

I biosolidi nei suoli agricoli: le ragioni di una scelta



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

Bologna, 20.06.2023

Prof. G. Gigliotti



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

Essenziale premessa

Alcune affermazioni che spiegano “le ragioni di una scelta”.

Economia circolare: modello economico nel quale i flussi di materiali si rigenerano con il duplice obiettivo di ridurre gli impatti e valorizzare gli scarti.

Contestualizzato all'agricoltura: gli scarti dell'attività agricola e agroindustriale, ma anche urbane, possono essere reintegrati nella biosfera.

Più in generale le biomasse da scarti e da rifiuti rappresentano una fonte, potremmo dire inesauribile, per il recupero di elementi essenziali per il sistema suolo-pianta, di sostanza organica (ammendanti) e di biocarburanti (biometano, bioidrogeno).

Da Ciavatta et al. (2022). Biomasse in Agricoltura. Caratterizzazione e utilizzo sostenibile

Nel medesimo contesto nell'Obiettivo 2 dello Sviluppo sostenibile troviamo:

Target 2.4 - centralità della “risorsa suolo” con la necessità di garantire sistemi di produzione alimentare sostenibili e implementare pratiche agricole resilienti che aumentino la produttività e la produzione, che aiutino a proteggere gli ecosistemi, che rafforzino la capacità di adattamento ai cambiamenti climatici, a condizioni meteorologiche estreme, siccità, inondazioni e altri disastri e che **migliorino progressivamente la qualità del suolo.**

Il mantenimento della fertilità del suolo è strettamente connesso alla sostanza organica in esso contenuta, che quindi non può prescindere dal ruolo fondamentale che può giocare il riciclo delle biomasse, e oggi ci occuperemo in particolare **dei biosolidi.**



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

Definizione e origine di biosolidi

Cosa sono I fanghi di depurazione?

I fanghi di depurazione derivano dal trattamento delle acque reflue sia urbane che industriali, costituendo il sottoprodotto di un'operazione della loro rigenerazione.

La Direttiva 91/271/EEC definisce i fanghi come “residui derivanti dai processi di depurazione: 1) delle acque reflue provenienti esclusivamente da insediamenti civili; 2) delle acque reflue provenienti da insediamenti civili e produttivi; 3) delle acque reflue provenienti esclusivamente da insediamenti produttivi».

Sebbene i fanghi rappresentino solo l'1-2% del volume delle acque reflue trattate, la loro gestione è molto complessa e ha un costo che può raggiungere il 60% dei costi di esercizio totali dell'impianto di trattamento.

Da dove deriva il termine di biosolidi?

Nei processi di trattamento biologico, parte della materia organica viene assorbita e convertita in biomassa microbica, genericamente chiamata fango biologico o secondario. Questo è composto principalmente da solidi biologici, e per questo motivo è anche chiamato "biosolido". L'utilizzo di questo termine richiede che le caratteristiche chimiche e biologiche del fango siano compatibili con l'uso produttivo, ad esempio, in agricoltura. Il termine "biosolido" è un modo per sottolineare i suoi aspetti benefici, dando più valore agli usi produttivi, rispetto al mero smaltimento finale per mezzo di discariche o termovalorizzazione.

Metodi di gestione dei fanghi e la gerarchia dei rifiuti.

In base alla gerarchia di gestione dei rifiuti, le diverse strategie da applicare sono in ordine:

Prevenzione

Recupero

Riciclo

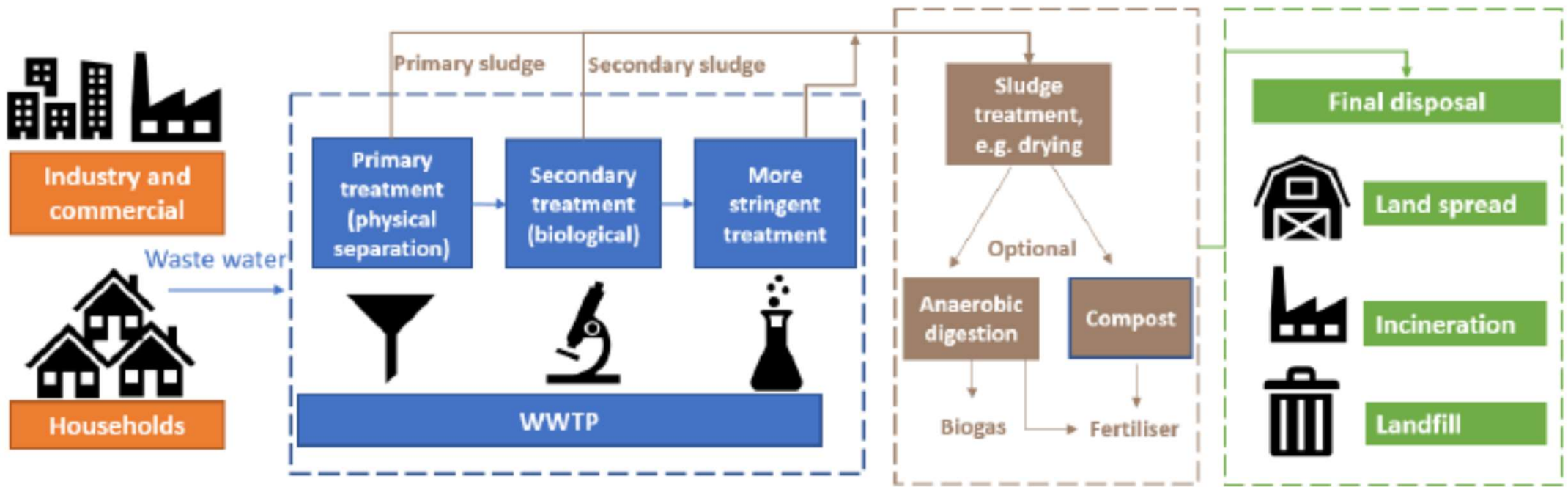
Smaltimento, come ultima *ratio*.

Per le operazioni di recupero e smaltimento, i rifiuti spesso devono essere sottoposti a trattamenti.

In un'ottica di economia circolare, considerando il contenuto di sostanza organica e di elementi della nutrizione, il recupero in agricoltura dei fanghi di depurazione è ammesso, anzi auspicato.

IL TUTTO A BEN DETERMINATE CONDIZIONI

Figure 0-1 The sewage sludge life cycle



Grazie al loro elevato contenuto di elementi nutritivi e di sostanza organica e al loro potenziale energetico, i biosolidi rappresentano una potenziale risorsa secondaria che può contribuire alla transizione verso un'economia circolare.

*WWTP = Waste water treatment plant

(EC, 2020a. A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe.).



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

I biosolidi in Europa

Quantitativi in gioco.

I fanghi prodotti in Europa ammontano a circa 22,5 kg ss/abitante/anno, equivalenti a 10,4 milioni di tonnellate totali annue, 94% «disposed».

In Italia la produzione annua ammonterebbe secondo EUROSTAT a circa 3 milioni di tonnellate (dati 2028), mentre in Germania a 2, in UK a 1,65, in Spagna a 1,3, in Francia a 1,1.

