



CONVEGNO

## Mitigazione del cambiamento climatico: il contributo di agricoltura e foreste

6 – 7 OTTOBRE 2022

Aranciera dell'Orto Botanico – Largo Cristina di Svezia 24 – Roma e piattaforma GoToWebinar®

SESSIONE 3

Gestione e valorizzazione di scarti, sottoprodotti e reflui per mitigare le emissioni di climalteranti

## LA VALORIZZAZIONE DELLE FRAZIONI ORGANICHE DI RIFIUTI

### Francesco Lombardi

Professore Ordinario di Ingegneria Sanitaria Ambientale

☎ 39 (06) 72.59.7023

✉ [lombardi@ing.uniroma2.it](mailto:lombardi@ing.uniroma2.it)

🌐 <https://web.uniroma2.it>



## Che cosa sono i **rifiuti organici**?

Art. 183, co. 1, lett. d) del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

**rifiuti biodegradabili** di giardini e parchi, rifiuti alimentari e di cucina prodotti da nuclei domestici, ristoranti all'ingrosso, mense, servizi di ristorazione e punti vendita al dettaglio e rifiuti equiparabili prodotti dagli impianti di trattamento alimentare.

Art. 182 ter, co. 6, del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

**rifiuti anche di imballaggi, aventi analoghe proprietà di biodegradabilità e compostabilità** rispetto ai rifiuti organici sono raccolti e riciclati assieme a questi ultimi, laddove:

- a) siano **certificati conformi**, da organismi accreditati, allo **standard europeo EN 13432** per gli imballaggi recuperabili mediante compostaggio e biodegradazione, o allo **standard europeo EN14995** per gli altri manufatti diversi dagli imballaggi;
- b) siano **opportunamente etichettati** e riportino, oltre alla menzione della conformità ai predetti standard europei, elementi identificativi del produttore e del certificatore nonché idonee istruzioni per i consumatori di conferimento di tali rifiuti nel circuito di raccolta differenziata e riciclo dei rifiuti organici;
- c) entro il 31 dicembre 2023 siano tracciati in maniera tale da poter essere distinti e separati dalle plastiche convenzionali nei comuni impianti di selezione dei rifiuti e negli impianti di riciclo organico.

Quindi è quel rifiuto costituito principalmente da **carbonio organico** che per natura subisce processi di **biodegradazione** (aerobica o anaerobica) **ad opera di microrganismi**: ad esempio, rifiuti di alimenti, rifiuti dei giardini, rifiuti di carta e cartone, ecc).

In natura la sostanza organica può essere decomposta da microrganismi fino ad ottenere **acqua, anidride carbonica, eventualmente metano, sali minerali e humus**.

Con i **processi di trattamento** della sostanza organica, l'obiettivo da perseguire è quello di **far avvenire in tempi più rapidi** quello che **può avvenire in natura** ottenendo come prodotto finale un materiale idoneo al recupero, oltre ad un eventuale recupero di energia (valorizzazione).



## I NUMERI DEI RIFIUTI (in Mg)

**181,6** MILIONI

**154** MILIONI (2019)

**27,6** MILIONI (2019)

**6,3** MILIONI

rifiuti annualmente gestiti

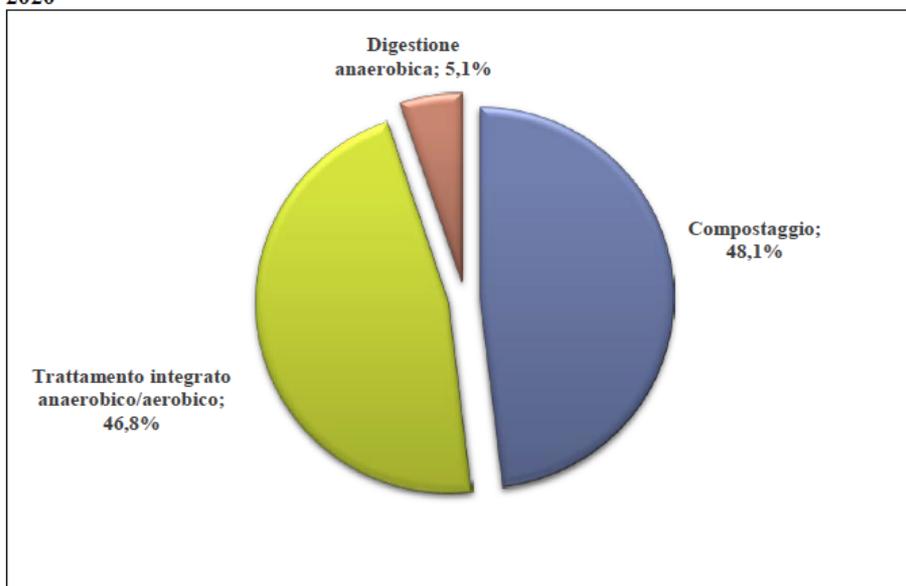
rifiuti speciali (comprensivi dei rifiuti da trattamento RU)

rifiuti urbani (RU)

rifiuti urbani avviati a compostaggio e digestione anaerobica (2019):

18% EU 27 – 23% Italia

Figura 3.2.5 – Trattamento biologico della frazione organica da raccolta differenziata, anno 2020



Fonte: ISPRA

L'intero sistema è costituito da **359 unità Operative (2020)**, con una quantità autorizzata complessiva pari a circa **10,8 milioni di tonnellate** e, in particolare:

- **293 (281 nel 2019)** impianti dedicati al solo trattamento aerobico (compostaggio);
- **43 (41 nel 2019)** impianti di trattamento integrato anaerobico/aerobico;
- **23** impianti di digestione anaerobica (invariato rispetto al 2019).

