

NUOVI ORIZZONTI PER IL RECUPERO SOSTENIBILE DEI FANGHI BIOLOGICI IN AGRICOLTURA
9 MAGGIO 2025 Palazzo Lombardia, Sala Belvedere «Silvio Berlusconi», Piazza Città di Lombardia, Milano

Conclusioni e prospettive future nell'utilizzo sostenibile dei fanghi in agricoltura



GRUPPO RICICLA

Fabrizio Adani

Università degli Studi di Milano - DiSAA

Agriculture and Environment Lab. ; Biomass and Agroenergy Lab. of Bioeconomy and Green Chemistry Lab.

Via Celoria, 2 20133 Milano, Tel. 02-50316546, Fax. 02-50316521

Web site: <http://users.unimi.it/ricicla/>

Adjunct Professor, National Center for International Research of BioEnergy, Science and Technology (iBEST), China

Agricultural University (China)



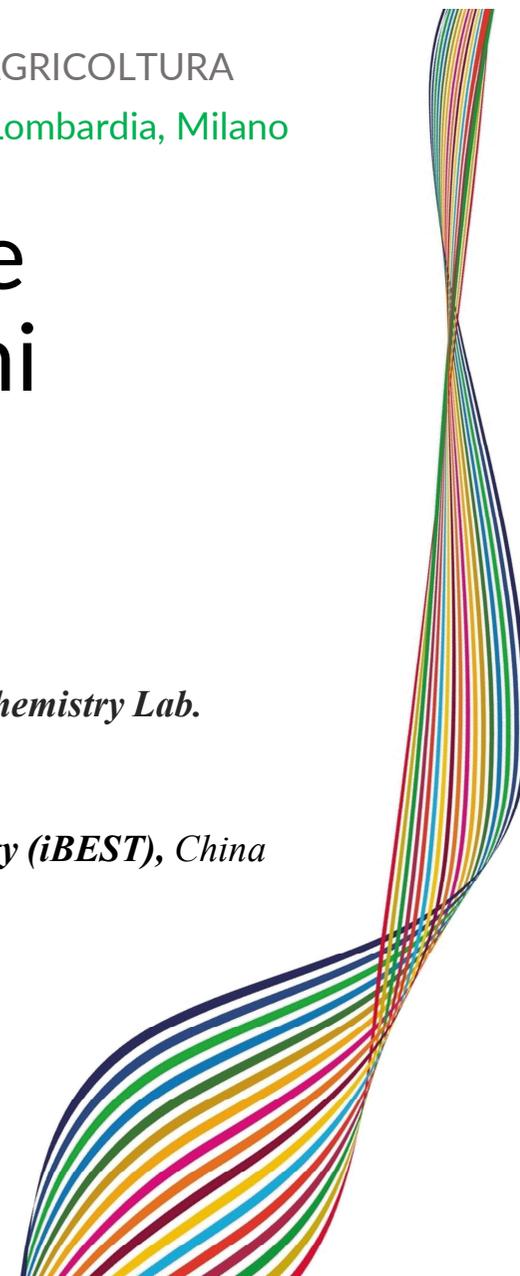
EFAR aderisce al Protocollo Lombardo
per lo Sviluppo Sostenibile



Sostenibilità
in Lombardia



Regione
Lombardia



✓ Vantaggi agronomici

- Apporto di sostanza organica, che migliora la struttura del suolo.
- Fornitura di nutrienti essenziali (azoto, fosforo, potassio).
- Contribuisce all'economia circolare, riducendo i rifiuti da smaltire.

⚠️ Rischi di ecotossicità

- Metalli pesanti (Cd, Pb, Hg, Ni, Cr, Zn, Cu): se presenti in concentrazioni elevate, si accumulano nel suolo e possono entrare nella catena alimentare.
- **Contaminanti emergenti:**
 - Farmaci e antibiotici residui.
 - Microplastiche.
 - Composti perfluorurati (PFAS).
- **Effetti tossici sugli organismi del suolo**, come lombrichi e microrganismi, che sono essenziali per la fertilità del terreno.
- Possibile **fitotossicità**: riduzione della germinazione o crescita delle piante.