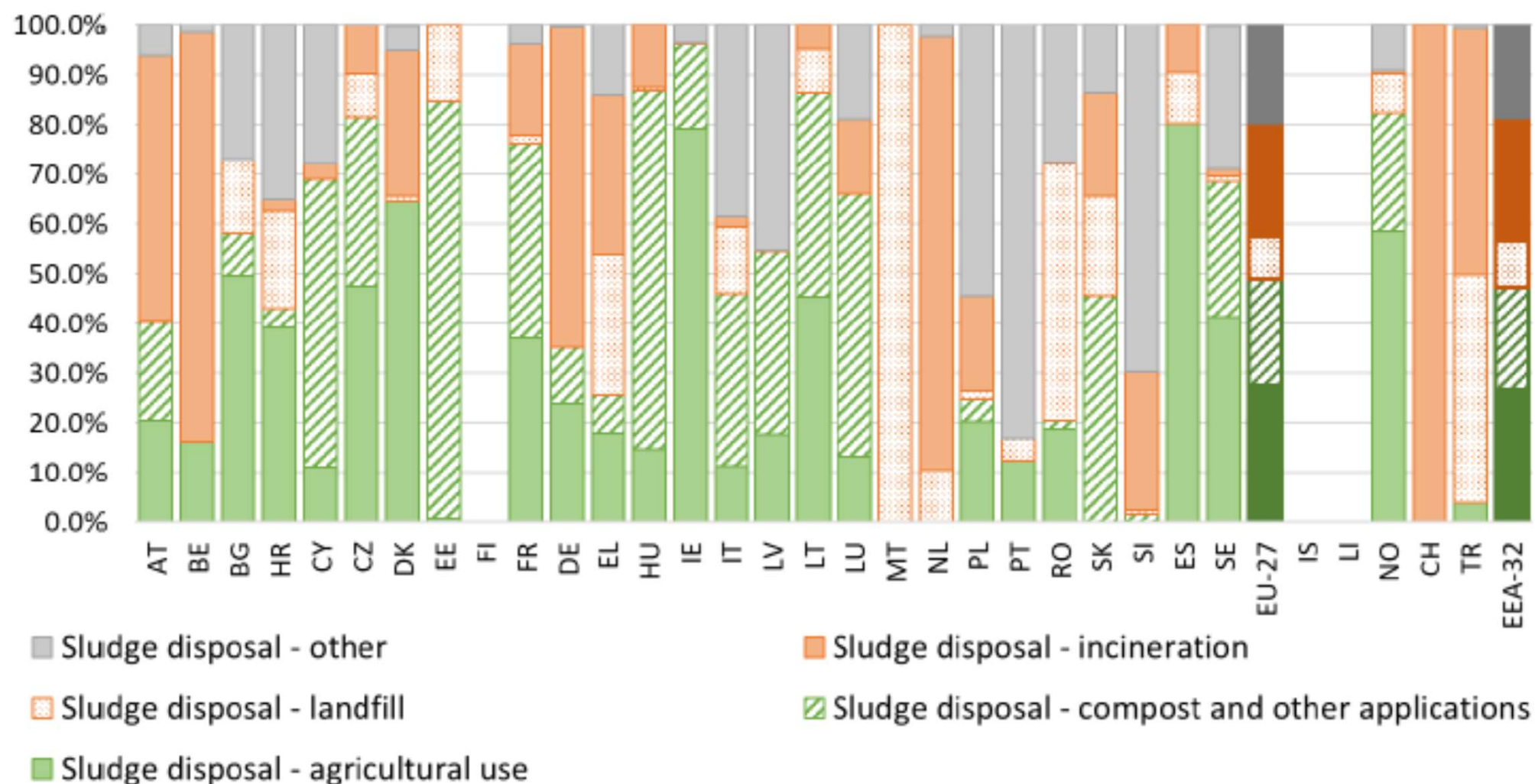
Il trend di produzione è risultato in crescita fino al 2016, per poi stabilizzarsi, ma con una stima grazie all'innovazione tecnologica già avvenuta e in parte attesa.

Figure 3-1 Trend in sewage sludge production and disposal in the EU-27 (in kg of dry sewage sludge/inhabitant), and population connected to urban waste water collecting systems (in % secondary axis)



Source: (Eurostat, 2020a)

Figure 3-2 Current sewage sludge management approaches in EEA-32



Considerando la gestione finale dei fanghi, prevalgono l'uso agricolo, la termovalorizzazione e lo smaltimento in discarica.

In base ai dati ufficiali forniti dalla Commissione Europea l'uso agricolo dei fanghi nei 27 paesi EU nel 2020 sarebbe di circa 6.000.000 di tonnellate year (circa il 47% della produzione totale).

Nei diversi paesi la situazione è molto variegata.

L'Agenzia Europea per l'ambiente considera prioritario il recupero di energia e di singoli elementi, tanto che nel Report 2021 si legge:

- Around 10.4 million t of sewage sludge is produced annually, of which 94% is 'disposed'.
- There is potential to recover up to an additional 3.500 GWh of energy from sewage sludge if the sludge currently landfilled and composted is instead anaerobically digested.
- There is potential to recover up to 69.300 t of P and up to 96.300 t of N via landspreading. This represents 6.3 % of the amount of P fertiliser and 0.9 % of the amount of N fertiliser used in the EU in 2018.

EUROSTAT

Table 3-2 Dominant sewage sludge disposal method/country

Disposal method	Countries
Agriculture	Bulgaria (BG), Croatia (HR), Czechia (CZ), Denmark (DK), Ireland (IE), Lithuania (LT), Norway (NO), Spain (ES) and Sweden (SE)
Compost and other application	Cyprus (CY), Estonia (EE), France (FR), Hungary (HU), Luxembourg (LU) and Slovakia (SK)
Landfill	Malta (MT) and Romania (RO)
Incineration	Austria (AT), Belgium (BE), Germany (DE), Greece (EL), Netherlands (NL), Switzerland (CH) and Turkey (TR)
Other	Italy (IT), Latvia (LV), Poland (PL), Portugal (PT) and Slovenia (SI)

The figure shows that for some countries, the share of sewage sludge management classified as 'other' is relatively significant. Liaison with Eurostat reveals that, while Member States have the option to specify what is included in their 'other' submissions, this is very rarely provided, with

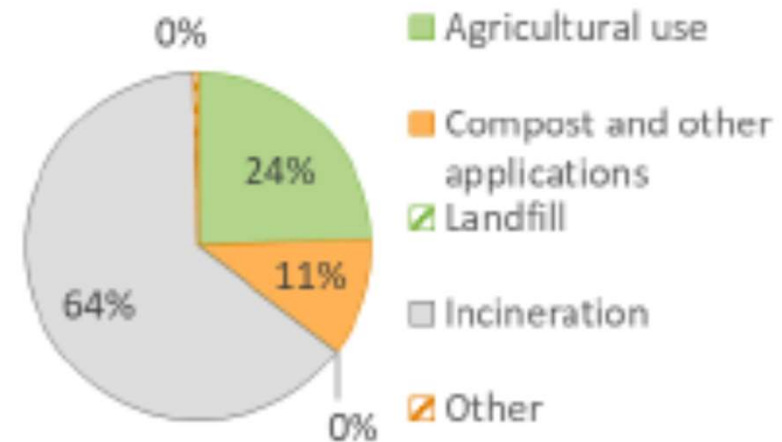
Potential fate of sludge marked as 'Sludge disposal – other' in Eurostat's dataset

Italy Blended, mixed and repackaged and used as a fuel and stored. The source is unclear on the purpose of "mixed and repackaged" sewage sludge (ISPRA, 2020)

EUROSTAT Situazione in Germania

Sewage sludge management

Figure 4-6 Sewage sludge management practices in 2016 (in % of sludge disposal - total)



Source: (Eurostat, 2020a)

Sempre più avversato l'uso agricolo con forti restrizioni e previsione di divieto nel 2029 di uso agricolo per fanghi prodotti in impianti > di 100.000 ab equivalenti, 2032 da 50.000 a 100.000. Sarà ancora concesso l'uso agricolo solo di fanghi prodotti in impianti < a 50.000.

