



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

🌐 <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

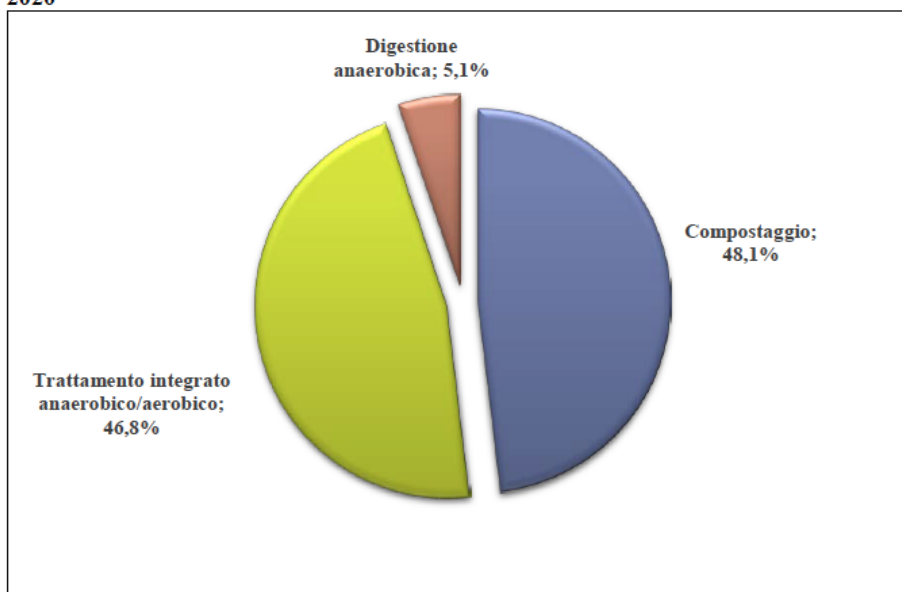
rifiuti speciali (comprensivi dei rifiuti da trattamento RU)

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

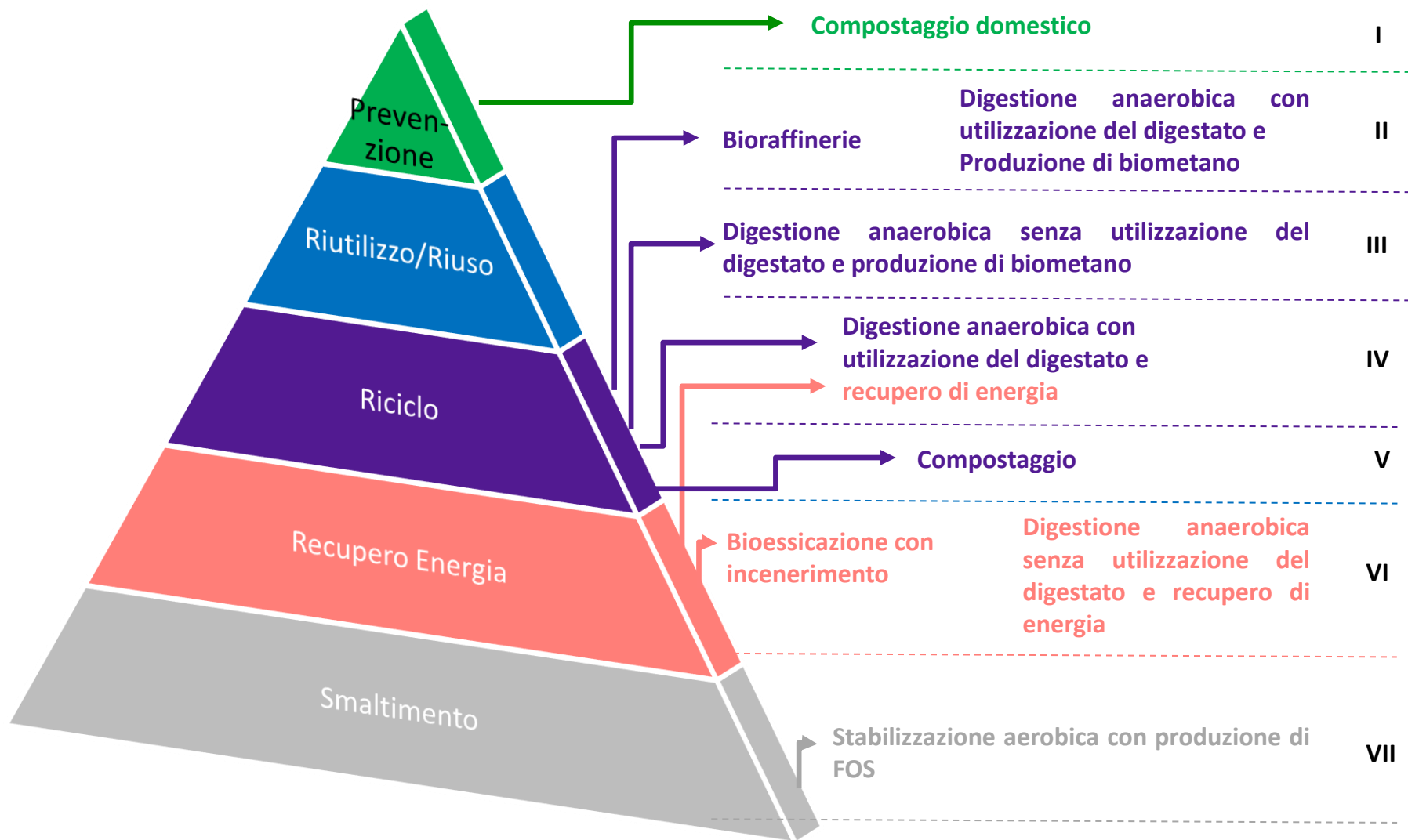
Occorre definire delle strategie per la gestione dei rifiuti di portata adeguata, sulla base di un approccio strutturato e completo come quello basato sulla **nozione del ciclo di vita** e la relativa valutazione del ciclo di vita, per non tralasciare aspetti importanti ed evitare distorsioni

