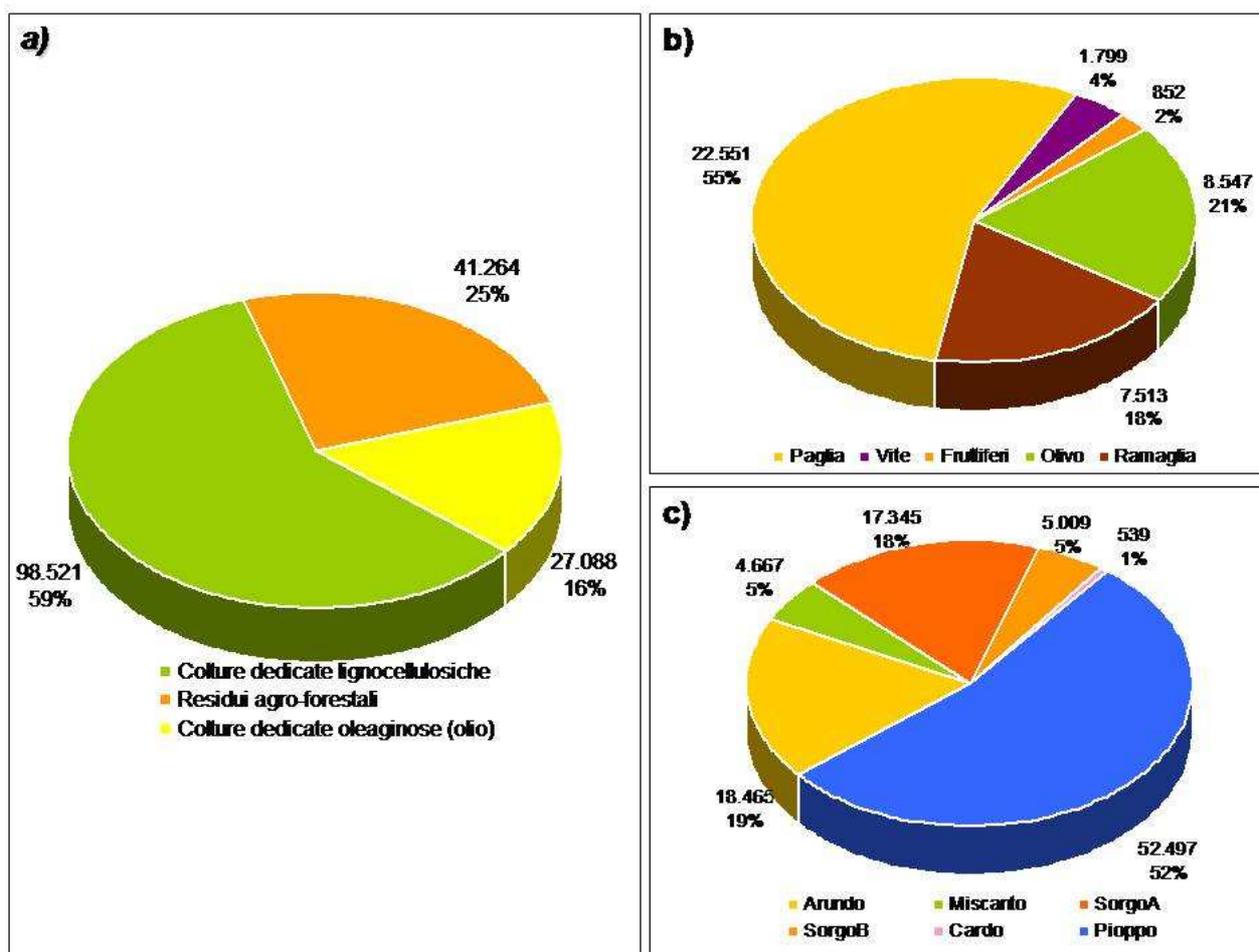


Figura 4: produzione di biomassa ad uso energetico stimata in base all'ipotesi di **scenario basso** per tipologia di biomassa: residui agro-forestali, colture dedicate lignocellulosiche e colture dedicate oleaginose (a); produzione di biomassa lignocellulosica da residui agroforestali per fonte di approvvigionamento (b); produzione di biomassa lignocellulosica per tipo di coltura dedicata (c).

Le mappe di figura 5 descrivono invece il potenziale annuo di produzione di biomasse lignocellulosiche ed olio a scala comunale. I livelli di produzione più alti sono raggiungibili nei comuni dove maggiore è la disponibilità di superfici destinabili alle colture dedicate: fino a 30.500 t t s.s./anno di biomassa lignocellulosica e circa 7.250 t/anno di olio nel comune di Grosseto, che rappresenta sicuramente la realtà produttiva più interessante data l'estensione del comune, la disponibilità di vaste superfici agricole e la presenza di terreni dotati di buoni livelli di fertilità.

In generale, tutte le aree di pianura possono garantire livelli produttivi più alti, proprio per la

maggior disponibilità di superfici da poter destinare alla coltivazione di specie da energia. Tra i comuni di seconda fascia infatti possono essere collocati Roccastrada, Magliano in Toscana, Orbetello, Manciano e Capalbio, con produzioni di biomassa lignocellulosica stimate tra le 7.250 e le 12.000 t/anno di sostanza secca e produzioni di olio (ottenibile prevalentemente da girasole) stimate tra le 1.250 e le 2.150 t/anno.

Nelle zone collinari ad est della valle della Bruna e della pianura grossetana, per i comuni di Civitella-Paganico, Cinigiano, Campagnatico e Scansano, sono state stimate produzioni annue di biomassa lignocellulosica tra le 4.000 e le 7.250 t di sostanza secca, costituite per più del 30% da paglie residue e da potature di olivo. Livelli produttivi simili sono stati stimati anche per Castiglione della Pescaia, Gavoranno e Massa Marittima, dove circa il 20% della produzione potrebbe dipendere dal recupero dei residui forestali. Per questi comuni di terza fascia le produzioni di olio attese in base allo scenario basso sono comprese tra le 650 e le 1.250 t/anno.

