



Venerdì culturale – 12 aprile 2024

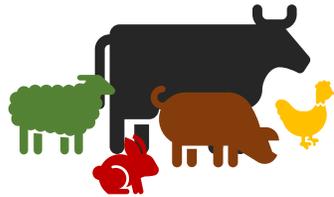
"Emissioni gassose dagli allevamenti: come ridurle e come gestire correttamente gli effluenti zootecnici"

**VALORIZZAZIONE DEGLI EFFLUENTI ZOOTECNICI
PER UNA GESTIONE SOSTENIBILE DEL SUOLO**

Daniela Pezzolla

VALORIZZAZIONE DEGLI EFFLUENTI ZOOTECNICI PER UNA GESTIONE SOSTENIBILE DEL SUOLO

EFFLUENTI ZOOTECNICI



Valutazione delle proprietà
fisiche e chimiche



TRATTAMENTI EFFLUENTI ZOOTECNICI



Miglioramento delle qualità degli effluenti
per il recupero di materia ed energia

GESTIONE SOSTENIBILE DEL SUOLO



Migliorare la fertilità dei suoli e
limitare gli impatti

EFFLUENTI ZOOTECNICI – Produzioni di effluenti e caratteristiche

La migliore gestione dell'effluente si concretizza con la sua valorizzazione agronomica e risulta di fondamentale importanza conoscere le caratteristiche fisiche e chimiche dell'effluente, in particolar modo il contenuto in acqua.



EFFLUENTI PALABILI



EFFLUENTI NON PALABILI



EFFLUENTI ZOOTECNICI – Produzioni di effluenti e caratteristiche

La gestione delle deiezioni dipende dalla **forma fisica** e dal contenuto in alcuni **elementi chimici** che ne determinano la qualità agronomica ed ambientale.

D.I. 5046/2016, Allegato I

Categoria degli animali
Fase dell'allevamento
Tipologia di stabulazione
Acque di lavaggio
Tipologia di trattamento

Sostanza secca
Azoto (minerale e organico)
Sostanza organica (stabilità e maturità)
Fosforo
Potassio
Microelementi (Cu e Zn)

**FUNZIONE AMMENDANTE E
FERTILIZZANTE**

Umidità degli effluenti zootecnici

L'umidità degli effluenti zootecnici dipende dalle modalità di stabulazione adottate in allevamento.

A parità di modalità di stabulazione l'umidità dipende da:

- Specie allevata
- Razza
- Tipologia di produzione (es. per i bovini, latte o carne)
- Età dei soggetti
- Perdite d'acqua dagli abbeveratoi

VOLUMI DI EFFLUENTI PRODOTTI A LIVELLO AZIENDALE (D.I. 5046/2016. Allegato I)



Pavimento pieno, lavaggio alta pressione -> **73 m³ liquame/t p.v./a**

Pavimento parzialmente fessurato -> **44 m³ liquame/t p.v./a**

Pavimento totalmente fessurato -> **37 m³ liquame/t p.v./a**

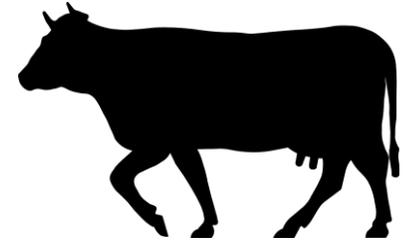
Su lettiera integrale -> **0,4 m³ liquame/t p.v./a; 31,2 m³ letame/t p.v./a**

Fissa senza paglia -> **33 m³ liquame/t p.v./a**

Libera su cuccetta senza paglia -> **33 m³ liquame/t p.v./a**

Libera su lettiera permanente -> **14,6 m³ liquame/t p.v./a; 45 m³ letame/t p.v./a**

Fissa con lettiera -> **1,5-3,2 m³ liquame/t p.v./a; 23,5 m³ letame/t p.v./a**



Ovaiole o pollastre in batteria di gabbie senza tecniche di predisid. -> **22 m³ liquame/t p.v./a**

Ovaiole in batteria di gabbie con tecniche di predisid.-> **0,05 m³ liquame/t p.v./a; 19 m³ letame/t p.v./a**

RIPARTIZIONE PERCENTUALE DELLE DIVERSE FRAZIONI DELL'AZOTO

Materiale organico	N minerale	N organico facilmente mineralizzabile	N organico residuale
Letame bovino	10	20	70
Liquame bovino	40	30	30
Liquame suino	60	20	20
Pollina	70	20	10

Manuale per l'utilizzazione agronomica degli effluenti zootecnici, CRPA (2001)

