

Biomasse: prospettive di uso energetico in Emilia-Romagna
e sistemi di calcolo e monitoraggio su GIS
25 Novembre 2010, Bologna

LA FILIERA AGRO-ENERGETICA DA COLTURE DEDICATE: ANALISI TERMO-ECONOMICA DI SISTEMI PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA

Mirko Morini, Ph.D.

LISEA - Laboratorio per l'Innovazione industriale
e la Sostenibilità Energetico - Ambientale



università di ferrara
DA SEICENTO ANNI GUARDIAMO AVANTI.



Tra le fonti rinnovabili, le biomasse rivestono un ruolo chiave, in quanto quella da biomasse è una fonte energetica programmabile. Questa caratteristica è un indubbio vantaggio nella generazione distribuita, poiché l'imprevedibilità delle fonti energetiche rinnovabili, come il solare e l'eolico, si è rivelata critica per la stabilità della tensione e della frequenza di rete.

Inoltre, il crescente interesse nell'utilizzo di biomassa per la produzione di energia di origine agricola dipende da diversi fattori

- ✓ necessità di diversificare e migliorare la sicurezza degli approvvigionamenti energetici,
- ✓ la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra,
- ✓ la promozione del sostegno al reddito e dell'occupazione nelle zone rurali,
- ✓ la promozione e lo sviluppo di filiere agricole locali.
- ✓ uso a fini energetici dei terreni a "set-aside" e di quelli disponibili in seguito alla riconversione del settore bieticolo-saccarifero (circa 185,000 ha in Italia, di cui circa 50,000 ha in Emilia-Romagna).



- ✓ Valutare il potenziale di conversione energetica di queste aree agricole residuali.
- ✓ Valutare la resa colturale e il calcolo dei fabbisogni energetici delle principali fonti di energia da biomassa da colture tradizionali (**girasole, colza, soia e mais**) e da residui agricoli (**stocchi di mais**) mediante un sistema informativo geografico (GIS).
 - Le colture oggetto di analisi sono state individuate in quanto sembrano offrire le migliori prestazioni in termini di rese energetiche, inoltre la loro coltivazione è diffusa e ben consolidata nel territorio oggetto di studio.
- ✓ Effettuare un'analisi del bilancio economico ed energetico per valutare la redditività e la produzione di energia di quattro impianti, basati su altrettante tecnologie (**digestione anaerobica, combustione diretta, gassificazione termochimica, combustione di olio vegetale**) consolidate per la cogenerazione da biomasse
- ✓ Eseguire un'analisi di sensibilità determinando la redditività della filiera in funzione del prezzo dell'energia elettrica e del costo della biomassa.



La filiera agro-energetica da colture dedicate:
analisi termo-economica di sistemi per la produzione di energia
Mirko Morini, Università degli Studi di Ferrara