Indicazioni per la corretta gestione dei rifiuti biodegradabili della EU Commission: (*Biodegradable waste - Environment* - <http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/index.htm>. 2018)

- evitare le emissioni di gas serra
- **produrre compost** di buona qualità e **bio-gas** che contribuiscano **contestualmente**:
  - ✓ al miglioramento della qualità dei suoli
  - ✓ all'efficientamento delle risorse naturali
  - ✓ all'alto livello di autosufficienza energetica

*LIBRO VERDE "La gestione dei rifiuti organici biodegradabili nell'Unione europea" (EU COMMISSIONE. COMMISSIONE DELLE COMUNITÀ EUROPEE – COM 2008 811)*

**Non esiste un'unica opzione migliore** dal punto di vista ambientale per la gestione dei rifiuti organici biodegradabili

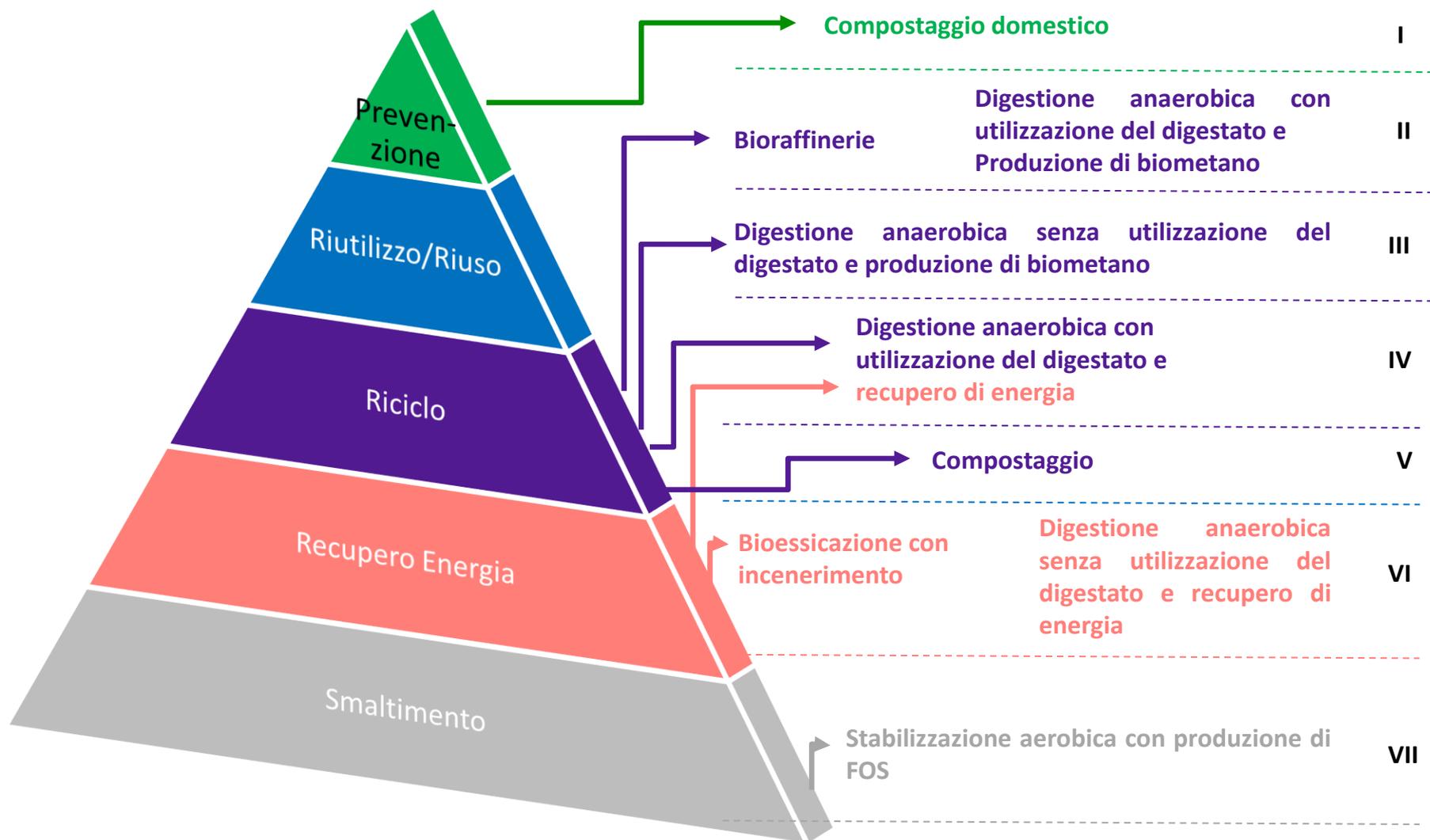
Occorre definire delle strategie per la gestione dei rifiuti di portata adeguata, sulla base di un approccio strutturato e completo come quello basato sulla **nozione del ciclo di vita** e la relativa valutazione del ciclo di vita, per non tralasciare aspetti importanti ed evitare distorsioni

Nel rispetto della **gerarchia di gestione dei rifiuti**, devono essere adottate le misure volte a **incoraggiare le opzioni che garantiscono il miglior risultato complessivo**, tenendo conto degli impatti sanitari, sociali ed economici, ivi compresa la **fattibilità tecnica** e la **praticabilità economica** (art. 179 del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii)



## Principio gerarchico dei rifiuti





La scelta tecnologica dipende essenzialmente dalle caratteristiche delle frazioni organiche che dovranno essere trattate, dalle quantità e dalla localizzazione dei sistemi di recupero rispetto ai prodotti di riciclo (compost, digestato, biometano)

## CARATTERISTICHE DELLE FRAZIONI ORGANICHE

Qualità del rifiuto ( es cassonetto stradale, raccolta condominiale, porta a porta, ecc.)



Eventuale necessità di codigerire rifiuti liquidi (impianti depurazione acque, agroindustriale, zootecnia, ecc)



Prodotti del trattamento della sostanza organica:

*Compostaggio*      *Digestione anaerobica*      *Biostabilizzazione*

Principali prodotti del trattamento:

Art. 183, co. 1, del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

“*Compost*”: prodotto prodotto ottenuto dal compostaggio, o da processi integrati di digestione anaerobica e compostaggio, dei rifiuti organici raccolti separatamente, di altri materiali organici non qualificati come rifiuti, di sottoprodotti e altri rifiuti a matrice organica che rispetti i requisiti e le caratteristiche stabilite dalla vigente normativa in tema di fertilizzanti e di compostaggio sul luogo di produzione.

“*Digestato da rifiuti* ”: prodotto ottenuto dalla digestione anaerobica di rifiuti organici raccolti separatamente che rispetti i requisiti contenuti in norme tecniche da emanarsi ...

“*Rifiuto biostabilizzato*”: rifiuto ottenuto dal trattamento biologico aerobico o anaerobico dei rifiuti indifferenziati nel rispetto di apposite norme tecniche ...



Il **compostaggio** consiste in un trattamento di **degradazione aerobica** della sostanza organica operato su **matrici organiche selezionate** (da RD) non contaminate all'origine da sostanze pericolose (es.: metalli, idrocarburi, ecc.).