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 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 rispettano 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 rispettano 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



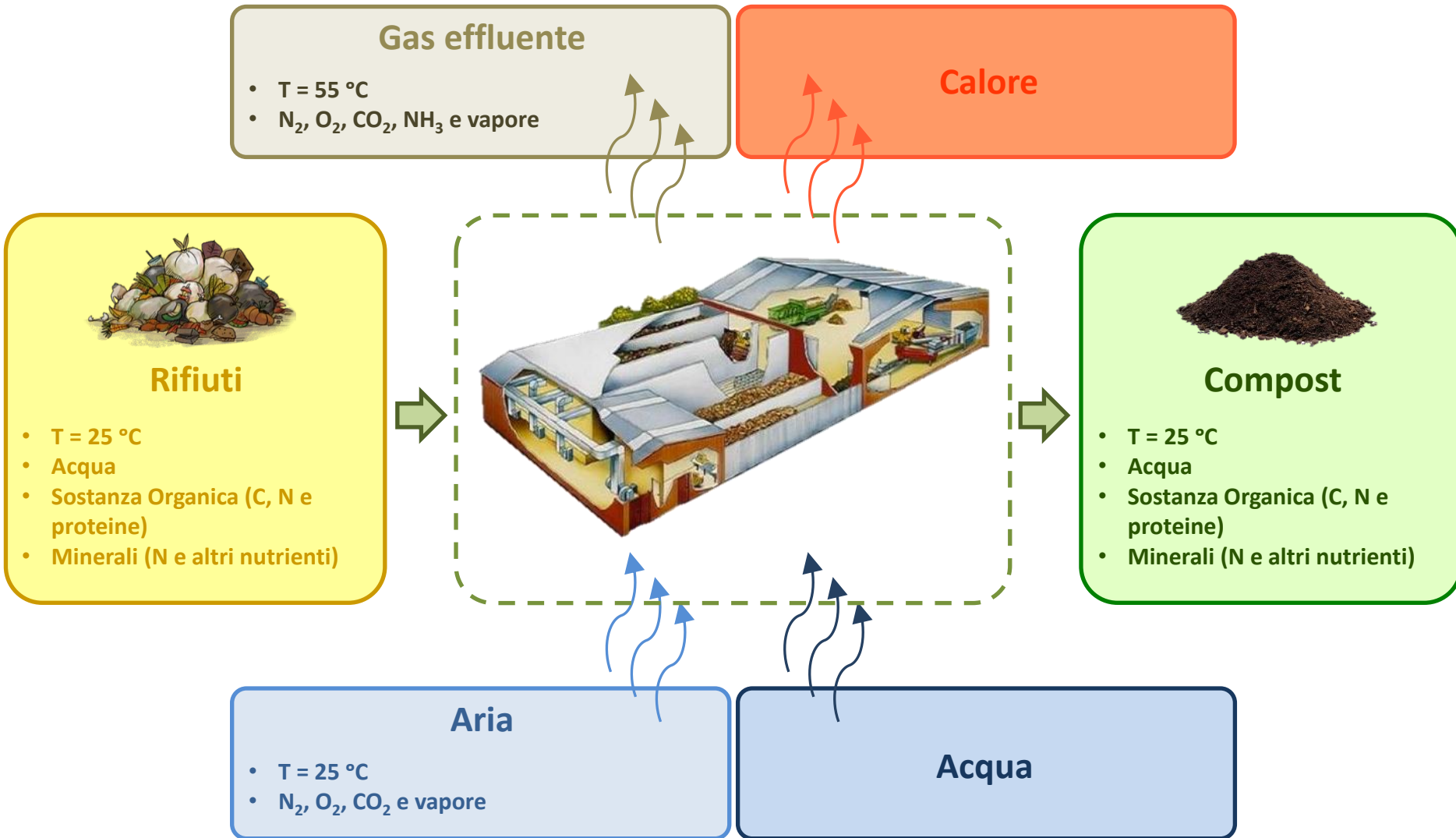
Rifiuti organici

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
Tipologia di sostanza organica degradata	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.
Tipo di microrganismi coinvolti	Microrganismi principalmente termofili (batteri, funghi...)	Microrganismi prevalentemente mesofili e psicrofili (batteri, funghi, attinomiceti, eumiceti...)
Effetti della degradazione	Produzione di H ₂ O, CO ₂ , NH ₃ , intermedi fitotossici ed elevata produzione di sostanze odorigene (acidi grassi volatili, composti solforati ecc.)	Produzione di H ₂ O, CO ₂ , NH ₃ in quantità limitata
Temperatura	Molto elevata, oltre i 60°C.	Si abbassa (40-45°C) fino a temperatura ambiente.
Prodotto finale	<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

