

La produzione di energia rinnovabile dalle biomasse:
tecnologie emergenti e progetti all'avanguardia



Le colture dedicate da energia: potenzialità e limiti

Giuseppe De Mastro

Dipartimento di Scienze Agro-Ambientali e Territoriali

Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"



Bioenergie - lo scenario a livello europeo e nazionale

Politiche volte a contrastare i cambiamenti climatici e a rafforzare la sicurezza energetica e la competitività

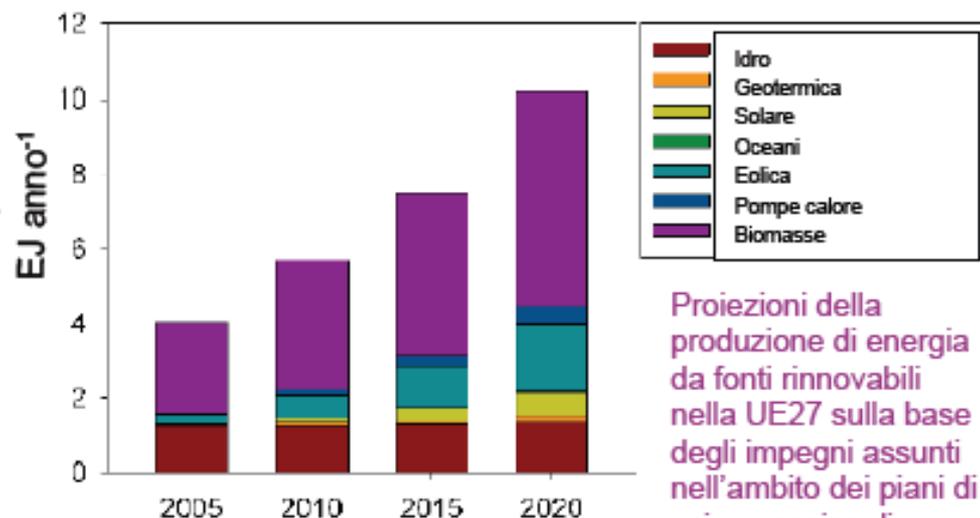
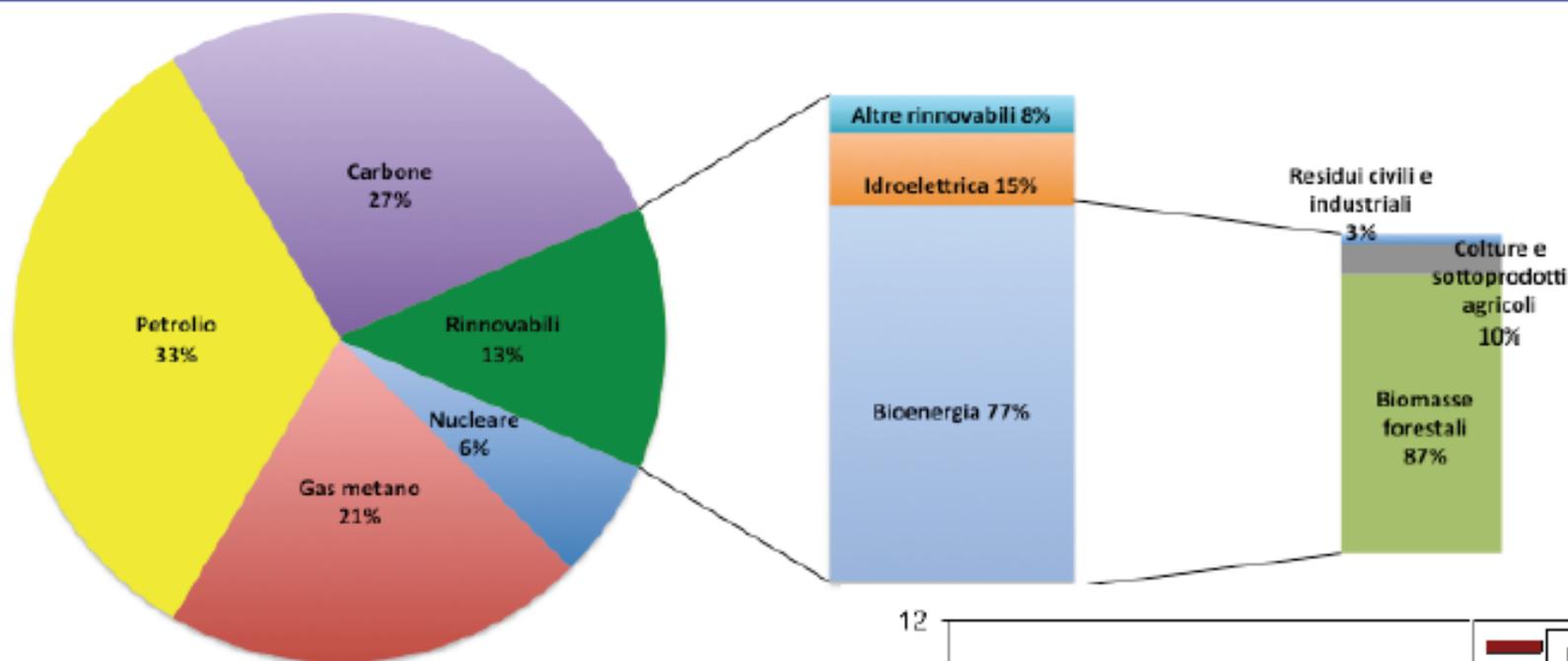
- Pacchetto clima-energia (23 gennaio 2008)
- Direttiva CE n. 28/2009 (23 aprile 2009) sulla promozione delle fonti rinnovabili (RED)
- Direttiva CE n. 30/2009 (23 aprile 2009) sulle specifiche relative a biocarburanti

Obiettivi da raggiungere per il 2020:

- Ridurre le emissioni di gas ad effetto serra del 20% rispetto a quelle del 1990
- Incrementare le energie rinnovabili con un obiettivo vincolante del 20% sul totale dei consumi di energia della UE, con valori diversi per i diversi paesi (per l'Italia il 17%) e di almeno il 10% per ciascun paese membro, dei consumi nel settore dei trasporti terrestri
- Incrementare del 20% l'efficienza energetica
- Stabilire uno stretto collegamento tra lo sviluppo della produzione di energia da fonti rinnovabili e l'aumento dell'efficienza energetica

Direttiva CE n.28/2009 recepita dall'Italia con il DLgs n.28 del 3 marzo 2011

Bioenergie - lo scenario a livello europeo



Diminuzione dei combustibili fossili: dall'87% al 81% al 2035
 Incremento delle energie rinnovabili: dal 13% al 19% al 2035
 Incremento delle biomasse sulle rinnovabili: dal 10% al 12%
 Incremento delle altre rinnovabili: dal 3% al 7%