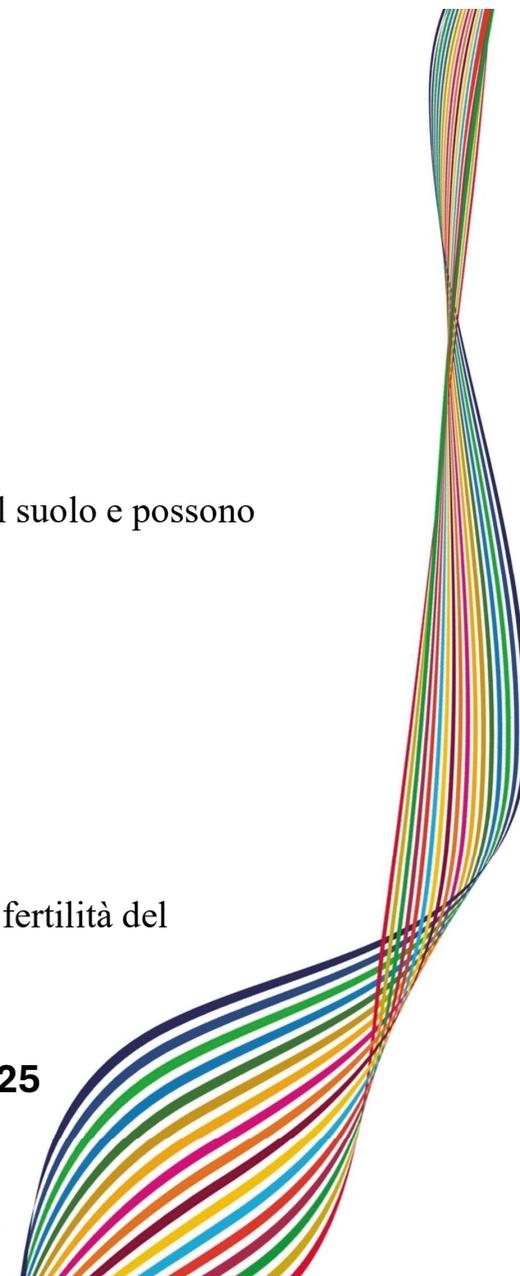
ChatGPT, 2025



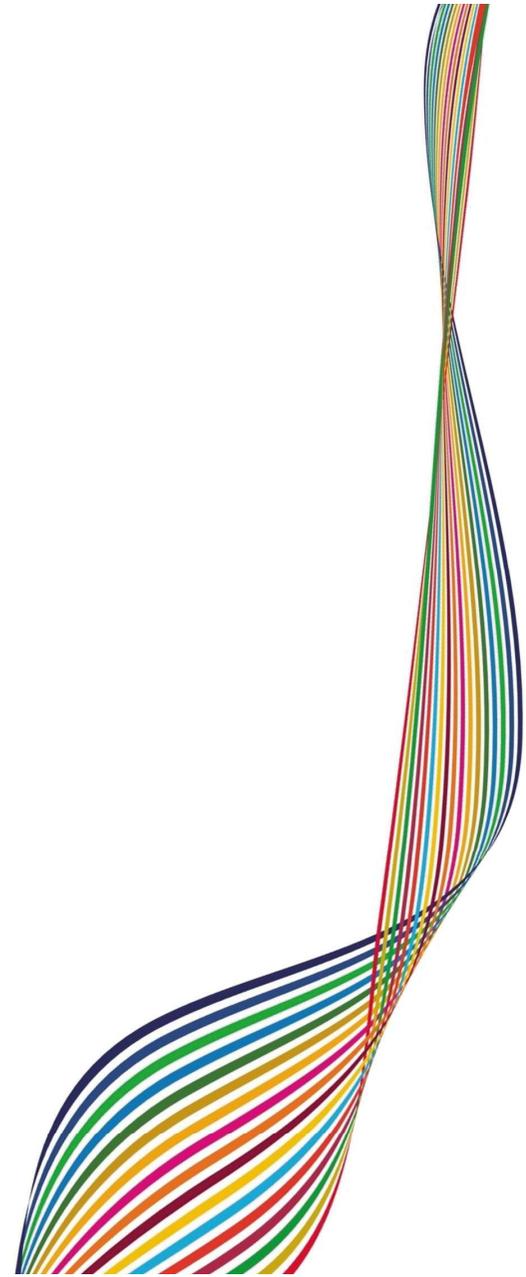
Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Regione
Lombardia



Cap. 1: Inquinanti organici



Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



**Sostenibilità
in Lombardia**



**Regione
Lombardia**

Lo studio Adani e Minero, 2025, riporta.....