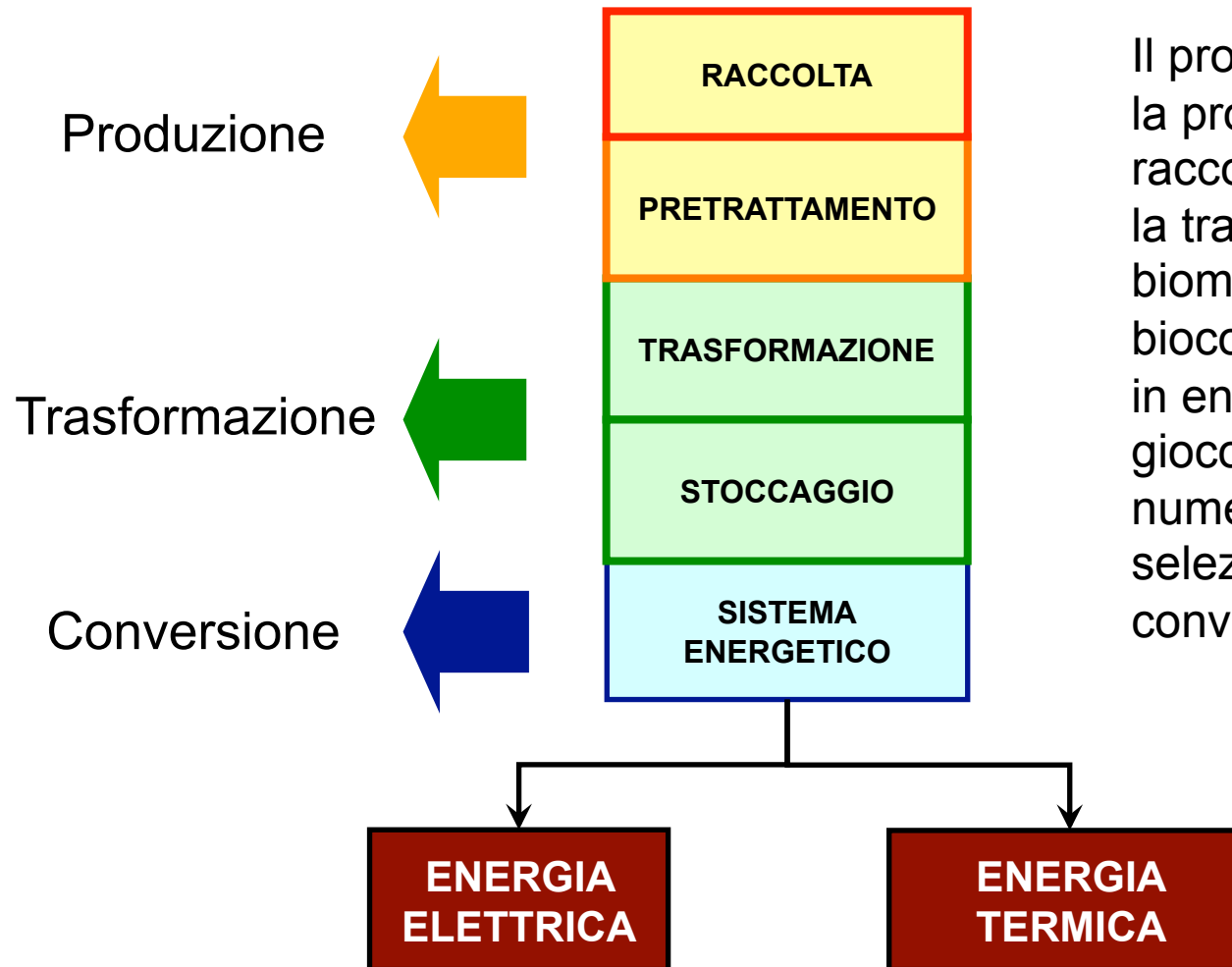
METODOLOGIA



La filiera agro-energetica

5/24

La filiera agro-energetica da colture dedicate:
analisi termo-economica di sistemi per la produzione di energia
Mirko Morini, Università degli Studi di Ferrara



Il processo che include la produzione, la raccolta, il trasporto, e la trasformazione della biomassa in biocombustibile e quindi in energia mette in gioco un elevato numero di decisioni per selezionare la filiera più conveniente