## Rifiuti organici

Raccolta differenziata dell'umido



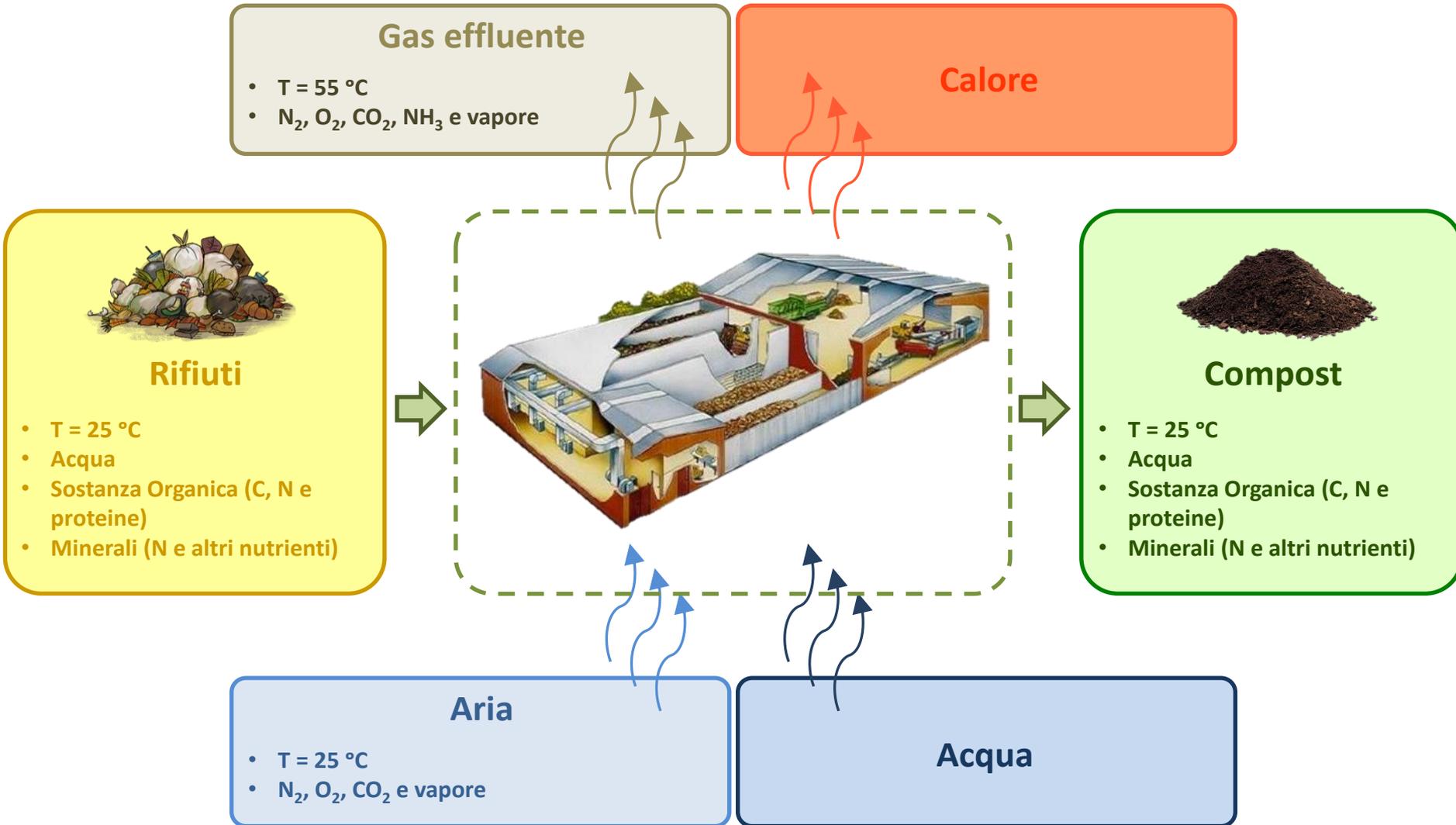
## Rifiuti organici

Raccolta selezionata da utenze commerciali, mense e mercati ortofrutticoli



## Rifiuti Verdi

Manutenzione del verde ornamentale cittadino e floro-vivaismo



Le condizioni che influenzano il processo di compostaggio sono da ricondurre ai fattori che agiscono sull'attività microbica di biodegradazione della sostanza organica:

- Concentrazione di **ossigeno** e areazione
- Proprietà fisico-meccaniche del substrato
- **Umidità** del substrato
- Valore del **pH**
- **Temperatura** del substrato
- Concentrazione e rapporto dei **nutrienti** nel substrato



	Fase di biossidazione	Fase di maturazione
<b>Tipologia di sostanza organica degradata</b>	Molecole semplici, prontamente biodegradabili e fermentescibili, quali zuccheri, acidi organici, aminoacidi ecc.	Molecole organiche più complesse, sostanze recalcitranti rimaste nella matrice, quali lignina, amido e cellulosa.
<b>Tipo di microrganismi coinvolti</b>	Microrganismi principalmente termofili (batteri, funghi...)	Microrganismi prevalentemente mesofili e psicrofili (batteri, funghi, attinomiceti, eumiceti...)
<b>Effetti della degradazione</b>	Produzione di H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , intermedi fitotossici ed elevata produzione di sostanze odorigene (acidi grassi volatili, composti solforati ecc.)	Produzione di H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> in quantità limitata
<b>Temperatura</b>	Molto elevata, oltre i 60°C.	Si abbassa (40-45°C) fino a temperatura ambiente.
<b>Prodotto finale</b>	<i>Compost fresco</i>	<i>Compost maturo</i>



