



Università degli Studi de L' Aquila
Dipartimento di Ingegneria Industriale e
dell'Informazione e di Economia

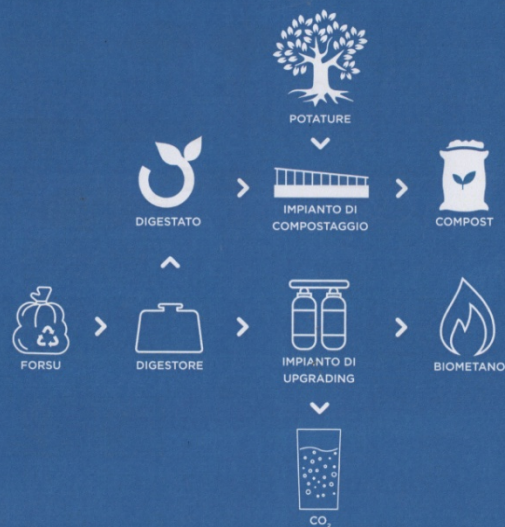
Applicazioni innovative della digestione
anaerobica

Prof. Francesco Vegliò

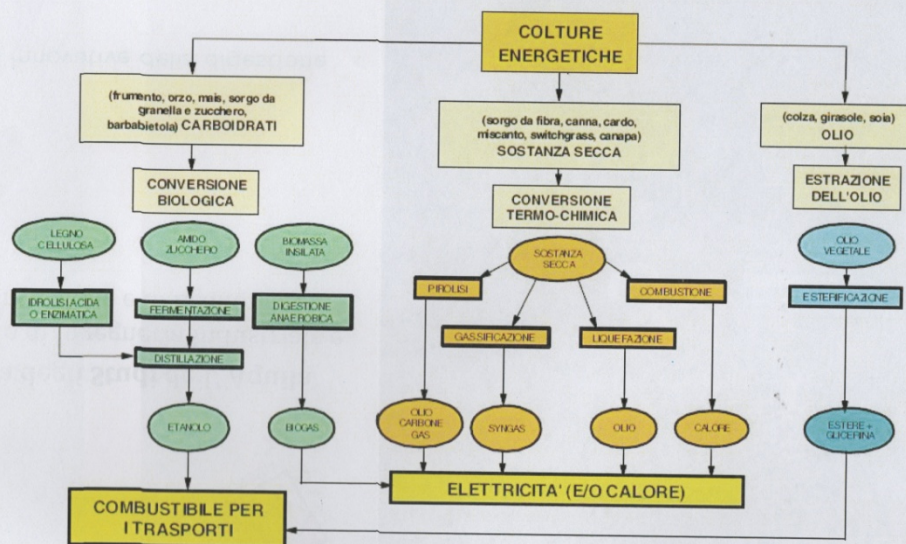


BIOMETANO

UNA RISORSA PER IL TERRITORIO



Filiere di conversione



Digestione anaerobica

DIGESTIONE ANAEROBICA: processo biologico, in assenza di ossigeno, attraverso il quale la materia organica è trasformata in un gas ricco di metano ed anidride carbonica ed un effluente risultante (digestato).

BIOGAS: miscela di CH₄ (55-80%vol), CO₂ (45-20%), H₂S, NH₃, H₂O, H₂, O₂, N₂ (ppm).
PCI = 18-25 MJ/Nm³