Analisi agronomica

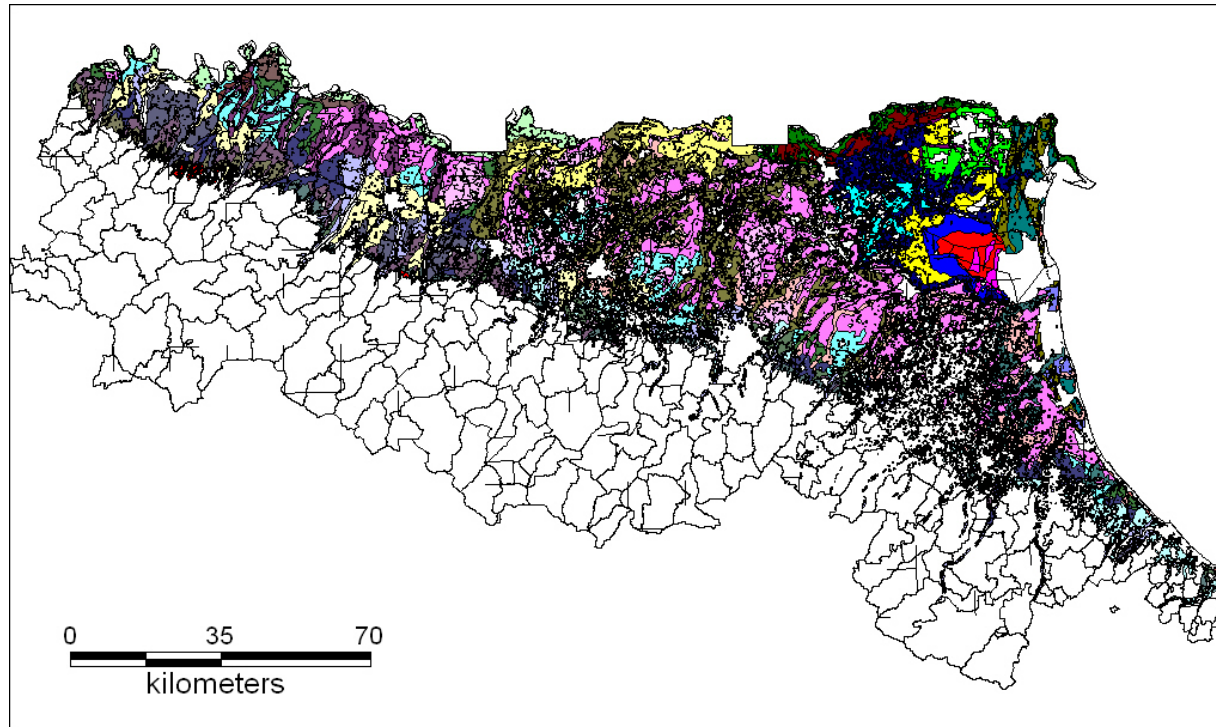
- **Analisi Energetica:**
calcolo di tutti gli input energetici per ciascuna operazione agricola necessaria per le coltivazioni
- **Analisi Economica:**
determinazione degli input economici calcolati attraverso la stima di tutti i costi da sostenere per le coltivazioni

Analisi termoeconomica

- **Analisi Energetica:**
calcolo dell'energia elettrica e termica netta prodotta dall'impianto (approccio sistemico)
- **Analisi Economica:**
determinazione dei costi, ricavi e dei principali parametri economici per la costruzione e l'esercizio dell'impianto



L'analisi energetica è svolta attraverso un modello implementato in ambiente GIS



Sono state considerate solo le aree omogenee in cui l'uso del suolo è classificato come "**seminativo**".



La filiera agro-energetica da colture dedicate:
analisi termo-economica di sistemi per la produzione di energia
Mirko Morini, Università degli Studi di Ferrara

IPOSTESI



Analisi Agronomica





Dimensione azienda agricola	(30÷40) ha di cui 20 ha dedicati alla coltivazione di colture a destinazione energetica
Resa colturale	stima basata sulle medie storiche ottenute da indagini ISTAT in Emilia-Romagna
Approcci produttivi	<ul style="list-style-type: none">• “alto input” (AI). Rappresenta il tipo di agricoltura convenzionale• “basso input” (BI). Riduzione dei consumi legati alla meccanizzazione e all’uso di fertilizzanti
Costi di meccanizzazione	servizi agro-meccanici esterni



Coltivazioni

10/24

La filiera agro-energetica da colture dedicate:
analisi termo-economica di sistemi per la produzione di energia
Mirko Morini, Università degli Studi di Ferrara

Coltivazioni		Resa in seme (t/ha)	Olio/seme (%)
 Girasole	Seme	2.7 ÷ 2.9	48
 Colza	Seme	3.2 ÷ 3.5	40
 Soia	Seme	3.0 ÷ 3.2	17
 Mais	Insilato	45 ÷ 55	-
	Stocco	4.5	-



Analisi Termoeconomica





Prezzo dell'energia el.	280 €/MWh, da incentivi
Prezzo dell'energia term.	25 €/MWh considerando la sostituzione di caldaie a gas naturale convenzionali
Parametri per il VAN	$VAN = -I + \sum_{i=1}^N \frac{F_i}{(1+r)^i}$ $N = 15 \text{ anni}$ $r = 7 \%$
Interessi	Interessi pari al 5 % e tempo di pagamento pari a 5 anni
Costo del personale	40 k€/yr (un addetto)