## In cumulo:



## Principali materiali utilizzabili per il compostaggio

### VERDI

Scarti freschi dell'orto

Sfalcio d'erba

Paglia di legumi

Scarti di cucina

### MARRONI

Foglie secche

Paglia

Segatura

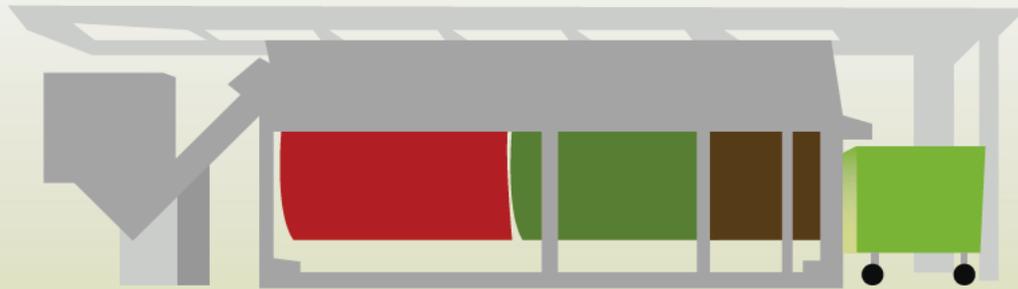
Carta e cartone

## In composter:



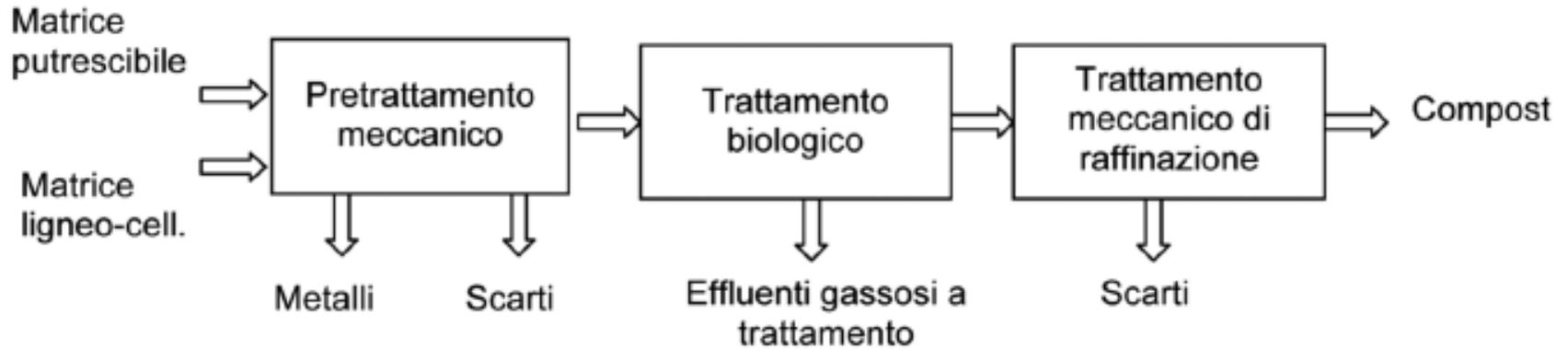
I materiali lignei e quelli caratterizzati da una pezzatura elevata dovranno subire una triturazione prima di poter essere compostati

100% ORGANICO = 20% COMPOST



fase termofila	fase mesofila	fase maturazione
temperatura 55-65 c°	temperatura 25-40c°	temperatura 20 c°





## Area di scarico



## Vaglio rotante



## Benne a polipo



## Trituratore/Rompisacchi



## Bio-ossidazione

### Compostaggio in cumulo

- Cumulo statico
- Cumulo con solo rivoltamento meccanico
- Cumulo con sola aerazione forzata (platee areate)
- Cumulo con rivoltamento meccanico ed aerazione forzata (platee aerate e rivoltamento meccanico)

Soluzione adottata di norma per **sistemi aperti**

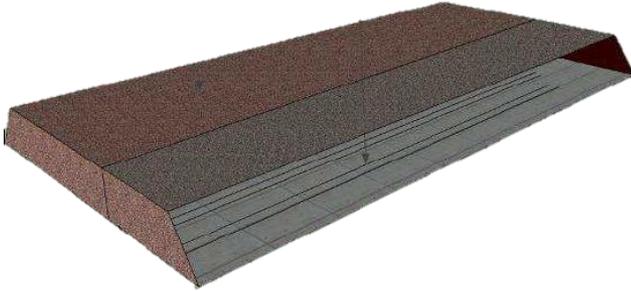
Soluzione adottata di norma per **sistemi chiusi**

### Compostaggio in bio-reattore

- Bio-reattori verticali
- Bio-reattori orizzontali
  - A corsie
  - A bacino
  - A celle (bio-celle)
  - A tunnel (bio-tunnel)
  - A cilindro rotante
  - A container



## Platea aerata – cumulo tavolare insufflato

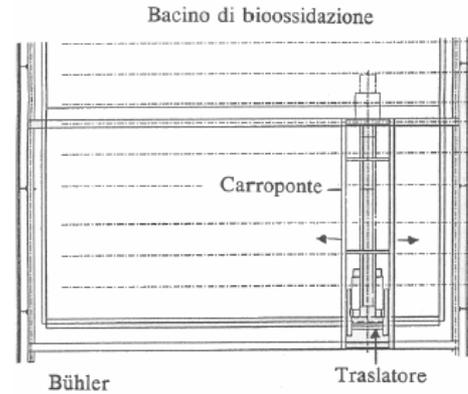
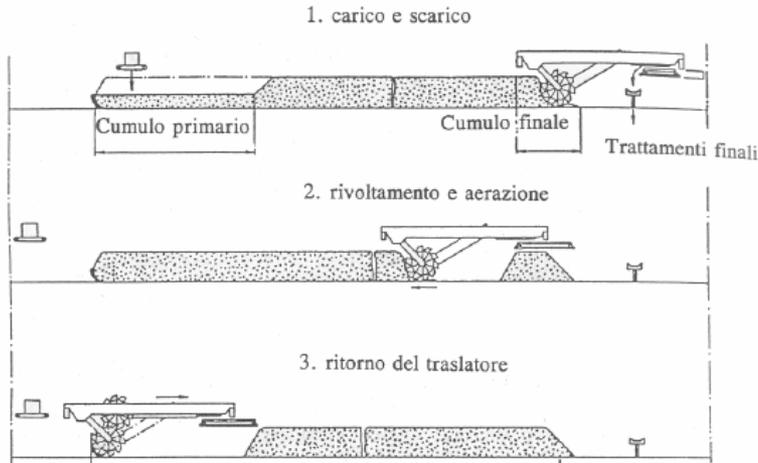


### Vantaggi:

- Spese inferiori rispetto ai bioreattori (tecnologie e parco mezzi)
- Ambiente chiuso con la possibilità di convogliare l'aria esausta da trattamento

