



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BRESCIA

INNOVAZIONE ED ECONOMIA CIRCOLARE: NUOVE OPPORTUNITÀ PER UNA PRODUZIONE CEREALICOLA SOSTENIBILE

Coordinatore scientifico: Prof. Mentore Vaccari



Gestione e valorizzazione degli scarti agricoli ai fini energetici

Alessandro Abbà

DICATAM, Università degli Studi di Brescia

Brescia, 21 marzo 2023

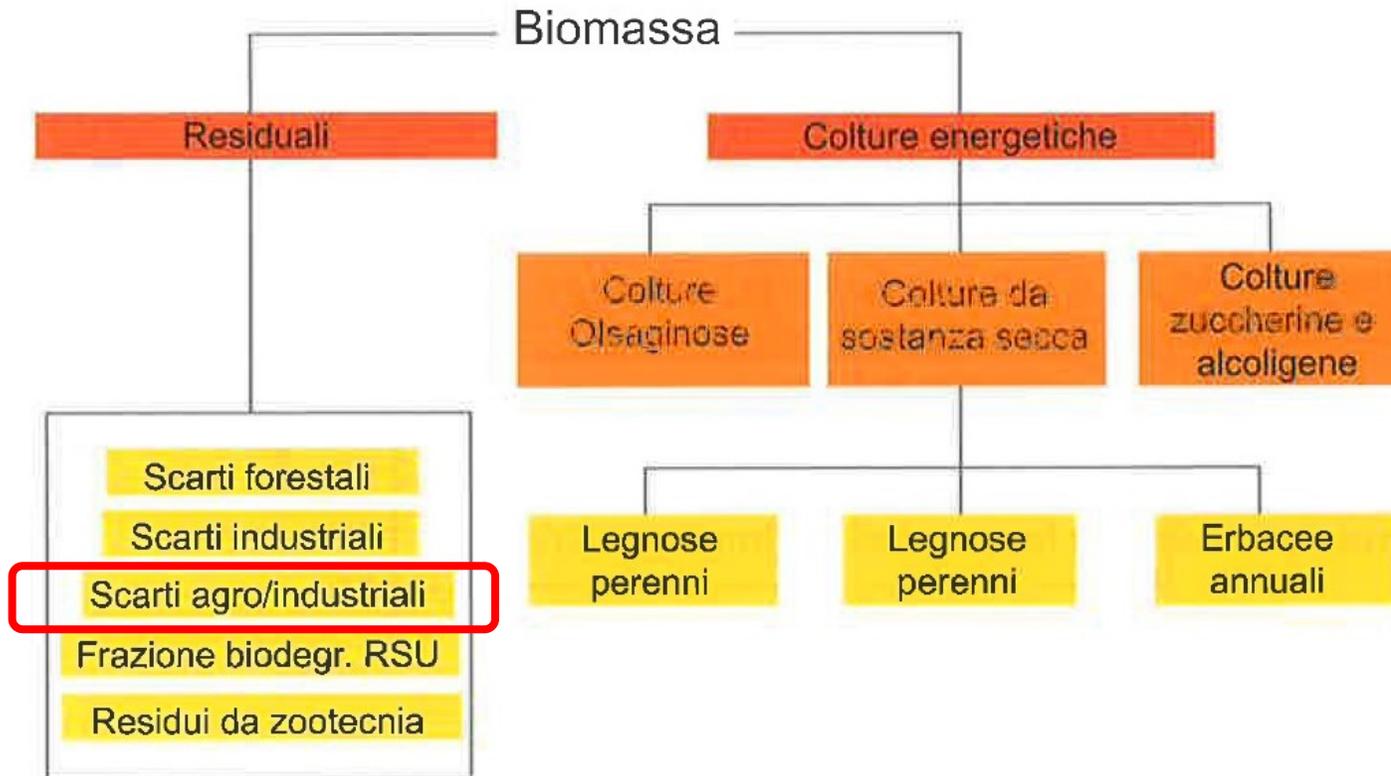
SOMMARIO

- **SCARTI AGRICOLI → BIOMASSE**
- **AGROENERGIE**
- **PROCESSI DI CONVERSIONE ENERGETICA**
 - **PROCESSI TERMOCHIMICI**
 - **PROCESSI BIOCHIMICI**

BIOMASSE

Definizione (D.Lgs. 28/2011, art. 2 comma 1, lettera e):

*“Biomassa: la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e **residui di origine biologica provenienti dall’agricoltura** (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l’acquacoltura, gli sfalci e le potature provenienti dal verde pubblico e privato, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani”.*

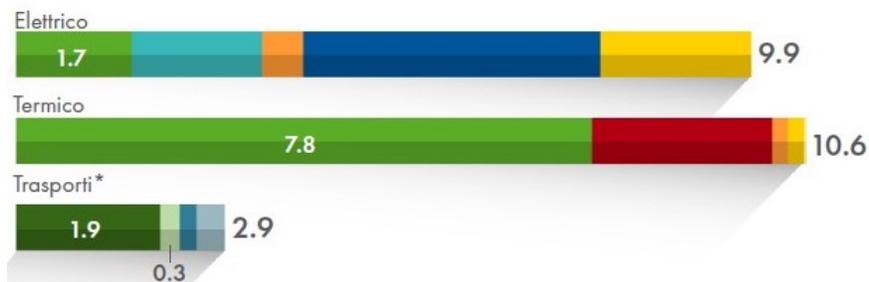


*Più «operativamente» la biomassa è qualsiasi sostanza organica, di origine vegetale o animale, da cui sia possibile **ricavare energia o attraverso un impiego diretto o previa trasformazione in un combustibile solido, liquido o gassoso***

AGROENERGIE 1/3

- **Agroenergie:** termine per definire l'energia prodotta dalle imprese agricole, zootecniche, forestali e dall'agroindustria.
- Costituiscono oggi, in Italia, la più importante fra le fonti energetiche rinnovabili per l'**ampia disponibilità di materia prima** e, soprattutto, perché possono fornire **elettricità, calore e biocarburanti** con tecnologie mature e affidabili.