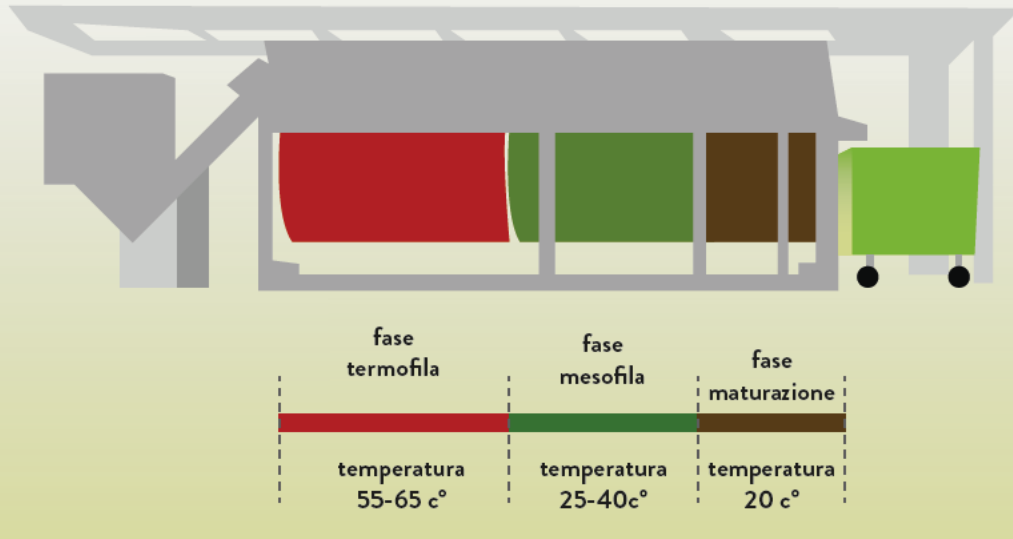
Carta e cartone

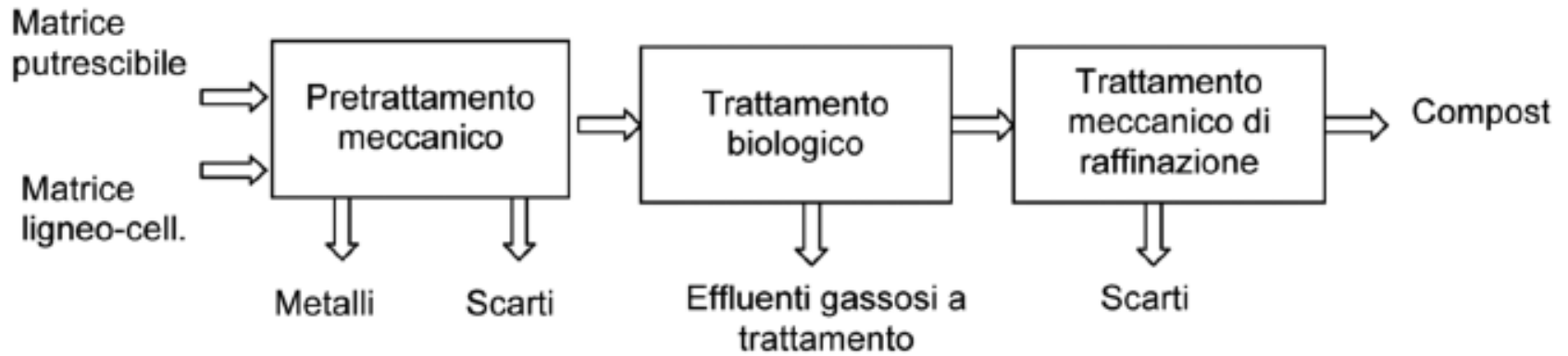
In composter:



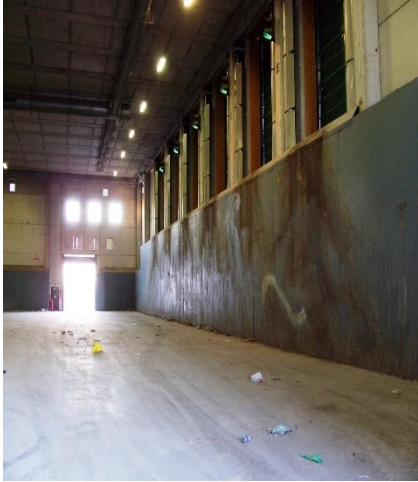
I materiali lignei e quelli caratterizzati da una pezzatura elevata dovranno subire una triturazione prima di poter essere compostati

100% ORGANICO = 20% COMPOST





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**

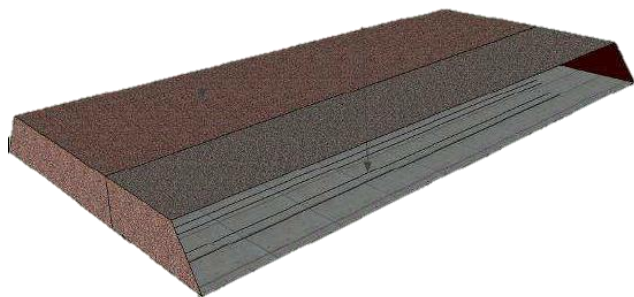
Soluzione adottata di norma per **sistemi chiusi**