### Svantaggi:

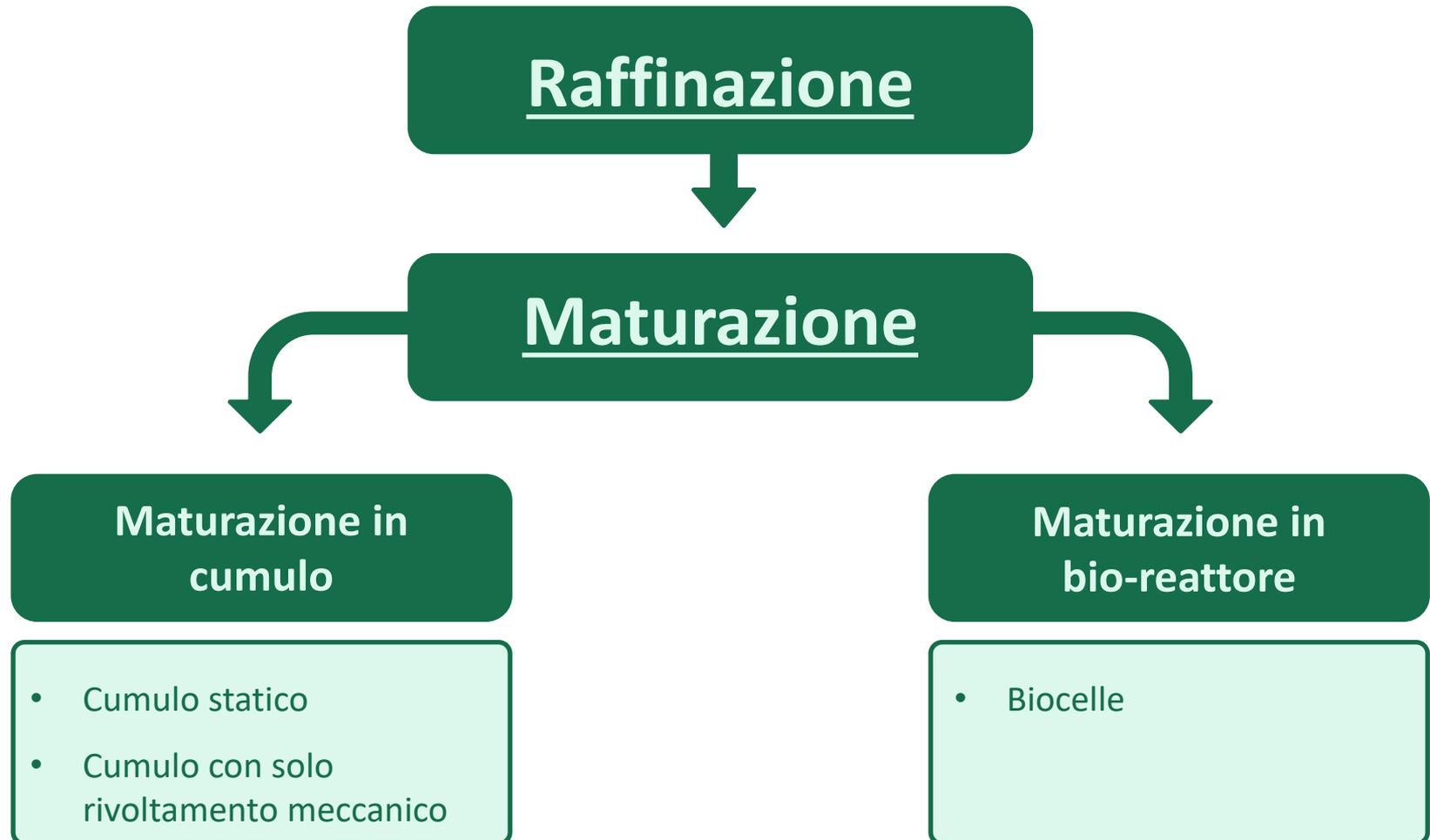
- Mancanza di rivoltamenti e formazione di corsie preferenziali
- Difficoltà a raggiungere tutto il materiale durante le operazioni di bagnatura
- Necessario l'intervento dell'operatore per il monitoraggio della temperatura (T) e della CO<sub>2</sub>