Contributo FER sui consumi finali (Mtep)



* Impiego di FER nel settore Trasporti calcolato in base ai parametri fissati dalla Direttiva 2009/28/CE in applicazione dei criteri della Direttiva 2015/1513

1 Mtep = 11,63 TWh



Fonte: MANIFESTO DELLE BIOENERGIE IN ITALIA, 2021 (Iniziativa di Elettricità Futura, con la collaborazione di AIEL, ANPEB, Assitol, Assoebios, Assograssi, CIB, Confagricoltura, Distretto Produttivo la Nuova Energia, EBS, Fiper, ITABIA)

AGROENERGIE 2/3

- **L'uso delle biomasse per fini energetici** deve essere assolutamente **sostenibile**.
- Un **elemento critico** è la **filiera di approvvigionamento**:
 - sviluppo di 'biocarburanti avanzati' ottenuti da biomasse residuali (oggi i biocarburanti sono prodotti per la maggior parte da colture dedicate);
 - per la produzione di elettricità è necessario utilizzare in misura sempre crescente 'sottoprodotti di origine biologica', in particolare scarti, residui e rifiuti dalle attività agricole, di allevamento e agroindustriali.
- **Attenzione: il bilancio sulla CO₂ deve tener conto delle emissioni (di CO₂) legate al taglio, trasporto, lavorazione → **corretta pianificazione della «catena energetica» - produzione, conversione, utilizzazione.****

AGROENERGIE 3/3

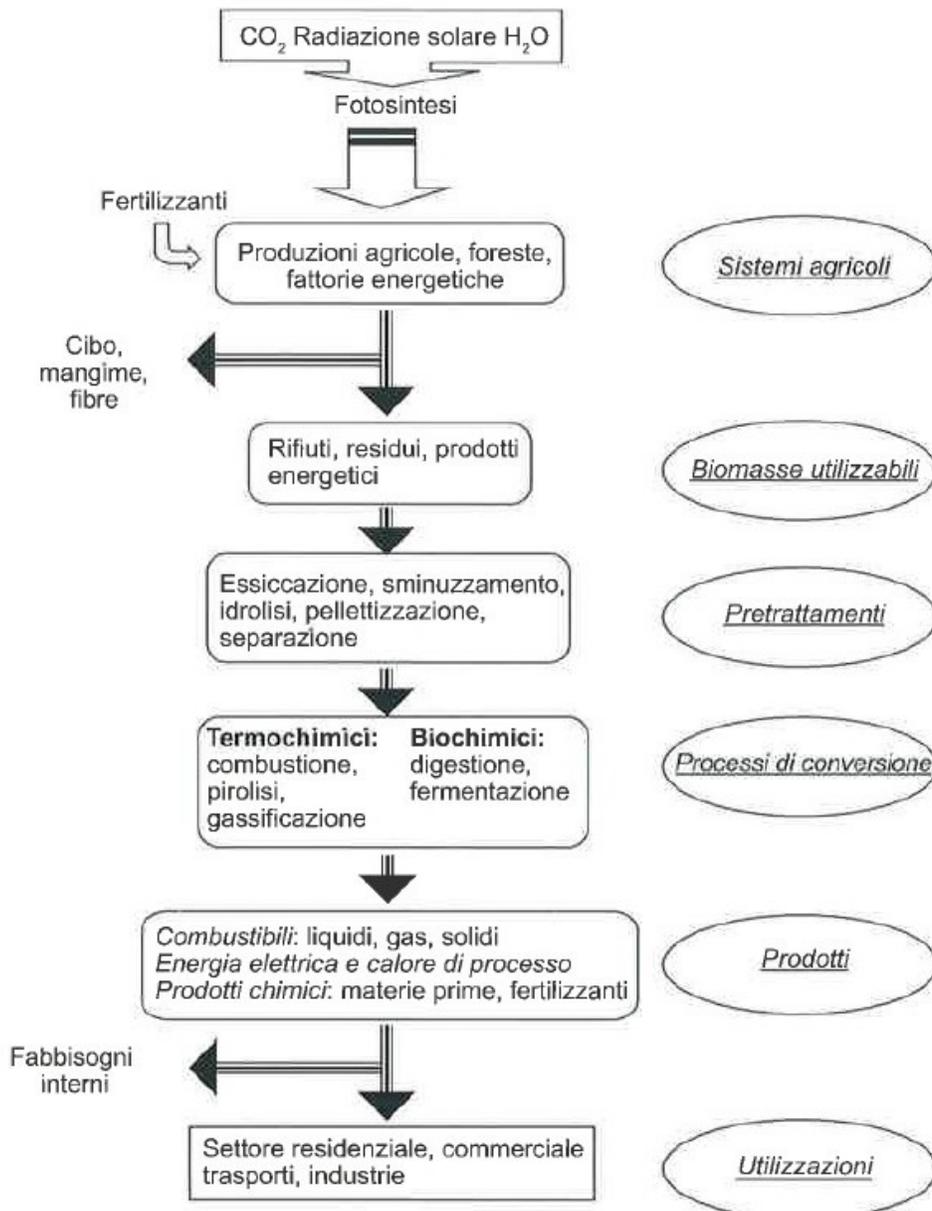
- **Disponibilità potenziale:** quasi 25 Mton/anno di residui agricoli e agroindustriali.
- La **quantità effettivamente disponibile è inferiore**, tenuto conto di quella già utilizzata e di quella che non conviene raccogliere per le caratteristiche di dispersione o la difficoltà di accesso al luogo di produzione.
- **In ogni caso**, si tratta di **quantitativi più che rilevanti**, in grado di soddisfare gran parte del fabbisogno attuale di biomassa, oggi coperto da importazioni, e di quello futuro.

Disponibilità potenziale di biomasse residuali in Italia (2018)

	Tipologia di residui			
	Agricoli (t/anno)	Agroindustria (t/anno)	Totali (t/anno)	%
Nord	13.132.966	1.228.249	14.361.215	57,5
Centro	3.316.313	317.929	3.634.242	14,6
Sud e Isole	5.445.309	1.531.198	6.976.508	27,9

Fonte: ITABIA - Progetto ENABLING, 2018

LA «FILIERA BIOMASSA»



- La tipologia di filiera dipende principalmente dal **tipo di biomassa** considerata e dal **processo di conversione** scelto.
- Conoscenza accurata delle **proprietà delle biomasse**:
 - Proprietà principali (potere calorifico, densità, ...)
 - Proprietà chimiche principali (umidità, carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto, zolfo, cloro, ceneri, ...)
 - Caratteristiche biomasse solide (dimensioni, temperatura di autoaccensione e di fusione ceneri, ...)
 - Caratteristiche biomasse liquide (viscosità, numero di ottano, ...)
 - Caratteristiche biomasse gassose (numero di ottano, ...)

CARATTERISTICHE DEI RESIDUI AGRICOLI

Sottoprodotto agricolo	Umidità alla raccolta (%)	Produzione media (t/(ha·anno))	Rapporto C/N	Ceneri (% in peso)	P.C.I. (kcal/kgSS)
Paglia frumento tenero	14-20	3-6	120-130	7-10	4.100-4.200
Paglia frumento duro	14-20	3-5	110-130	7-10	4.100-4.200
Paglia altri cereali autunno-vernini	14-20	3-5,5	60-65	5-10	3.300-3.400
Paglia riso	20-30	3-5	60-65	10-15	3.700-3.800
Stocchi mais	40-60	4,5-6	40-60	5-7	4.000-4.300
Tutoli e brattee di mais	30-55	1,5-2,5	70-80	2-3	4.000-4.300
Sarmenti vite	45-55	3-4	60-70	2-5	4.300-4.400
Frasche di olivo	50-55	1-2,5	30-40	5-7	4.400-4.500
Residui fruttiferi	35-45	2-3	47-55	10-12	4.300-4.400