Tecnologie di Conversione

12/24

La filiera agro-energetica da colture dedicate:
analisi termo-economica di sistemi per la produzione di energia
Mirko Morini, Università degli Studi di Ferrara

		P_{el} [MW]	P_{th} [MW]	Costo Inv. [M€]
	Digestione anaerobica e m.c.i.	0.2	-	0.94
	Combustione diretta e ciclo ORC	0.95	4.1	4.8
	Gassificazione termochimica con m.c.i.	0.9	1.1	5.5
	Combustione di olio vegetale crudo con m.c.i.	0.42	0.40	0.54



Digestione anaerobica

13/24

La filiera agro-energetica da colture dedicate:
analisi termo-economica di sistemi per la produzione di energia
Mirko Morini, Università degli Studi di Ferrara

Parametro	Valore	Unità di misura
Investimento I	0.94	M€
Costi di manutenzione	35	€/MWh
Tasse	0	%
Potenza elettrica netta P_{el}	0.2	MW
Efficienza elettrica η_{el}	21.4	%
Ore annue di funzionamento	7,500	hr/yr
Insilato/reflui zootecnici	15.4	%
Resa in biogas	53.4	Ndm ³ /kg
LHV Biogas	23	MJ/Nm ³



Parametro	Valore	Unità di misura
Investimento I	4.8	M€
Costo di manutenzione	7	€/MWh
Costo smaltimento ceneri	75	€/t
Tasse	37.5	%
Potenza elettrica netta P_{el}	0.95	MW
Potenza termica netta P_{th}	4.1	MW
Efficienza elettrica η_{el}	18.5	%
Efficienza termica η_{th}	79.8	%
Efficienza della caldaia η_c	88	%
Ore annue di funzionamento	7,500	hr/yr
LHV Stocchi di mais Y	18.17	MJ/kg
Ceneri/biomassa	2.3	% w/w



Parametro	Valore	Unità di misura
Investimento I	5.5	M€
Costi di manutenzione	50	€/MWh
Costi smaltimento char	75	€/t
Tasse	37.5	%
Potenza elettrica netta P_{el}	0.9	MW
Potenza termica netta P_{th}	1.1	MW
Efficienza elettrica η_{el}	25	%
Efficienza termica η_{th}	31	%
Efficienza gassificatore η_c	75	%
Ore annue di funzionamento	6,500	hr/yr
LHV Stocchi di mais Y	18.17	MJ/kg
Char/biomassa	15	% w/w



Combustione olio vegetale

16/24

La filiera agro-energetica da colture dedicate:
analisi termo-economica di sistemi per la produzione di energia
Mirko Morini, Università degli Studi di Ferrara

Parametro	Valore	Unità di misura
Investimento I	0.54	M€
Costo di manutenzione	26	€/MWh
Tasse	37.5	%
Potenza elettrica netta P_{el}	0.42	MW
Potenza termica netta P_{th}	0.40	MW
Efficienza elettrica η_{el}	40	%
Efficienza termica η_{th}	38	%
Ore annue di funzionamento	8,000	hr/yr
Costo spremitura semi	31	€/t
Spesa energetica spremitura	350	MJ/t
LHV Olio vegetale Y	38	MJ/kg