Fonte: IEA (2010; 2011)

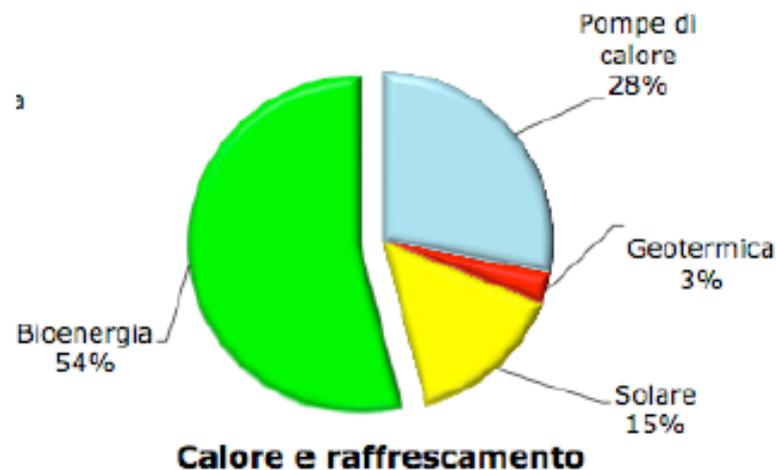
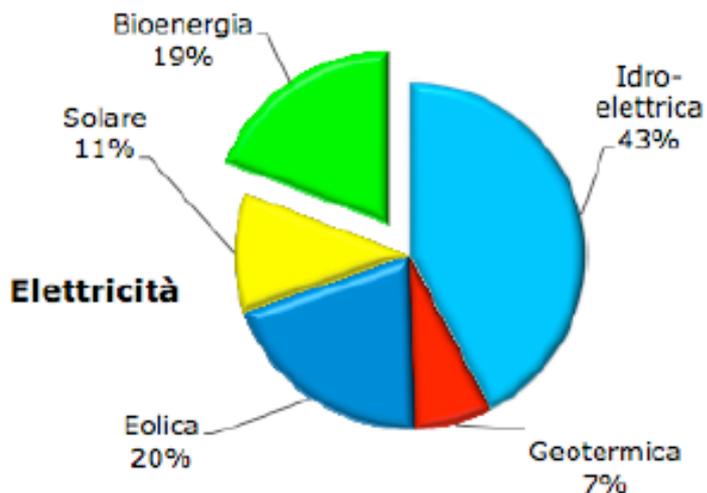
Proiezioni della produzione di energia da fonti rinnovabili nella UE27 sulla base degli impegni assunti nell'ambito dei piani di azione nazionali

Bioenergie - lo scenario a livello nazionale

Importanza della bioenergia nella crescita complessiva delle fonti di energia rinnovabile in Italia

nel perseguire gli obiettivi previsti al 2020:

infatti, queste andranno a coprire, sulla produzione di energia da fonti rinnovabili, il 19% del totale dei consumi di elettricità (18.780 GWh), il 54% per quel che riguarda le richieste di energia per calore e raffreddamento (5.670 ktep) e l'87% per il settore trasporti (2.530 ktep).



Bioenergie - la complessità delle filiere dell'agro-energia

Molte risorse



Molte tecnologie (alcune ancora in fase di sviluppo)



Molte applicazioni



Filiera produttive complesse

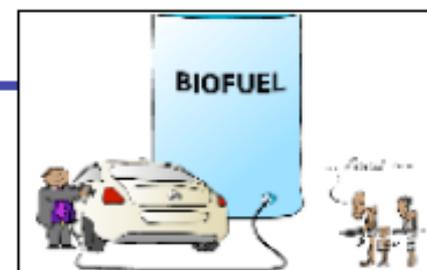
Colture da energia: Molteplici opportunità

- Protezione del clima
- Sicurezza energetica
- Sviluppo rurale
- Valorizzare aree marginali e/o parzialmente degradate
- Incremento della biodiversità
- Protezione ambientale
- Incremento del reddito
- Creazione di posti di lavoro
 - Opportunità di promuovere le esportazioni e l'indotto agricolo-industriale (risorse, tecnologie, brevetti)



Colture da energia - criticità

- **Perturbazioni sul mercato globale e rischi sulla sicurezza alimentare** (conversione di terreni destinati a produzioni alimentari o zootecniche, aumento del prezzi dei prodotti alimentari/sicurezza alimentare)
- **Cambiamento d'uso del suolo** (distruzione foreste primarie, messa a coltura di terreni in zone a vocazione naturalistica, distruzione degli stock di carbonio, perdita degli habitat naturali, perdita di biodiversità)
- Contribuiscono in maniera limitata alla sicurezza energetica, hanno un impatto negativo sulle emissioni di gas ad effetto serra
- **Intensificazione dei sistemi produttivi agricoli** (aumento dell'uso di fertilizzanti chimici, diserbanti, antiparassitari, ecc., competizione per l'uso dell'acqua irrigua, erosione del suolo, perdita di fertilità...)
- **Eccessivo allontanamento dei residui colturali** (riduzione degli apporti di sostanza organica al suolo...)