Fonte: Gelletti et al., 2006

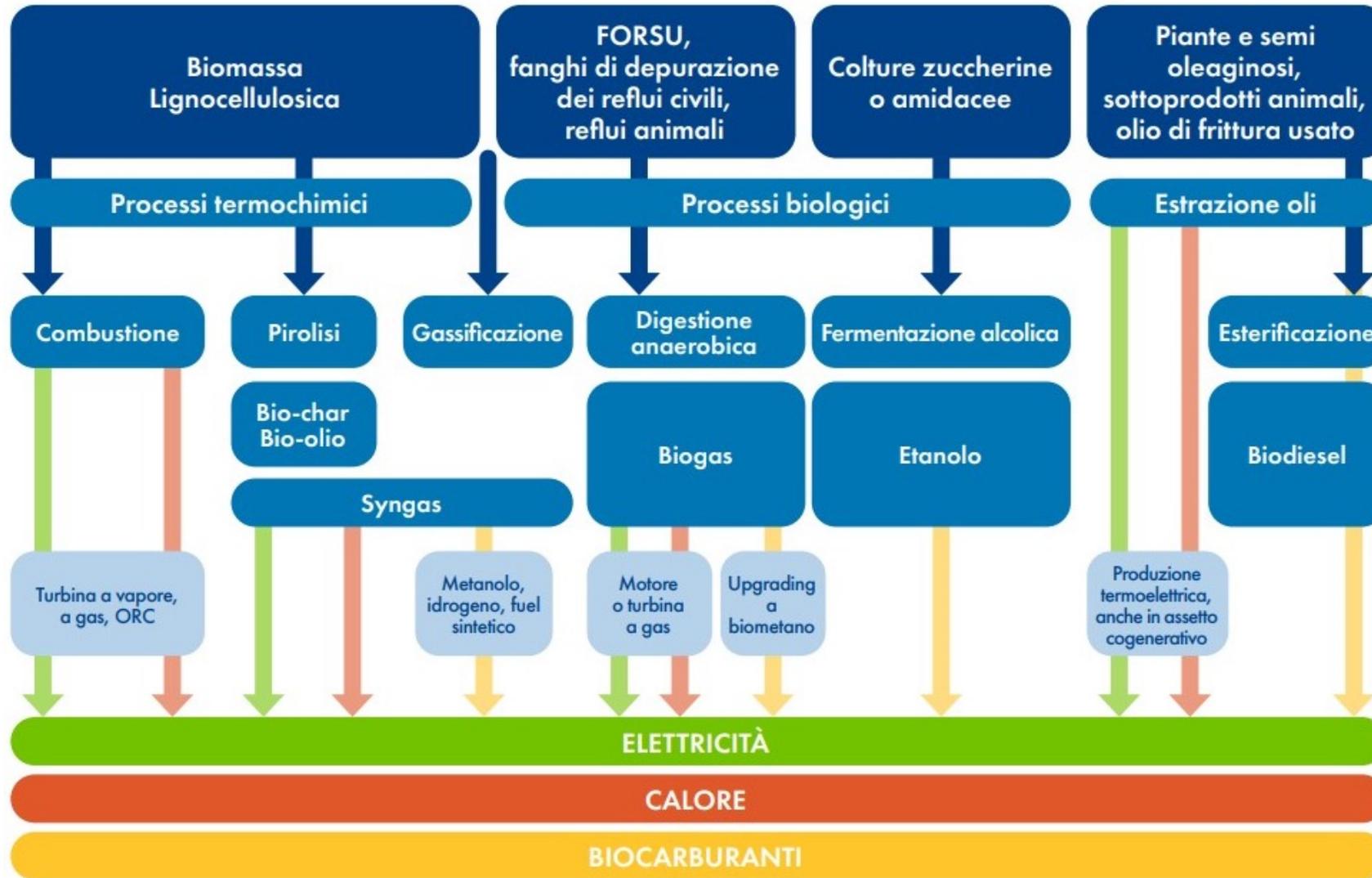
Vantaggio:

- fonte energetica facilmente accessibile

Svantaggi:

- possibili impieghi alternativi del materiale
- bassa produttività per unità di superficie
- composizione chimica

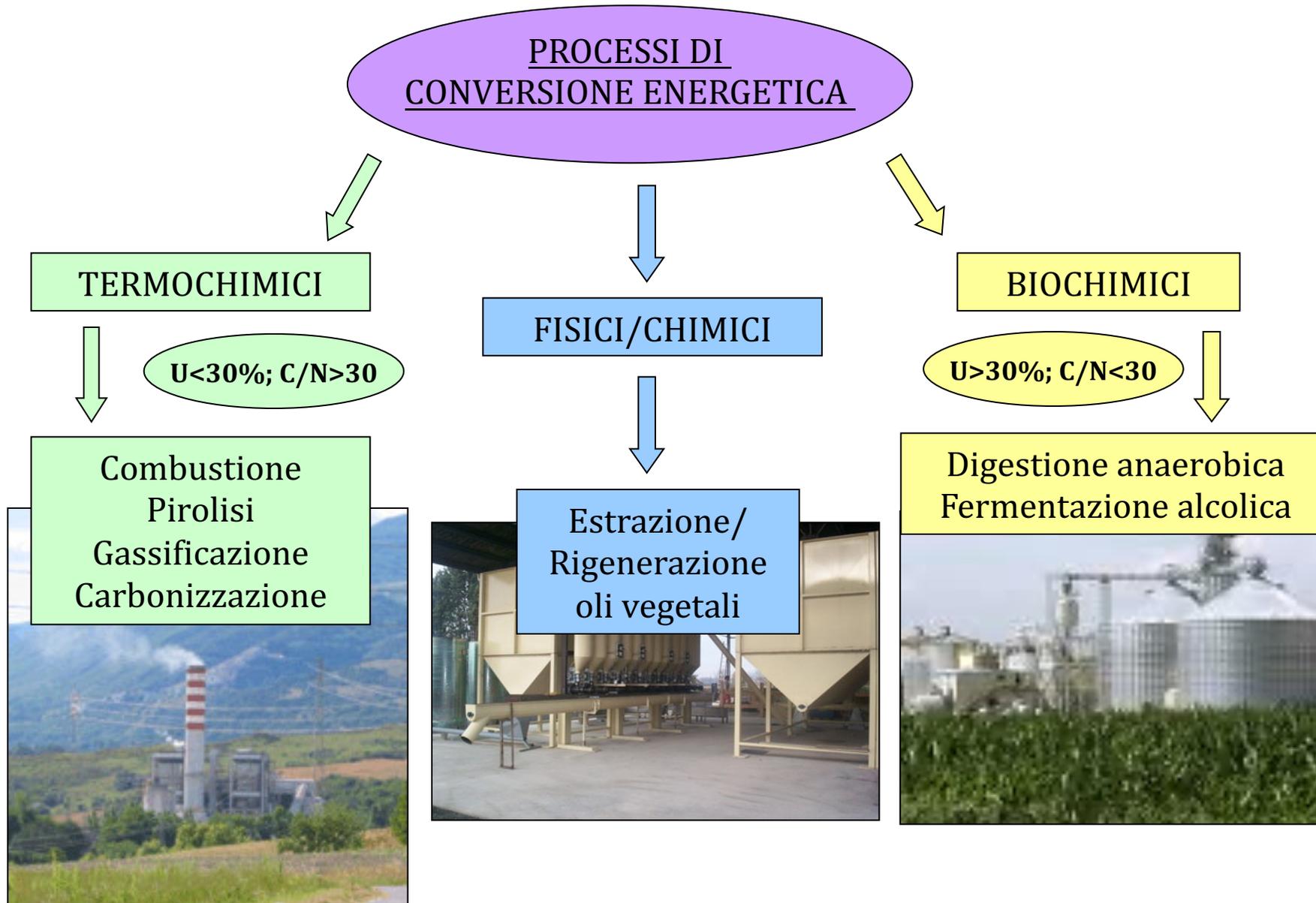
PROCESSI DI CONVERSIONE ENERGETICA 1/2



Principali fattori per la scelta del processo:

- Proprietà delle biomasse
- Prodotti finali richiesti
- Quantità di biomassa
- Condizioni economiche
- Norme ambientali
- Altri fattori specifici di progetto

PROCESSI DI CONVERSIONE ENERGETICA 2/2



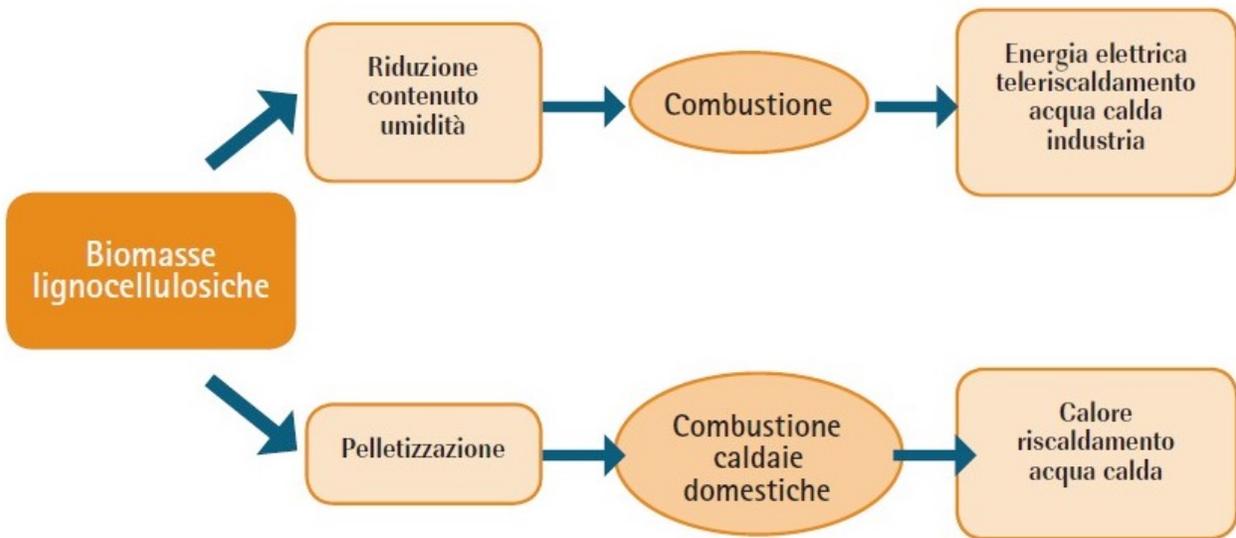
PROCESSI TERMOCHIMICI

Principali biomasse valorizzabili:

- legna e tutti i suoi derivati (segatura, trucioli, residui pulizia del bosco,)
- sottoprodotti colturali di tipo lignocellulosico (paglia di cereali, residui di potatura vite,)
- scarti di lavorazione (lolla, pula, gusci, noccioli,)

I processi di conversione termochimica si possono distinguere in:

- **COMBUSTIONE**: **ossidazione completa della sostanza organica** ad elevata temperatura (850-1050 °C) ed in presenza di eccesso di ossigeno;
- **PIROLISI**: **decomposizione termochimica della materia organica** a temperature comprese tra i 450 °C e gli 850 °C ed in assenza di agenti ossidanti;
- **GASSIFICAZIONE**: **ossidazione parziale del combustibile** a temperature comprese tra gli 800 e i 1000 °C ed in presenza di una quantità substechiometrica di ossigeno;
- **CARBONIZZAZIONE**: **trasformazione** (a 500-800 °C) delle molecole strutturate dei prodotti legnosi e cellulosici in carbone vegetale.



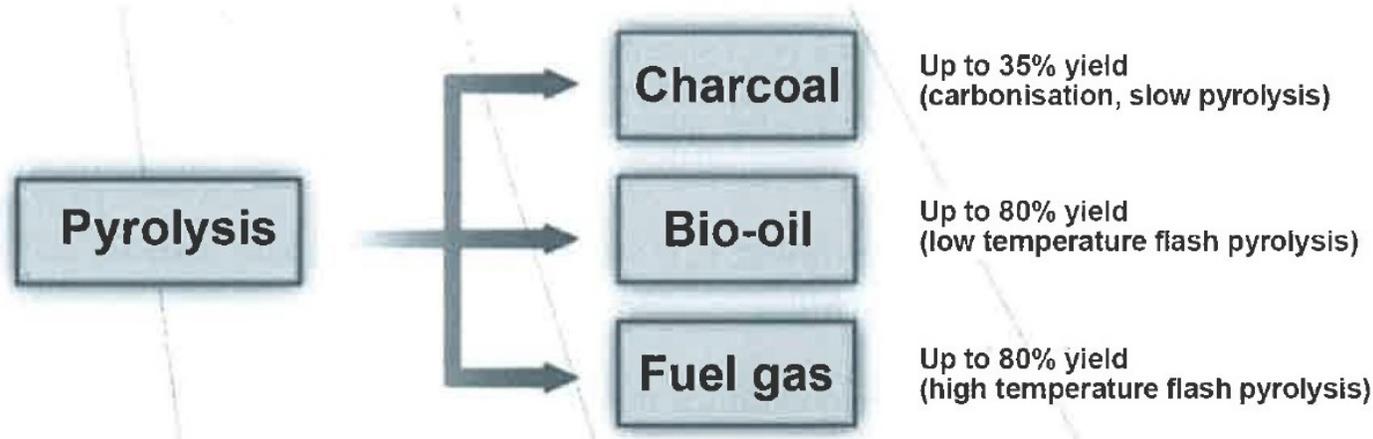
Fonte: Candolo, 2005

- **Grossi impianti** con assetto cogenerativo (CHP) → efficienza modesta (20-25%) – PCI biomasse modesto; problema elevato contenuto ceneri.
- **Piccole utenze domestiche:** disponibili sul mercato caldaie che possono essere alimentate a legna, a cippato di legna, a granella di mais, a pellet, per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria.

- Materiale di partenza a **bassa umidità** → biomasse vegetali a 60-70% → umidità richiesta < 15-20%
- **Densificazione delle biomasse**, es. pellettizzazione.