## STABILIZZAZIONE AEROBICA (frazione umida)



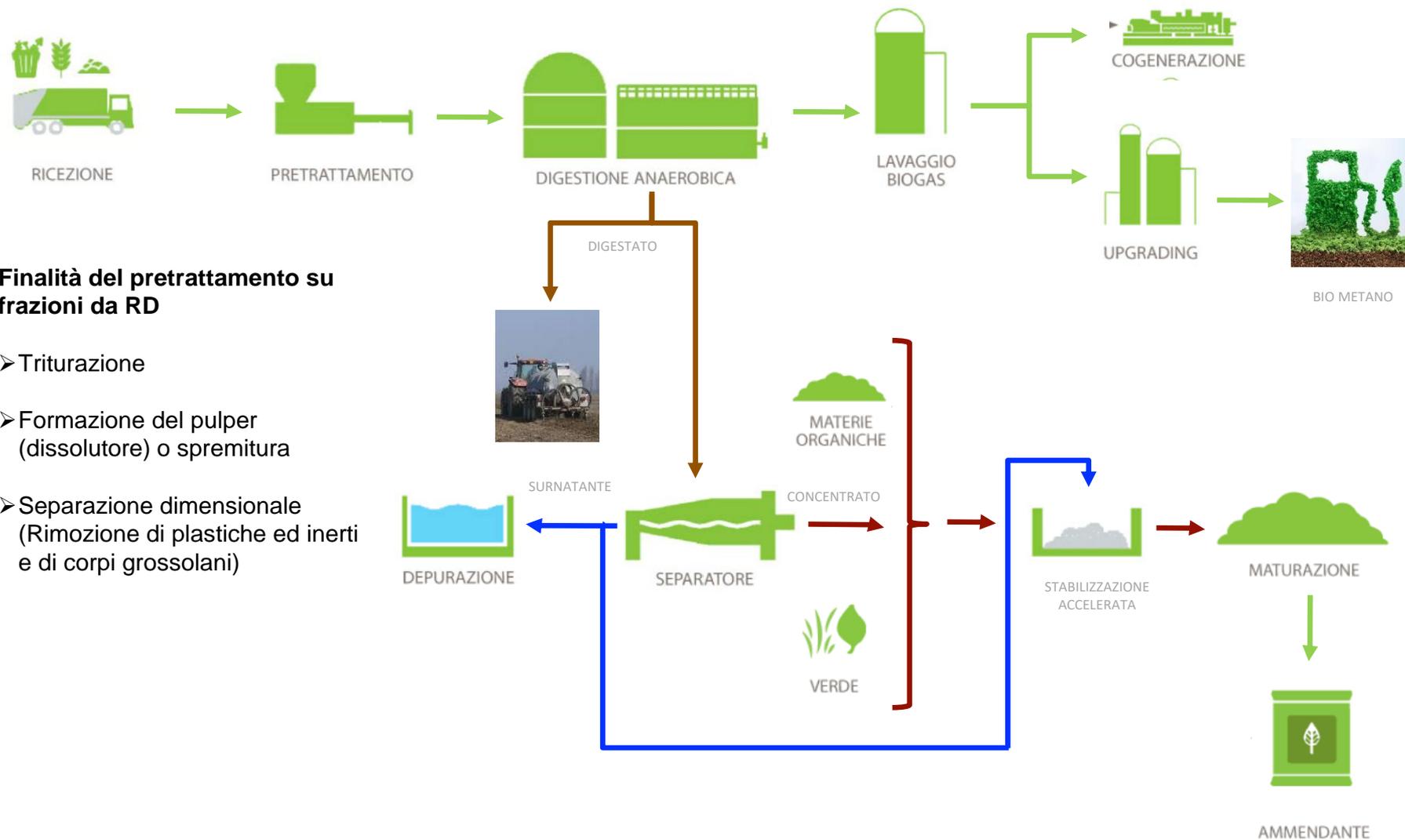




Un impianto di compostaggio può ***interagire con l'ambiente*** (acqua, suolo, aria, impatto sul territorio) attraverso i seguenti punti di contatto:

- Generazione di ***percolati***
- Generazione di ***emissioni odorigene***
- ***Flussi solidi di scarto*** dai pretrattamenti e dalla raffinazione
- Potenziale rischio biologico in caso di ***trattamento incompleto***
- Viabilità





## Finalità del pretrattamento su frazioni da RD

- Triturazione
- Formazione del pulper (dissolutore) o spremitura
- Separazione dimensionale (Rimozione di plastiche ed inerti e di corpi grossolani)

## CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI DI DIGESTIONE ANAEROBICA

### Contenuto di sostanza secca nel digestore (TS) :

- Processi a umido (TS = 5–10%),
- Processi a semi secco (TS = 10–20%),
- Processi a secco (TS > 20%).

### Fasi biologiche:

- Sistemi monostadio: tutte le fasi (acidogena e metanigena) avvengono in un solo digestore.
- Multi stadio : fase idrolitica e acidogena sono condotte in digestori separati (con o senza ritenzione biomassa)