Nelle aree marginali collinari e montane dell'Amiata e delle Colline Metallifere la produzioni ottenibili da colture dedicate sono sensibilmente più basse, data la scarsa disponibilità di superfici agricole facilmente meccanizzabili. In questi contesti acquistano un ruolo di primo piano le produzioni ottenibili dalla valorizzazione dei residui forestali (Santa Fiora, Monterotondo Marittimo Montieri) e dei residui agricoli (Seggiano, Castel del Piano, Arcidosso, Roccalbegna, Semproniano e Castell'Azzara).

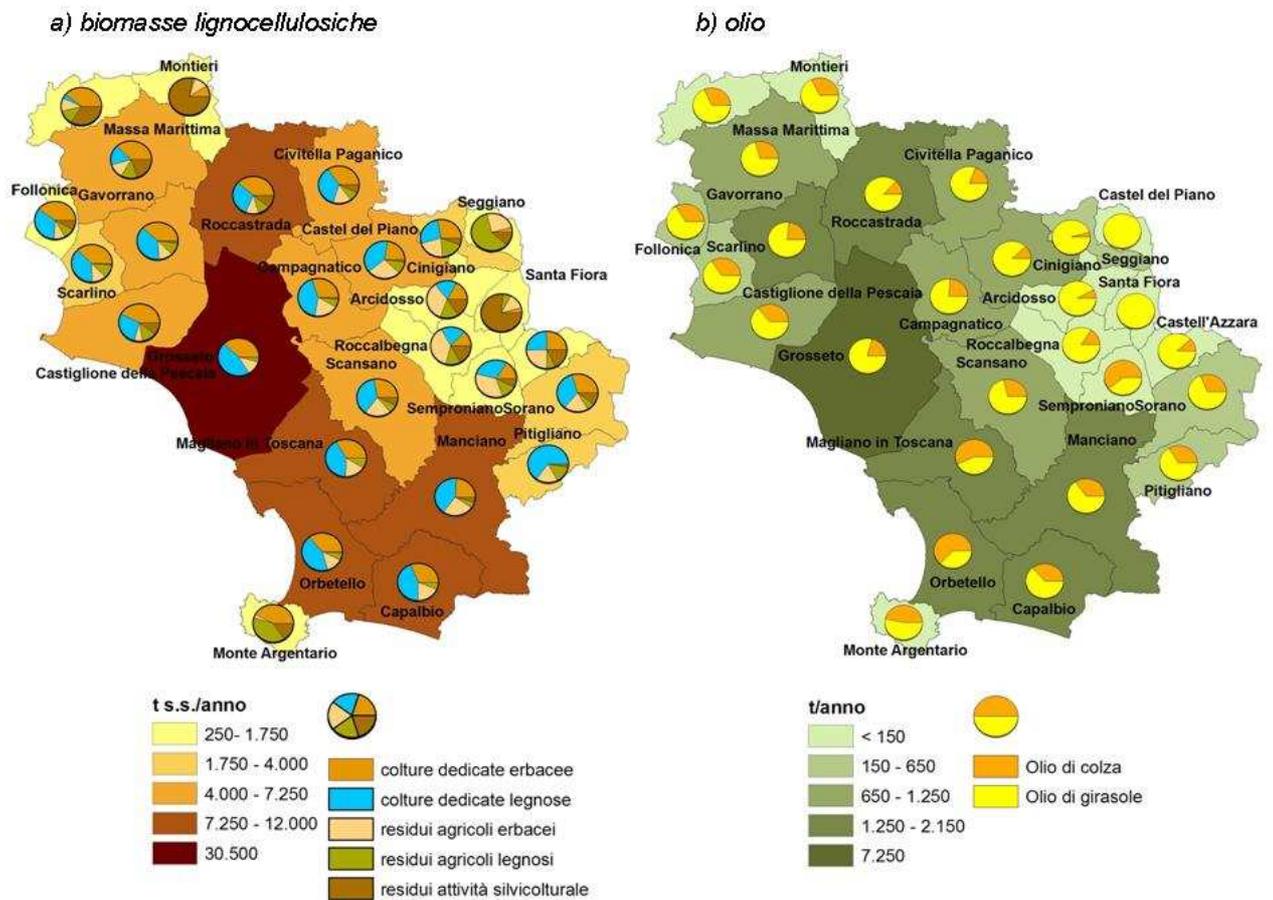


Figura 5: livelli e tipologia di biomasse producibili per comune in base all'ipotesi di scenario basso: a) biomasse lignocellulosiche; b) olio vegetale.

3.2 Scenario alto

Per la **filiera delle biomasse lignocellulosiche** è stato ipotizzato lo sfruttamento del 75% dei residui di origine forestale, il che comporterebbe interventi di esbosco del materiale residuo sul 75% della superficie provinciale mediamente sottoposta al taglio ogni anno. Anche per i sarmenti della vite, per le frasche di olivo e le potature dei frutteti è stata prevista un livello di utilizzazione pari al 75% del materiale potenzialmente disponibile ogni anno. Per quanto riguarda le paglie residue è stato supposto un intervento sulla stessa superficie ogni 5 anni, equivalente ad un recupero della biomassa residua annua potenziale pari al 20%. Per le colture dedicate di tipo lignocellulosico è stato supposto l'utilizzo del 10% dei seminativi non irrigui facilmente meccanizzabili (pendenza <15%) coincidenti pressappoco con il livello di set-aside dell'area. Le colture dedicate da biomassa lignocellulosica sono considerate prevalentemente fuori avvicendamento considerando che a parte il sorgo da fibra tutte le specie considerate sono colture poliennali, la cui durata di impianto varia di 10 ai 15 anni (figura 3).