Fonte: Gubiani et al. (Linee guida per l'utilizzo energetico delle potature agricole)



Obiettivo: trasformare la biomassa in **combustibili intermedi** ad alto potere calorifico

Fonte: D.Lgs, 75/2010 e ss.mm.ii.

Fonte: Bocci et al., 2011

- I processi di **pirolisi** e **gassificazione** consentono di recuperare il contenuto energetico delle biomasse vegetali con una buona efficienza.
- Produzione di biochar.

N.	Denominazione del tipo	Modo preparaz. e componenti essenziali	Titolo minimo in elementi e/o sostanze utili	Altre indicazioni di denomin. del tipo	Elementi o sostanze utili il cui titolo deve essere dichiarato	Note
16	Biochar da pirolisi o da gassificazione	Processo di carbonizzazione di prodotti e residui di origine vegetale provenienti dall'agricoltura e dalla silvicoltura, oltre che da sanse di oliva, vinacce, cruscamì, noccioli e gusci di frutta, cascami non trattati della lavorazione del legno, in quanto sottoprodotti delle attività commesse. Il processo di carbonizzazione è la perdita di idrogeno, ossigeno e azoto da parte della materia organica a seguito di applicazione di calore in assenza, o ridotta presenza, dell'agente ossidante, tipicamente l'ossigeno. A tale decomposizione termochimica è dato il nome di pirolisi o piroschissione. La gassificazione prevede un ulteriore processo ossido-riduttivo a carico del carbone prodotto da pirolisi.	C tot di origine biologica ^(#) % s.s. ≥ 20 Conducibilità elettrica (salinità) mS/m ≤ 1000 ^(#) pH _(H2O) 4-12 Umidità % ≥ 20 per prodotti polverulenti ^(*) Ceneri % s.s. ≤ 60 H/C (molare) ^(*) ≤ 0,7	Occorre dichiarare il tipo di processo di produzione impiegato (pirolisi o gassificazione) e le tipologie di biomasse utilizzate (es. pirolisi di legno di conifere)	Umidità % C tot di origine biologica % s.s. Ceneri % s.s. pH Conducibilità elettrica (salinità) mS/m Rapporto H:C (molare) Granulometria (passante mm 0,5-2-5) azoto tot % s.s. potassio tot % s.s. fosforo tot % s.s. calcio tot % s.s. magnesio tot % s.s. sodio tot % s.s. % C da carbonato max ritenzione idrica % m/m	^(#) sottratto il C da carbonati ^(#) per utilizzo quale componente dei substrati di coltivazione (allegato 4) ≤ 1000 ^(*) dato comunque da dichiarare. Per prodotto polverulento si intende, in questa sede, un prodotto nel quale la frazione < 2 mm risulta > del 50% ^(*) indice di stabilità del carbonio. Per il calcolo si deve utilizzare il dato del parametro C tot di origine biologica Sono inoltre fissati i seguenti parametri chimico-biologici: - test di fitotossicità / accrescimento (UNI EN 16086-1:2012) - prova di crescita in vaso con orzo primaverile: l'inibizione alla germinazione e/o alla crescita (con dose di utilizzo del prodotto del 25%) deve essere inferiore al 25% - IPA < 6 mg/kg s.s. - PCB < 0,5 mg/kg s.s. - Diossine < 9 ng I-TEQ/kg

NUMERO DI IMPIANTI DI GASSIFICAZIONE DI BIOMASSE E POTENZA INSTALLATA

Geographical Area	Region	N. Imp.					kWe				
		2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020
Northern Italy	Trentino Alto Adige	49	56	70	68	62	9782	10631	13249	12924	11338
	Friuli	6	15	18	16	9	1975	4924	7866	7466	2890
	Veneto	11	19	22	22	22	1723	2279	2875	2875	2875
	Lombardia	9	15	17	17	17	2489	5058	6798	6798	6798
	Piemonte	19	20	31	30	25	5408	5991	7759	7714	5995
	Emilia Romagna	11	14	17	16	16	2597	3209	4434	3934	3934
	Valle d'aosta	1	1	1	1	1	49	49	49	49	49
	Liguria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Central Italy	Toscana	14	17	23	23	21	2259	2526	4489	4489	4370
	Umbria	8	14	16	16	16	1445	2095	2344	2344	2344
	Lazio	7	12	13	13	13	573	1716	1915	1915	1915
	Marche	4	8	8	8	8	283	804	804	804	804
Southern Italy and islands	Abruzzo	1	4	4	3	3	45	249	249	194	194
	Basilicata	2	1	2	2	2	399	199	399	399	399
	Calabria	1	4	7	7	7	45	315	764	764	764
	Campania	3	7	11	9	9	342	1303	2002	1614	1614
	Molise	0	1	1	1	1	0	22	20	20	20
	Puglia	3	3	3	3	4	425	325	325	325	524
	Sardegna	1	4	5	5	5	90	583	903	903	903
Sicilia	2	3	7	7	7	1049	1248	1143	1143	1143	
Total		152	218	276	267	248	30978	43526	58387	56674	48873

Potenza complessiva:

49 MW_{el}

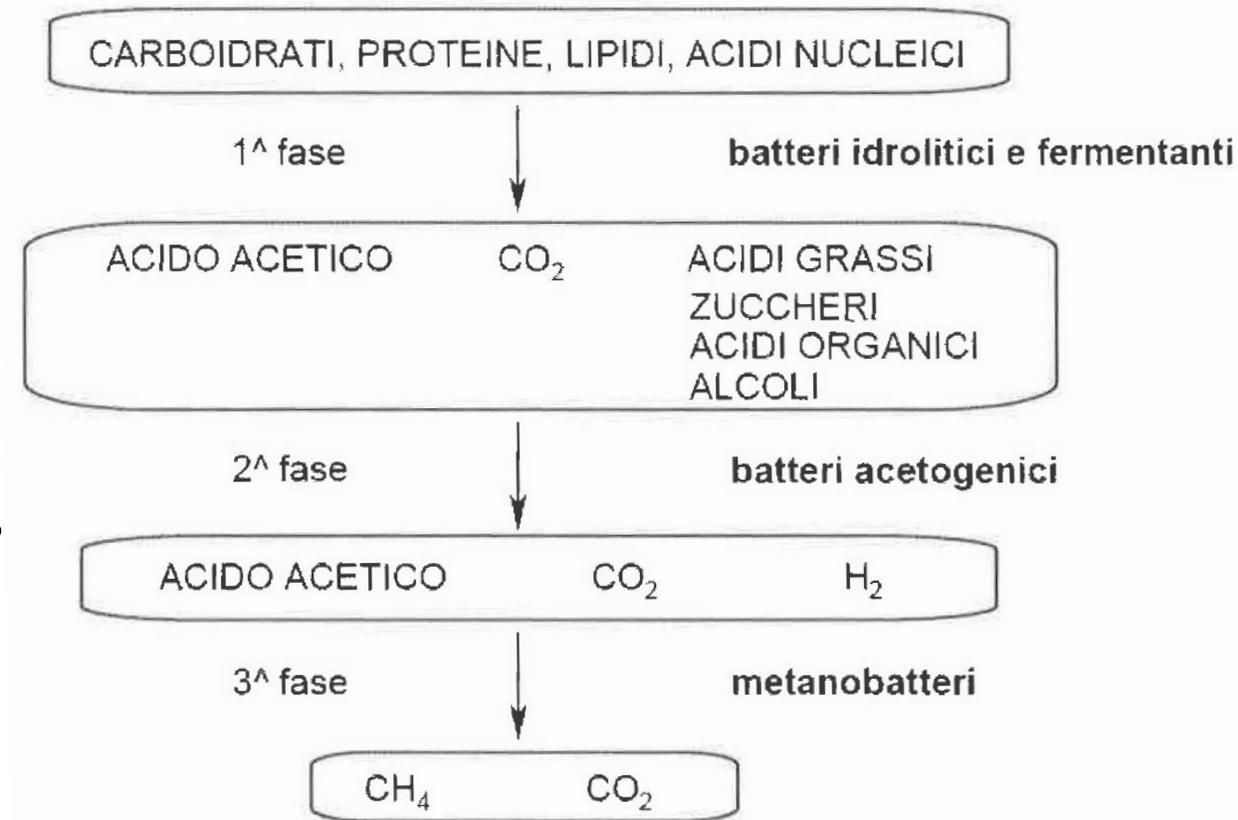
vs

1.452 MW_{el} impianti a biogas

PROCESSI BIOCHIMICI

Principali biomasse valorizzabili:

- deiezioni zootecniche
- sottoprodotti di alcune colture vegetali
- alcuni scarti di lavorazione (es. pere, patate,)
- **Digestione anaerobica:** processo biologico attraverso il quale la frazione organica delle biomasse viene trasformata, in assenza di ossigeno, in una miscela gassosa (**biogas**) costituita prevalentemente da **CH₄ (50-60%) e CO₂**, con presenza di inquinanti quali H₂S, NH₃ e H₂O.
- Il processo viene condotto in **reattori chiusi (digestori)**, e insieme al biogas, dà origine a un **digestato**, ovvero un materiale semistabilizzato.



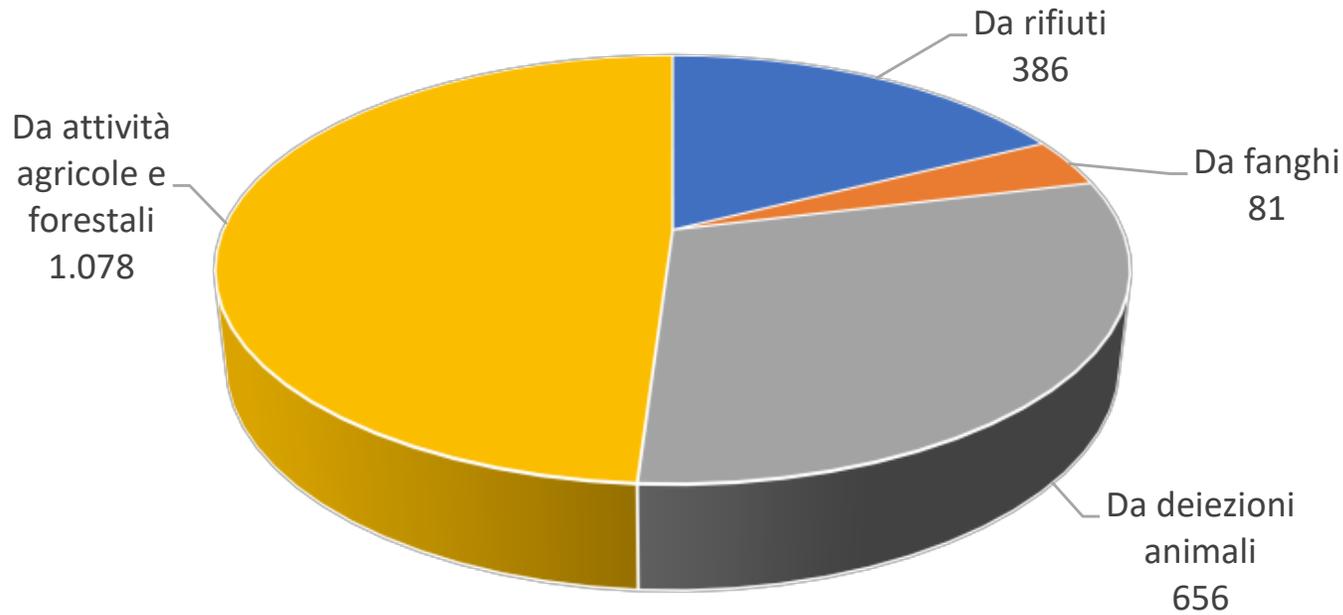
Fonte: Bocci et al., 2011

VANTAGGI E CRITICITÀ BIOMASSE DI SCARTO

Substrato	Propensione alla digestione anaerobica	Criticità
Liquami suini	Ottima	Contenuto di sostanza secca e organica variabile in funzione della tipologia di allevamento
Liquami bovini	Ottima	Contenuto di sostanza secca correlato al sistema di allevamento
Effluenti avicoli	Buona-ottima	Contenuto di azoto, produzione di idrogeno solforato, sedimenti
Paglia di cereali	Lenta	Diluizione, triturazione, croste
Stocchi di mais	Buona se verdi, lenta se secchi	Diluizione, triturazione, croste
Bucchette di pomodoro	Buona	Scarsa biodegradabilità, stagionalità
Scarti lavorazione frutta varia e ortaggi	Ottima	Acidità, umidità, stagionalità, sedimentazione dei semi, odori
Scarti lavorazione uva (vinacce)	Medio-bassa	lenta biodegradabilità delle componente lignocellulosica
Scarti lavorazione olive (sanse)	Buona-ottima	Stagionalità, presenza di frammenti di nocciolino (sedimentazione), necessità di bilanciamento C/N
Scarti lavorazione degli agrumi (pastazzo)	Buona	Stagionalità, Acidità, necessità di bilanciamento C/N
Scarti di macellazione	Buona	Triturazione, azoto, grassi, odori, lipidi
Siero di latte e altri prodotti derivati	Ottima	Acidità, umidità, necessità di bilanciamento C/N