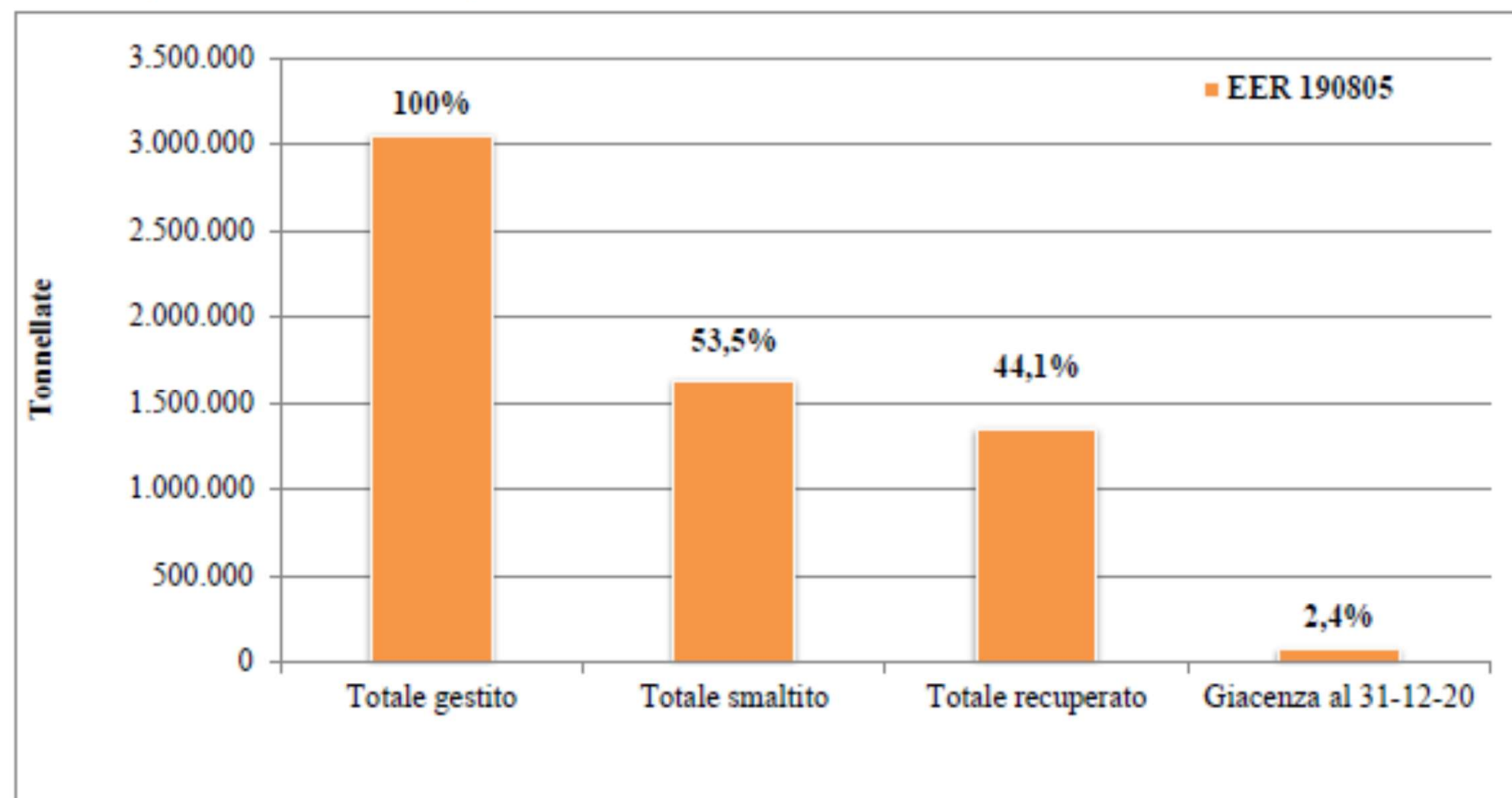


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

I biosolidi in Italia

Prof. G. Gigliotti

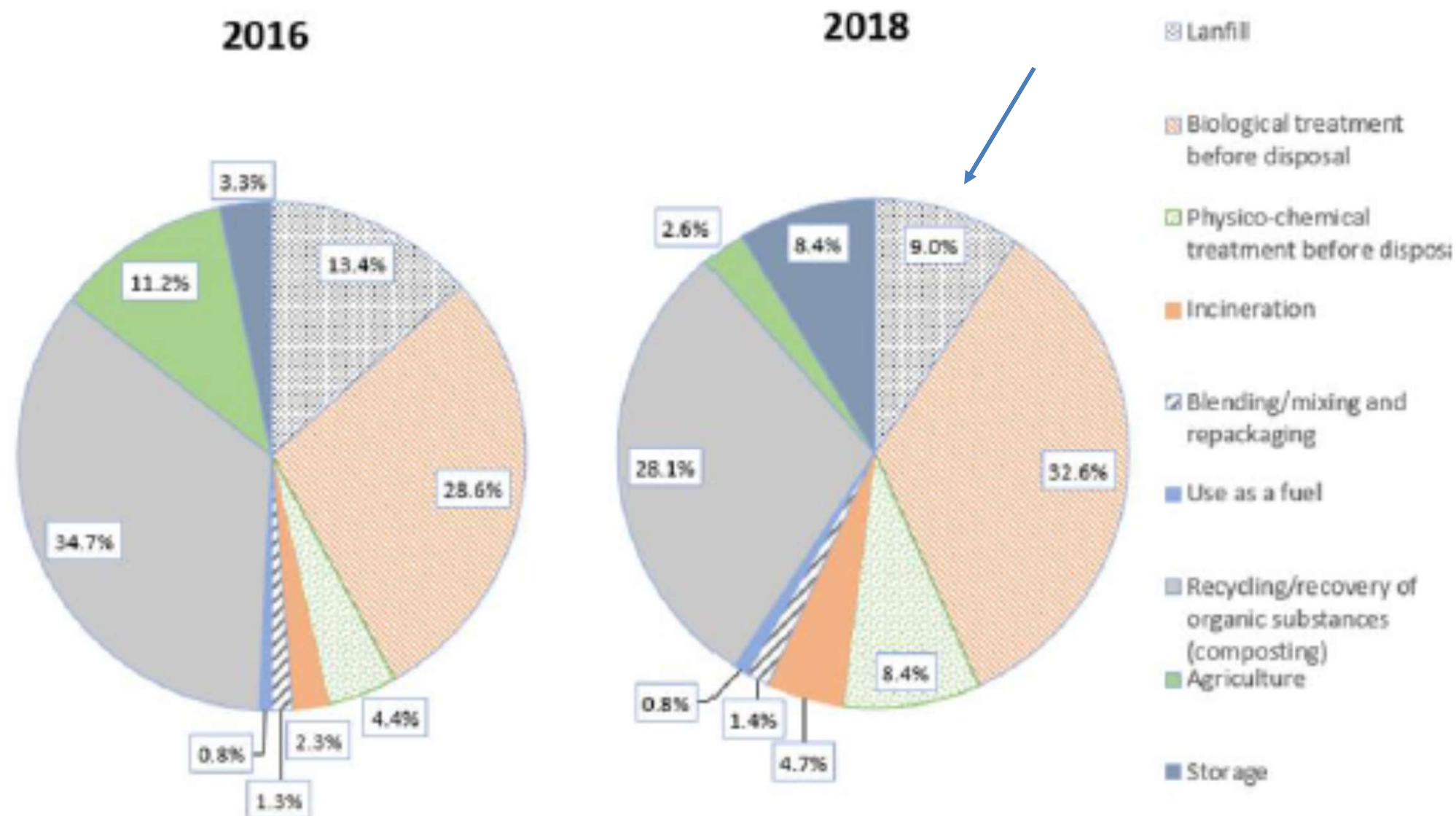
Figura 3.4.2 – Sintesi forme di gestione dei fanghi prodotti dal trattamento delle acque reflue urbane (Codice EER 190805), anno 2020