Per la **filiera delle biomasse oleaginose** è stato ipotizzato di destinare a colza e girasole un terzo della restante quota di seminativi non irrigui facilmente meccanizzabili, nell'ottica di introdurle in un ipotetico avvicendamento triennale (figura 6), secondo il turno minimo agronomicamente accettabile per la coltivazione di colture oleaginose.

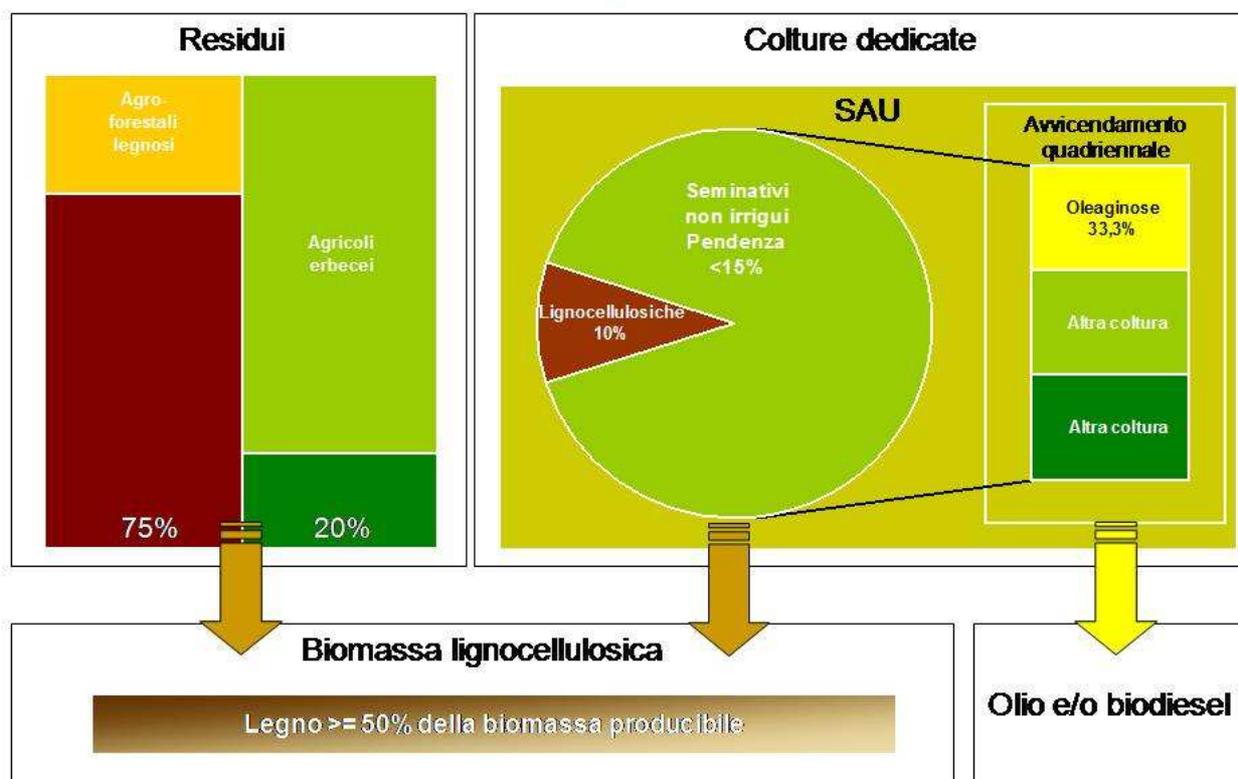


Figura 6: rappresentazione schematica dell'ipotesi di **scenario alto** per la produzione di biomasse ad uso energetico nel territorio della provincia di Grosseto.

Secondo quanto assunto nello scenario alto, è stata stimata una produzione provinciale di biomasse lignocellulosiche superiore a 300.000 t/anno di sostanza secca (circa 500.000 tonnellate di sostanza tal quale, considerando un'umidità media del materiale alla raccolta intorno al 40%, 50% per il materiale legnoso, 30% per il materiale di tipo erbaceo). L'olio, producibile da girasole e colza, è stato stimato intorno alle 34.150 t/anno (tabella 4).

Tipologia di biomassa	Origine	t/anno
Lignocellulosica	Residui agricoli erbacei	45.100
	Residui agricoli legnosi	33.600
	Residui forestali	22.550
	Colture dedicate	199.900
	Totale	301.150
Oleaginosa	Olio	34.200

Tabella 4: livelli produttivi di biomasse lignocellulosiche (t/anno di sostanza secca) ed olio (t/anno) prevedibili in base all'ipotesi di **scenario alto**.

La produzione di biomassa lignocellulosica stimata è costituita prevalentemente da materiale derivante da coltivazioni dedicate (circa 200.000 t s.s./anno), e in quota minore da residui agricoli erbacei (45.000 t/anno), da residui agricoli legnosi (33.600 t/anno) ed infine da residui forestali (22.500 t/anno). La produzione di biomassa di origine forestale costituisce una quota marginale rispetto alle altre tipologie poiché, come già evidenziato, la produzione massima potenziale è stata calcolata sulla base degli attuali livelli di utilizzazione delle aree boscate (non sull'estensione di queste ultime), che sono notevolmente inferiori rispetto al potenziale raggiungibile secondo quanto consentito dal regolamento forestale della regione Toscana.