RAPPORTO C/N IN DIFFERENTI MATERIALI ORGANICI

Materiale organico	Rapporto C/N	Degradabilità	Permanenza nel suolo (anni)
Sostanze umiche	8-13	Molto lenta	< 5-10 ³
Letame	15-30	Elevata	< 5
Paglia	60-120	Moderata	< 1-10
Corteccia di alberi	100-1500	Lenta	10-10 ²

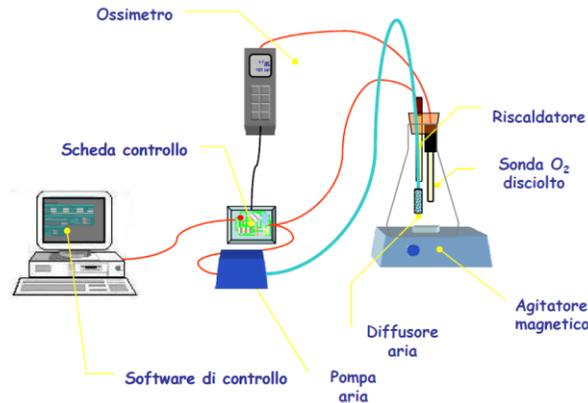
Nieder et al., 2003, in Violante P. Suolo e qualità dell'ambiente (2009)

EFFLUENTI ZOOTECNICI – Funzione ammendante

La funzione ammendante è associata alla **sostanza organica** e ai suoi effetti positivi sulle proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo. Un ammendante di qualità contiene circa il 40% di sostanza organica, un rapporto C/N equilibrato e la presenza di sostanze umosimili.



STABILITÀ BIOLOGICA Indice di respirazione



MATURITÀ Indice di germinazione



$$GI\% = \frac{\text{numero semi germinato} * \text{lunghezza radichetta nel campione}}{\text{numero semi germinato} * \text{lunghezza radichetta nel controllo}} * 100$$

TRATTAMENTI DEI REFLUI – Tipologie di trattamento più diffuse

Trattamenti meccanici

- Separazione solidi grossolani
- Separazione solidi fini

Trattamenti biologici

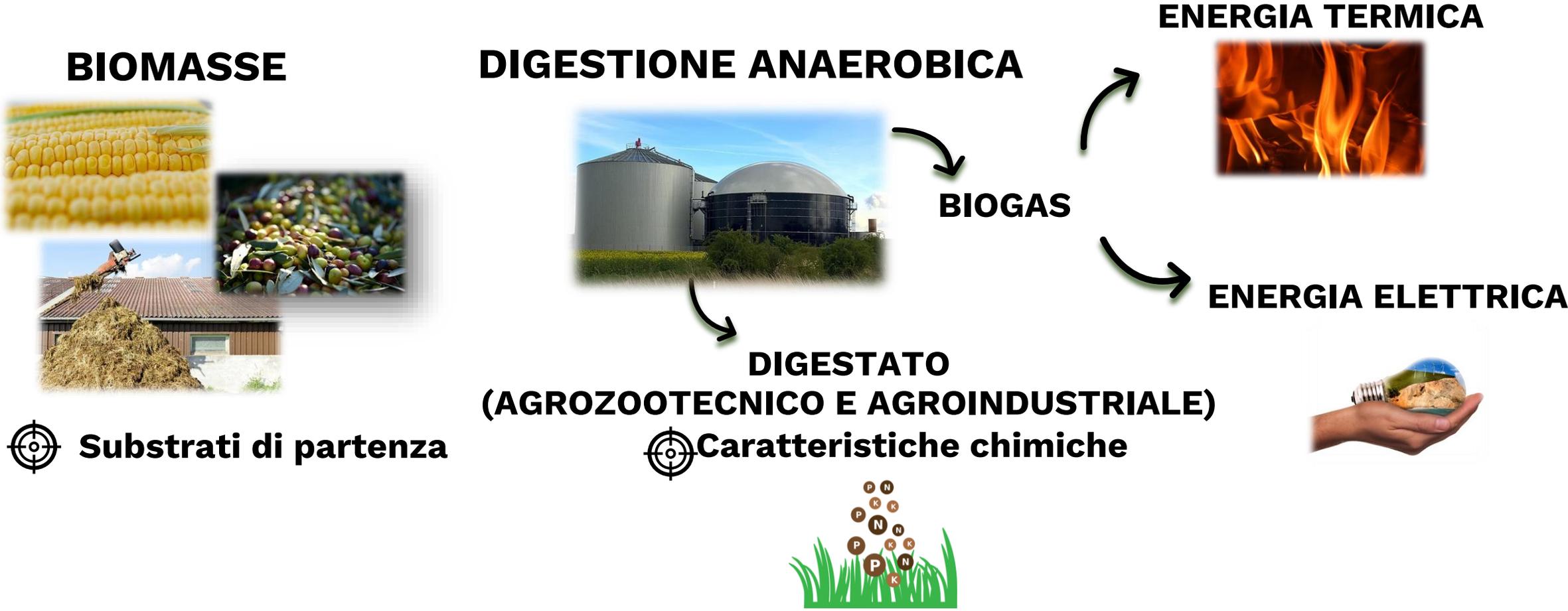
- Tecnologie nitro-denitro
- Digestione anaerobica
- Compostaggio