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

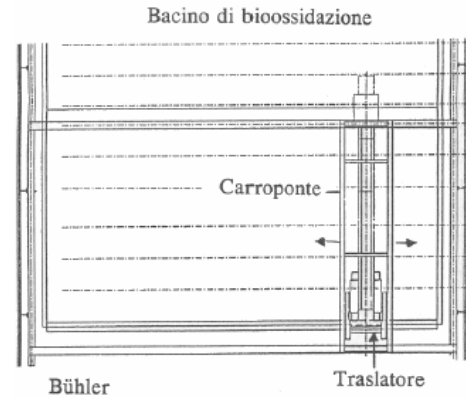
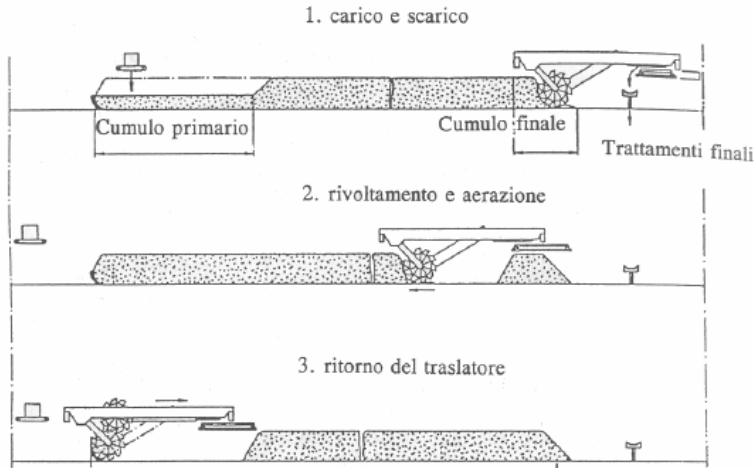


Vantaggi:

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

Svantaggi:

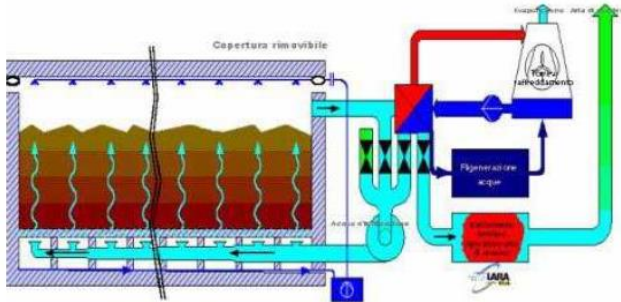
- Mancanza di rivoltamenti e formazione di corsie preferenziali
- Difficoltà a raggiungere tutto il materiale durante le operazioni di bagnatura
- Necessario l'intervento dell'operatore per il monitoraggio della temperatura (T) e della CO₂



STABILIZZAZIONE AEROBICA (frazione umida)



Biocelle statiche



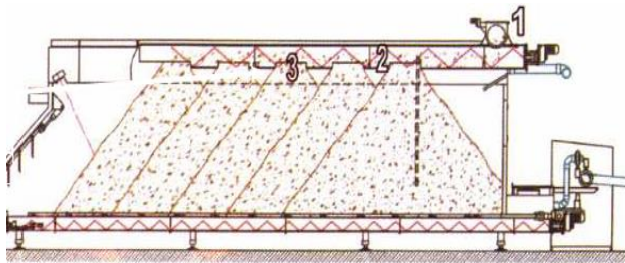
Vantaggi:

- Non necessita di operatore, se non per le operazioni di carico/scarico
- Automatizzazione del sistema di monitoraggio dati di processo
- Efficace controllo delle emissioni odorigene

Svantaggi:

- Costi molto elevati
- Mancanza di rivoltamenti e formazione di corsie preferenziali