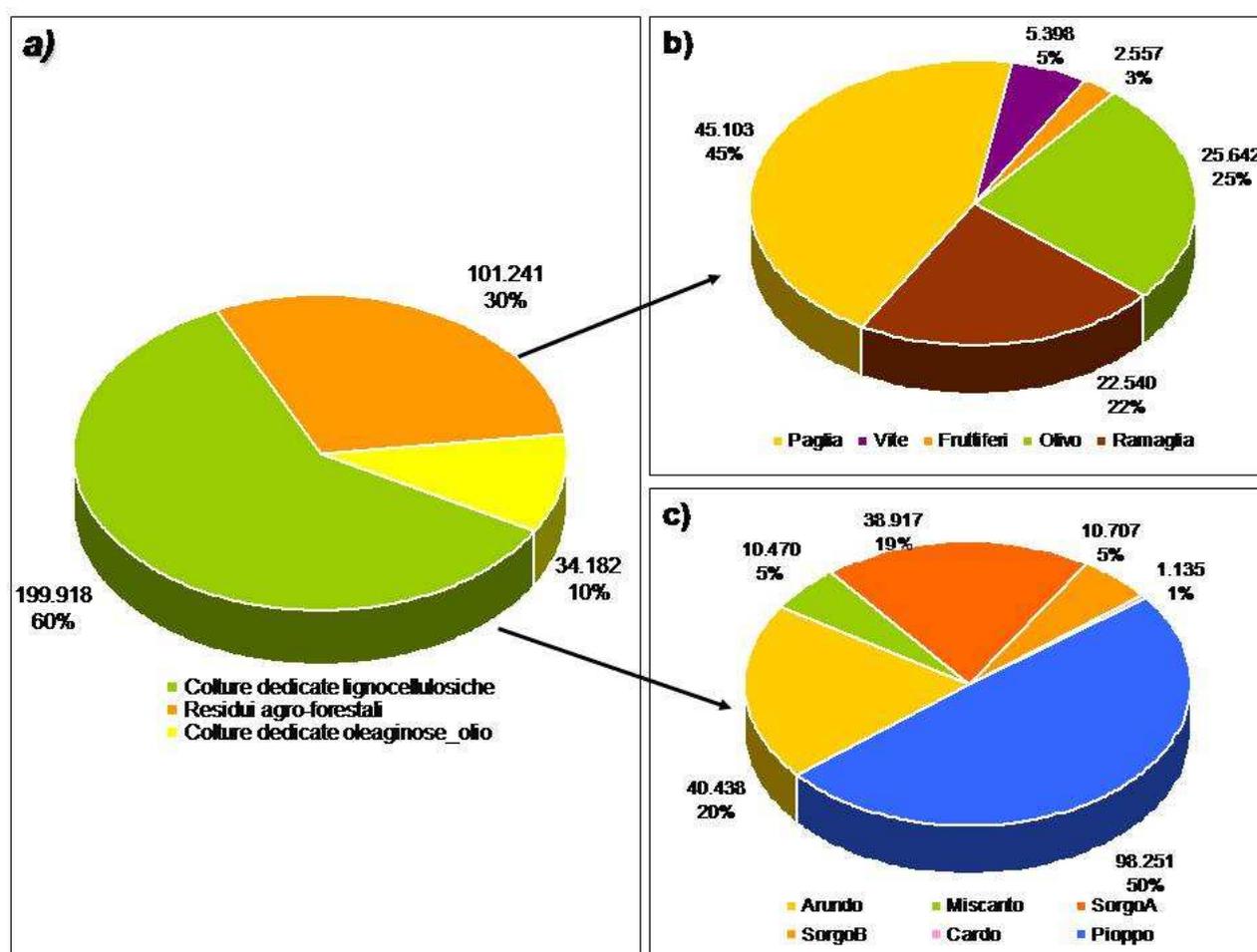


Figura 7: produzione di biomassa ad uso energetico stimata in base all'ipotesi di *scenario alto* per tipologia di biomassa: residui agro-forestali, colture dedicate lignocellulosiche e colture dedicate oleaginose (a); produzione di biomassa lignocellulosica da residui agroforestali per fonte di approvvigionamento (b); produzione di biomassa lignocellulosica per tipo di coltura dedicata (c).

Nel grafico di figura 7 è rappresentata la produzione di biomassa ottenibile da ciascuna fonte di approvvigionamento a livello provinciale. La biomassa potenziale, ottenibile dai residui agroforestali, è rappresentata per il 45% da residui di tipo erbaceo, per il 25% da potature di olivo, per il 22% da residui dell'attività silvicolture, per il 5% da sarmenti di vite e per il 3% da potature ed espunti di fruttiferi minori. Le colture dedicate lignocellulosiche, impegnando il 10% dei seminativi pianeggianti della provincia, possono garantire un approvvigionamento stimabile intorno alle 200.000 t/anno di sostanza secca, costituite, in base allo scenario ipotizzato, per il 50% da materiale legnoso derivante dalla coltivazioni di SRF di pioppo. Destinando un terzo della quota restante di seminativi pianeggianti alla coltivazione di girasole e colza potrebbero essere prodotte a livello provinciale circa 34.200 t/anno di olio combustibile.

Le mappe di figura 8 descrivono invece il potenziale annuo di produzione di biomasse lignocellulosiche ed olio a scala comunale. I livelli di produzione più alti sono raggiungibili nei comuni delle aree litoranee pianeggianti dove maggiore è la disponibilità di superfici destinabili alle colture dedicate: fino a 63.000 t s.s./anno di biomassa lignocellulosica e circa 9.150 t/anno di olio nel solo comune di Grosseto, che rappresenta sicuramente la realtà produttiva più interessante data l'estensione del comune, la disponibilità di vaste superfici agricole e di terreni dotati di buoni livelli di fertilità. Tra i comuni di seconda fascia si collocano Roccastrada, Magliano in Toscana, Orbetello, Manciano e Capalbio, con produzioni di biomassa lignocellulosica stimate tra le 15.500 e le 25.500 t/anno di sostanza secca e di olio (ottenibile prevalentemente da girasole) stimate tra le 1.550 e le 2.750 t/anno.