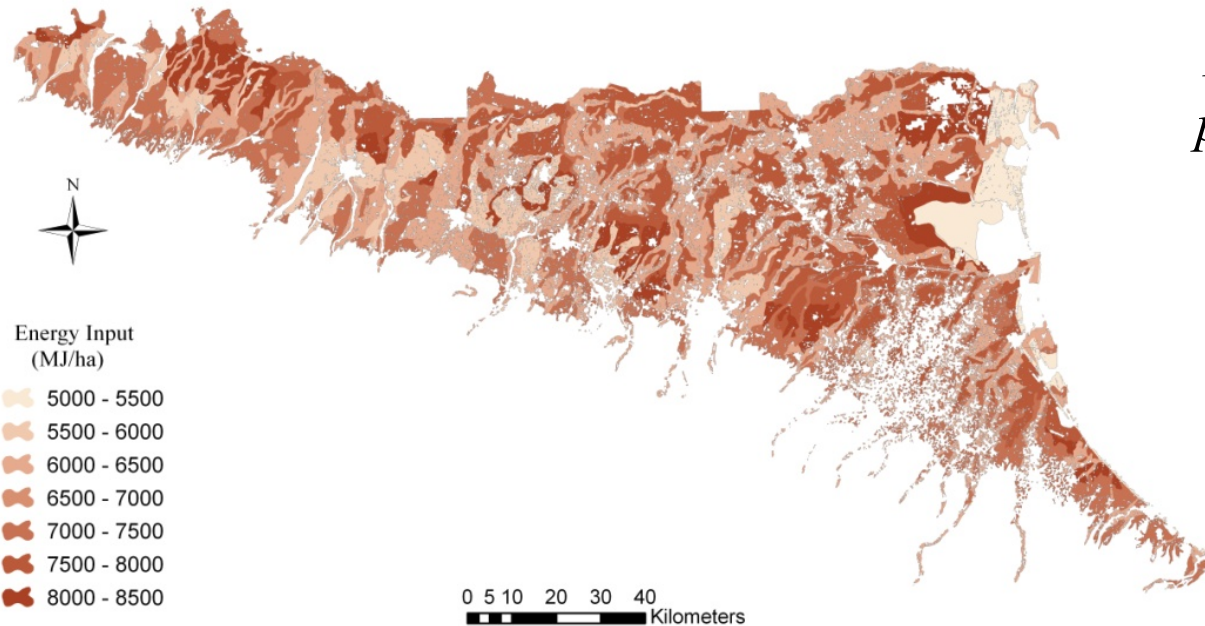


La filiera agro-energetica da colture dedicate:
analisi termo-economica di sistemi per la produzione di energia
Mirko Morini, Università degli Studi di Ferrara

Risultati



*Input energetico
per le operazioni
meccaniche
necessarie alla
coltivazione del
girasole*



- Le caratteristiche pedologiche del suolo influenzano gli input energetici, in particolare per quanto riguarda i consumi di energia nelle operazioni meccaniche e nell'utilizzo dei fertilizzanti.
- Il risultato è una mappa per ogni coltivazione energetica

Per le considerazioni successive verranno utilizzati valori medi



	Input energetico [GJ/ha]		Input economico [k€/ha]	
	AI	BI	AI	BI
Girasole	21	14	0.58	0.40
Colza	16	12	0.77	0.61
Soia	20	11	0.79	0.52
Insilato di mais	33	26	1.1	0.78
Stocchi di mais	1.9		0.13	



Analisi Termoeconomica

20/24

La filiera agro-energetica da colture dedicate:
analisi termoeconomica di sistemi per la produzione di energia
Mirko Morini, Università degli Studi di Ferrara

		Digestione Anaerobica		Comb. diretta	Gass.	Combustione di oli vegetali	
		BI	AI			BI	AI
VAN @15° anno	[M€]	1.5	1.4	10	3.1	3.0 ^a 2.2 ^b <0 ^c	2.5 ^a 1.9 ^b <0 ^c
TIR	[%]	28	27	35	16	74 ^a 57 ^b - ^c	63 ^a 50 ^b - ^c
PBP	[yr]	5	5	4	8	2 ^a 2 ^b - ^c	2 ^a 3 ^b - ^c
En. El.	[MWh/ha]	21	26	3.7	4.3	5.4 ^a 5.4 ^b 2.0 ^c	5.9 ^a 5.9 ^b 2.2 ^c
En. Term.	[MWh/ha]	-	-	16	5.2	5.2 ^a 5.1 ^b 2.0 ^c	5.6 ^a 5.6 ^b 2.2 ^c