Biocelle dinamiche

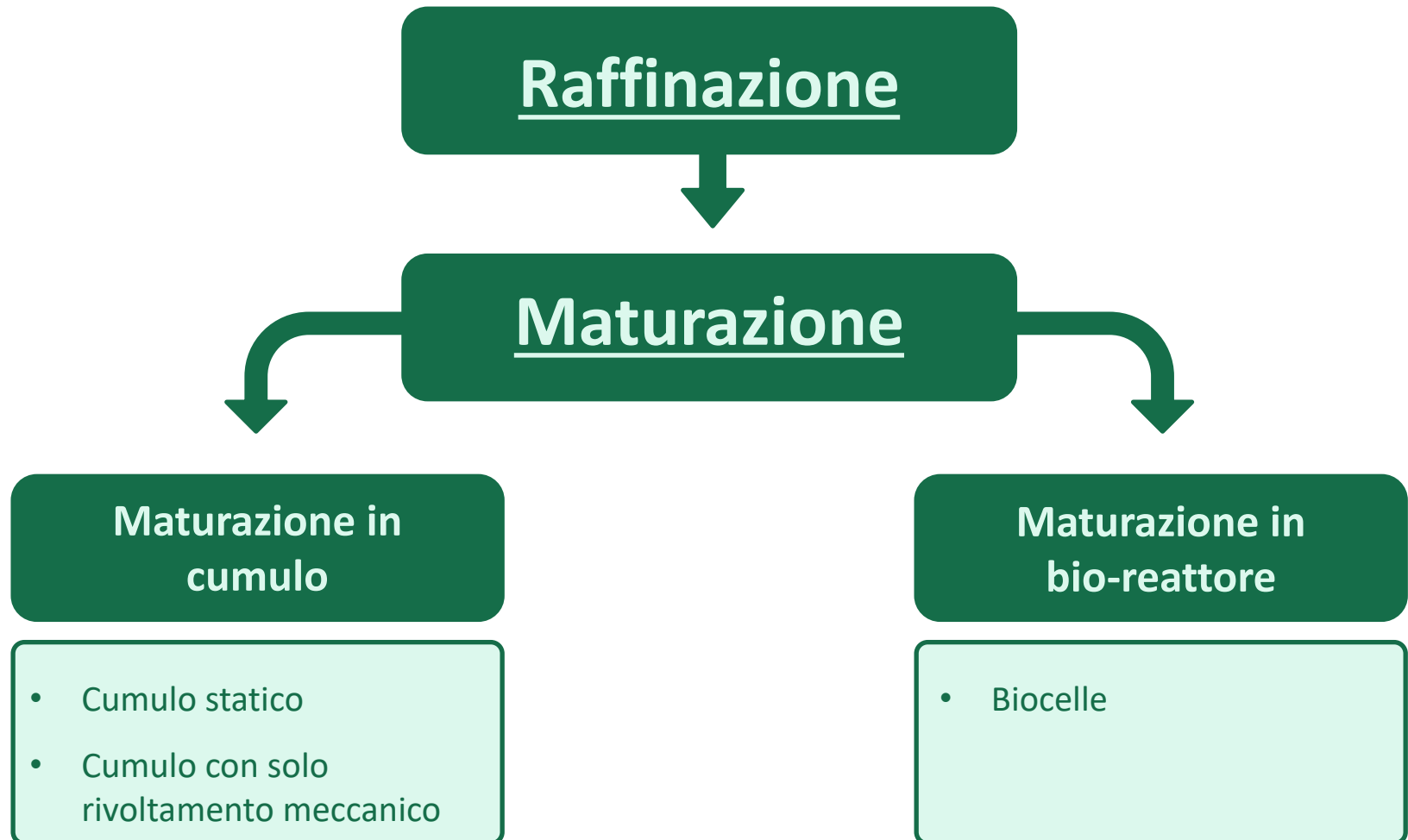


Vantaggi:

- Sistema automatico
- Efficace controllo delle emissioni odorigene

Svantaggi:

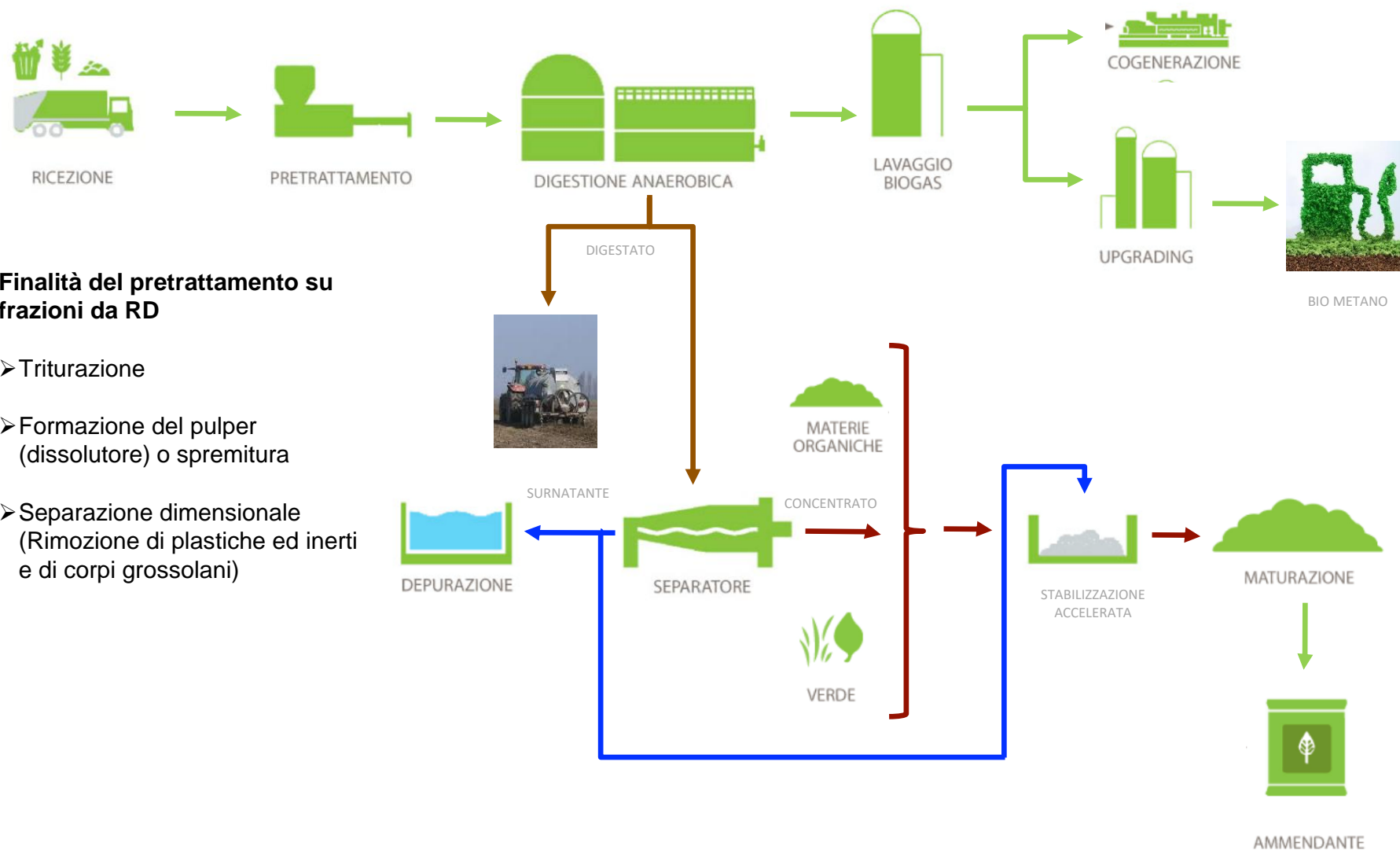
- Necessità di numerose manutenzioni
- Coclea soggetta a numerosi guasti in caso di matrici strutturanti