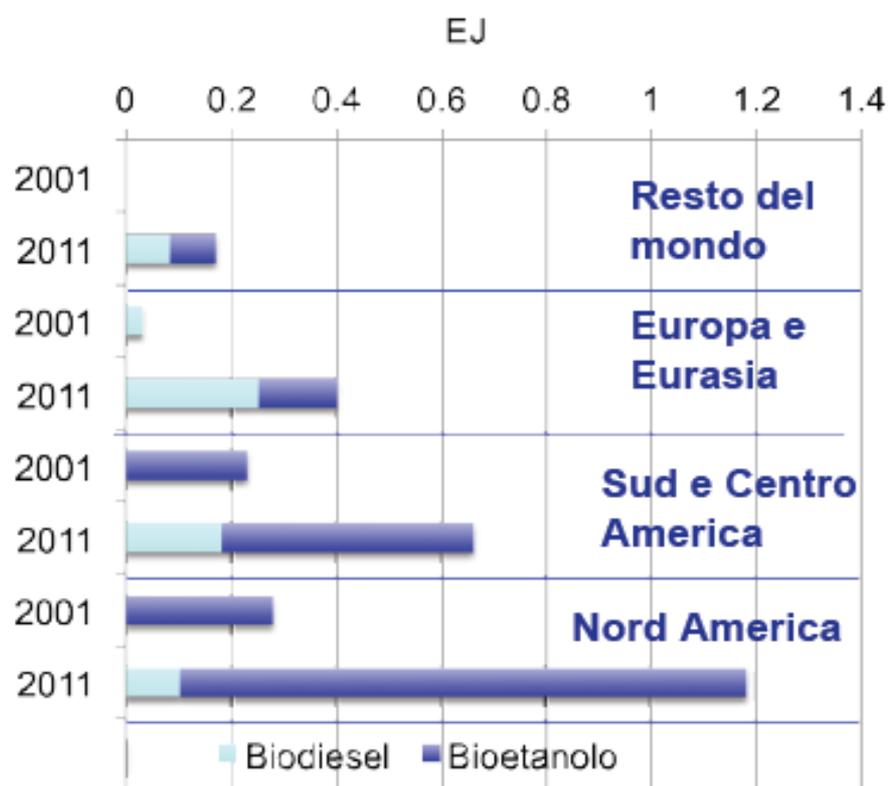


Bioenergie: la produzione globale di biocarburanti

La produzione globale di biocarburanti: 2,5 ExaJoule (1 EJ= 10¹⁸ Joules))

La richiesta globale di carburanti solo per il trasporto: 92,1 ExaJoules

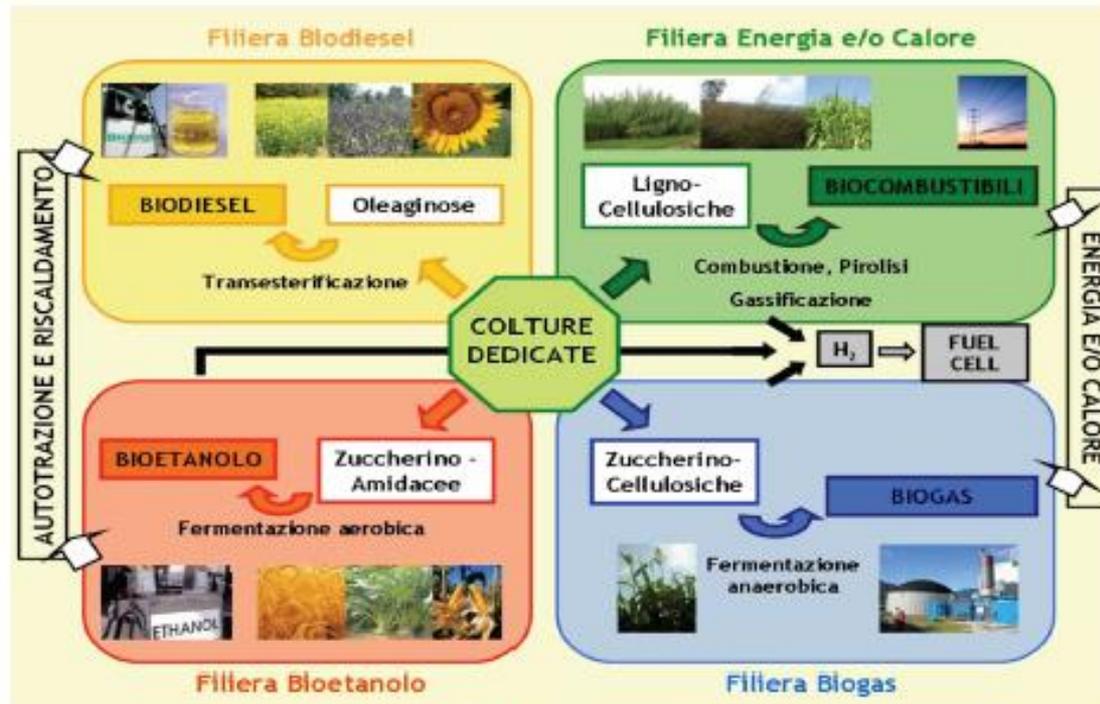
Bioetanolo		Biodiesel	
Colture	Superficie (10 ⁶ ha)	Colture	Superficie (10 ⁶ ha)
Cassava, sorgo, cellulosiche	1	Palma da olio, cocco, jatropha	0,5
Frumento, barbabietola	1,5	Colza, soia, girasole	6
Canna da zucchero	3,5	Soia, ricino, palma da olio, jatropha	9
Mais	13	Soia, palma da olio, colza	5



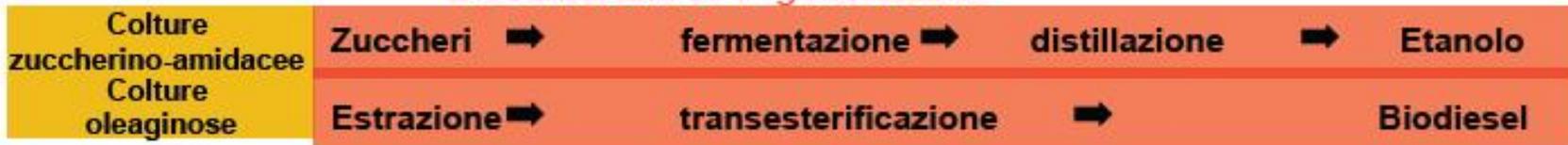
40 Milioni di ha coltivati a biocarburanti

(1 EJ=10¹⁸ Joules)

Le colture : 4 gruppi principali di colture dedicate



Biocarburanti di 1° generazione



Biocarburanti di 2° generazione



La ricerca sulle colture dedicate da energia in Italia

Università e Centri di ricerca

Università

CRA CETA ENEA

CNR CRPV

Prove parcellari e di pieno campo

Prove di lungo periodo



Progetti europei:

AIR (miscanto, cardo, arundo); FAIR

(arundo, withgrass);

Giant-Reed Network; Bio-energy chains, 4FCrops (energia e fibra);

Eurobioref, Optima, EnerMed, Life-Voice, ecc.