### Sistema di alimentazione:

- Continuo
- Con/senza
- Plug flow
- Discontinuo

### Ritenzione della biomassa:

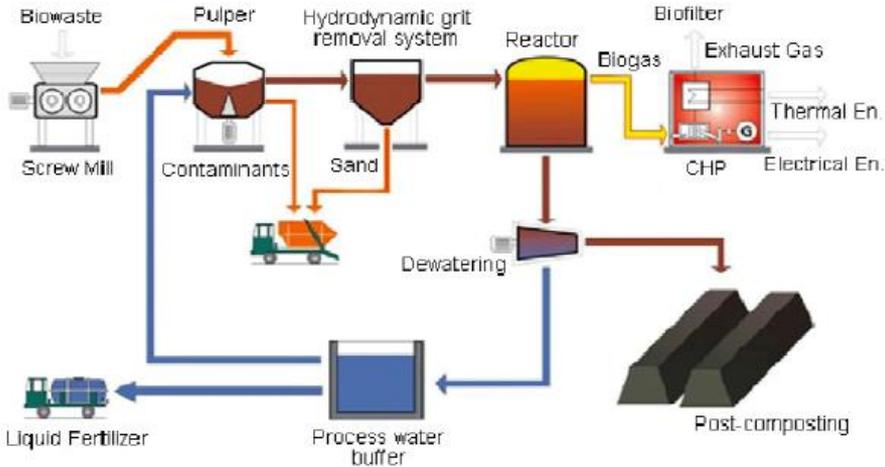
con/senza

### Temperature di processo:

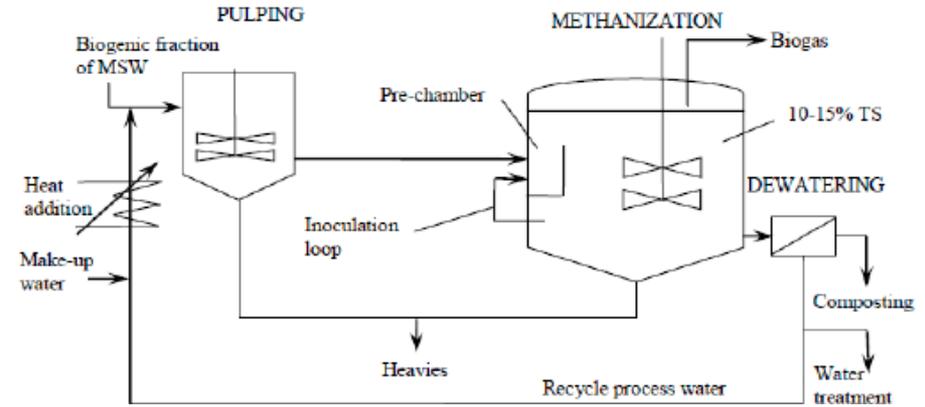
- 20°C
- 35–37°C
- 55°C



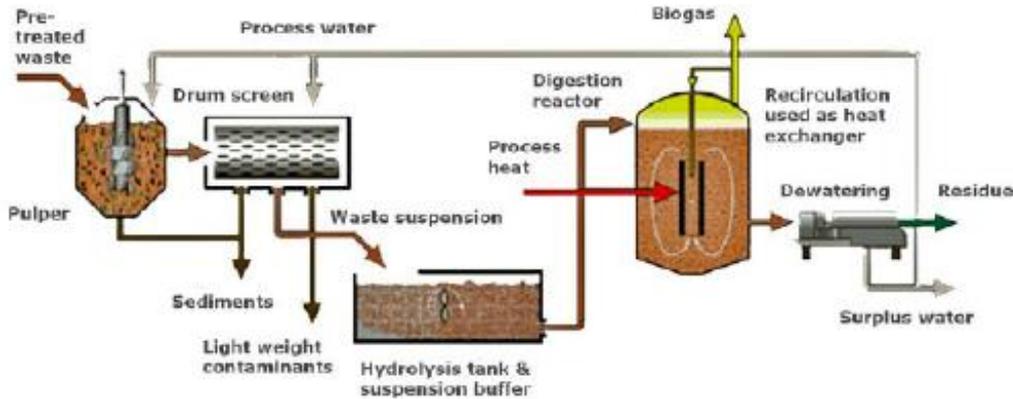
## PROCESSI DI TIPO WET



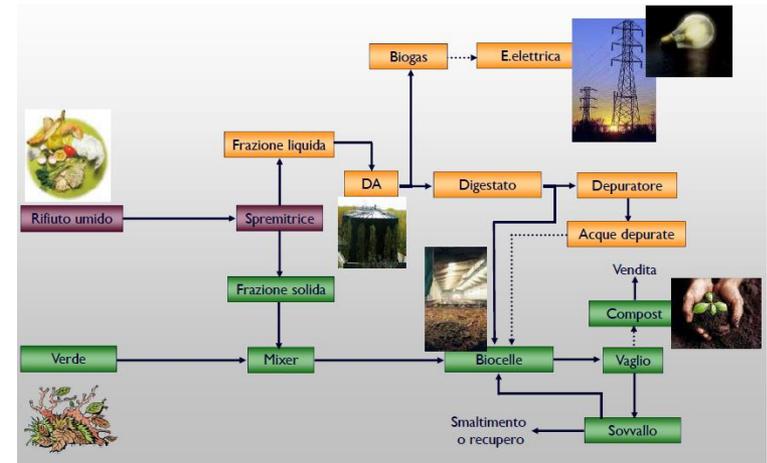
Schema del processo BTA



Schema di processo Waasa monostadio

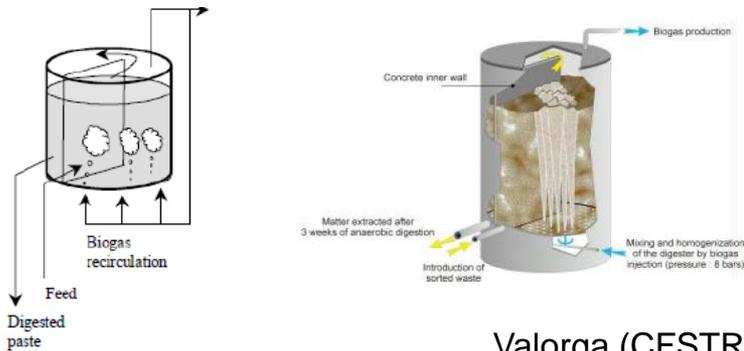


Schema di processo Linde a umido



Bioman SpA Maniago

## PROCESSI DI TIPO DRY

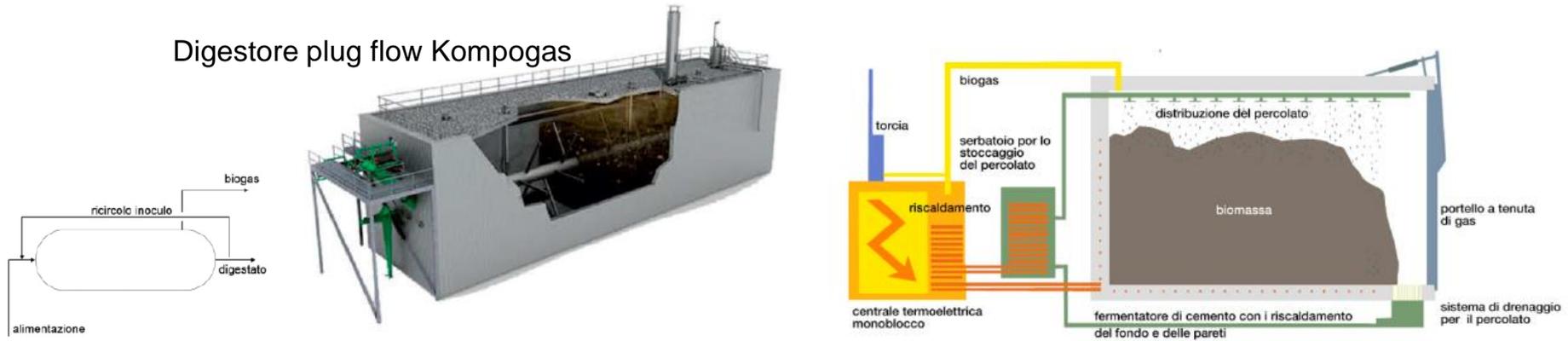


Valorga (CFSTR)

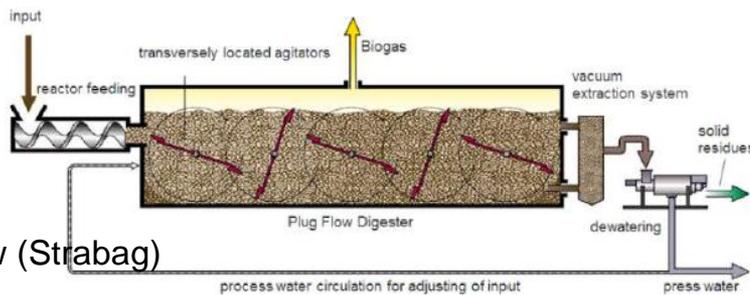
Parametro di processo	Intervallo
Solidi nel rifiuto trattato, %TS	25-40
Carico organico, kgVS/m <sup>3</sup> d	8-10
Tempo di ritenzione idraulica, d	25-30
<b>Rese di processo</b>	
Produzione biogas, m <sup>3</sup> /t rifiuto	90-150
Produzione specifica di biogas, m <sup>3</sup> /kg VS	0.2-0.3
Velocità di produzione biogas, m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> d	2-3
Contenuto di metano, %CH <sub>4</sub>	50-60
Riduzione della sostanza volatile, %	50-70