Trattamenti fisico-chimici

- Strippaggio
- Processi di filtrazione
- Osmosi inversa

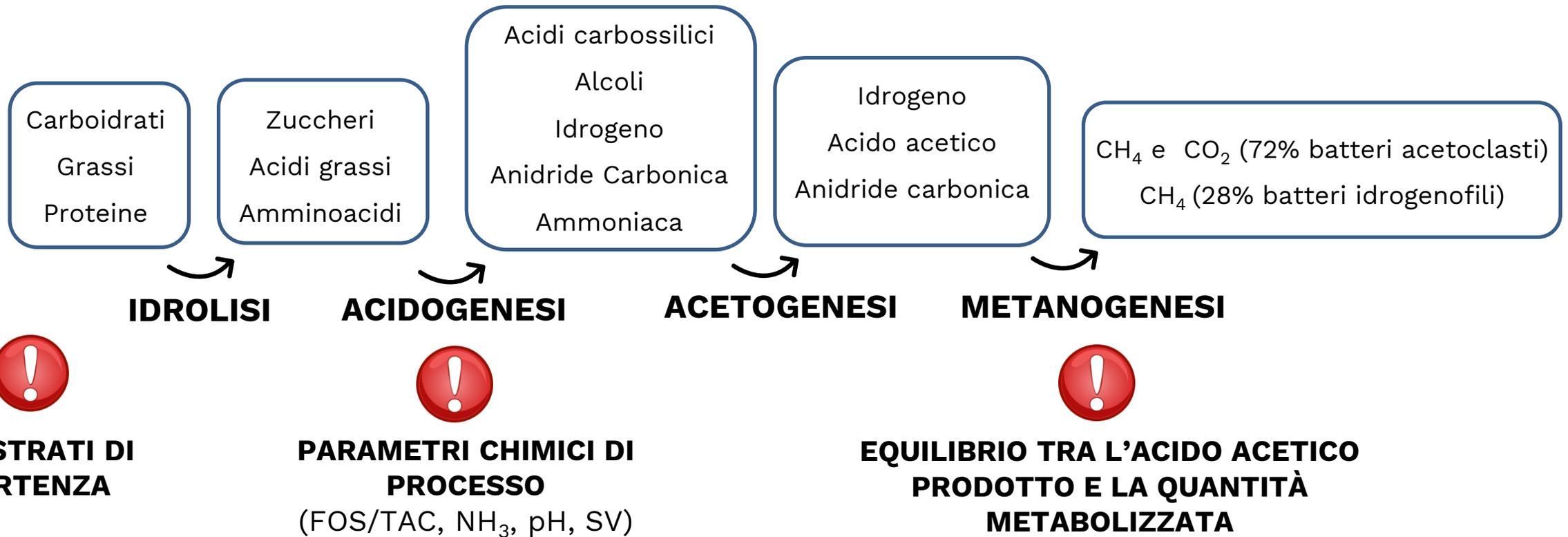


TRATTAMENTI DEI REFLUI – Digestione anaerobica



TRATTAMENTI DEI REFLUI – Digestione anaerobica

Processo biologico complesso per mezzo del quale, in assenza di ossigeno, parte della sostanza organica contenuta nei materiali di origine vegetale o animale viene trasformata in biogas, una miscela costituita principalmente da **metano** e **anidride carbonica** (CH₄ 50 - 80 %).



TRATTAMENTI DEI REFLUI – Digestione anaerobica



Scelta dei substrati di partenza

Parametri	Liquame	Letame	Insilato di mais	Pollina	Mangime	Vinacce	Siero	Sansa
Umidità	90,8	68,3	73,4	26,9	11,7	63,0	93,4	60,6
Solidi volatili (% s.s.)	79,9	76,6	95,9	67,4	93,0	91,9	86,1	96,4
pH	7,4	9,07	3,9	10,08	6,69	3,76	4,20	6,26
CE (mS/cm)	7,8	2,5	0,9	3,1	1,4	2,4	9,3	1,0
C organico (% s.s.)	44,4	39,9	52,1	33,8	47,4	46,2	42,9	52,0
N totale (% s.s.)	5,2	1,7	1,1	2,1	2,8	1,4	2,1	1,2
N amm. (% s.s.)	2,4	0,3	-	0,4	-	-	0,2	-
C/N	8,5	23,3	47,4	16,1	16,9	33,7	20,1	44,1
P totale (% s.s.)	0,6	0,4	0,1	1,0	0,6	0,2	1,0	0,1
K totale (% s.s.)	3,7	3,6	0,9	1,5	0,8	2,3	3,2	1,2