«Pertanto, le risultanze analitiche mostrano che i dati riportati nella presente relazione **sono molto robusti e indicativi della qualità dei Fanghi R10**. I risultati della ricerca sono molto positivi, in quanto non solo sono rispettati i limiti di legge sia per i FANGHI che per i FANGHI R10, ma in quanto il set di dati prodotto presenta più della metà delle misurazioni al di sotto del limite di rilevabilità, **confermando quindi la qualità dei fanghi destinati allo spargimento in agricoltura.**»

.....dati confermati da un lavoro Norvegese completo e reiterato negli anni

Adani e Minero, 2025. CAMPAGNA DI MONITORAGGIO SULLA PRESENZA DI INQUINANTI ORGANICI IN FANGHI E NEI PRODOTTI DERIVATI UTILIZZATI IN AGRICOLTURA



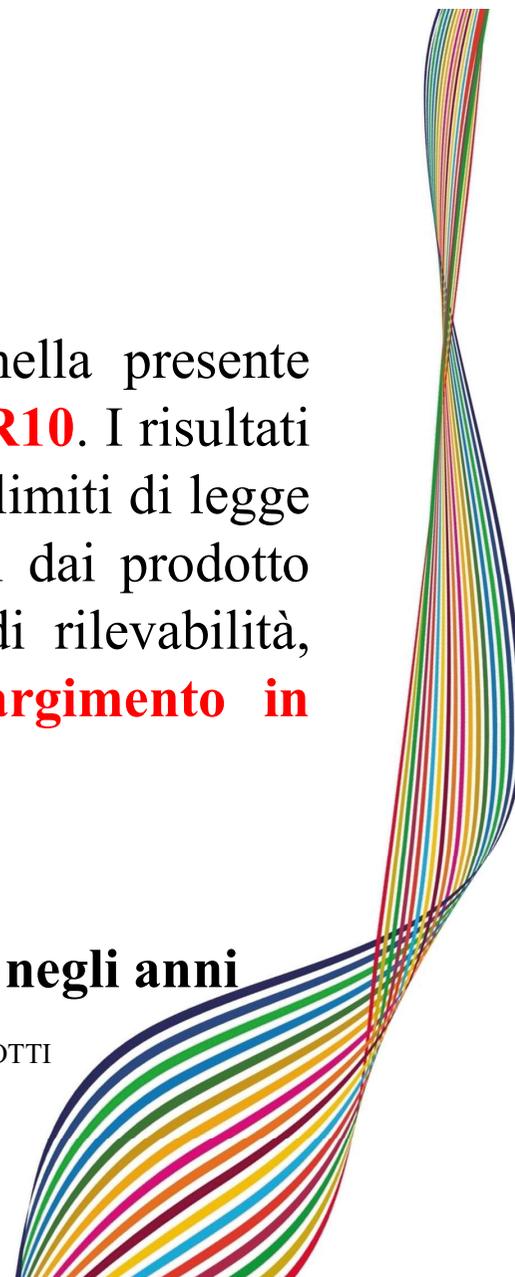
Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia

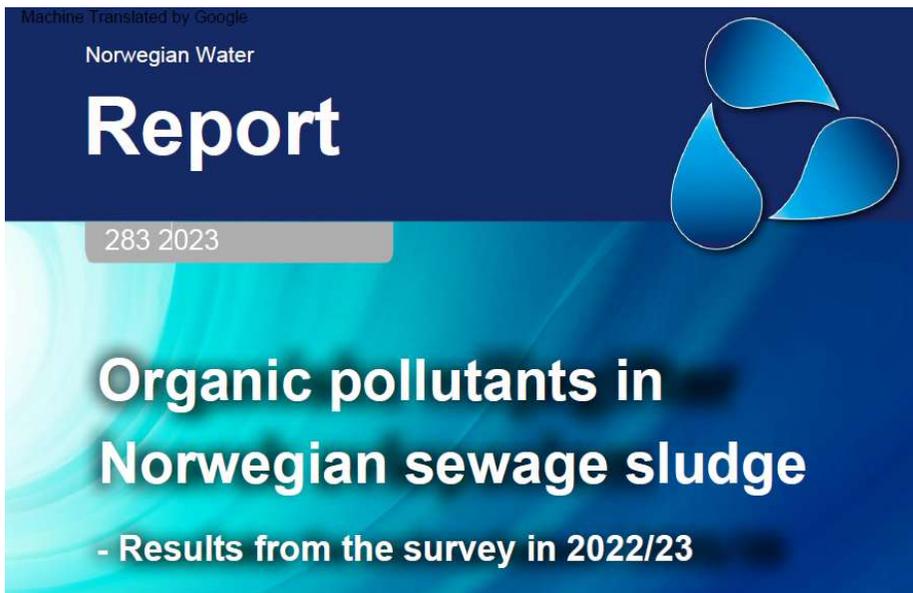


Sostenibilità
in Lombardia



Regione
Lombardia





Si tratta di un documento prodotto dalla Norwegian Water (in norvegese: Norsk Vann) è un'associazione nazionale che rappresenta l'industria idrica norvegese. Agisce per conto dei membri, che sono principalmente municipalità e aziende di proprietà delle municipalità. Norwegian Water in totale rappresenta circa **319 municipalità, con il 98% della popolazione**. Il progetto è stato realizzato da COWI per conto di Norsk Vann e finanziato dall'Agenzia Norvegese per l'Ambiente .
Pubblicato: Oslo, 14 febbraio 2024

Questo Rapporto, **effettuato periodicamente ogni cinque anni a partire dal 1996-7**, essendo indirizzato ai gestori norvegesi degli impianti di trattamento acque reflue, viene pubblicato esclusivamente in norvegese.

Berri, 2024



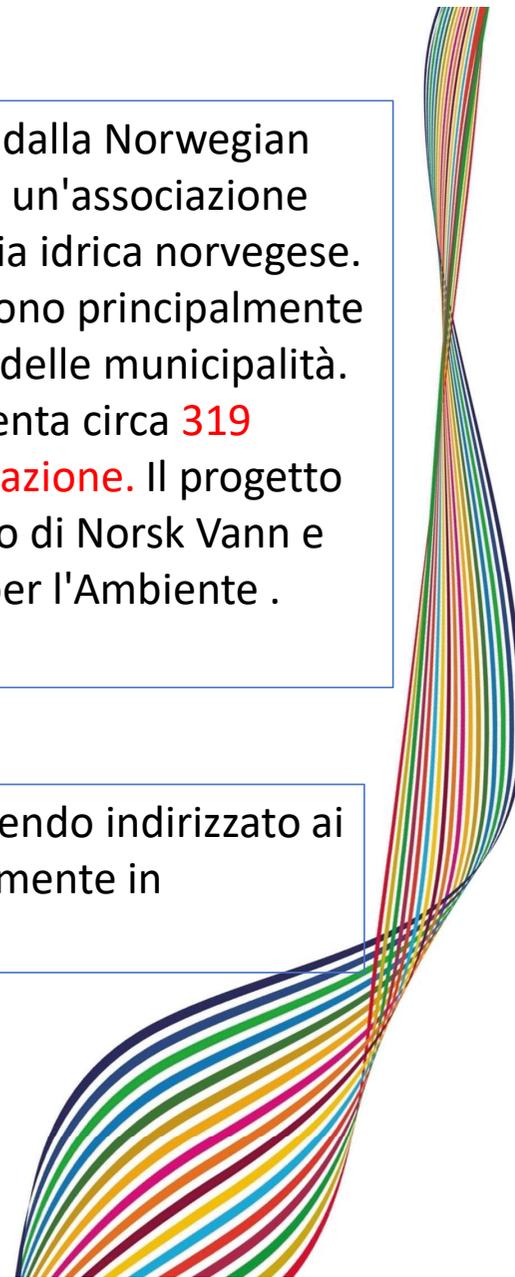
Evento connesso al 6° Forum Regionale per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Sostenibilità in Lombardia



Regione Lombardia



L'Ente norvegese determina una poderosa quantità di parametri analitici relativi ai fanghi biologici destinati all'agricoltura, e attraverso le sue periodiche campagne, una ogni circa 5 anni, offre anche la possibilità di poter valutare **l'evoluzione che gli inquinanti hanno nei fanghi di depurazione in considerazione delle normative che limitano la circolazione delle sostanze tossiche nell'ambiente (REACH ed altre limitazioni normative) e dei cambiamenti della società civile e industriale.**

Dalla consultazione del testo si osserva una diminuzione degli inquinanti nei fanghi.