Fonte: ISPRA

Sewage sludge management

Figure 4-8 Sewage sludge management practices in Italy in 2016 and 2018 (in % of sludge disposal - total)



Source: (ISPRA, 2020)

Diverse fonti In Italia, come in Europa, sono parzialmente discordanti sul quantitativo di fanghi prodotti

ISPRA: 3,2 milioni di t di fango tal quale derivante da reflui urbani e di 697.850 t di fango tal quale di provenienza industriale.

Utilitalia (2017) concorda con la fonte precedente, riportando una produzione totale di fango pari a 3,7 milioni di m³, dei quali, il 43,2 % viene recuperato in agricoltura, il 26,0% è destinato al compostaggio, il 14,2% giunge in discarica, l'11,1% inviato alla termovalorizzazione e il 5,4% per la produzione di biogas.

Entrambe le stime, pur non pienamente rappresentative del contesto italiano, sono comunque utili a inquadrare la tematica e chiarire i volumi delle grandezze in gioco

Anche se le numerose direttive europee in tema di riutilizzo e di riciclo, nonché la stessa direttiva 91/271/EEC stabilisce che i fanghi di depurazione debbano essere riutilizzati in tutti i casi in cui sia possibile senza arrecare danni alla salute e all'ambiente, molti sono gli ostacoli che oggi si incontrano all'uso agricolo dei fanghi.

È bene distinguere subito tra:

- Uso diretto dopo appropriato trattamento;
- Uso come matrice nella formulazione di un ammendante compostato con fanghi
- Uso nella preparazione dei gessi di defecazione.

Altro documento di enorme importanza per l'uso dei fanghi è: Technical Report for **End-of-Waste Criteria** on Biodegradable Waste Subject to Biological Treatment (Technical Report, 2012)

In questo documento i biosolidi sono ricompresi nella lista positiva dei rifiuti da poter utilizzare come fertilizzanti.

In quali casi, in Italia, con i fanghi si rispetta il criterio dell'End of Waste?

Uso diretto in agricoltura e Decreto legislative 99/92.
Rappresenta una pratica di recupero di rifiuti
Limiti all'uso in base alle caratteristiche e alla
provenienza.

CoCompostaggio con produzione di un nuovo prodotto
(ammendante compostato con fanghi ex allegato 2
D.Lvo 75/2010 (EoW).

Gessi di defecazione da fanghi, nuovo prodotto ex
allegato 3 D.Lvo 75/2010 (EoW).



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

L'uso agricolo ex 99/92

Limiti dei metalli nei fanghi, in Europa situazione variegata

Country	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
EU Directive 86/278/EEC	20–40	Not limited	1000–1750	16–25	300–400	750–1200	2500–4000
Austria	2–10	50–500	300–500	2–10	25–100	100–500	1500–2000
Belgium	10	500	600	10	100	500	2000
Bulgaria	30	500	1600	16	350	800	3000
Czech Republic	5	200	500	4	100	200	2500

Elemento	Concentrazione massima mg/kg
Cadmio	20
Mercurio	10
Nichel	300
Piombo	750
Rame	1000
Zinco	2500

D. Lvo 99/92 Valori massimi di concentrazione di metalli pesanti nei suoli agricoli destinati all'utilizzazione dei fanghi di depurazione

Elemento	Concentrazione massima mg/kg
Cadmio	1,5
Mercurio	1
Nichel	75
Piombo	100
Rame	100
Zinco	300

D. Lgs 99/92 Limiti di qualità agronomica e microbiologica

Parameter	limit
Total solids	
Organic C (min)	20% ss
Humification degree	
Total N (min)	1,5% ss
Totale P (min)	0,4% ss
Potassio totale	
Salmonella (max)	10³ MPN/gss

Limiti microbiologici confront con altri EU-MS.

Table 5 ■ Standards for maximum pathogens content in sludge (Mininni and Dentel, 2013)

Country	Salmonella sp.	Other pathogens
Poland	If sludge contains Salmonella it cannot be used in agriculture	Fecal streptococci: < 100/g
France	8MPN/10 g d.m.	Enteroviruses 3 MPCN/10 g d.m. Helminths eggs: 3/10 g d.m
Finland	Not detected in 25 g	<i>Escherichia coli</i> < 1000 cfu
Italy	1000 MPN/ g d.m.	–
Luxembourg	–	Enterobacteria: 100/g no eggs of worm likely to be contagious
Hungary	–	Fecal coli and fecal streptococci decrease below 10% of original number
Denmark (only for advanced treated sludge)	No occurrence	Fecal streptococci: < 100/g

Il Decreto Genova

idrocarburi (C10-C40):	≤1.000 (mg/kg tal quale),
sommatoria degli IPA:	≤6 (mg/kg ww),
PCDD/PCDF + PCB DL:	≤25 (ng WHO-TEQ/kg dw),
PCB:	≤0,8 (mg/kg dw),
Toluene:	≤100 (mg/kg dw),
Selenio:	≤10 (mg/kg dw),
Berillio:	≤2 (mg/kg dw),
Arsenic:	<20 (mg/kg dw),
Cromo totale:	<200 (mg/kg dw),
Cromo VI:	<2 (mg/kg SS).