Caratteristiche chimico-fisiche dei substrati
Formulazione delle miscele ideali
Produttività dei substrati
Costo dei substrati



Caratteristiche del digestato

- ✓ Decremento della sostanza organica.
- ✓ La quantità totale di azoto in uscita dai digestori non cambia rispetto a quella in entrata e si ritrova in forma ammoniacale.



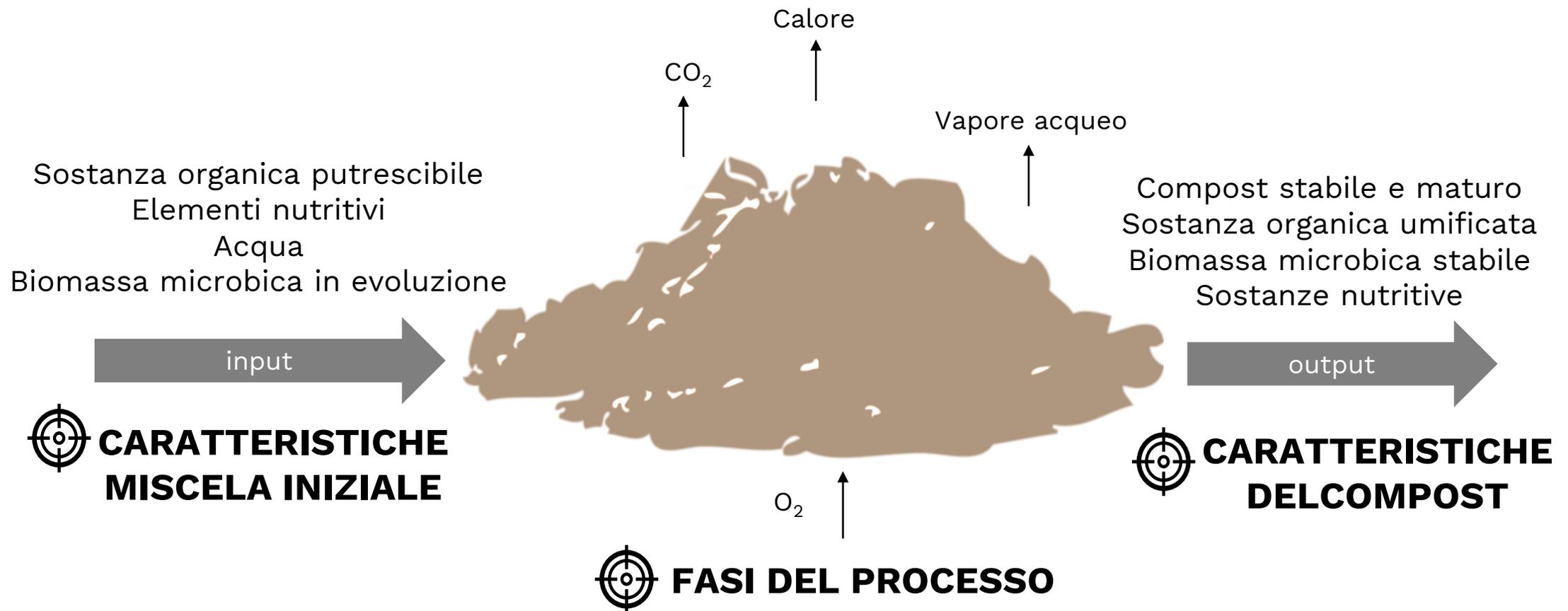
Separazione meccanica

Frazione liquida chiarificata: buon sostituto del concime di sintesi.

Frazione solida palabile: buone proprietà ammendanti, soprattutto se compostata.

TRATTAMENTI DEI REFLUI – Compostaggio

Il compostaggio consiste nella stabilizzazione biologica in fase solida di scarti, residui e rifiuti organici fermentescibili, in condizioni aerobiche tali da garantire alla matrice in trasformazione il passaggio spontaneo attraverso una fase di autoriscaldamento, dovuto alle reazioni microbiche.