Adani e Minero, 2025. CAMPAGNA DI MONITORAGGIO SULLA PRESENZA DI INQUINANTI ORGANICI IN FANGHI E NEI PRODOTTI DERIVATI UTILIZZATI IN AGRICOLTURA



Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Sostenibilità
in Lombardia



Regione
Lombardia



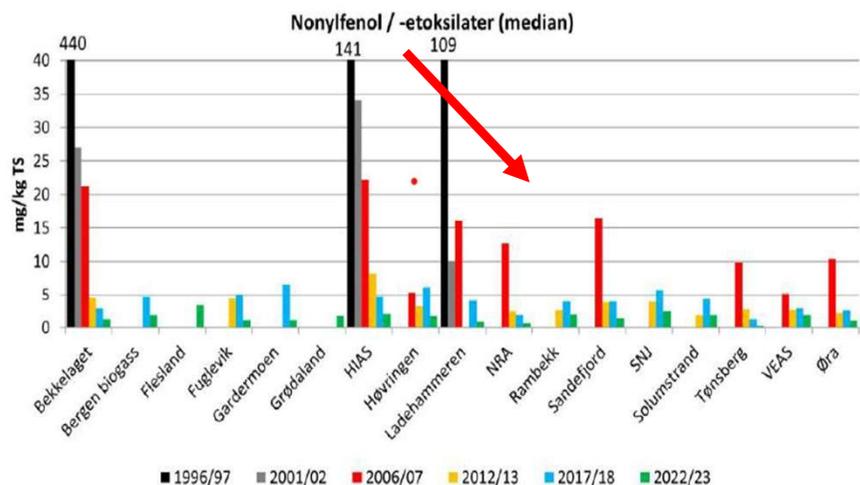


Figura 16. Concentrazioni mediane di nonilfenoli e -etossilateri nei fanghi degli impianti di trattamento nel periodo 1996 – 2023.
Concentrazioni mediane di nonilfenoli con -etossilateri nei fanghi degli impianti di trattamento norvegesi per il periodo 1996-2023.

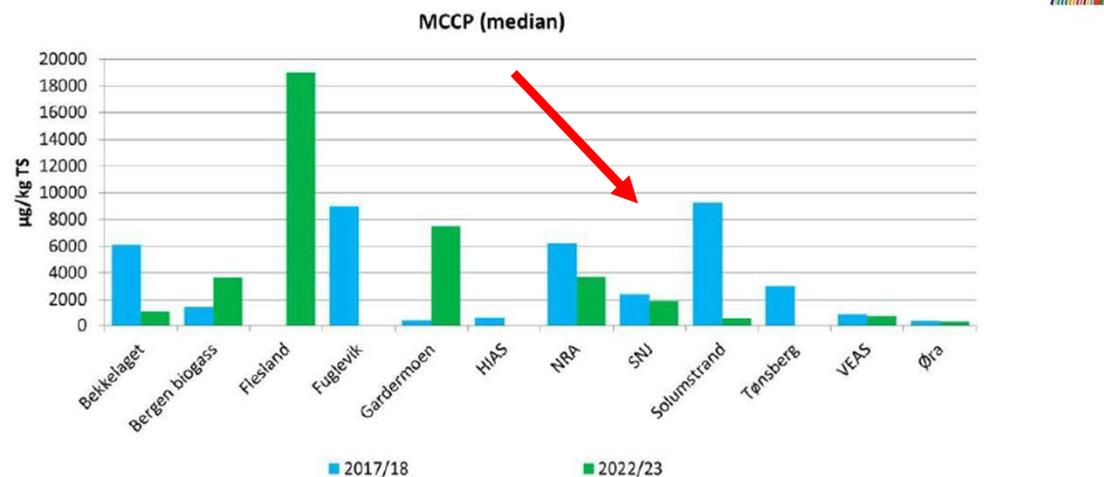


Figura 49. Concentrazioni mediane di paraffine clorate a catena media (MCCP) nei fanghi provenienti dagli impianti di trattamento nel periodo 2017 – 2023.
Concentrazioni mediane di paraffine clorate a catena media (MCCP) nei fanghi degli impianti di trattamento norvegesi per il periodo 2017-2023.