Fonte: Piccinini, 2022

Numero di impianti biogas

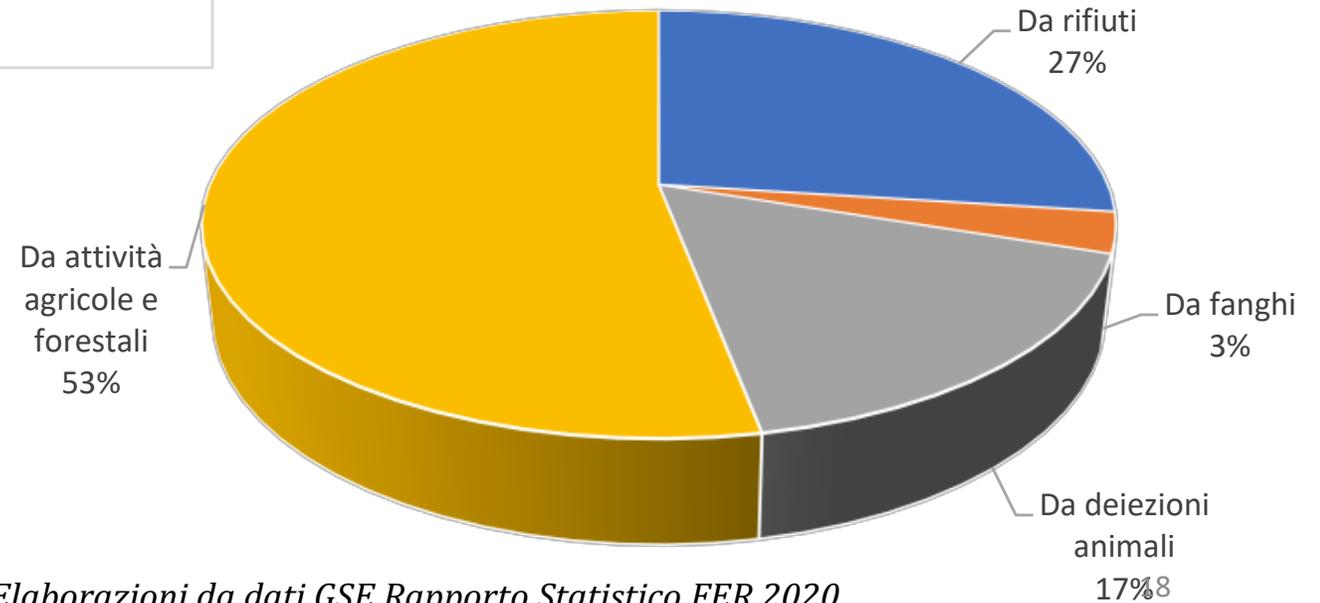


Elaborazioni da dati GSE Rapporto Statistico FER 2020

- Potenza complessiva da **impianti produzione bioenergie: 4.106 MW_{el}**.
- Gli impianti a biogas contribuiscono per il 35% (1.452 MW_{el}).

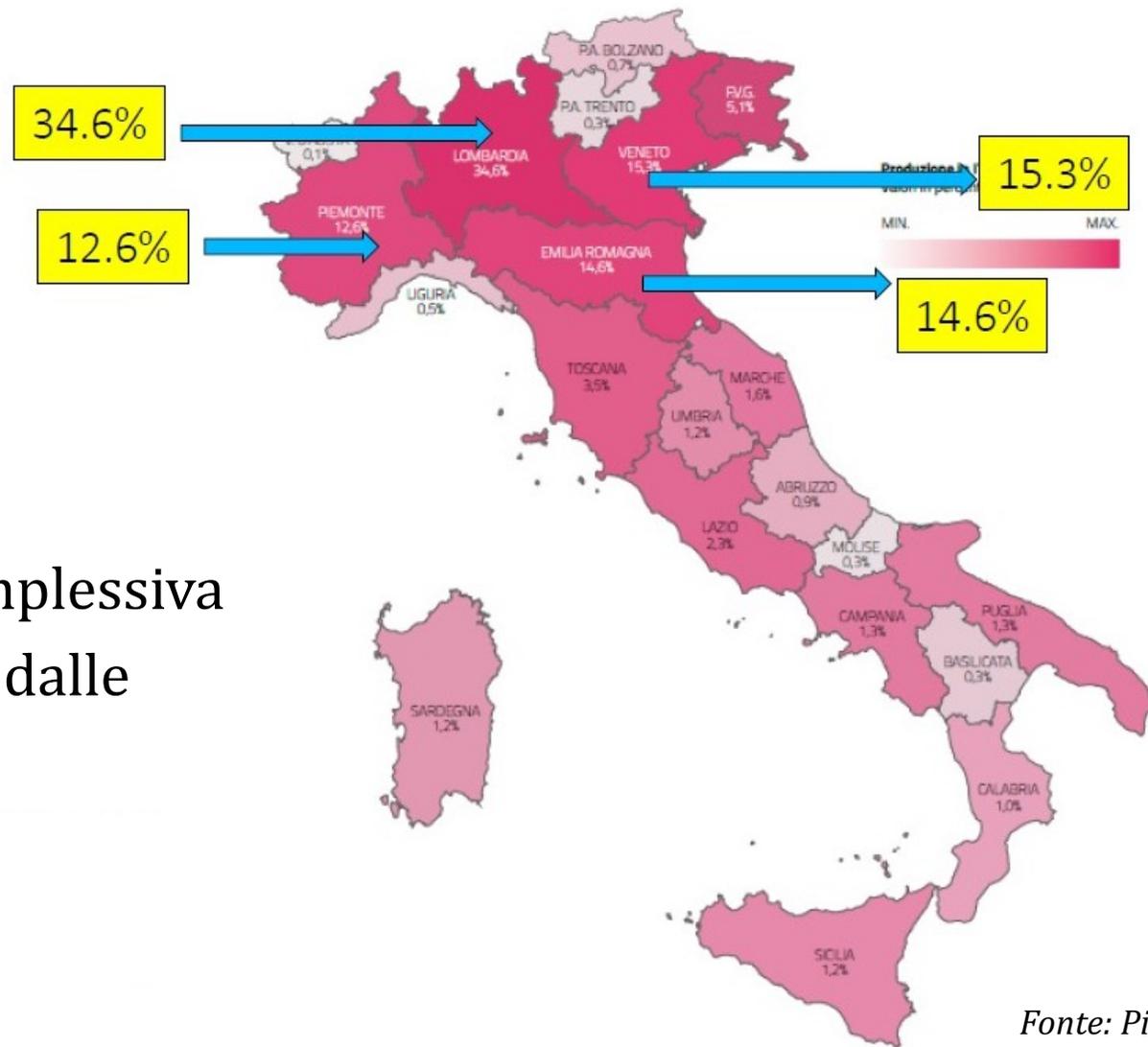
- In Italia, il **79% degli impianti biogas** utilizzati per la produzione di EE è alimentato da «**biomasse da attività agricole e forestali**» e da «**deiezioni zootecniche**».