Caratteristiche miscela iniziale

**Effluenti zootecnici, digestati
(SUBSTRATO PRINCIPALE)**



**Potature e residui vegetali
(MATERIALE STRUTTURANTE)**

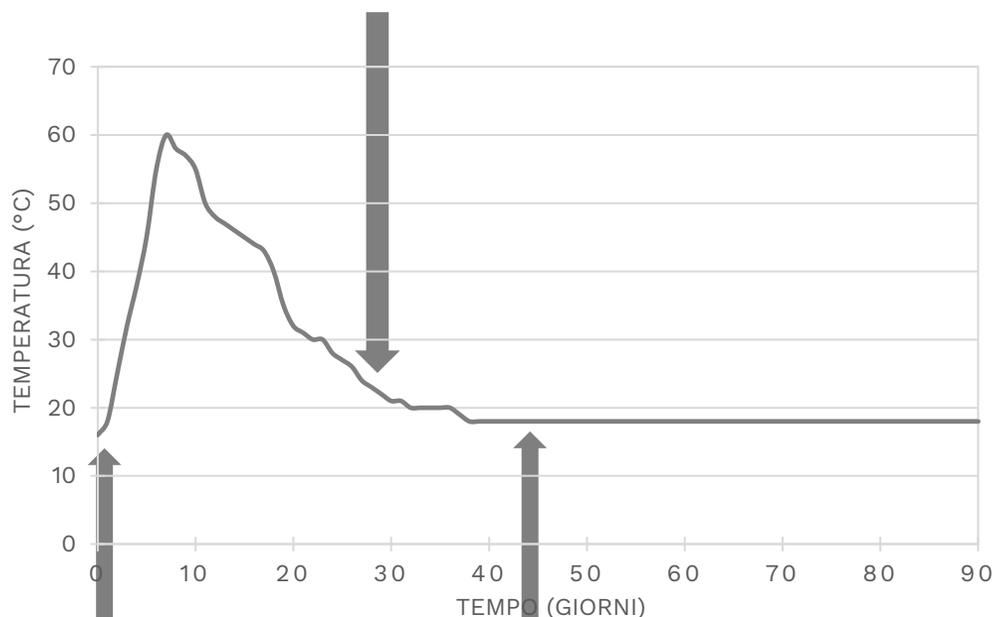


Densità apparente: $650/750 \text{ kg m}^{-3}$
Concentrazione di ossigeno: 10%
Umidità: 45-65%

Rapporto C/N: 25-30

Fasi del processo di compostaggio

Fase termofila o di stabilizzazione



Fase mesofila o di latenza

Fase di raffreddamento o maturazione

La **fase attiva** del processo (fase mesofila e termofila) può durare dai **30 ai 50-60 giorni**.

La **fase di maturazione (circa 60 giorni)** è caratterizzata da un abbassamento della temperatura e la degradazione della sostanza organica avviene a carico delle molecole più complesse.



COMPOST STABILE E MATURO

Caratteristiche del compost



TRASFORMAZIONI



ELEVATA QUALITÀ AGRONOMICA E AMBIENTALE

Alcuni limiti per ammendanti compostati (D.lgs. 75/2010)

Umidità: <50%

pH: 6,0-8,8

Carbonio organico totale: > 20% s.s.

C acidi umici e fulvici: > 7% s.s.