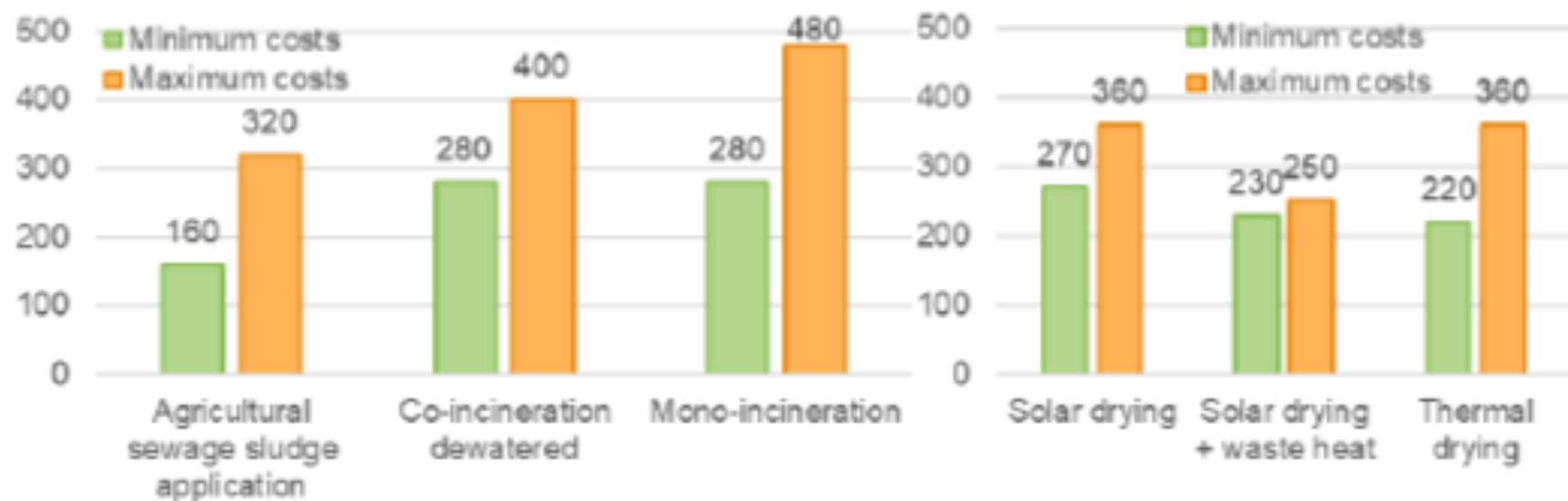
La legislazione in materia è assolutamente incompleta e obsoleta!



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

**L'uso agricolo è legato solo al minor costo
di gestione rispetto ad altri metodi?**

Figure 4-7 Costs of sewage sludge management methods and treatments (in €/t of dry residue)

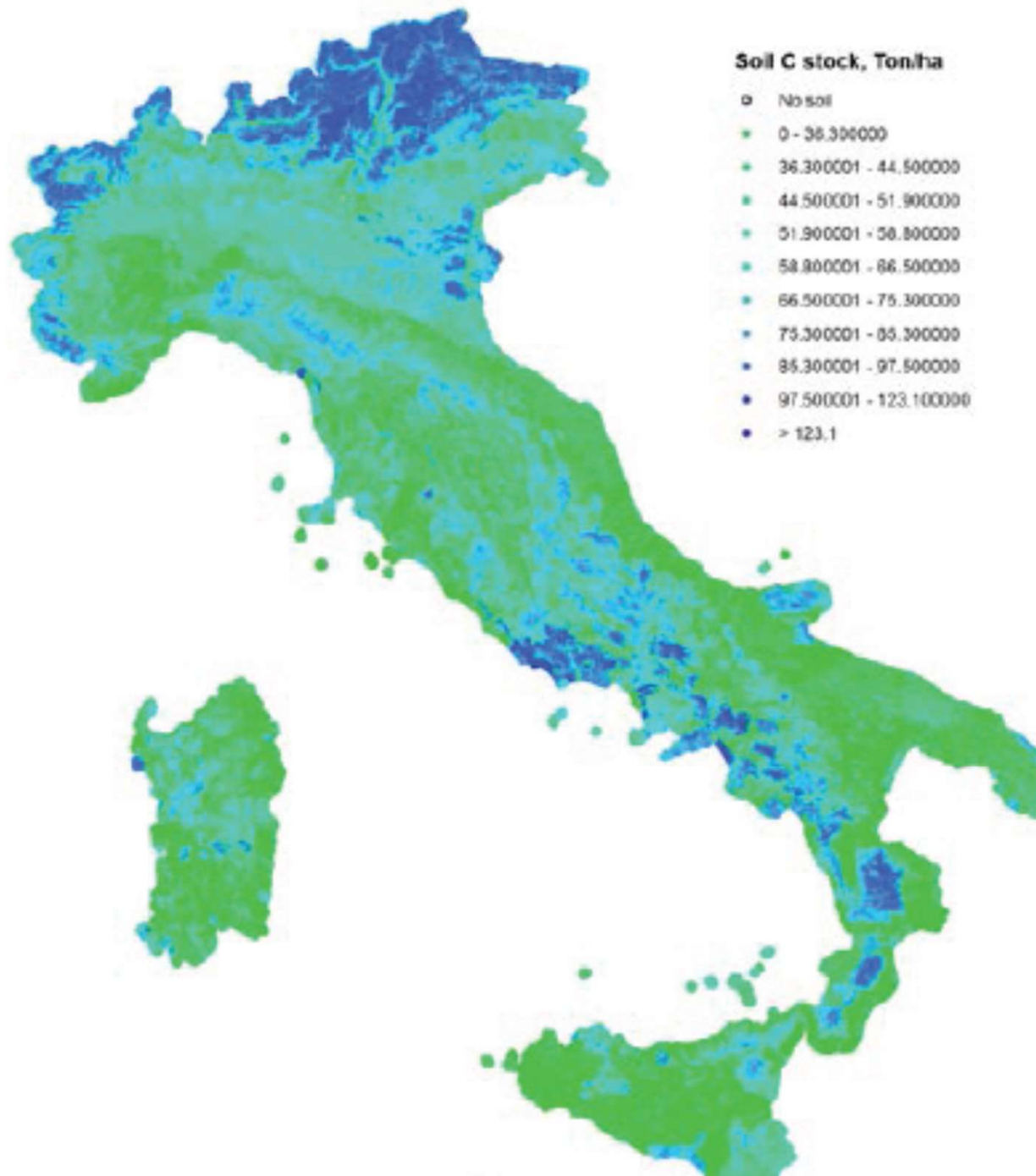


Source: (The German Environment Agency, 2018)

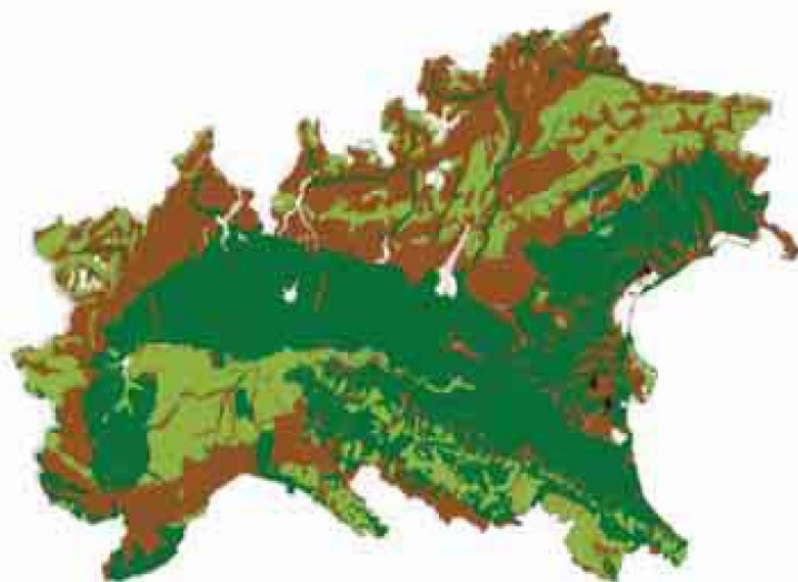
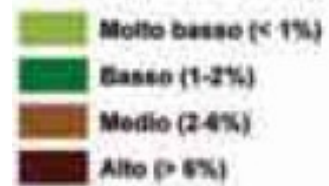
Naturalmente no, non è solo una questione economica e neanche ideologica di applicazione a tutti i costi dei principi dell'economia circolare, si tratta dell'incontro tra due esigenze specifiche:

Smaltire un rifiuto organico andando a chiudere in maniera intelligente e costruttiva il ciclo del C e apportare SO in suoli dal carente al fortemente carente, quali quelli dei paesi mediterranei.

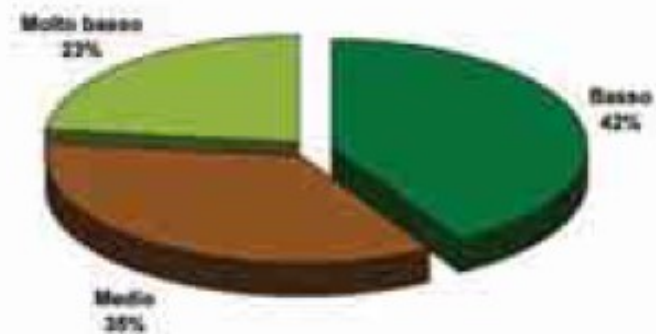
Andamento dello stock di C legato anche al consumo di suolo



Classi di CO

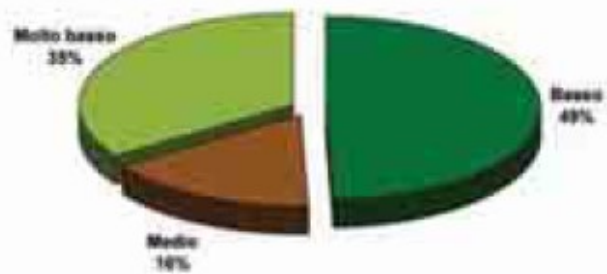


Percentuale di territorio per classi di CO

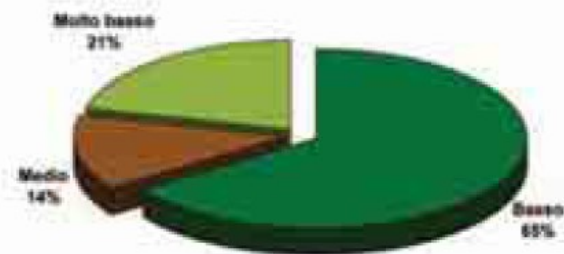




Percentuale di territorio per classi di CO



Percentuale di territorio per classi di CO



Composizione chimica dei fanghi

Composizione molto variabile

In agricoltura i fanghi più utilizzati sono gli urbani e quelli di origine agroindustriale. I primi hanno composizione più costante e, in genere, mostrano un basso contenuto di elementi “inquinanti”.

Generalmente i fanghi di depurazione contengono tutti gli elementi necessari alla vita delle piante, oltre ad un più o meno elevato tenore in sostanza organica che gli conferisce effetto ammendante.

In

Composizione

Sostanza organica

Azoto

Fosforo

Potassio

Calcio

Zolfo

Microelementi

Elementi indesiderati, minerali e organici

Patogeni

Influenza dell'applicazione dei fanghi sulle proprietà fisiche del terreno

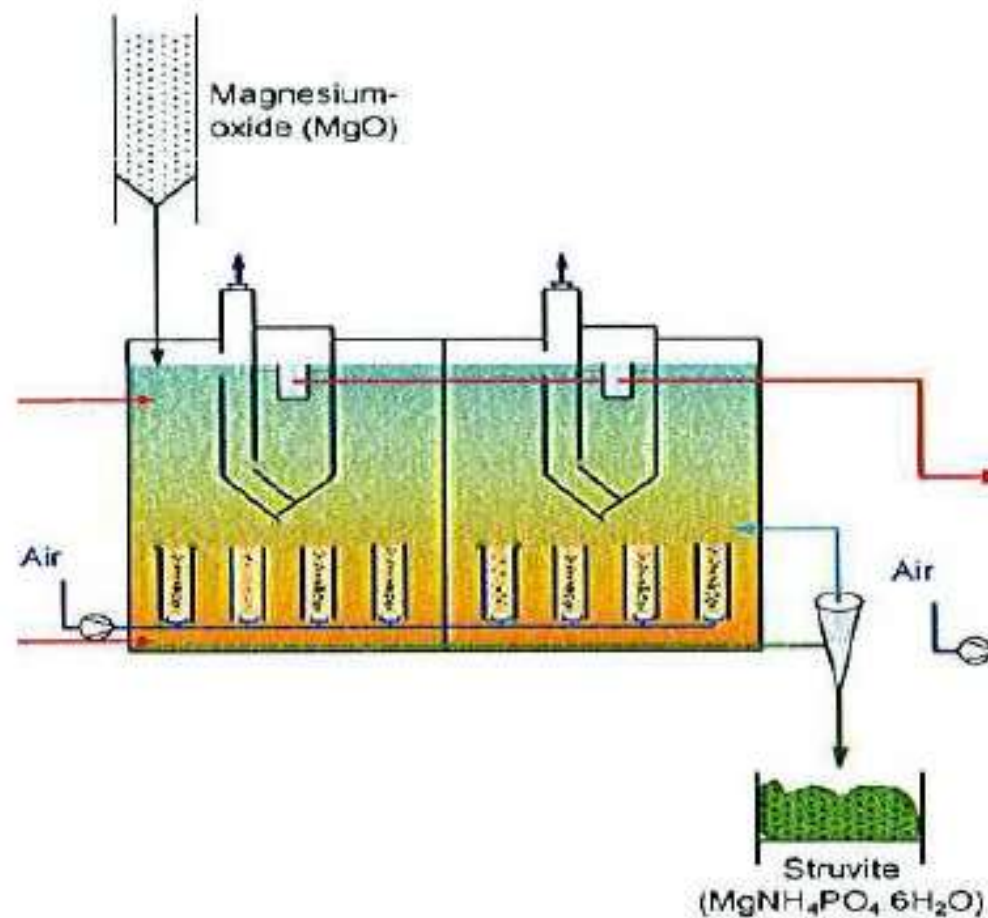
- **Ritenzione idrica**
- **Porosità**
- **Densità apparente**
- **Stabilità di struttura**

Influenza dell'applicazione dei fanghi sulle proprietà microbiologiche del terreno

- **Aumento della biomassa microbica totale (effetto contrastante se si ha eccesso di metalli)**
- **Fissazione biologica dell'N (nessun effetto)**
- **Mineralizzazione dell'N (nessun effetto)**
- **Attività enzimatiche**