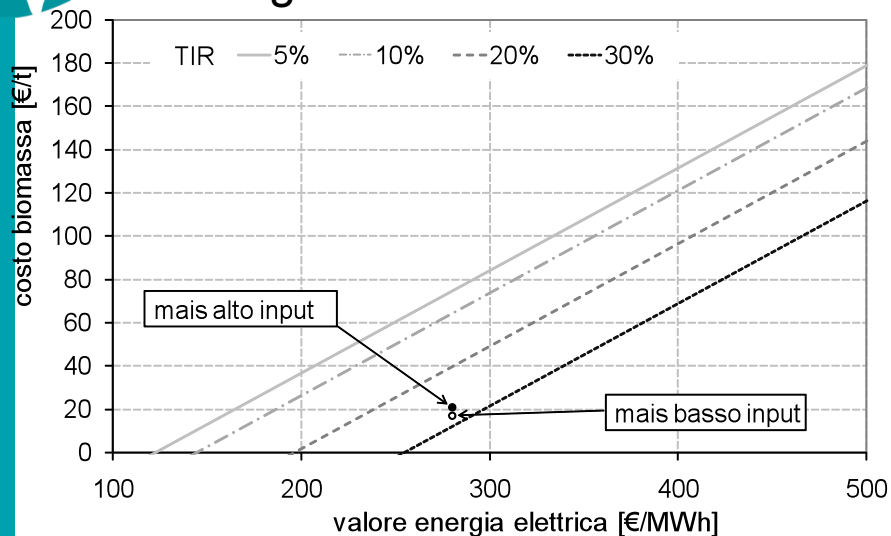
^agirasole ^bcolza ^csoia



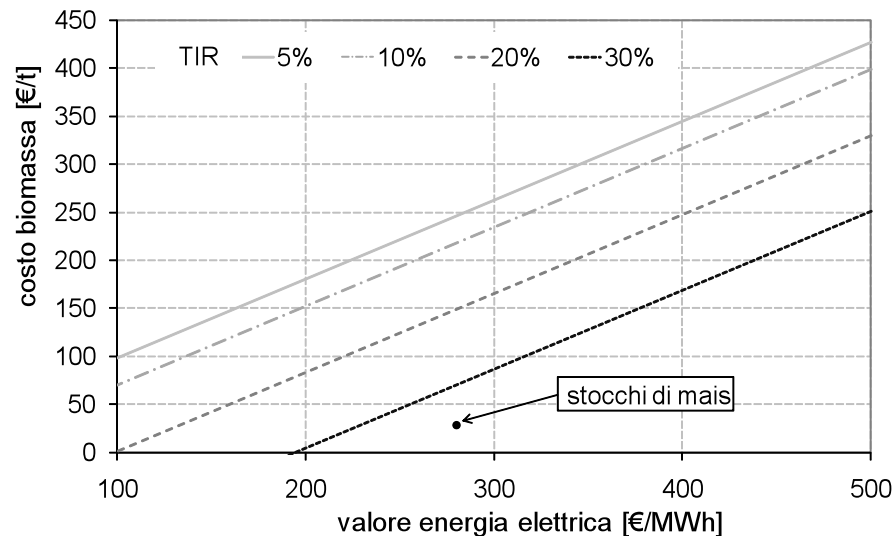
		EROEI [-]		NEG [GJ/ha]	
		BI	AI	BI	AI
Insilato di mais	Digestione anaerobica	6.7	6.5	147	182
Stocchi di Mais	Combustione diretta	52		93	
Stocchi di Mais	Gassificazione	31		55	
Olio di girasole	Combustione di oli vegetali	4.5	3.2	51	49
Olio di colza		5.1	4.1	54	53
Olio di soia		2.1	1.3	13	6.1