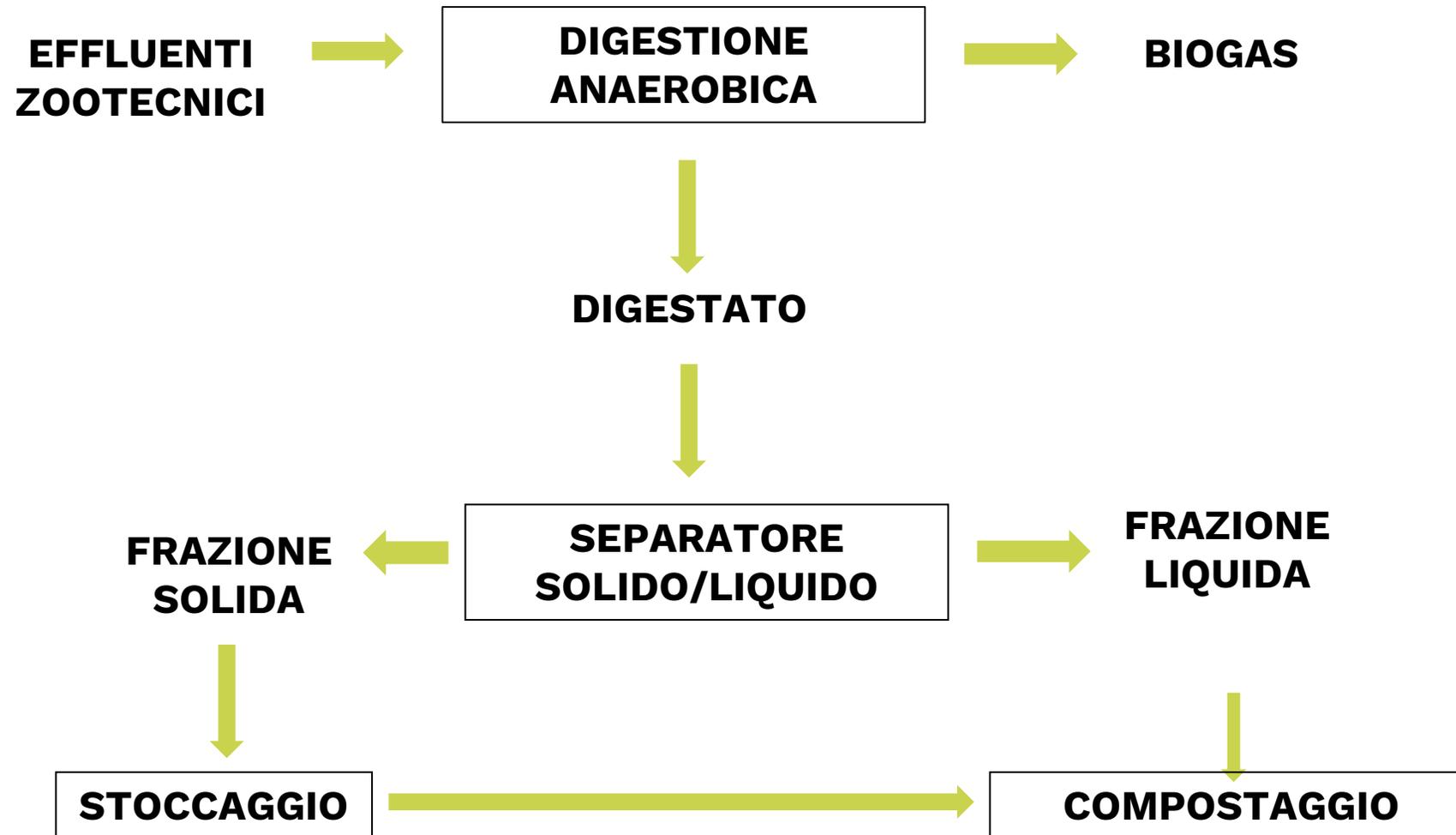
Azoto organico: > 80% dell'N totale

C/N: < 25

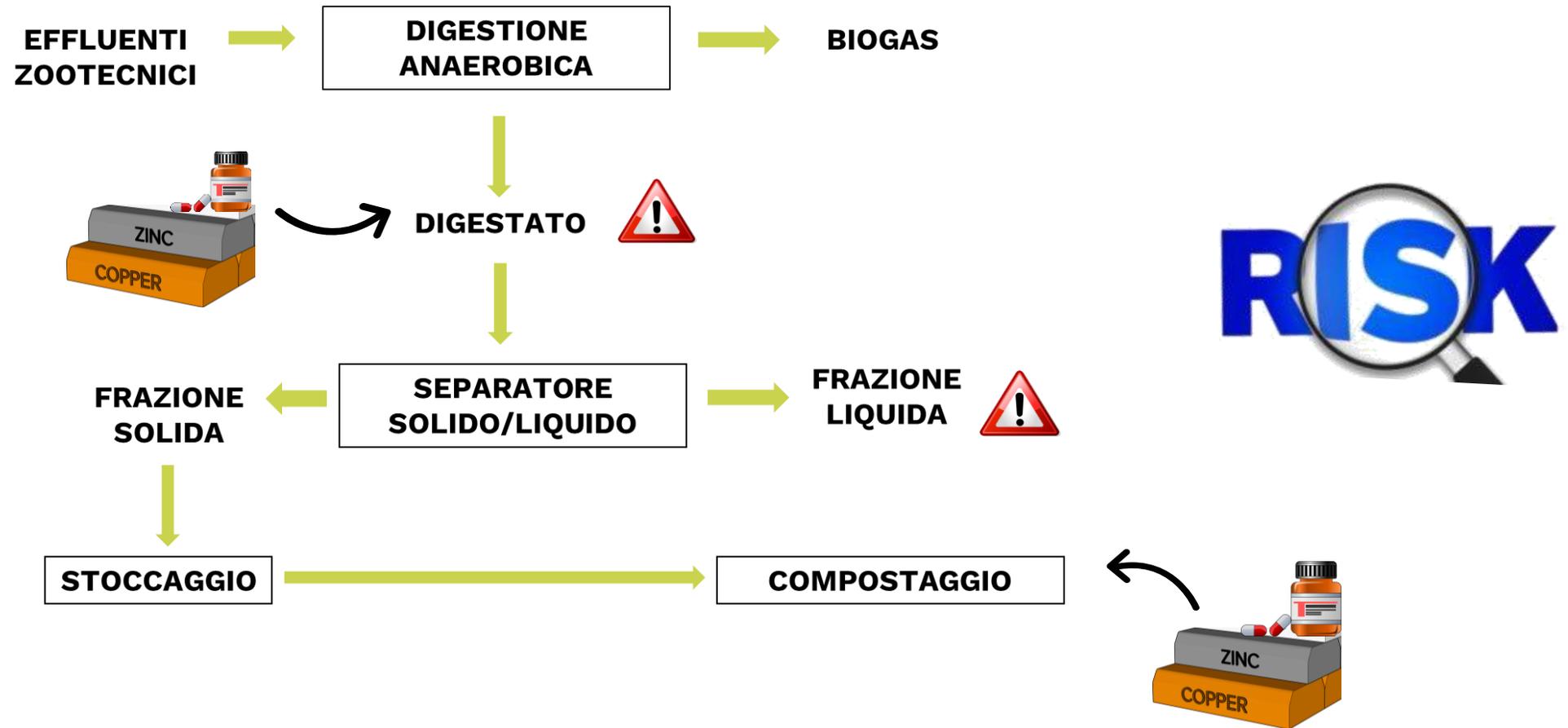
➔ Miglioramento delle caratteristiche fisiche e chimiche del suolo (miglioramento della ritenzione idrica e circolazione dell'aria tellurica, aumento della sostanza organica stabilizzata)