Recupero del P da fanghi di depurazione

Precipitazione della struvite



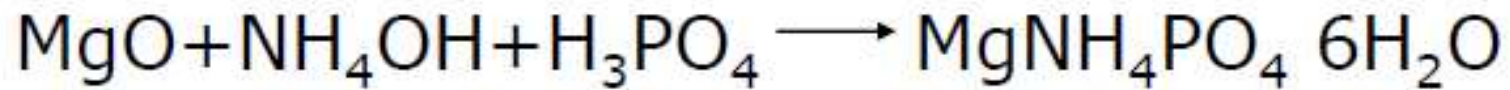
Il costo del recupero di P con questo metodo è oggi stimato essere 22 volte più elevato del P ottenuto da minerali fosfatici e loro trattamento



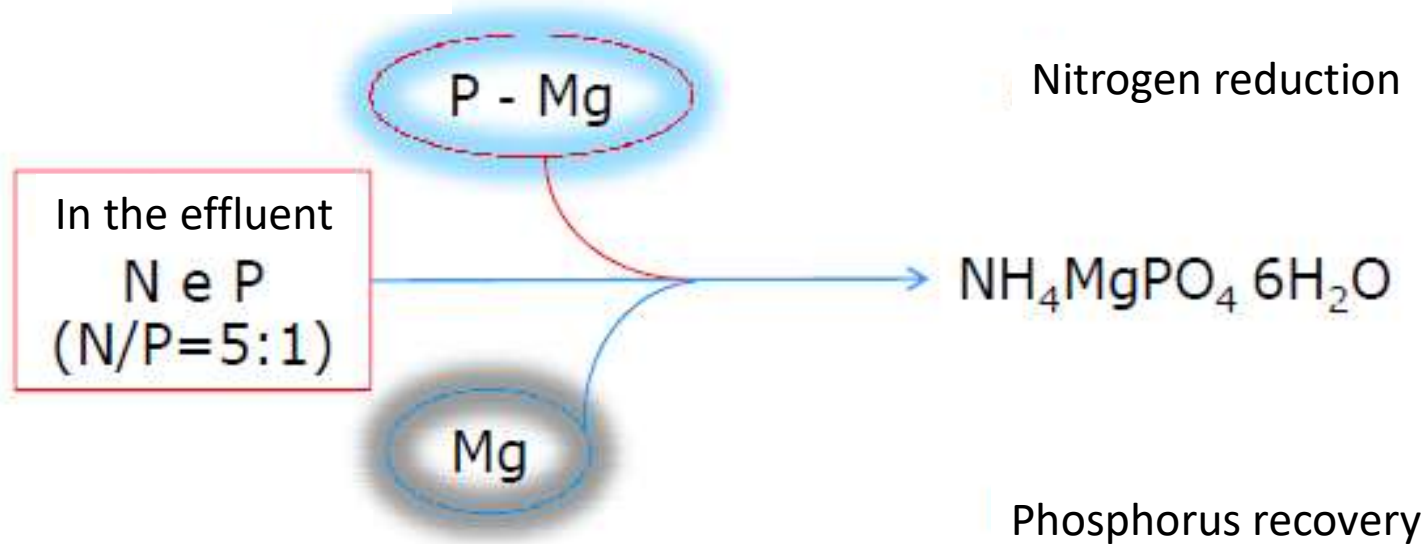
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

Sewage sludge treatments

Struvite precipitation



Italian method



USA and Netherland method

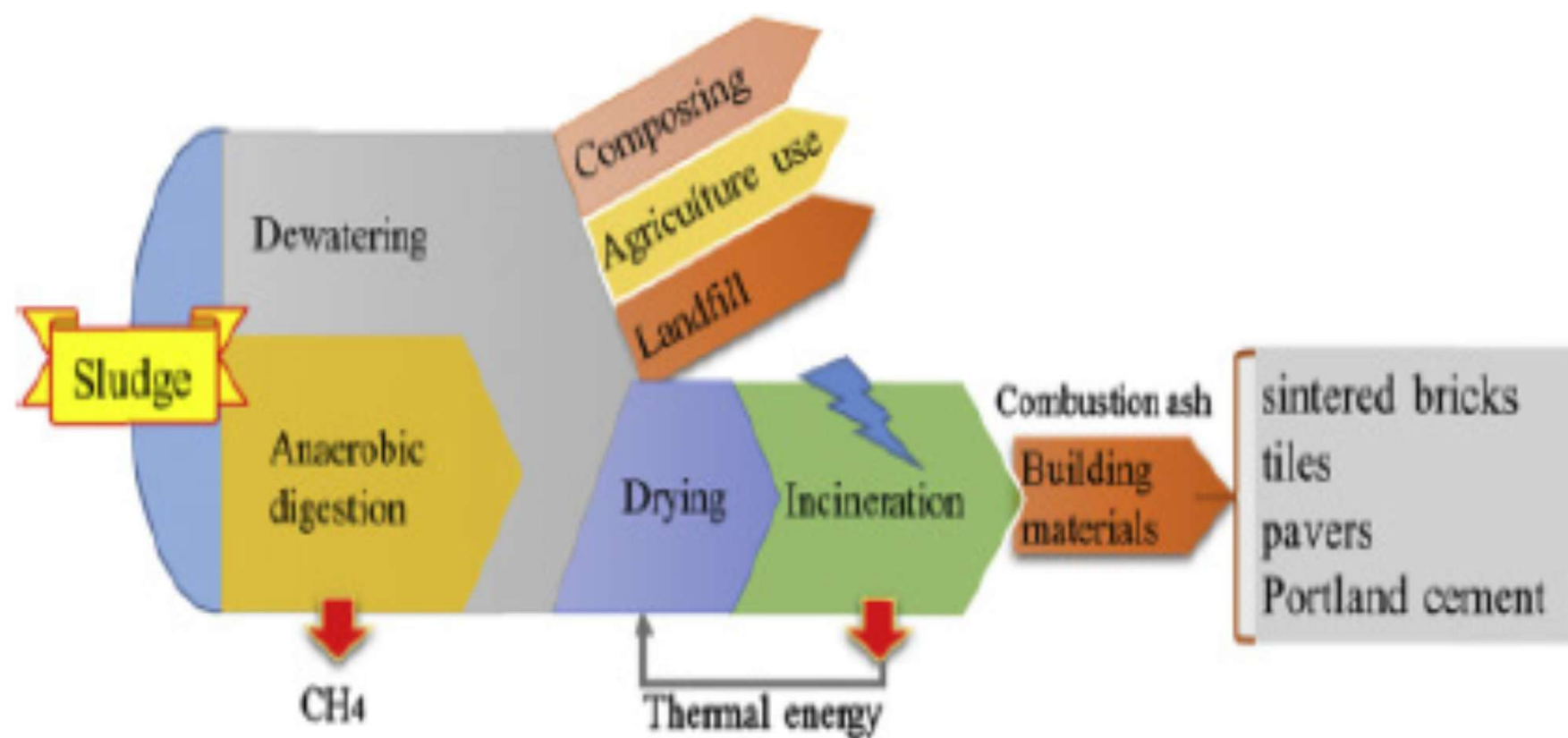


Figure 1.5. Treatment and disposal routes of sewage sludge.