BATTERI

PSICROFILI: temperatura operativa 10-25°C → HRT > 30 giorni

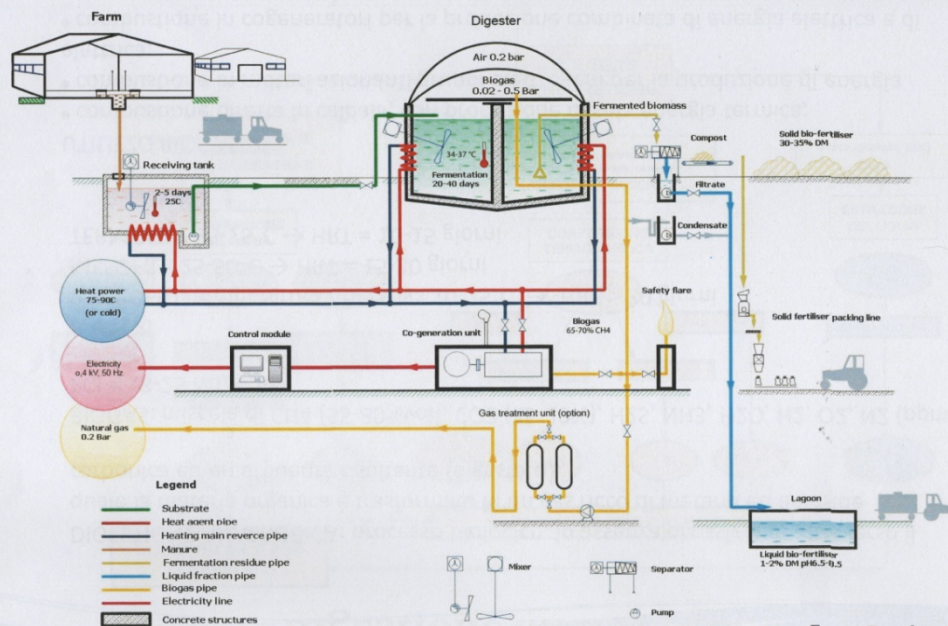
MESOFILI: 25-50°C → HRT = 15-30 giorni

TERMOFILI: 35-75°C → HRT = 10-15 giorni

UTILIZZO BIOGAS:

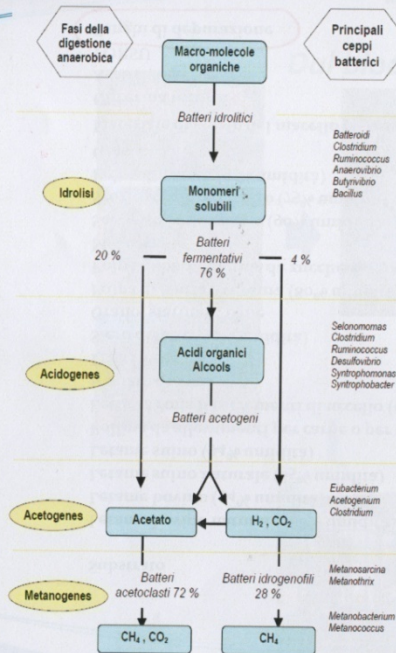
- combustione diretta in caldaia, con produzione di sola energia termica;
- combustione in motori azionanti gruppi elettrogeni per la produzione di energia elettrica;
- combustione in cogeneratori per la produzione combinata di energia elettrica e di energia termica;
- uso per autotrazione come metano al 95%min dopo upgrading.

Impianto a biogas tipico



Fonte: Zorg biogas

Fasi della digestione anaerobica



4 FASI PRINCIPALI:

- Idrolisi
- Acidogenesi
- Acetogenesi
- Metanogenesi

In base alla complessità della matrice di partenza, la digestione anaerobica produce nella fase di idrolisi ed acidogenesi acidi grassi con numero variabile di atomi di carbonio.

Produttività biomasse

Substrato

Produttività (m³/tonn)

Letame bovino naturale (88% umidità)	43
Letame bovino (94% umidità)	22
Letame suino naturale (85% umidità)	62
Letame suino (94% umidità)	25
Pollina da allevamenti per carne o per uova (75% umidità)	103
Lettiera con gli escrementi di uccello (60% umidità)	90
Insilato di mais	187
Erba fresca	185
Siero di latte (94% umidità)	36
Grano, sfarinati, pane	538
Polpa di frutta e verdura (80% umidità)	108
Polpa di barbabietola da zucchero (77% umidità)	128
Melasso	633
Scorie solide di grano (90% umidità)	50
Scorie solide del malto (75% umidità)	138
Polpa di patata (91% umidità)	32
Grassi	1300
Materiale di scarto del macello (sangue, letame non espulso, tessuti molli)	300
Glicerina tecnica	500
Avanzi di pesce	300
FORSU	400 - 600*
Fanghi di depurazione	250 - 350*