TRATTAMENTI DEI REFLUI – Trattamento integrato

Linea di trattamento: anaerobico + aerobico



TRATTAMENTI DEI REFLUI – Trattamento integrato





Direttiva 91/676/CEE → «Direttiva Nitrati»

↪ D.Lgs. 11 aprile 2006, n. 152 → «Testo Unico Ambientale»

↪ D.I. 25 febbraio 2016, n. 5046 → Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento e delle acque reflue di cui all'art. 112 del Decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152, nonché per la produzione e l'utilizzazione agronomica del digestato di cui all'art. 52, comma 2-bis del decreto legge 22 giugno 2012, n. 83, convertito in legge 7 agosto 2012 n. 134.

PIANO DI UTILIZZAZIONE AGRONOMICA

Principale strumento tecnico del Programma d'Azione per le zone vulnerabili ai nitrati di origine agricola

$$N_c + N_f + A_n + (K_c * F_c) + (K_o * F_o) = (Y * B)$$

↓
Apporti azotati alle colture

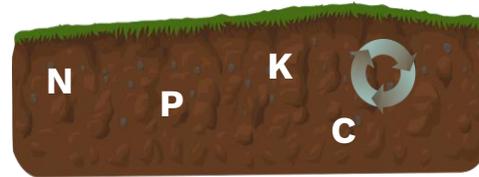
↓
Asportazioni colturali

SUOLO – Caratteristiche del suolo e servizi ecosistemici

Il suolo è il substrato di crescita naturale su cui compiono il ciclo biologico quasi tutte le specie vegetali.