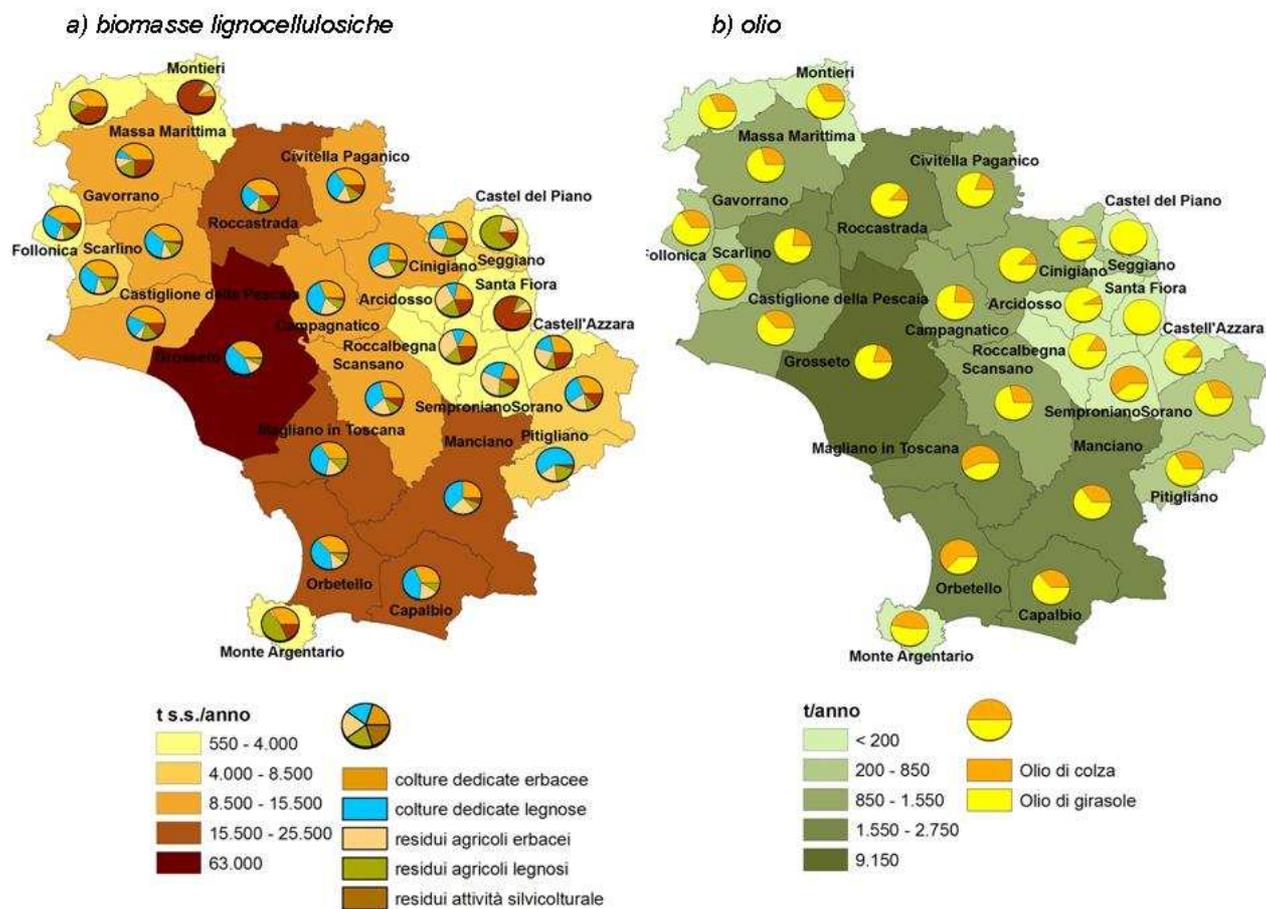


Figura 8: livelli e tipologia di biomasse producibili per comune in base all'ipotesi di scenario alto: a) biomasse lignocellulosiche; b) olio vegetale.

Nelle zone collinari ad est della valle del Bruna e della pianura grossetana, per i comuni di Civitella-Paganico, Cinigiano, Campagnatico e Scansano, sono state stimate produzioni annue di biomassa lignocellulosica tra le 8.500 e le 15.500 t/anno di sostanza secca, costituite per più del 30% da paglie residue e da potature di olivo. Livelli produttivi simili sono stati stimati anche per Castiglione della Pescaia, Gavoranno e Massa Marittima, dove circa il 20% della produzione potrebbe dipendere dal recupero dei residui forestali. Per questi comuni di “terza fascia” le produzioni di olio attese in base allo scenario alto sono comprese tra le 850 e le 1.550 t/anno.

Nelle aree marginali collinari e montane dell’Amiata e delle Colline Metallifere la produzioni ottenibili da colture dedicate sono sensibilmente più basse, data la scarsa disponibilità di superfici agricole facilmente meccanizzabili. In questi contesti acquistano un ruolo di primo piano le produzioni ottenibili dalla valorizzazione dei residui forestali (Santa Fiora, Monterotondo Marittimo Montieri) e dei residui agricoli (Seggiano, Castel del Piano, Arcidosso, Roccalbegna, Semproniano e Castell’Azzara).

4. Valore energetico delle produzioni stimate.

La stima del valore energetico delle produzioni di biomassa stimate in base agli scenari basso ed alto, che rappresentano a nostro avviso, i due estremi del ventaglio di opzioni che più facilmente si potrebbero realizzare nel breve-medio periodo, è stata effettuata considerando alcune ipotesi di conversione, basate su tecnologie standard tra le più affermate nella attuale situazione di mercato. Data la diversa tipologia di materiale, e quindi le diverse tecnologie di conversione, le biomasse lignocellulosiche e gli oli, in questo capitolo, sono stati trattati separatamente.

In entrambi i casi sono state comunque prese in considerazione soluzioni tecnologiche di piccola taglia, nell’ipotesi di favorire lo sviluppo di filiere corte più adatte alla razionalizzazione della produzioni, della logistica, e soprattutto degli usi attraverso lo sfruttamento anche dell’energia termica.

4.1 Valorizzazione energetica delle biomasse lignocellulosiche

Nel caso delle biomasse di tipo lignocellulosico la soluzione tecnologica adottata prevede la combustione del materiale in impianti a turbina a vapore per la cogenerazione di energia elettrica e termica. Partendo da biomassa omogenea (con almeno il 50% di lignina) ed un umidità media intorno al 20% sono stati calcolati i MWe installabili per comune considerando i rendimenti di impianti non superiori ad 1MWe 4.500 ore di funzionamento all'anno (figura 9).