Progetti nazionali MiPaf, Miur:

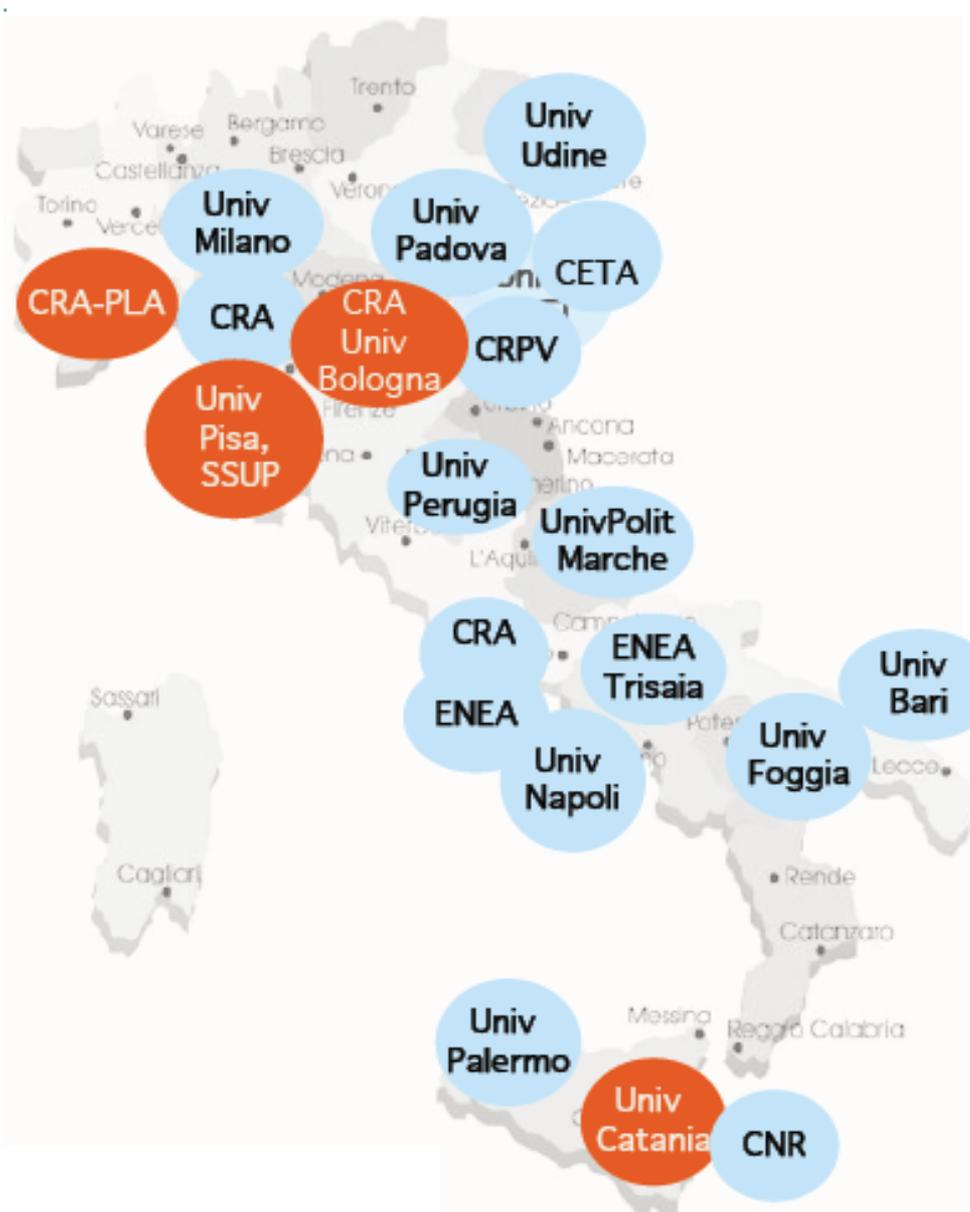
PRisCA, PNRB, TISEN, BioEnergyFarm,

PROBIO, ACTIVA, Bioenergie, Fitoprobio,

Oligas, PANACEA, SUSCACE, BIOSEA,

ecc.

Progetti regionali



Le colture da biomassa lignocellulosica

Le ricerche condotte negli ultimi venti anni hanno permesso di restringere la scelta delle specie a quelle che, per **adattabilità**, **facilità di gestione** e **produttività**, sono più adatte ai nostri ambienti :



Sorghum bicolor Moench (Sorgo da fibra)

Specie C4 annuale a ciclo primaverile-estivo; Adatta ai sistemi irrigui;
Esigenze termiche: 10-30°C; Esigenze idriche inferiori al mais; Facile inserimento negli ordinari avvicendamenti; semplicità delle operazioni di coltivazione e raccolta; Nuove varietà e ibridi interessanti; Buona produttività (25-28 t ha⁻¹ al Nord).



Short Rotation Coppice di Pioppo (Populus xcanadensis; Populus deltoides)

Specie C3; Alta densità di impianto (6.000-10.000 piante/ha; alto accrescimento;
Piante ceduate e raccolte con cicli di taglio (annuali), biennali, triennali;
Rese buone: 17-21 t ha⁻¹anno⁻¹ di s.s.; Buona protezione dei fenomeni erosivi, fitorisanamento, recupero di aree inquinate, barriere frangivento e acustiche;
Buone caratteristiche della biomassa; Alti costi di impianto.



Short Rotation Coppice di Robinia (Robinia pseudoacacia; Eucaliptus; Salix)

Alta densità di impianto (6.000-10.000 piante/ha; alto accrescimento
Specie C3; ceduate e raccolte con cicli di taglio annuali, biennali, triennali; Buone caratteristiche della biomassa; Come per il pioppo, le rese migliori si ottengono su terreni di pianura, di medio impasto, con possibilità di irrigazione;
Rese medie 8-12 t ha⁻¹anno⁻¹ di s.s.; Si adatta meglio del salice a terreni collinari o non irrigui.

Le colture erbacee poliennali da biomassa lignocellulosica



Arundo donax L.

Specie C3 diffusa nella regione Mediterranea; Alta resa e ampia adattabilità anche a terreni marginali; Ciclo produttivo: 15-20 anni; Si propaga per rizoma o per talea di fusto; Esigenze termiche : 10-30°C; Ridotte esigenze idriche; Stagione di crescita primaverile-estiva; Alti costi di impianto.



Miscanthus x giganteus Greef et Deuter

Specie C4 con alta resa in particolare nelle regioni a clima temperato; Ibrido tra *Miscanthus sinensis* x *Miscanthus sacchariflorus*; Ciclo produttivo 15-20 anni; Si propaga per rizoma o da piantine prodotte in vitro; Esigenze termiche: 10-30°C; Elevate esigenze idriche; Stagione di crescita primaverile-estiva; Alti costi di impianto.



Panicum virgatum L.

Specie C4 con un'ampia adattabilità; Ciclo produttivo 15 anni; Si propaga per seme; Esigenze termiche : 10-30°C; Alta tolleranza allo stress idrico; Stagione di crescita primaverile-estiva.



Cynara cardunculus L. var. *altilis*

Specie C3 originaria della regione Mediterranea; Ciclo produttivo circa 4-5 anni; Si propaga per seme; Esigenze termiche : 5-35°C; Alta tolleranza allo stress idrico; Stagione di crescita autunno-primaverile.