APAT – Manuali e Linee guida 13/2005

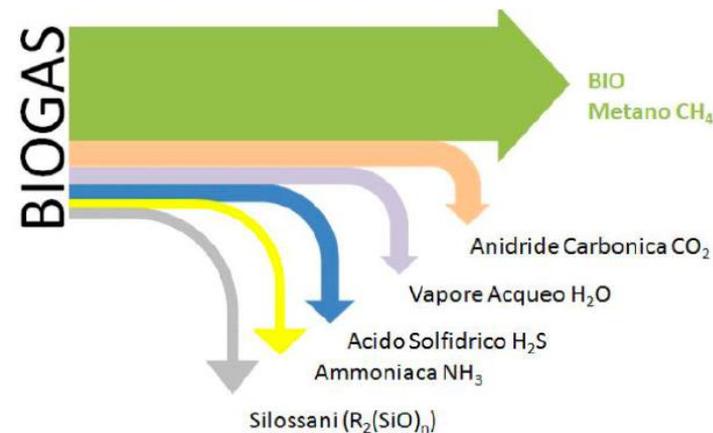
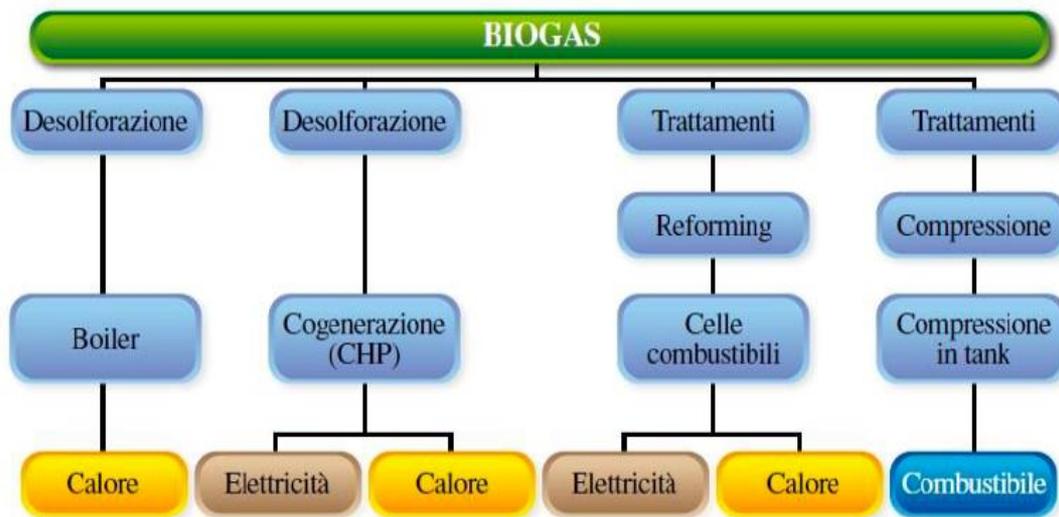
Digestore plug flow Kompogas



Digestore batch Bekon



Laran plug flow (Strabag)



Metano (CH <sub>4</sub> )	50-75%
Anidride carbonica (CO <sub>2</sub> )	25-45%
Idrogeno (H <sub>2</sub> )	1-10%
Azoto (N <sub>2</sub> )	0,5-3,0%
Monossido di carbonio (CO)	0,1%
Idrogeno solforato (H <sub>2</sub> S)	0,02-0,2%
Acqua (H <sub>2</sub> O)	saturazione
Potere Calorifico Inferiore (P.C.I.)	18,8 -21,6 MJ/Nm <sup>3</sup>

Questa tipologia di impianti interagisce con l'ambiente (acqua, suolo, aria, impatto sul territorio) attraverso i seguenti punti di contatto:

- Polveri
- Generazione di percolati;
- Generazione di biogas;
- Generazione di emissioni odorigene;
- Rumore;
- Flussi solidi di scarto dai pretrattamenti e dal digestore;
- Potenziale rischio biologico associato al digestato;
- Gestione di eventuali reflui liquidi
- Viabilità.



I sistemi più largamente adottati per abbattere le emissioni odorigene sono:

**Biofiltri** ⇒ sono letti costituiti da materiali di origine organica che favoriscono la biodegradazione delle sostanze odorose

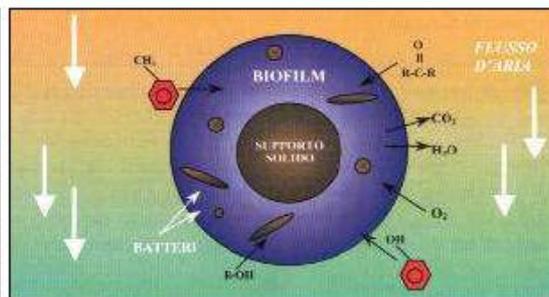
**Scrubber** ⇒ sono costituiti da una struttura di lavaggio, dotata di corpi di riempimento  
Agenti ossidanti o riducenti (es.  $H_2O_2$ )  
Acidi ( $H_2SO_4$ ) o Basi ( $NaOH$ )  
Agenti assorbenti (tensioattivi)

attraverso la quale viene fatto passare l'effluente gassoso (solitamente in controcorrente)

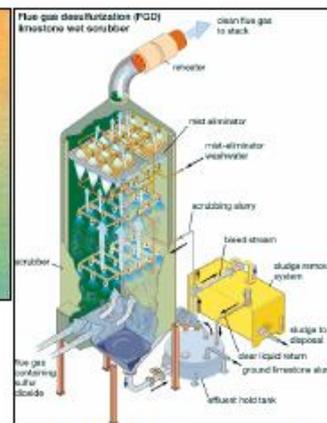
**Combustori** (termici o catalitici) ⇒ le sostanze odorose vengono ossidate termicamente in ambiente ricco di  $O_2$



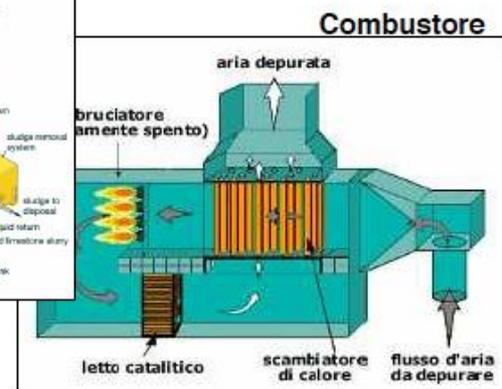
Cippato di legno



Principio di funzionamento del biofiltro



Scrubber





CONVEGNO

## Mitigazione del cambiamento climatico: il contributo di agricoltura e foreste

6 – 7 OTTOBRE 2022

Aranciera dell'Orto Botanico – Largo Cristina di Svezia 24 – Roma e piattaforma GoToWebinar®

SESSIONE 3

Gestione e valorizzazione di scarti, sottoprodotti e reflui per mitigare le emissioni di climalteranti

## LA VALORIZZAZIONE DELLE FRAZIONI ORGANICHE DI RIFIUTI

### Francesco Lombardi

Professore Ordinario di Ingegneria Sanitaria Ambientale

☎ 39 (06) 72.59.7023

✉ [lombardi@ing.uniroma2.it](mailto:lombardi@ing.uniroma2.it)

🌐 <https://web.uniroma2.it>

Grazie  
per  
l'attenzione