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:

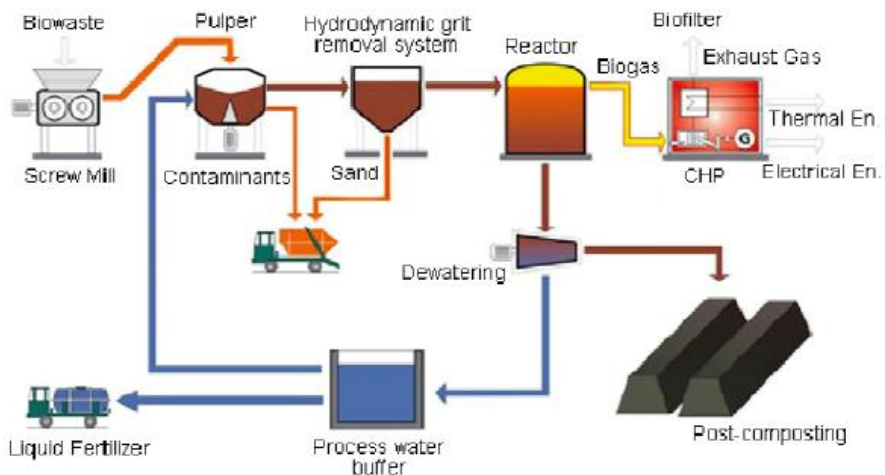
con/senza

Temperature di processo:

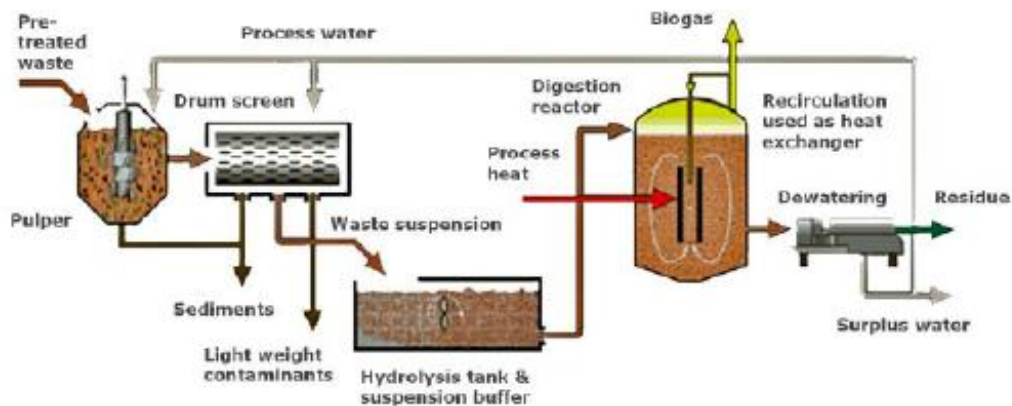
- 20°C
- 35–37°C
- 55°C



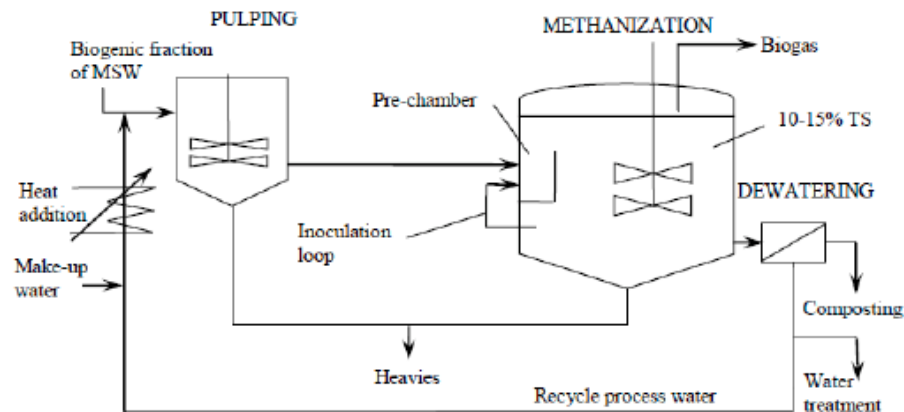
PROCESSI DI TIPO WET



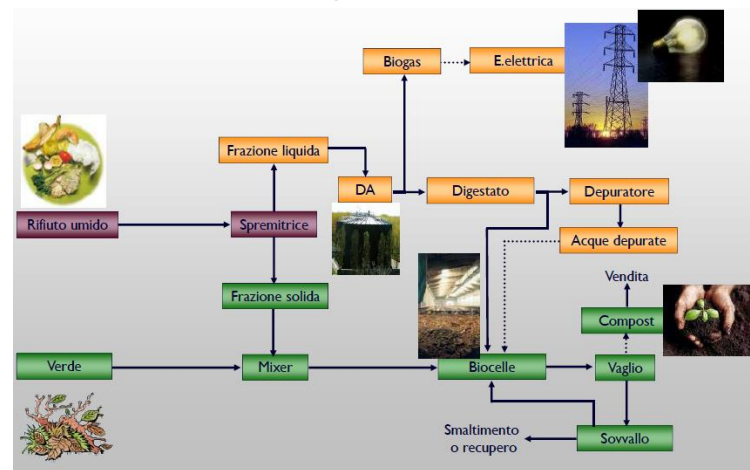
Schema del processo BTA



Schema di processo Linde a umido

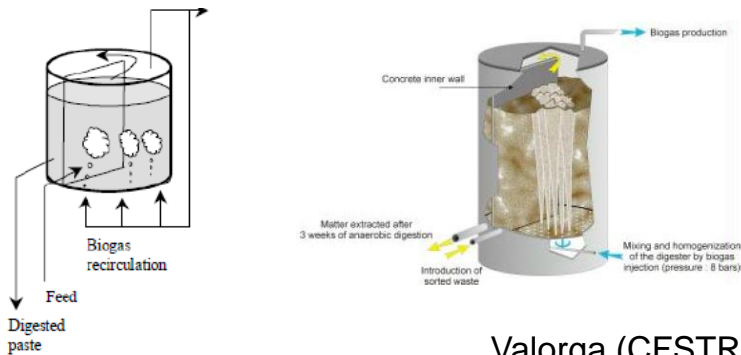


Schema di processo Waasa monostadio



Bioman SpA Maniago

PROCESSI DI TIPO DRY

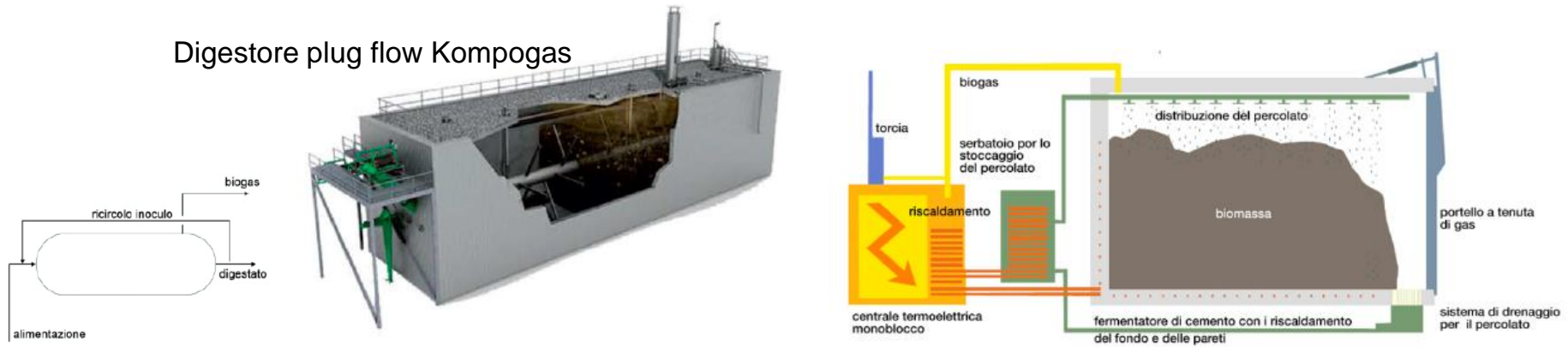


Valorga (CFSTR)

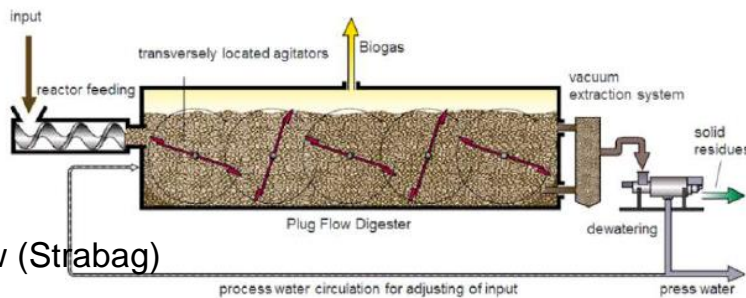
Parametro di processo	Intervallo
Solidi nel rifiuto trattato, %TS	25-40
Carico organico, kgVS/m ³ d	8-10
Tempo di ritenzione idraulica, d	25-30
Rese di processo	
Produzione biogas, m ³ /t rifiuto	90-150
Produzione specifica di biogas, m ³ /kg VS	0.2-0.3
Velocità di produzione biogas, m ³ /m ³ d	2-3
Contenuto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