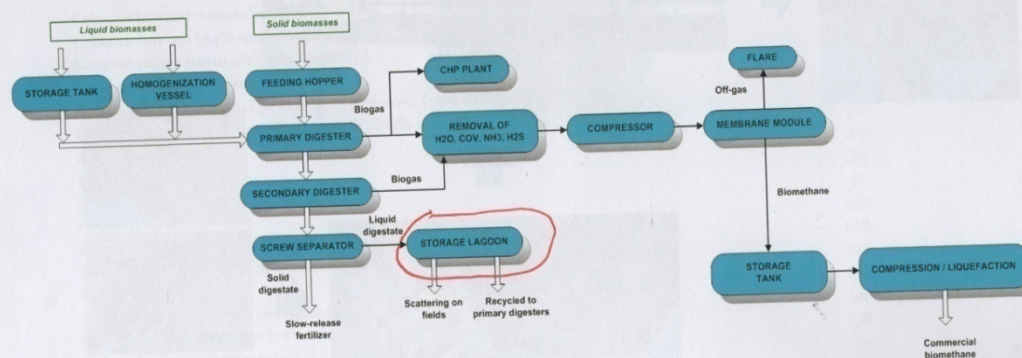
* m³/tonn SV

Impianto biometano

Dal biodigestore al serbatoio dell'auto



Schema di processo impianto biometano



Il biometano può essere immesso nella rete di distribuzione SNAM oppure stoccato ed utilizzato come carburante per autorasporto.

Gestione digestato

DIRETTIVA NITRATI: 91/676/CEE → D.Lgs. 152/1999

D.M. 7 Aprile 2006

D.Lgs. 75/2010



*Limite azoto = 170 kg/ha anno
zone vulnerabili*

Alimentazione impianto di Collarmele (AQ)

50%wt	insilato di mais
30%	scarti finocchi/carote (patate)
20%	pollina

ODM: 77%

pH: 7.6

NH₄-N: 3.35% (ODM)

Acetic acid: 2267 mg/kg

Propionic acid: 720 mg/kg

Isobutyric acid: 154 mg/kg

Butyric acid: <50 mg/kg

Isovaleric acid: 169 mg/kg

Valeric acid: <50 mg/kg

ODM: 73.7%

pH: 7.5

NH₄-N: 3.65% (ODM)

Acetic acid: 446 mg/kg

Propionic acid: 216mg/kg

Isobutyric acid: <50 mg/kg

Butyric acid: <50 mg/kg

Isovaleric acid: <50 mg/kg

Valeric acid: <50 mg/kg

Il processo di digestione anaerobico non riduce granchè il contenuto di azoto nel digestato, ma varia comunque la composizione delle forme azotate presenti nelle matrici di partenza.

Trattamenti digestato

ASPETTI DA CONSIDERARE

1. Proprietà fertilizzanti;
2. Impatto odorigeno;
3. Aspetti igienico-sanitari;
4. Protezione dell'ambiente.

SEPARAZIONE:

1. Filtro-pressa
2. Centrifuga
3. Separatore a vite

Digestato liquido

Digestato solido

FERTILIZZANTE MINERALE AZOTATO

1. Fertirrigazione
2. Trattamento e recupero acqua

AMMENDANTE

1. Compostaggio
2. Spandimento diretto

TRATTAMENTO IMPIANTO ACQUE REFLUE

1. Separazione solido-liquido.
2. Rimozione azoto e fosforo.
3. Sanitizzazione.

Gestione digestato

DIRETTIVA NITRATI: 91/676/CEE → D.Lgs. 152/1999

D.M. 7 Aprile 2006

D.Lgs. 75/2010



*Limite azoto = 170 kg/ha anno
zone vulnerabili*

Alimentazione impianto di Collarmele (AQ)

50%wt	insilato di mais
30%	scarti finocchi/carote (patate)
20%	pollina

ODM: 77%

pH: 7.6

NH₄-N: 3.35% (ODM)

Acetic acid: 2267 mg/kg

Propionic acid: 720 mg/kg

Isobutyric acid: 154 mg/kg

Butyric acid: <50 mg/kg

Isovaleric acid: 169 mg/kg

Valeric acid: <50 mg/kg

ODM: 73.7%

pH: 7.5

NH₄-N: 3.65% (ODM)

Acetic acid: 446 mg/kg

Propionic acid: 216mg/kg

Isobutyric acid: <50 mg/kg

Butyric acid: <50 mg/kg

Isovaleric acid: <50 mg/kg

Valeric acid: <50 mg/kg

Il processo di digestione anaerobico non riduce granchè il contenuto di azoto nel digestato, ma varia comunque la composizione delle forme azotate presenti nelle matrici di partenza.

Compostaggio

COMPOSTAGGIO

Processo aerobico di decomposizione biologica della sostanza organica che permette di ottenere un prodotto biologicamente stabile.

FASE DI
BIOSSIDAZIONE

FASE DI
MATURAZIONE

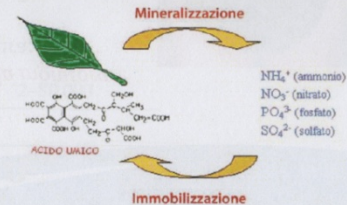
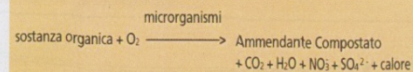
COMPOST

Risultato della decomposizione e dell'umidificazione della sostanza organica per effetto della flora microbica naturalmente presente nell'ambiente.