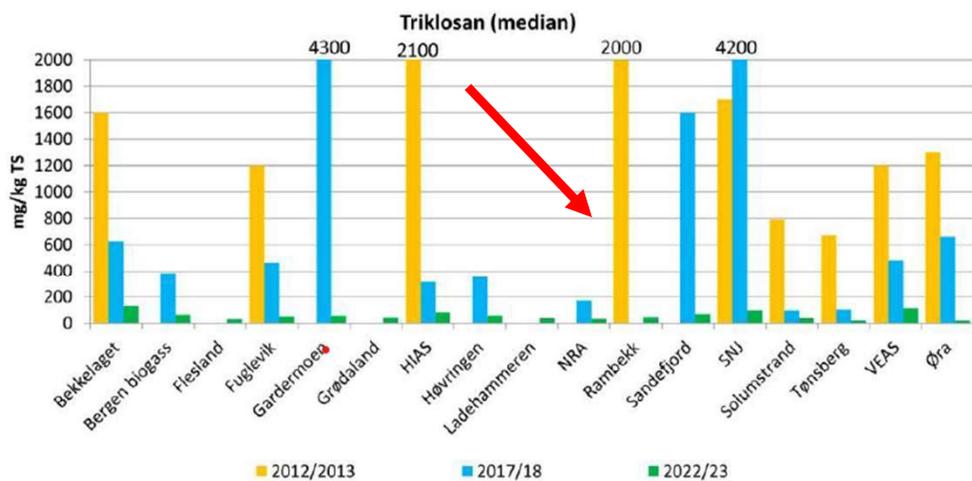


Figura 25. Concentrazioni mediane di triclosan nei fanghi degli impianti di trattamento nel periodo 2012 – 2023.
Concentrazioni mediane di triclosan nei fanghi degli impianti di trattamento norvegesi per il periodo 2012-2023.

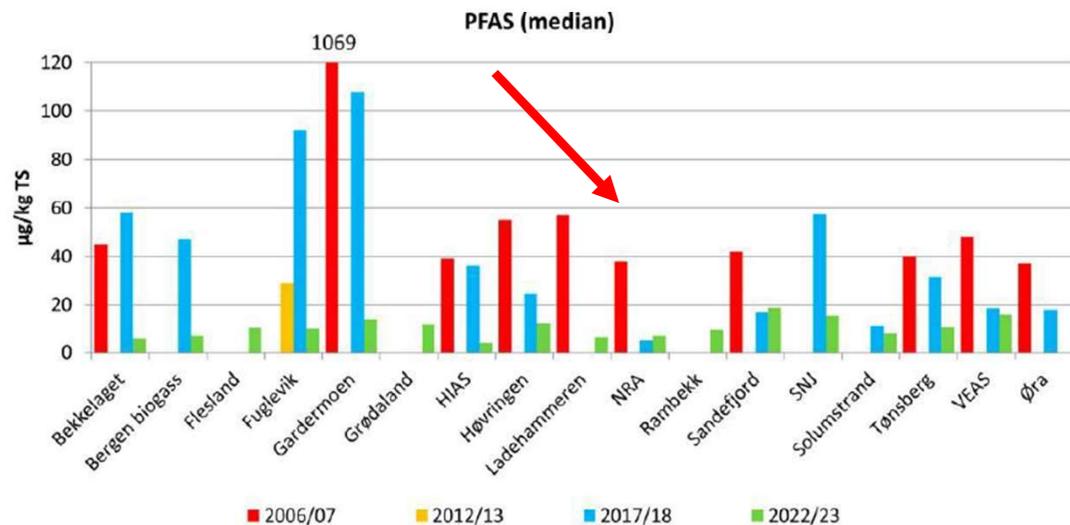


Figura 23. Concentrazioni mediane di PFAS totali nel periodo 1996 – 2023.
Concentrazioni mediane della somma di PFAS nei fanghi degli impianti di trattamento norvegesi per il periodo 1996-2023.

Lo studio Minero e Adani, 2025, riporta.....

La problematica dei contaminanti non dovrebbe essere focalizzata solo sulla concentrazione di questi inquinanti nei fanghi di depurazione, ma sul fatto **che la loro presenza in questa matrice è un indicatore di una possibile contaminazione idropotabile o a scarichi produttivi che utilizzano a monte tali composti**. Il miglioramento della qualità dell'acqua potabile erogata, con tutti conseguenti benefici per la popolazione servita, o la rimozione/risoluzione della contaminazione presente nello scarico produttivo, come richiede la recentissima Direttiva Acque Reflue (Direttiva 2024/3019), porterebbero alla auspicata risoluzione della problematica della presenza dei contaminanti nei fanghi in quanto la contaminazione ambientale diffusa, anch'essa destinata a ridursi a seguito delle limitazioni normative per questi composti, non dovrebbe determinare apporti significativi.

Adani e Minero, 2025. CAMPAGNA DI MONITORAGGIO SULLA PRESENZA DI INQUINANTI ORGANICI IN FANGHI E NEI PRODOTTI DERIVATI UTILIZZATI IN AGRICOLTURA



Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Effetto locomotive

Spinosa, 2018

Secondo gli approcci più tradizionali, i fanghi sono generalmente considerati come “*l’ultimo vagonne*” del treno del ciclo delle acque e non la “*locomotiva*”.....visione errata!!!