Potenza elettrica degli impianti biogas



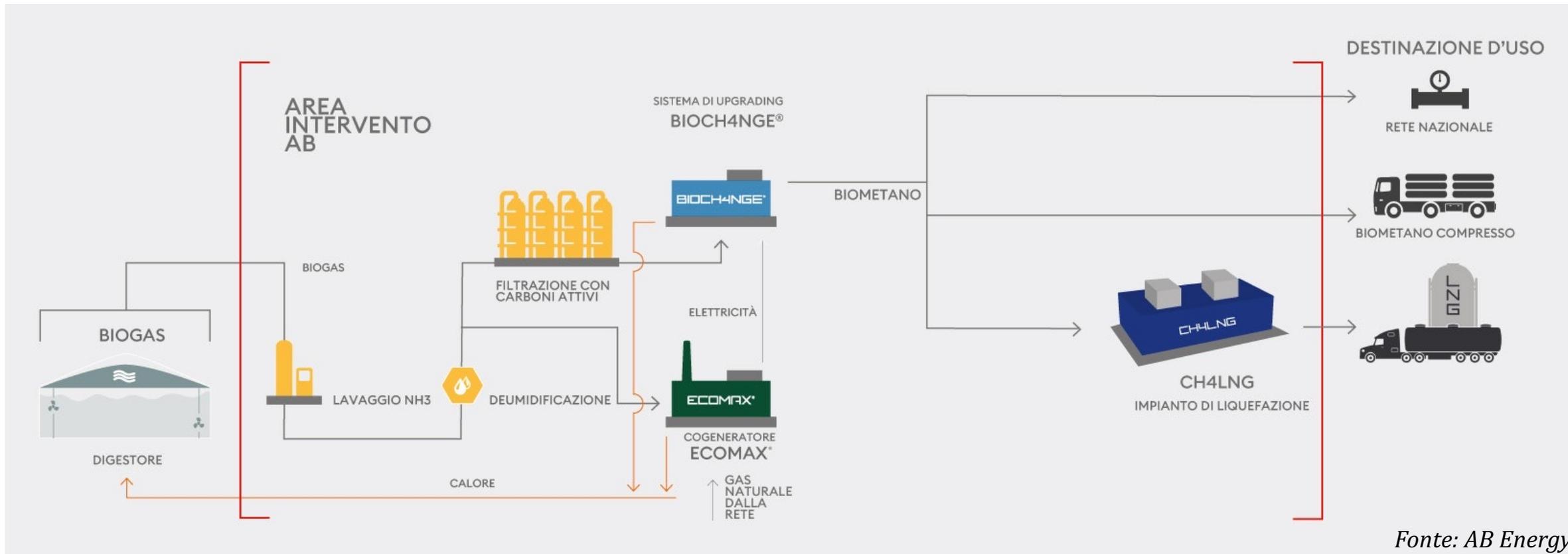
Elaborazioni da dati GSE Rapporto Statistico FER 2020

Più dell'**84%** della produzione complessiva nazionale di EE da biogas è fornita dalle regioni dell'Italia settentrionale



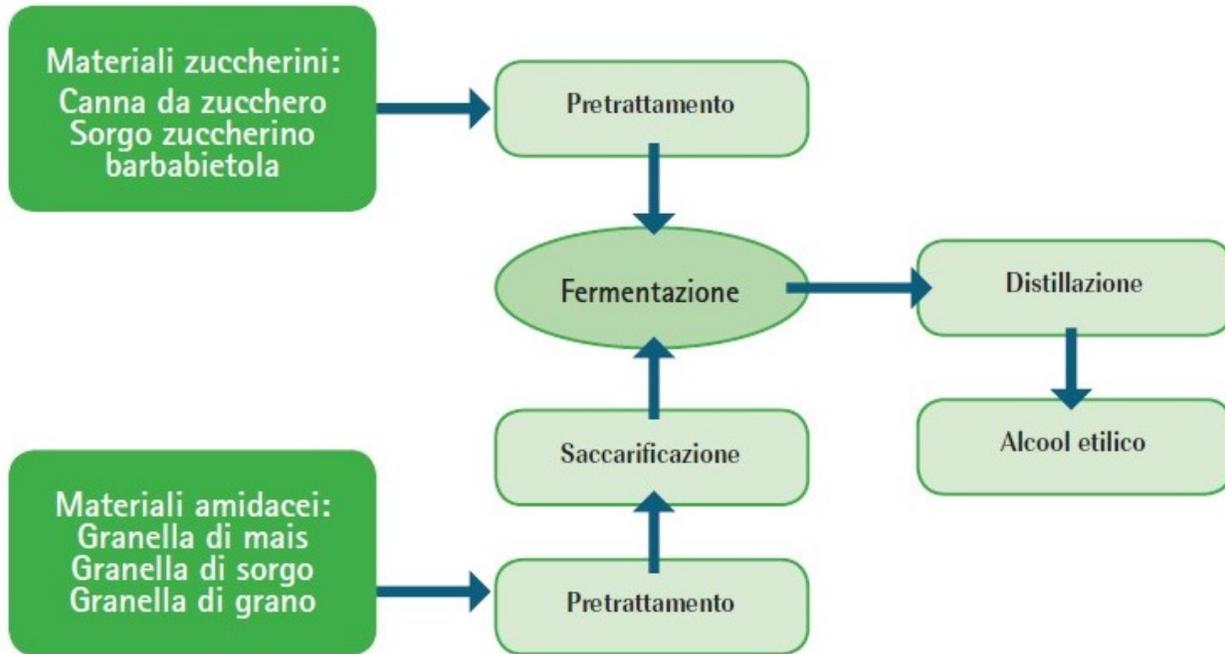
Fonte: Piccinini, 2022

BIOMETANO



- Secondo il Consorzio Italiano Biogas (CIB), grazie all'implementazione delle misure del PNRR dedicate al settore, si stima: **entro il 2026** una produzione di oltre **4 miliardi di m³ di biometano agricolo** (circa il 30% del totale forniture di gas naturale importato dalla Russia); **al 2030 circa 6,5 miliardi di m³**.
- **Potenzialmente**, CIB stima che il nostro Paese potrebbe produrre al 2030 fino a **8,5 miliardi di m³ di biometano**, pari a circa il **12% dell'attuale fabbisogno annuo di gas naturale**.

FERMENTAZIONE ALCOLICA



Fonte: Candolo, 2005

MATERIE PRIMA DA UTILIZZARE nel processo di fermentazione:

Colture dedicate alcoligene sia **saccarifere** (barbabietola da zucchero, canna da zucchero, sorgo zuccherino) o **amidacee** (frumento tenero e granoturco) nonché residui lignocellulosici.

- **BIOETANOLO**: Conosciuto anche come alcool etilico ed è ottenuto da qualsiasi materia prima contenente zuccheri o carboidrati.
- Affine alla benzina alla quale è miscelato (E10) biocombustibile liquido più diffuso nel mondo

- In Brasile la fermentazione della canna da zucchero permette di ottenere etanolo ad un costo competitivo con quello della benzina.
- Problema: costi di produzione (distillazione)

CONSIDERAZIONI FINALI

- Le agroenergie rivestono un ruolo sempre più importante nella produzione di energia da fonti rinnovabili.
- Ampia disponibilità di materia prima (substrato energetico).
- È essenziale utilizzare sempre più scarti della produzione.
- Le tecnologie disponibili sono mature.
- Tecnologie idonee e sostenibili → importanza di considerare l'intera filiera di conversione energetica (che parte dalla fase di raccolta delle biomasse di scarto).
- Gli incentivi «pilotano» il mercato delle tecnologie che si svilupperanno maggiormente nel prossimo futuro.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Alessandro Abbà
alessandro.abba@unibs.it