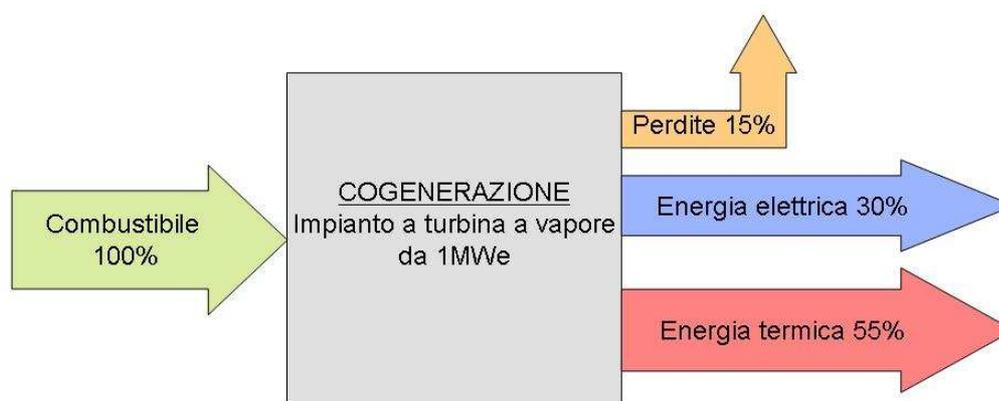


Figura 9: diagramma di processo della cogenerazione per impianti a turbina a vapore (AREA Science Park, 2006).

Secondo le assunzioni sopra descritte ed in base alle produzioni di biomassa lignocellulosica determinate nel capitolo precedente, nella provincia di Grosseto sarebbe possibile installare potenze pari a circa 38 MWe nello **scenario basso** (corrispondenti ad esempio a 38 impianti con le caratteristiche sopra descritte), per la produzione annua di circa 171.600 MWh elettrici e 314.600 MWh termici, e pari a circa 82 MWe nello **scenario alto** (corrispondenti ad esempio ad 82 impianti con le caratteristiche sopra descritte), per la produzione annua di circa 369.000 MWh elettrici e circa 676.500 MWh termici.

La distribuzione nel territorio provinciale delle potenze installabili è rappresentata a scala comunale per entrambi gli scenari nelle mappe di figura 10, ipotizzando di utilizzare le biomasse prodotte nell'ambito comunale.

a) Scenario basso

b) Scenario alto

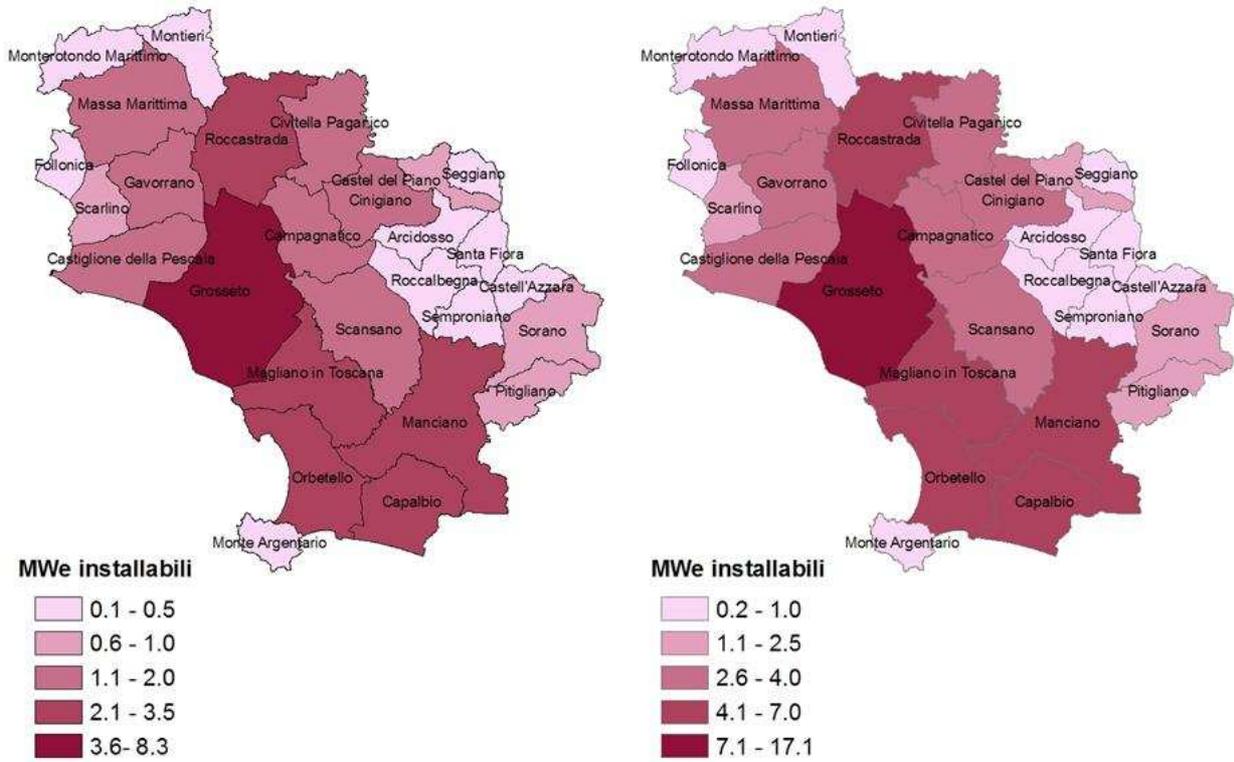


Figura 10: potenze installabili per comune, ipotizzando di utilizzare la biomassa lignocellulosica producibile secondo le due ipotesi di scenario, basso (a) e alto (b), in impianti per cogenerazione a turbina a vapore da 1MWe.