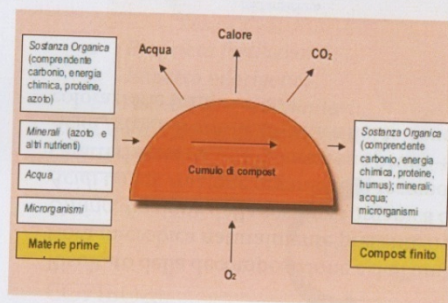
Uming, frazione della sostanza organica del terreno o dell'humus insolubile in alcali (pH = 9);

Acidi umici, frazione organica del terreno solubile in alcali (pH = 9) e insolubile in acidi (pH = 1), caratterizzata da una colorazione bruno-scura;

Acidi fulvici, frazione organica del terreno solubile in alcali (pH = 9) e in acidi (pH = 1), con colorazione bruno-chiara.



Compostaggio



Parametri da monitorare

- Temperatura;
- Ossigeno;
- pH;
- Porosità;
- Umidità;
- Rapporto C/N.



Prezzo ammendanti compostati:

1. Sfuso per mercato locale: 5-15 €/tonn.
2. Pellettizzato, imbustato: 30-40 €/tonn.

Decreto Legislativo 217 del 29 aprile 2006

NORMA DI RIFERIMENTO	STATO NORMATIVO	OSSERVAZIONI
Decreto Legislativo 152/06 noto anche come Testo Unico in materia Ambientale	In vigore ma modificato dal D. Lgs. 4/08	Interessa per diversi aspetti il settore degli ammendanti e del compost ed in particolare coordina la legislazione ambientale per quanto riguarda le procedure per le autorizzazioni ambientali integrate (IPPC), la difesa del suolo e la lotta alla desertificazione, la tutela delle acque e la gestione delle risorse idriche e la gestione dei rifiuti
Decreto Legislativo 4/08 noto anche come "Correttivo"	In vigore	Riporta ulteriori disposizioni correttive ed integrative al Testo Unico Ambientale. In particolare, all'art. 183, comma 1, lettera u), viene definita la nozione di compost di qualità come "prodotto, ottenuto dal compostaggio di rifiuti organici raccolti separatamente, che rispetti i requisiti e le caratteristiche stabilite dall'allegato 2 del Decreto Legislativo n. 217 del 2006 e successive modifiche e integrazioni"



Acque di vegetazione

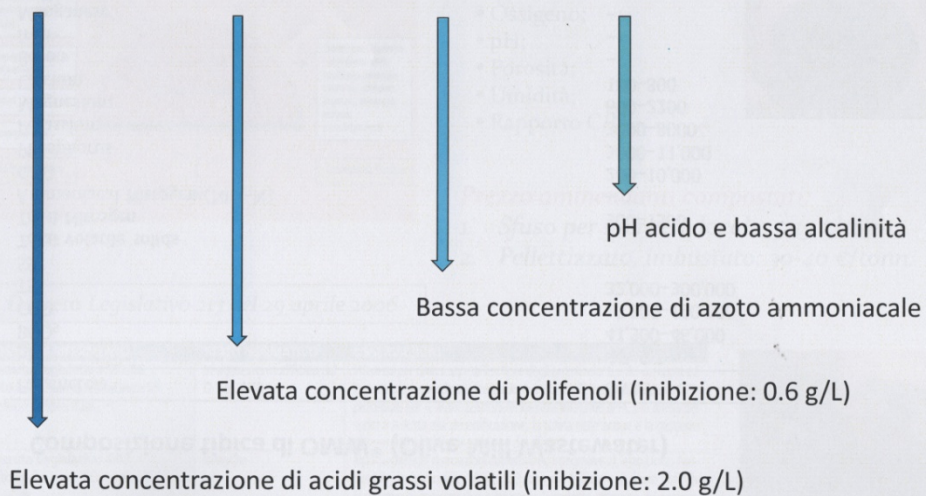
Composizione tipica di OMW* (Olive Mill Wastewater)

Parameters ^a	OMW
pH	4.7–5.7
BOD ₅	41,300–46,000
COD	16,500–190,000
TS	32,000–300,000
SS	–
Total volatile solids	–
Total Nitrogen	300–1500
Ammoniacal Nitrogen (NH ₃ -N)	–
O&G	200–10,000
Phosphorus	3000–11,000
Potassium	3000–8000
Magnesium	600–2200
Calcium	100–800
Boron	–
Iron	–
Manganese	–
Copper	–
Zinc	–
Phenol Content (g/100 g)	2–80,000

* Lee et al., 2019.