Le colture da biomassa lignocellulosica

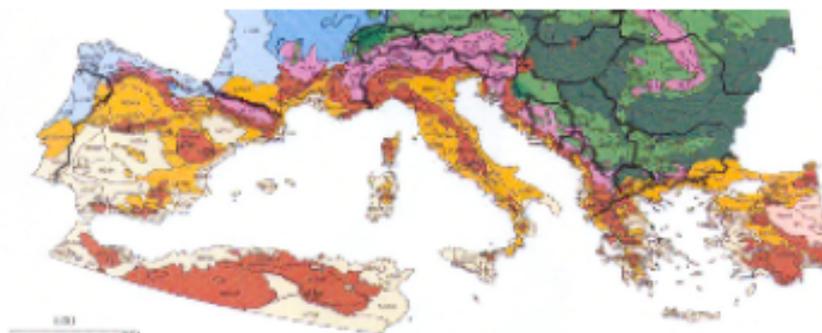
Area	Canna comune	Miscanto	Panico	Cardo	Sorgo da fibra	Pioppo
NORD	28-51	13-25	10-25	8	16-29	10-17 (T1)
CENTRO	20-37	28	11-15	12-14	22-28	12 (T1) 18 (T2) 22 (T3)
SUD	10-15 23-31** (5anni)	15-20**	7-13	9-24 15-18**	20-28 (irriguo)	9 (T1) 15 (T2) 22 (T3)

*T1= Taglio annuale; T2= Tagliobiennale; T3=Taglio triennale

**Basso input e Alto input per azoto e acqua irrigua

Fonte: Venturi e Venturi, 2003;Fazio e Monti, 2011;Monti et al., 2004;Venturi e Monti, 2005; Barbanti et al., 2008;Facciotto et al, 2010;Angelini et al., 2009; Mantineo et al., 2009; Nassi et al., 2010; Zegata-Lizarazu et al.,2010 ; Di Candilo et al.,2011; Cosentino et al., 2012

Clima Mediterraneo Nord:
Miscanthus
Canna comune
Panicum



Clima Mediterraneo Sud:
Canna comune
Cardo
Panicum

Fonte: 4FCrops project; Alexopoulos et al., 2012

Le colture da biomassa lignocellulosica - Resa, efficienza energetica e energia netta

Specie	Resa t ha ⁻¹ s.s.	Output GJ ha ⁻¹	Output/Input	Output-Input GJ ha ⁻¹
Erbacee annuali				
Sorgo da fibra	20-30	334-507	13-39	309-494
Kenaf	10-15	155-326	6-25	130-313
Canapa	8-15	128-270	5-20	119-227
Mais	8-15	132-252	5-19	127-233
Erbacee poliennali				
Canna comune	15-35	247-650	11-55	225-605
Miscanto	15-30	264-531	12-66	242-523
Panico	10-25	170-435	8-54	148-427
Cardo	10-15	205-335	17-30	130-258
Arboree SRC				
Pioppo ¹	9-20	160-386	10-35	144-375
Robinia	10-13	178-231	11-21	162-220
Salice	10-15	178-276	11-25	162-265

¹taglio annuale

Fonte: Venturi e Venturi, 2003; Monti et al., 2004; Venturi e Monti, 2005; Barbanti et al., 2008; Facciotto et al., 2010; Angelini et al., 2009; Mantineo et al., 2009; Nassi et al., 2007; 2010; Zegata-Lizarazu et al., 2010; Di Candilo et al., 2011; Cosentino et al., 2012

Le colture erbacee poliennali da biomassa lignocellulosica

I principali vantaggi sono:

- Rese più elevate rispetto alle colture annuali
- Migliore efficienza nell'uso dell'acqua e dell'azoto
- Bilanci energetici e ambientali più favorevoli rispetto alle annuali
- Possibilità di essere coltivate in aree marginali riducendo così la competizione con le colture a destinazione alimentare
- Possono essere utilizzate per il fitorisanamento e recupero di aree inquinate
- Grazie ad un ciclo produttivo molto lungo (15-20 anni) svolgono effetti positivi sia nei confronti dell'erosione che sul mantenimento della fertilità e biodiversità
- Presentano promettenti potenzialità per la produzione di biocarburanti di 2° generazione
- Possono consentire di sviluppare nuovi mercati (chimica verde, biomateriali)



Le colture oleaginose



Fonte: 4FCrops; Zegata-Lizarazu et al., 2010

Tutte e tre queste specie vengono coltivate anche in Italia, in particolare nelle regioni centro-settentrionali.

Interessanti per il clima mediterraneo, tipico dell'Italia meridionale, risultano alcune specie appartenenti alla famiglia delle Brassicaceae, in particolare *Brassica carinata*