PRODUZIONE AGRICOLA



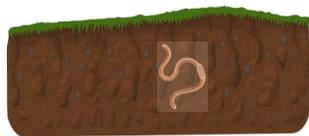
CICLO DEI NUTRIENTI



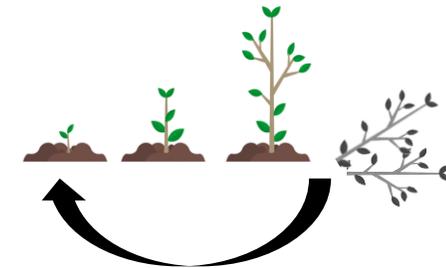
SUBSTRATO PER LA COSTRUZIONE



**APPROVIGIONAMENTO E
FILTRAZIONE DELLE ACQUE**



BIODIVERSITÀ



**SISTEMA IN GRADO DI CHIUDERE
IL CICLO DEI NUTRIENTI**



FUNZIONE SOCIALE

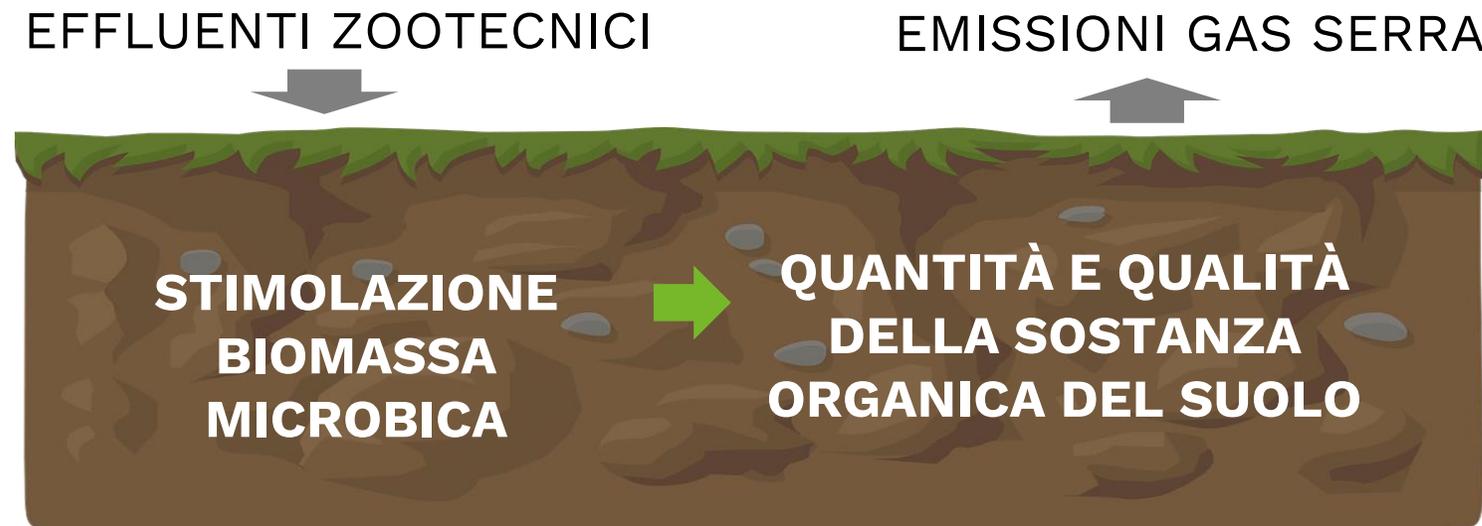
SUOLO – Effetti dell'applicazione degli effluenti zootecnici

CAMBIAMENTI A CARICO DELLA SOSTANZA ORGANICA DEL SUOLO ED EMISSIONI DI GAS SERRA

SOSTANZA ORGANICA DEL SUOLO



CAMBIAMENTI A CARICO DELLA SOSTANZA ORGANICA DEL SUOLO ED EMISSIONI DI GAS SERRA



L'incorporazione della sostanza organica esogena (ammendanti) intensifica la mineralizzazione della sostanza organica del suolo, influenzando l'attività microbica (quantità e qualità), in particolare nel breve periodo

SUOLO – Effetti dell'applicazione degli effluenti zootecnici

Gli effluenti influenzano in maniera differente il rilascio della sostanza organica solubile nel suolo
Le emissioni di CO₂ dipendono dalla quantità e dalla qualità della sostanza organica aggiunta con gli effluenti



Pezzolla et al. (2017). Short-term variations in labile organic C, microbial biomass activity and structure after organic amendment of arable soils. *Soil Science*, 178, 474-485.

Le emissioni di CO₂ aumentano subito dopo l'applicazione del digestato, indicando che parte della sostanza organica aggiunta è facilmente disponibile
In condizioni di bassa umidità del suolo, i fenomeni di denitrificazione sono ridotti, risultando in basse emissioni di N₂O



Pezzolla, et al. (2012). Greenhouse gas (GHG) emissions from soil amended with digestate derived from anaerobic treatment of food waste. *Rapid Communication in Mass Spectrometry*, 26, 1-9.

Proteobacteria, Bacteroidetes e Firmicutes mostrano una predominanza significativa nei primi 5 giorni, mentre gli Ascomycota predominano a 90 giorni dopo l'applicazione del digestato



Pezzolla et al (2015). Influence of exogenous organicmatter on prokaryotic and eukaryotic microbiota in an agricultural soil. A multidisciplinary approach. *Soil Biology & Biochemistry* 82, 9-20.

VALORIZZAZIONE DEGLI EFFLUENTI ZOOTECCNICI PER UNA GESTIONE SOSTENIBILE DEL SUOLO

Utilizzo dei trattamenti biologici per la produzione di energia rinnovabile e fertilizzanti organici di elevato valore agronomico.

Miglioramento della qualità della sostanza organica per aumentare lo stoccaggio del carbonio nel suolo e limitare le emissioni di gas serra.

Applicare effluenti zootecnici correttamente trattati è utile per migliorare la **salute del suolo**, limitando la diffusione di potenziali inquinanti.



<https://www.agenziacoesione.gov.it/comunicazione/agenda-2030-per-lo-sviluppo-sostenibile/>

Grazie per l'attenzione!



Daniela Pezzolla
Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale
Università degli Studi di Perugia
Via G. Duranti, 93 - 06125, Perugia, Italia

daniela.pezzolla@unipg.it