Problematiche acque di vegetazione

Utilizzo come substrato unico in impianti biogas:



<https://olivoeolio.edagricole.it/ricerca-scientifica/biogas-opportunita-settore-oleario/>

Alcuni risultati sperimentali

Miscela: 80% vol. liquame bovino + 20% acque vegetazione

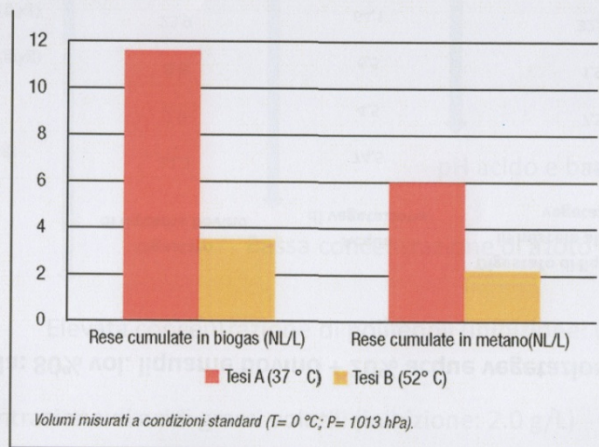
Parametri	Digestato di liquame bovino	Acque di vegetazione	Digestato di liquame bovino in miscela alle acque di vegetazione
Sostanza secca (g/kg)	32,3	74,5	41
pH	7,9	4,5	7,5
Acidi grassi volatili (g/kg)	0,6	6,5	1,9
Solidi volatili totali (g/kg)	23,9	64,1	32,1
Polifenoli (g/kg)	0	2,8	0,6

Alcuni risultati sperimentali

Tempo: 25 giorni

Caso A: mesofilia (37°C)

Caso B: termofilia (52°C)



Residui aziende vitivinicole

Materiali testati: fanghi primari e secondari di depurazione di una cantina, mosto, vinacce e raspi

Tempo di permanenza: 16 giorni.

Temperatura: 37°C (condizioni mesofile)

Substrato	Produttività (m ³ /t)	
	Biogas	Biometano
Vinacce	61	45
Raspi	44	< 10
Fanghi primari	< 10	< 10
Fanghi secondari	< 10	< 10
Mosto	109	79

L'impiego dei fanghi è possibile, ma meglio se in co-digestione, in quanto il materiale risulta essere piuttosto povero in termini di volume di biogas generato per unità di peso.

Utilizzo in impianti biogas

Conclusioni:

- Attualmente l'utilizzo di AV e fanghi in impianti industriali per biogas e biometano è molto limitato in Italia;
- E' possibile utilizzare le AV ed i fanghi vitivinicoli in impianti a biogas: l'unico vincolo è la percentuale con cui possono essere miscelati con altri rifiuti organici quali FORSU, scarti vegetali oppure liquami vari;
- La quantità totale di AV e fanghi che si può utilizzare in un impianto a biogas dipende quindi dalla capacità dell'impianto stesso, in quanto non si possono superare determinate concentrazioni di composti (polifenoli e acid grassi) che altrimenti avrebbero un effetto inibitore sulle popolazioni di microrganismi anaerobici;
- Occorre quindi stabilire il corretto mix di materiali organici in ingresso ai biodigestori in maniera tale da evitare l'inibizione e massimizzare la produttività di biogas.

Attività di ricerca possibili

Collaborazione UNIVAQ – Make Energy

- Studio degli eventuali pre-trattamenti necessari per rendere le AV ed i fanghi degradabili in condizioni anaerobiche;
- Determinazione potenziale biogas di AV e fanghi cantine in miscela con scarti agricoli, FORSU e liquami;
- Determinazione del contenuto di metano nel biogas;
- Analisi del digestato in uscita dal fermentatore anaerobico;
- Quantificazione del materiale disponibile nelle zone limitrofe a Loreto;
- Analisi di processo per codigestione anaerobica FORSU-AV-fanghi cantine.



Grazie per la gentile attenzione

Prof. Francesco Vegliò
DIIIE – Facoltà di Ingegneria, UNIVAQ
Tel.: +39 0862 434223
E-mail: francesco.veglìo@univaq.it