Compostaggio

«Ammendante compostato con fanghi»
max 35% Fanghi.
EoW

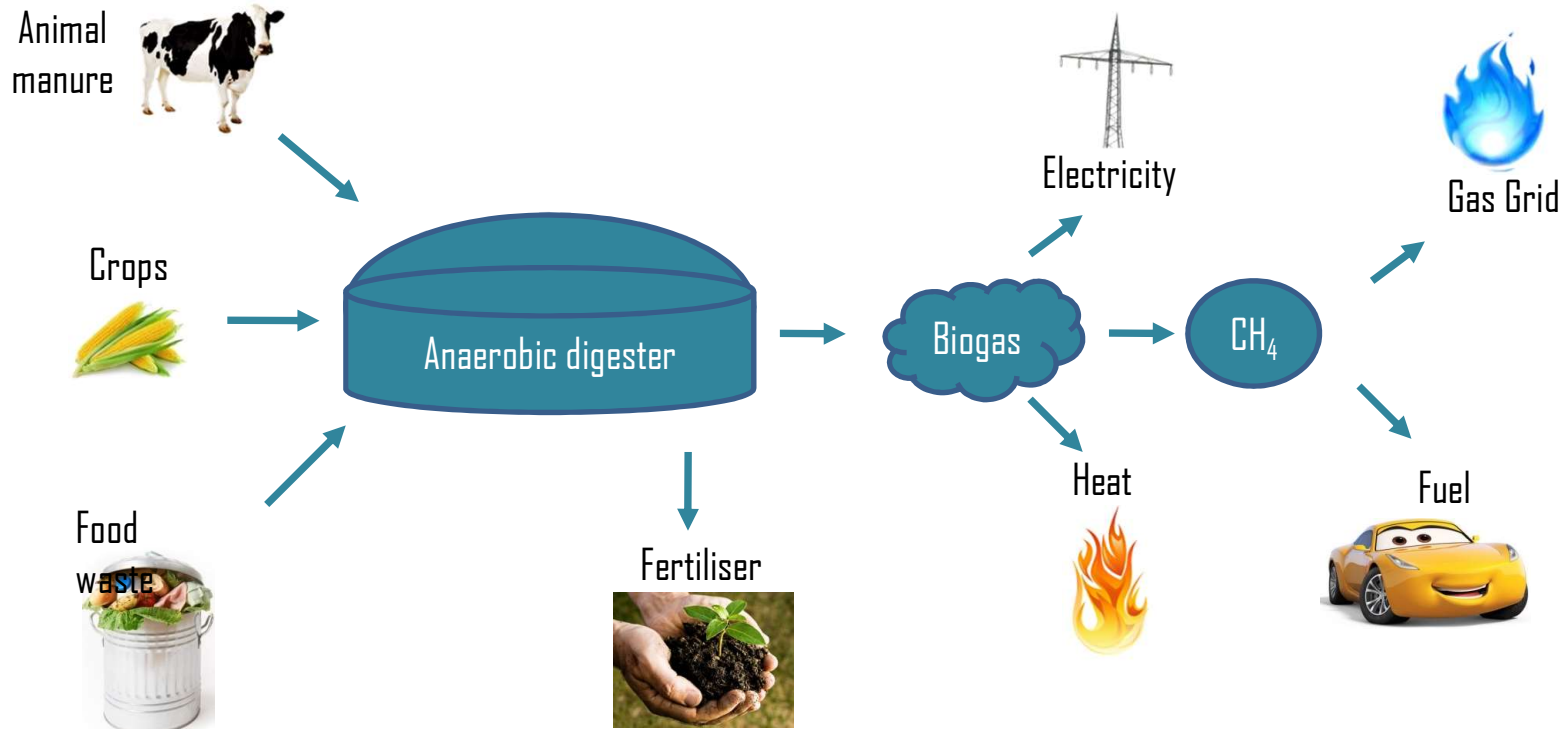
Sewage sludge

Elemento	Concentrazione massima mg/kg
Cadmio	20
Mercurio	10
Nichel	300
Piombo	750
Rame	1000
Zinco	2500

Composted SS

Metal	Limit mg/kg
Piombo	140
Cadmio	1,5
Nichel	100
Zinco	500
Rame	230
Mercurio	1,5
Cromo VI	0.5

ANAEROBIC DIGESTION



Anaerobic digestion is a microbiological process in which the microorganisms break down biodegradable material in the absence of oxygen, as well as it produces bio-energy as biogas, constituted mainly of CH₄ and CO₂.

Trattamenti chimici

Aggiunta di calce e/o acido solforico, con precipitazione di solfato di calcio.

Incenerimento

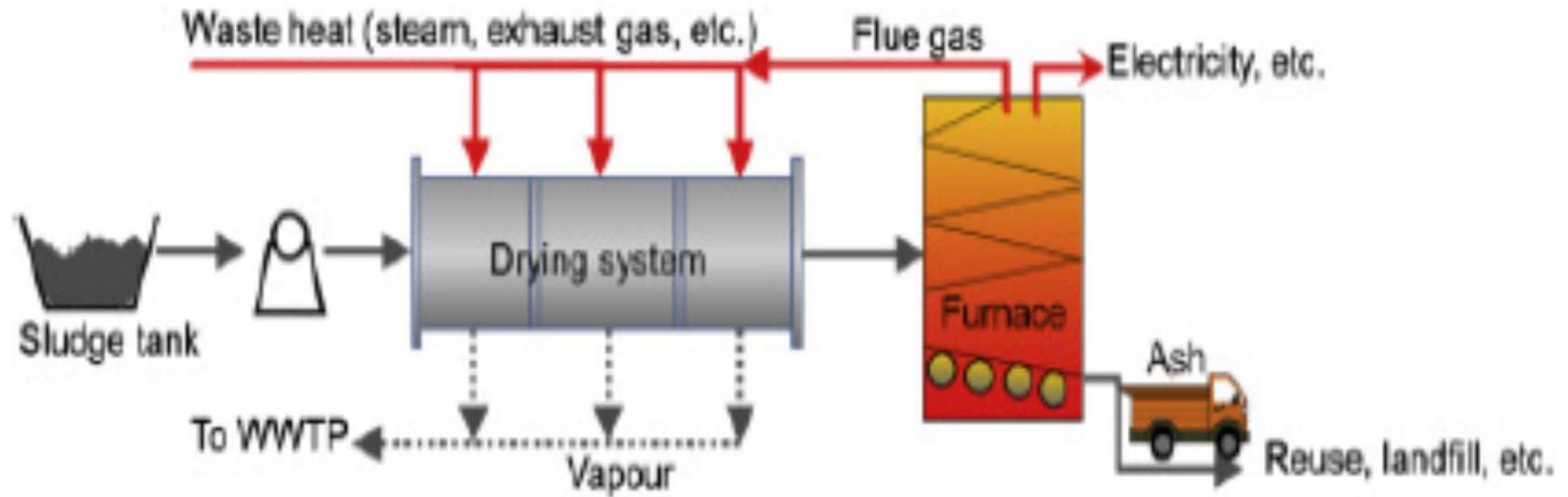


Figure 1.10. Flow sheet of a typical sludge drying and incineration process.

Recupero di fosfati dalle ceneri