4.2 Valorizzazione energetica degli oli vegetali.

Nel caso degli oli vegetali estratti dai semi di girasole e colza, consideriamo invece due diverse ipotesi di utilizzo. Una prevede il loro utilizzo in motori endotermici a ciclo diesel (con potenza non superiore ai 500 kWe) per la cogenerazione di energia elettrica e termica, con rendimenti al 30% e 55% rispettivamente (figura 11). Nell'altra ipotesi invece si considera il loro utilizzo come combustibile per l'autotrazione in motori diesel pesanti, valutando il corrispettivo in gasolio delle quantità di olio vegetale prodotto nei due scenari.

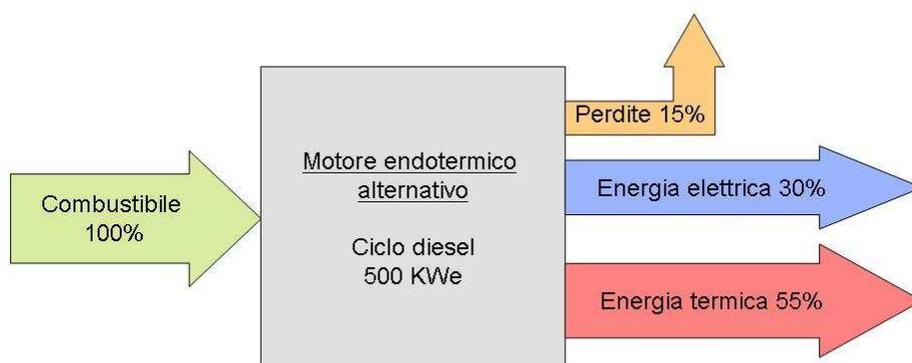


Figura 11: diagramma di processo della cogenerazione per motori endotermici alternativi a ciclo Diesel (AREA Science Park, 2006).

Secondo le assunzioni sopra descritte ed in base alle produzioni di olio stimate nel capitolo precedente, nella provincia di Grosseto sarebbe possibile installare potenze pari a circa 22 MWe nello **scenario basso**, per la produzione annua di circa 88.000 MWh elettrici e 162.000 MWh termici, e pari a circa 28 MWe nello **scenario alto**, per la produzione annua di circa 111.000 MWh elettrici e circa 203.500 MWh termici.

La distribuzione nel territorio provinciale delle potenze installabili è rappresentata a scala comunale per entrambi gli scenari nelle mappe di figura 12, ipotizzando di utilizzare l'olio prodotte nell'ambito comunale.

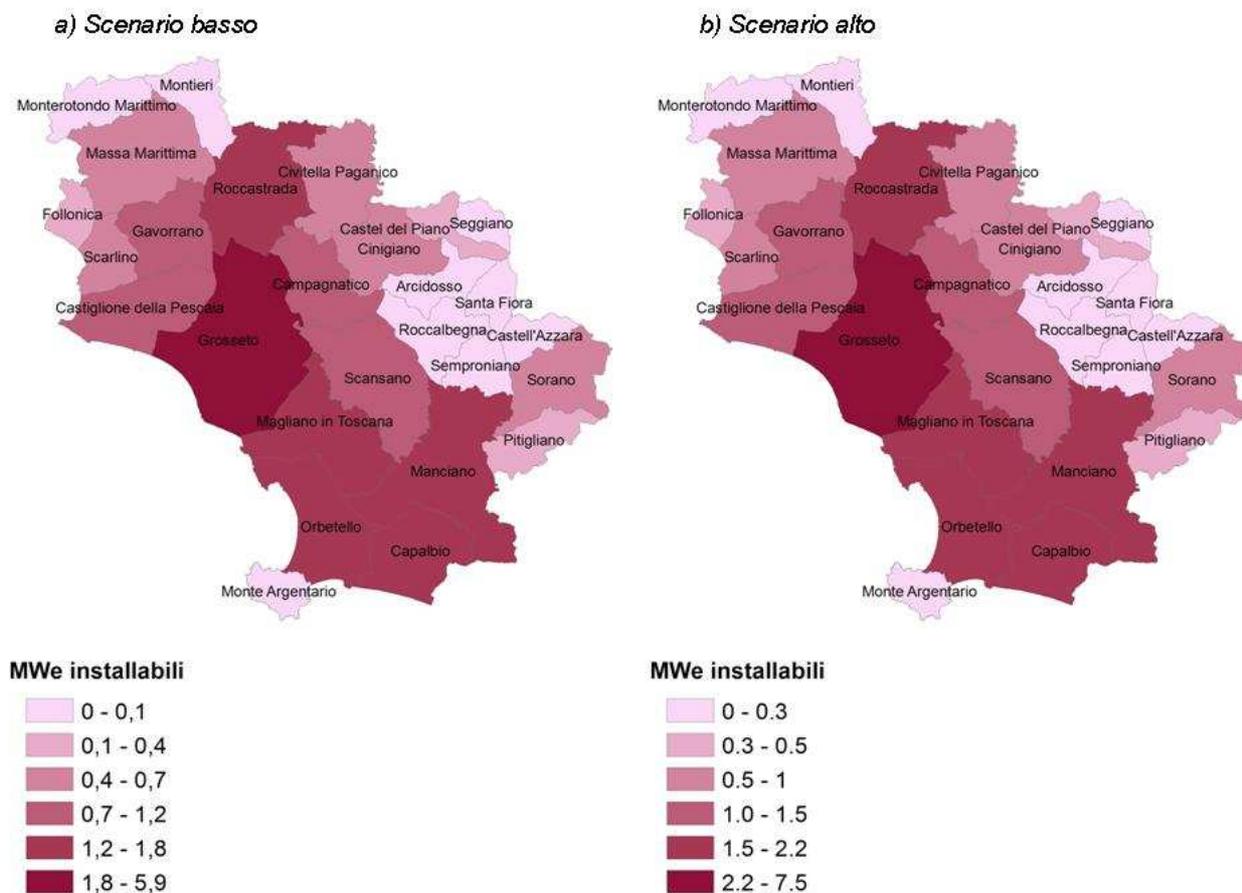


Figura 12: potenze installabili per comune, ipotizzando di utilizzare l'olio producibile secondo le due ipotesi di scenario, basso (a) e alto (b), in impianti per cogenerazione basati su motori endotermici a ciclo Diesel da 500 kWe.