APAT – Manuali e Linee guida 13/2005

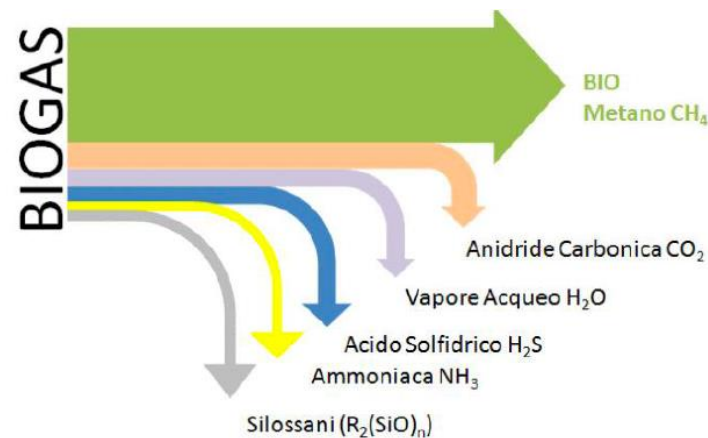
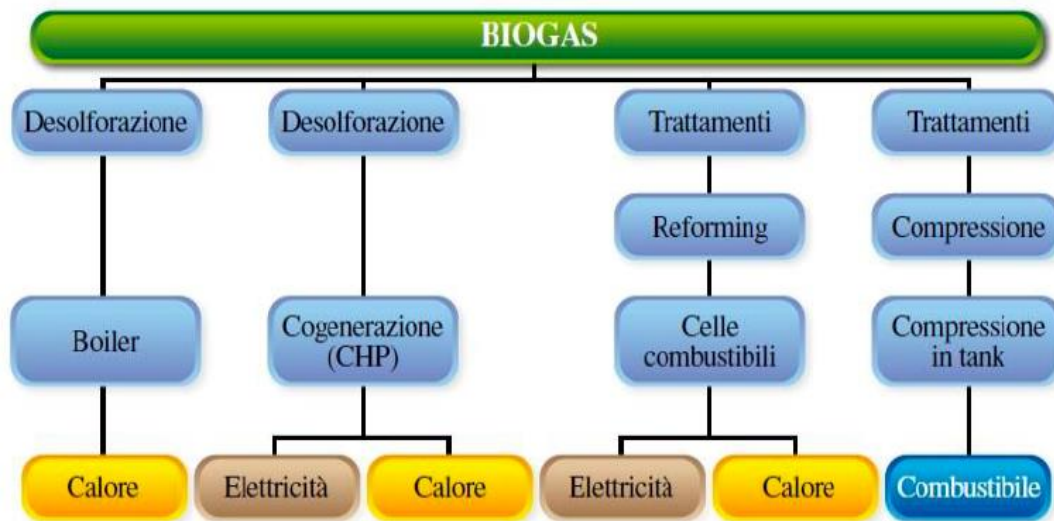
Digestore plug flow Kompogas



Digestore batch Bekon



Laran plug flow (Strabag)



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

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

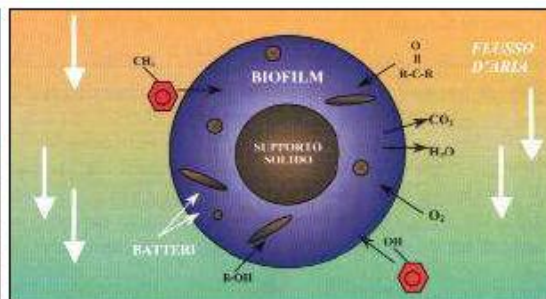
Scrubber ⇒ sono costituiti da una struttura di lavaggio, dotata di corpi di riempimento
Agenti ossidanti o riducenti (es. H_2O_2)
Acidi (H_2SO_4) o Basi (NaOH)
Agenti assorbenti (tensioattivi)

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

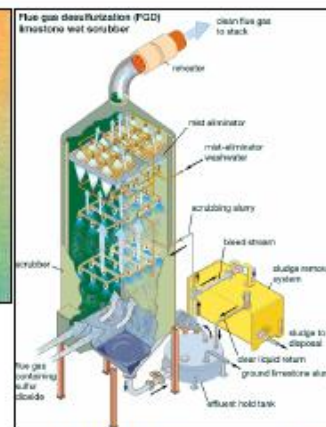
Combustori (termici o catalitici) ⇒ le sostanze odorose vengono ossidate termicamente in ambiente ricco di O_2



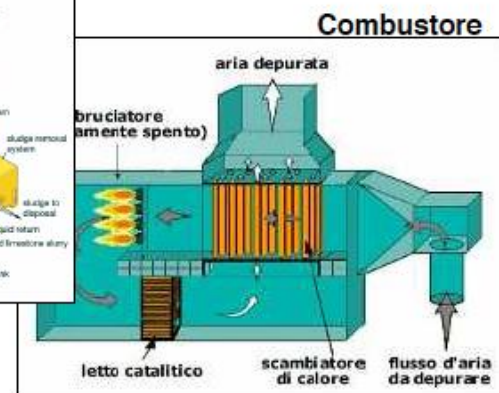
Cippato di legno



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

🌐 <https://web.uniroma2.it>

Grazie
per
l'attenzione