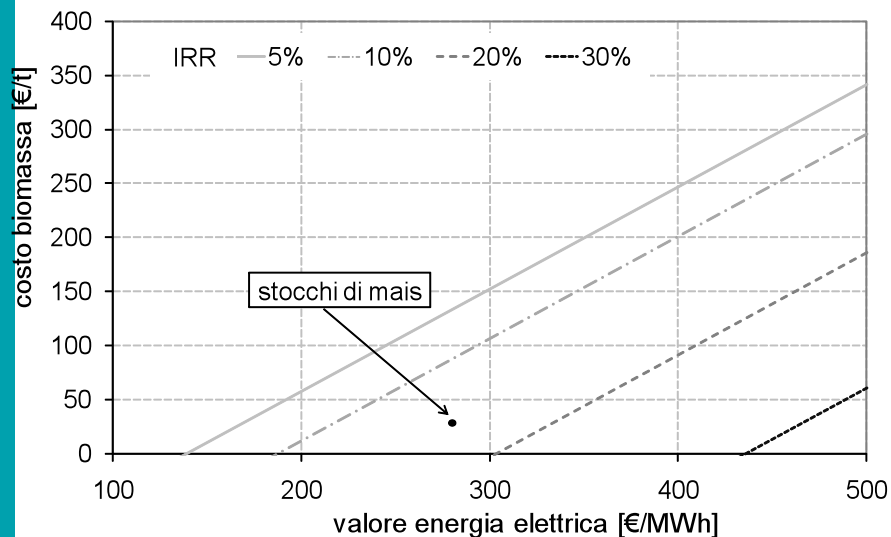
Digestione anaerobica



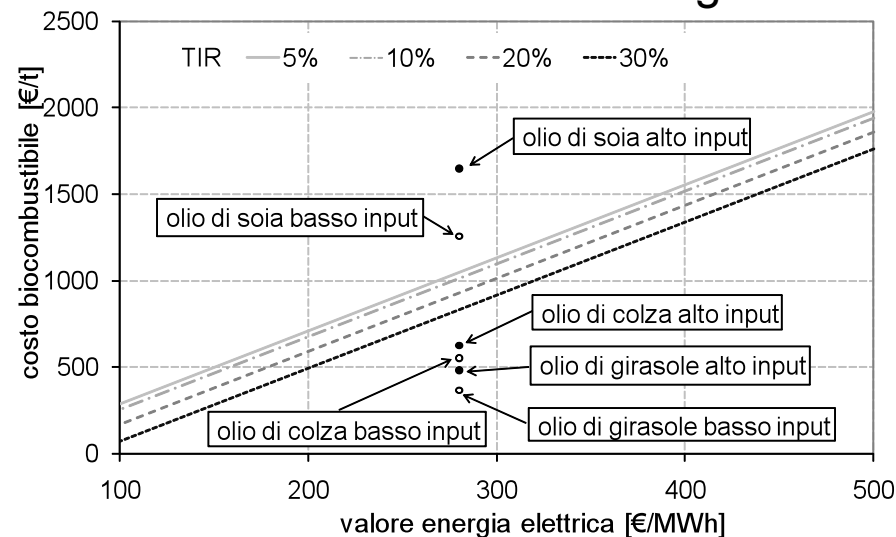
Combustione diretta



Gassificazione termochimica



Combustione di olio vegetale





- ✓ La legge italiana concede incentivi ai gestori di impianti di produzione di energia elettrica da biomasse e biocombustibili derivati. Questo incentivo per un impianto della potenza elettrica inferiore ad 1 MW è costituito da una tariffa omnicomprensiva di 280 €/MWh.
- ✓ Le politiche energetiche per l'utilizzo di biomasse dovrebbero (i) evitare distorsioni del mercato alimentare (ad esempio cereali, oli, ecc) e (ii) promuovere filiere energetiche corte, incentivando, ad esempio solo le produzioni agricole locali.
- ✓ Gli incentivi dovrebbero essere adattati alla tecnologia di conversione specifica al fine di promuovere le filiere più efficienti. Metodologie generali come quella presentata possono essere di supporto a queste decisioni in quanto permettono di stimare un incentivo adeguato per garantire un ritorno economico sostenibile



- ✓ L'analisi svolta non prende in considerazione il trasporto della materia prima dal campo all'impianto di conversione energetica.
- *La gestione logistica dei trasporti è un punto critico che deve essere valutato in tutto il territorio. Questo aspetto ha un'influenza rilevante sulla valutazione complessiva e incide in modo critico sulla convenienza del processo di trasformazione della biomassa in funzione dell'aumento della dimensione del bacino di approvvigionamento. La strutturazione di una rete di trasporto efficiente può promuovere la realizzazione di filiere energetiche da biomassa e stimolare l'interesse degli agricoltori verso le colture energetiche.*
- ✓ Dall'analisi effettuata è possibile definire una distanza massima dal campo di raccolta al sistema energetico che permette un ritorno economico o un guadagno energetico nullo