Le 27.100 t/anno di olio vegetale producibili in base allo scenario basso equivalgono (dal punto di vista del potere calorifico inferiore) a circa 25.000 t di gasolio per autotrazione, mentre le 34.200 t/anno olio vegetale stimate nello scenario alto equivalgono a circa 31.600 di gasolio.

La distribuzione nel territorio provinciale degli equivalenti gasolio di olio vegetale è rappresentata a scala comunale per entrambi gli scenari nelle mappe di figura 13.

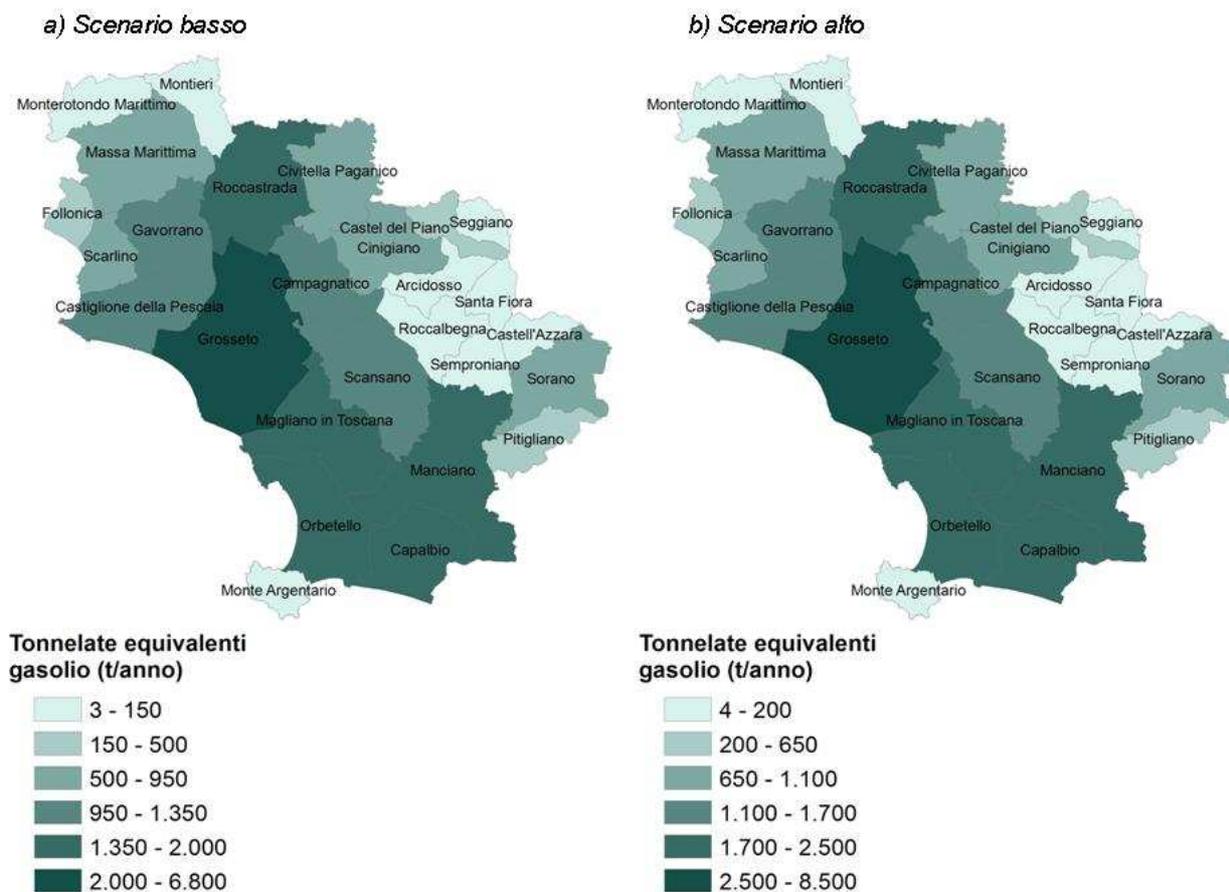


Figura 13: gasolio per trazione sostituibile con l'olio producibile da colza e girasole secondo le ipotesi di scenario basso (a) e scenario alto (b).

5. Bibliografia

Bonari et al, 2007. “Progetto pilota sull’impiego di biomasse ai fini energetici”. Report CCIAA.

Bonari et al, 2007. Analisi territoriale per l’individuazione delle zone a più elevata vocazione per la produzione di biomassa a destinazione energetica e stima potenziale della stessa, in alcuni areali dell’Italia centro occidentale. Report ENEL.

AA.VV, 2006. Energia dalle biomasse. Le tecnologie, I vantaggi per I processi produttivi, I valori economici ed ambientale. AREA SciencePark, 24/2006.

EEA, 2006. How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? EEA report 7/2006.

EC, 2002a. Council Decision 2002/358/EC: Council Decision of 25 April 2002 concerning the approval, on behalf of the European Community, of the Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change and the joint fulfillment of commitments there under.

EC, 2005a. Report On The Green Paper On Energy — Four years of European initiatives, European Commission 2005.

EC, 2005b. Communication from the European Commission on the Biomass Action Plan, COM(2005)628 final. European Commission, 2005.

AA.VV, 2004. Le colture dedicate ad uso energetico:il progetto Bioenergy Farm. Quaderno ARSIA, 6/2004.

IBIMET CNR, 2004. I progressi sull’individuazione degli indici climatici in Toscana. INTERREG IIIB – DESERTNET. Bologna, 15 settembre 2004.