.....altre interessanti colture da olio



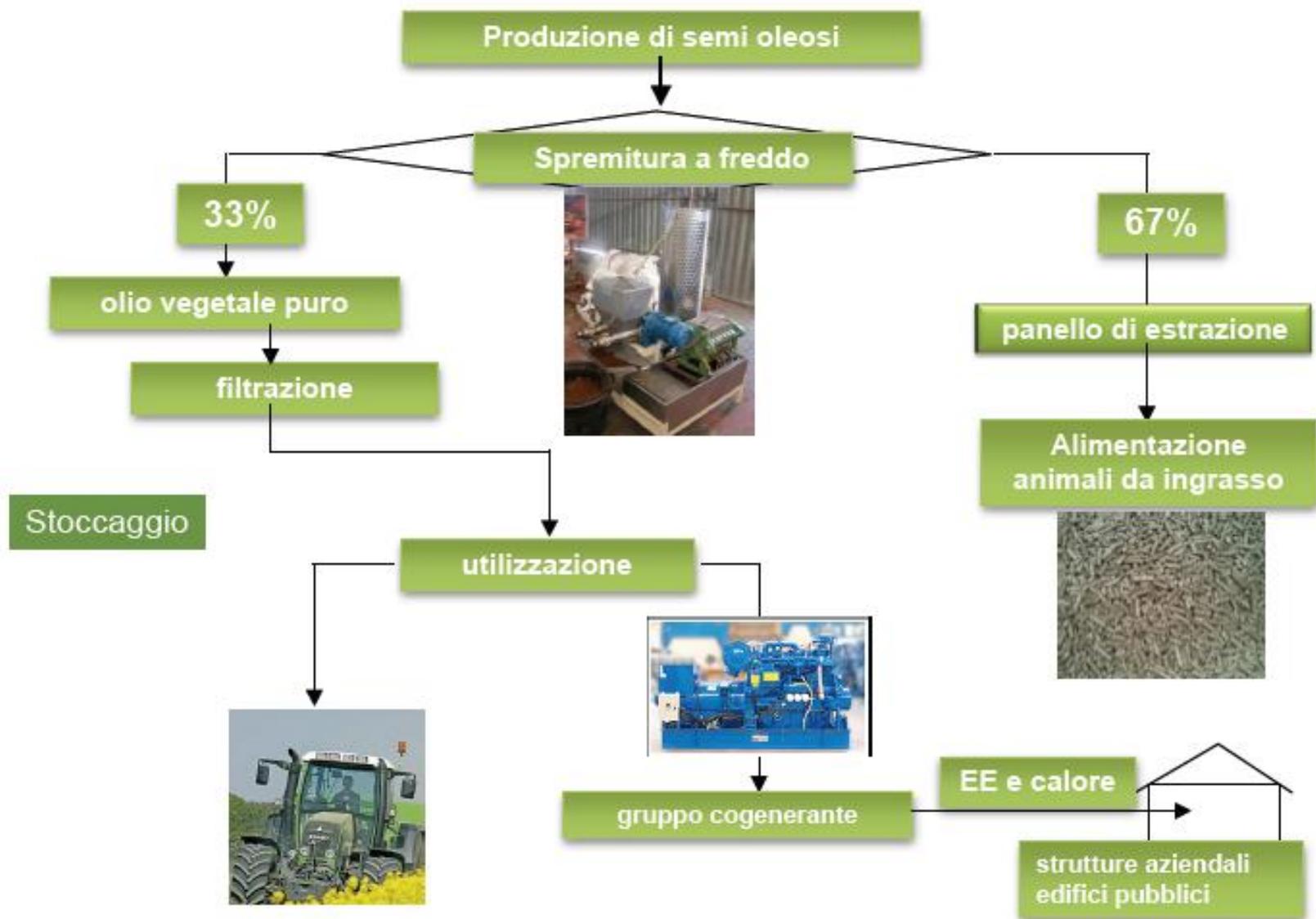
Brassica carinata



Tabacco energetico



La filiera di produzione di oli vegetali - utilizzi degli Oli Vegetali Puri (OVP)



Stima delle superfici destinabili alla coltivazione di colza e girasole : caso di studio Regione Puglia

girasole

colza

S1 : 189.983 ha

S2: 216.642 ha

S1 : 137.761 ha

S2: 244.038 ha

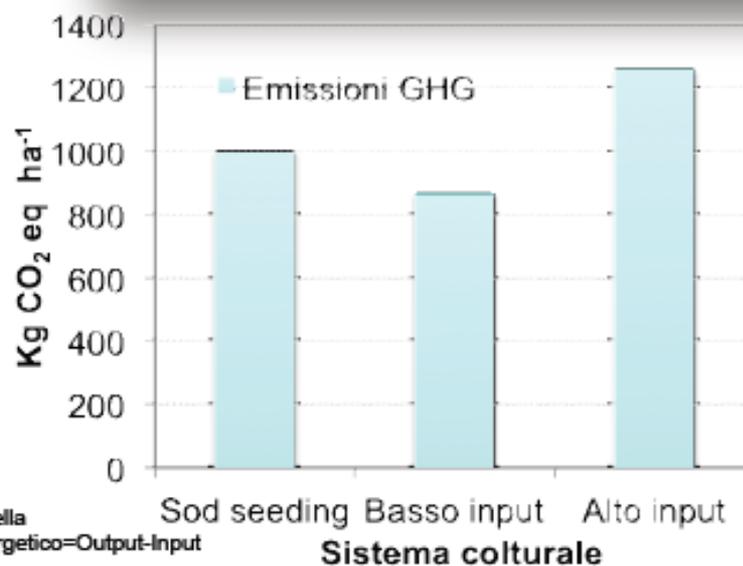
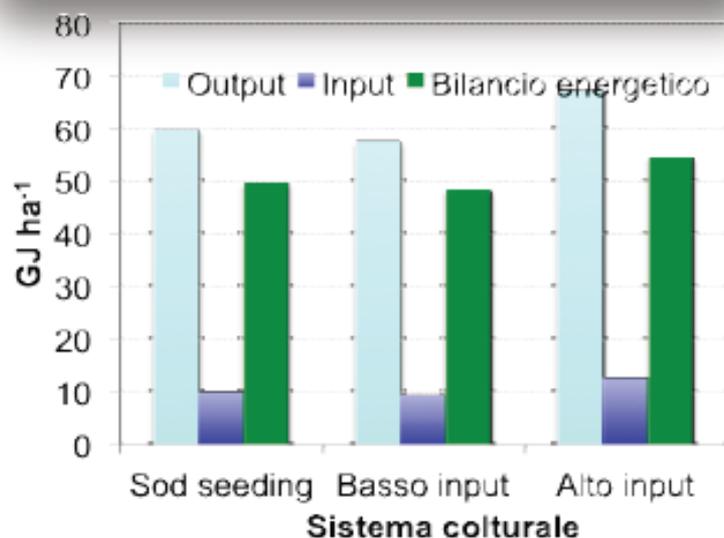
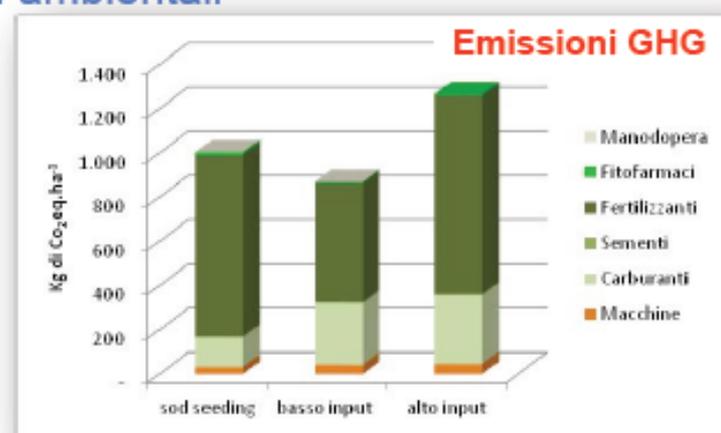
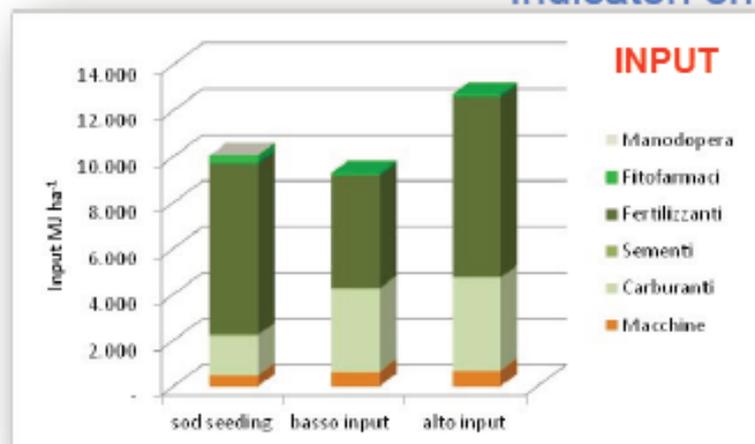


S1= superficie agricola idonea alla coltivazione
S2= superficie agricola moderatamente idonea alla coltivazione
S3= superficie agricola poco idonea alla coltivazione
N= superficie agricola non idonea alla coltivazione

La ricerca: confronto tra sistemi colturali per la coltura del Colza

3 livelli di intensificazione colturale: Semina su sodo (ss); Alto Input (AI); Basso input (BI)

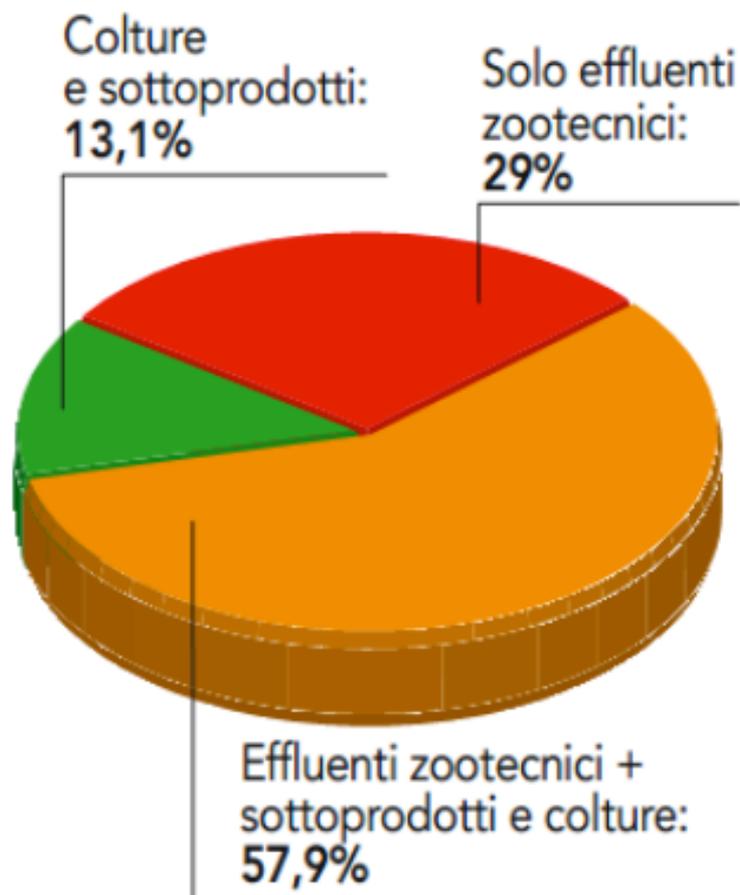
Indicatori energetici ed ambientali



Fonte: De Mastro et al., 2010

La filiera del biogas da digestione anaerobica

Impianti di biodigestione in Italia



La filiera del biogas da digestione anaerobica: colture e caratteristiche delle matrici nella digestione anaerobica

Colture agrarie dedicate

- Mais, sorgo, mais o sorgo in successione ad erbai, triticale, barbabietola da zucchero, canna comune, ecc.

Sottoprodotti e residui

- Scarti delle produzioni orticole, scarti lavorazione cereali,
- sottoprodotti agro-industriali, effluenti zootecnici, ecc.

Caratteristiche chimico fisiche

- Sostanza organica totale e solidi volatili
- Componente fibrosa (cellulosa, emicellulosa, lignina)
- Azoto totale e carbonio organico
- Produzione specifica di biogas

Caratteristiche agronomiche e gestionali

- Buona conservabilità (insilato)
- Basso consumo energetico nella fase di produzione
- Ridotte emissioni di gas serra nella fase di produzione
- Capacità di ricevere il digestato

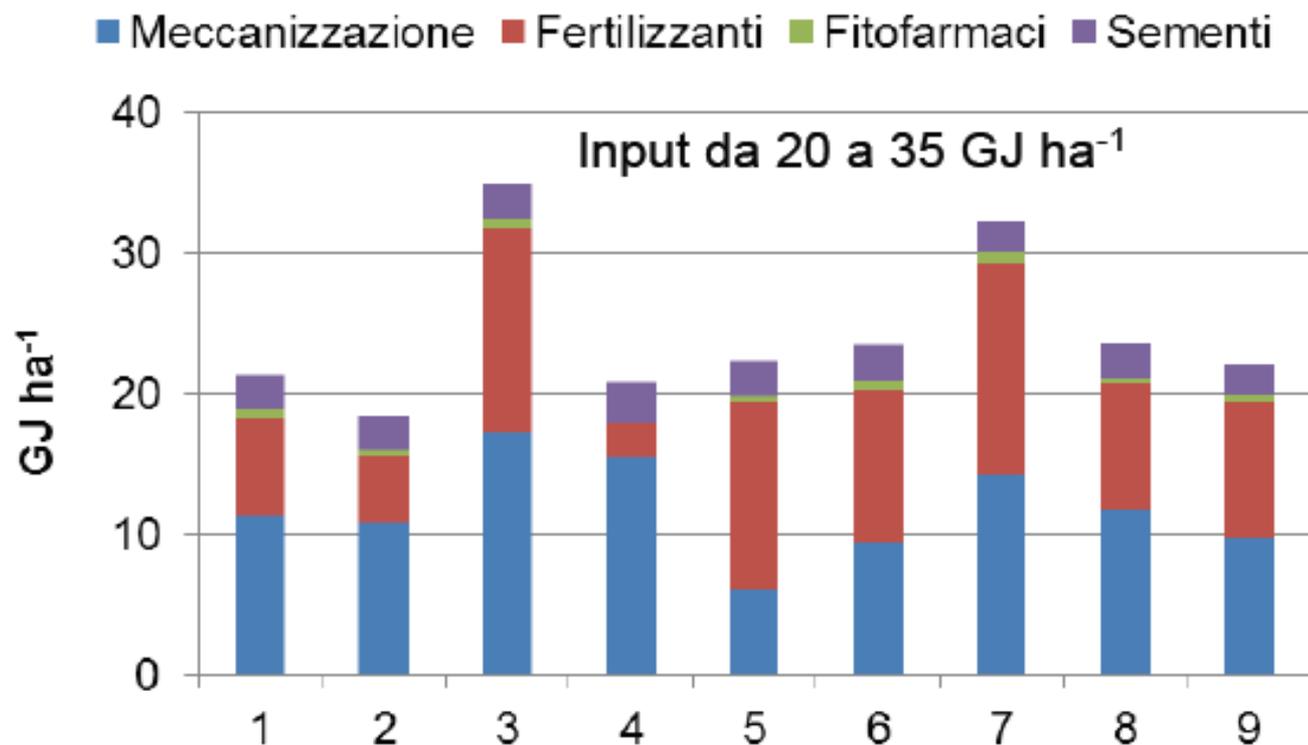
Produzioni di metano da biogas da diverse colture

Coltura	Produzione $\text{Nm}^3 \text{CH}_4 \text{ ha}^{-1}$	Coltura	Produzione $\text{Nm}^3 \text{CH}_4 \text{ ha}^{-1}$
Mais 1° raccolto	<u>7133</u>	Miscuglio erba-silo	2996
Mais 2° raccolto	5673	Intercrop di trifoglio	906
Mais 3° raccolto	4960	Segale + mais 3° raccolto	<u>7270</u>
Sorgo 1° raccolto	<u>6683</u>	Erba-silo + mais 2° raccolto	8669
Sorgo 3° raccolto	3917	Triticale + sorgo 3° raccolto	8009
Triticale	5345	Triticale + mais 3° raccolto	<u>10305</u>
Segale	2309	Miscanto	2723
Girasole	3300	Arundo donax	<u>9690</u>
Bietola da zucchero	<u>9739</u>		

Fonte: Amon et al., 2007; Blengini et al., 2011; Schievano et al., 2012.

La filiera del biogas da digestione anaerobica: variabilità di consumi energetici per il mais da insilato

Input (GJ ha^{-1}) in 9 aziende zootecniche intensive della pianura Padana occidentale

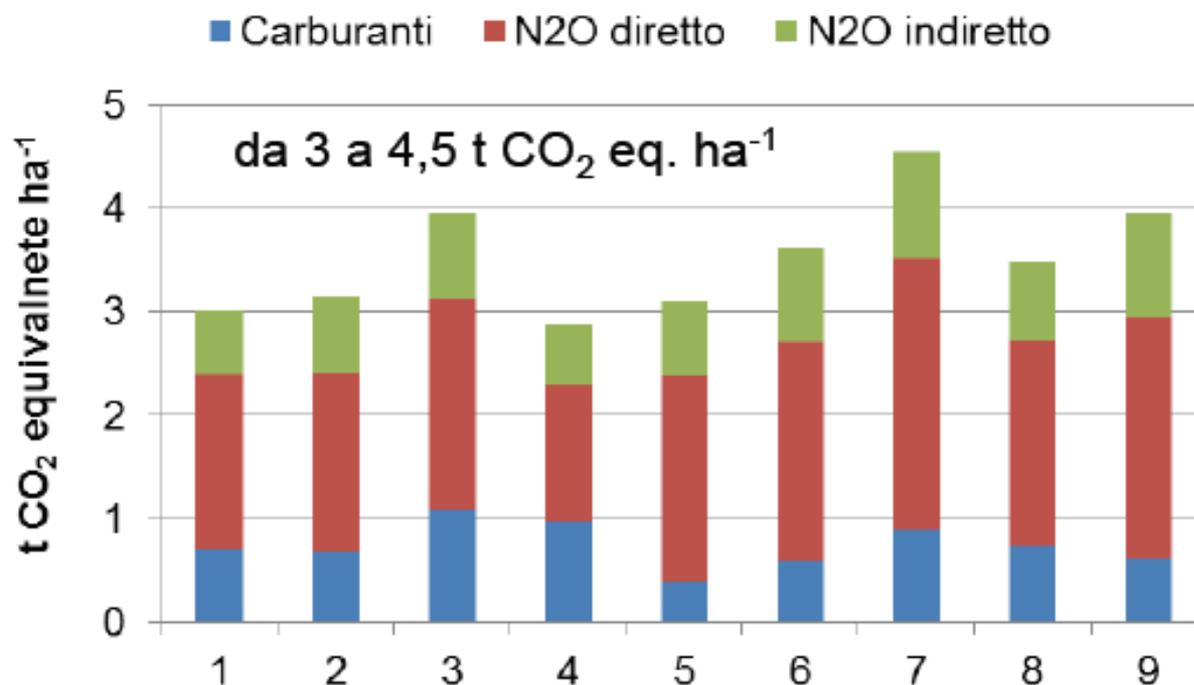


Output Energia equivalente di 1 ha di mais da trinciato = 241 GJ

Efficienza energetica (output/input)=10

La filiera del biogas da digestione anaerobica: variabilità emissioni di gas serra per la coltura del mais

Emissioni di gas serra in 9 aziende zootecniche intensive della pianura Padana occidentale



Produzione equivalente di 1 ha di mais da trinciato = 13,8 t CO₂ eq.

Conclusioni

- Le filiere agro-energetiche rappresentano una concreta possibilità di sviluppo per il comparto agricolo
- Tra le diverse opzioni disponibili la scelta della specie e del processo tecnologico di trasformazione risulta di fondamentale importanza
- Introduzione “ragionata” delle nuove colture (e tecniche colturali) a basso impatto ambientale
- Le colture erbacee poliennali da biomassa lignocellulosica presentano interessanti prospettive future sia sotto il profilo della sostenibilità ambientale che energetica
- Controllare e ridurre le emissioni dovute alle pratiche colturali (lavorazioni del suolo, fertilizzanti, consumi delle macchine agricole, fitofarmaci, ecc) sia nel caso di colture dedicate che per l'uso di biomasse residuali di origine agricola
- Per alcune colture oleaginose, l'utilizzazione e la valorizzazione dei co-prodotti e lo sviluppo di modelli di sviluppo organizzati localmente ha dimostrato di essere una strategia sostenibile ed economicamente competitiva
- Nell'ambito della produzione di biogas, l'utilizzo di sottoprodotti e residui colturali è la scelta premiata dalla legislazione vigente che garantisce anche la massima sostenibilità ambientale

Conclusioni

Superare i limiti della situazione attuale

Valorizzazione solo parziale delle biomasse disponibili sul territorio nazionale (forestali, agricole, zootecniche)

Presenza ancora limitata di filiere agroenergetiche complete (importazione di legna e di materie prime per i biocarburanti)

Incertezza sulle modalità di accesso agli incentivi economici previsti dagli ultimi aggiornamenti della legislazione comune all'intero settore delle fonti rinnovabili

Incertezza normativa (standard e procedure autorizzative per gli impianti, regolamentare l'uso del digestato, etc)

Gratie

In collaborazione con



Dario Sacco

**Dip. di Agronomia, Selvicoltura e Gestione
del Territorio, Università di Torino**



Luciana G. Angelini

**Dipartimento di Agronomia
e Gestione dell'Agroecosistema
Università di Pisa**