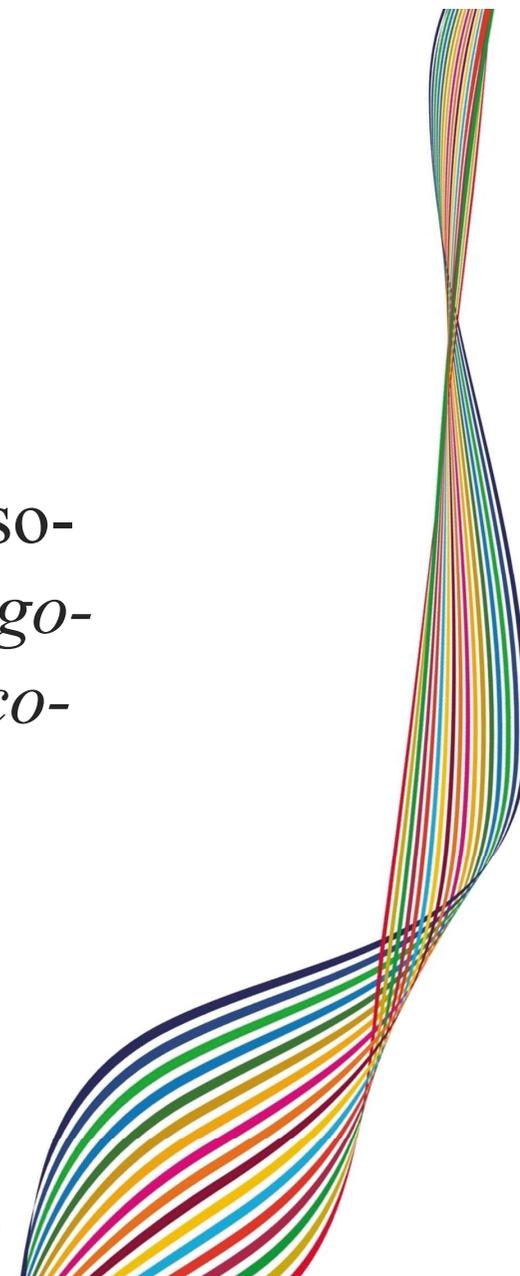
Ingegneria dell’Ambiente Vol. 5 n.1/2018



Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia

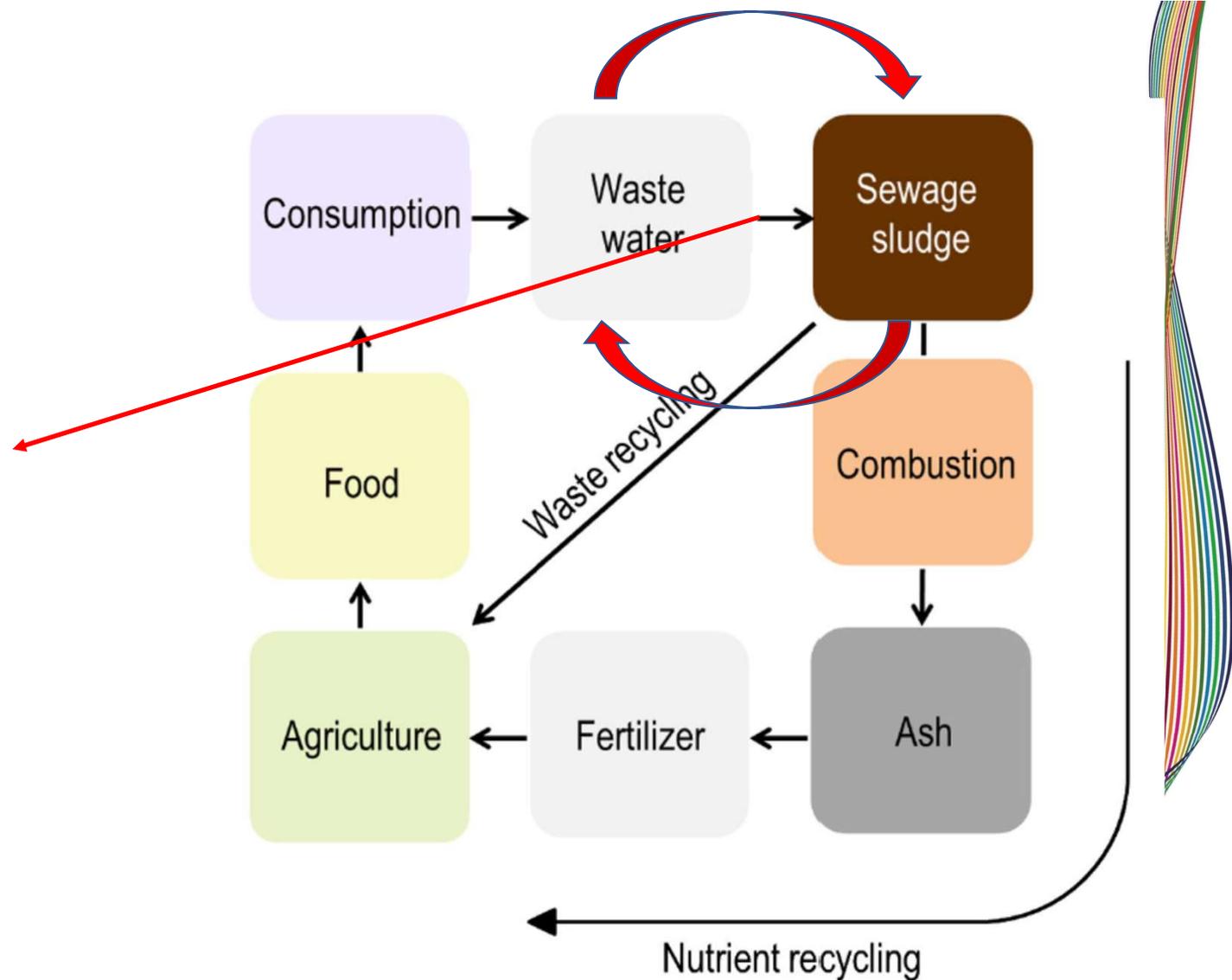


Regione
Lombardia



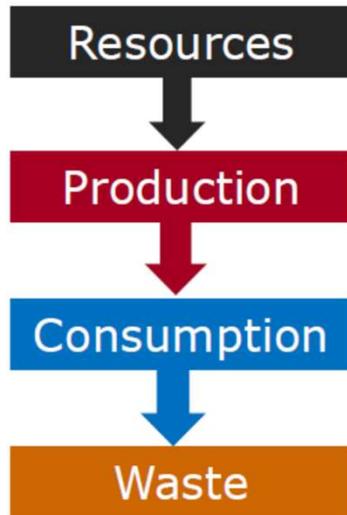
**Intervenire sulla qualità dei fanghi,
intervenendo sulla depurazione
delle acque e qualità degli scarichi**

**Fango = Locomotiva e non ultimo
vagone !!!!!**



Circular economy = the way to go

Linear economy

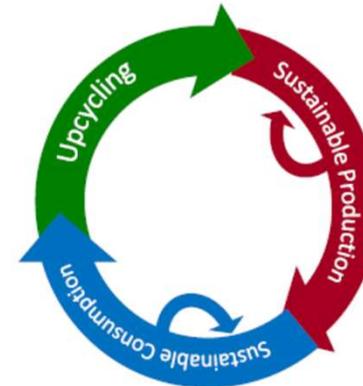


CIRCULAR ECONOMY
saving resources, creating jobs
Green Week, Brussels > 3-5 June 2014

Chain economy



Circular economy



Obiettivo !!!



Noi siamo qui !!!!!



Evento connesso al 6° Forum Regionale per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Sostenibilità in Lombardia



Regione Lombardia



Approccio riduzione inquinanti nei fanghi:

- 1. Fase 1:** la presenza di contaminanti non può essere evitata, quindi essa deve essere monitorata nei termini di loro presenza nei fanghi e loro tossicità e compatibilità con l'ambiente e l'uomo, i.e. tossicità ambientale e umana.
- 2. Fase 2:** migliorare i sistemi di depurazione e di rimozione degli inquinanti in modo da evitare o ridurre il loro accumulo nei fanghi almeno al di sotto delle soglie di concentrazione ritenute tossiche per l'ambiente e l'uomo.
- 3. Fase 3:** segnalare gli inquinanti più persistenti e tossici per evitare la loro produzione e la loro introduzione nel sistema produttivo

Strettamente collegato a ciò vi è la necessità di studiare il reale impatto dei fanghi rispetto al background, secondo un metodo comparativo in grado di misurare le fonti di impatto e il loro peso.

Non focalizziamoci su un «**problema**»: **i fanghi**, rischiamo di non risolvere il **PROBLEMA**....la **diffusione degli inquinanti nell'ambiente**.

Quindi, è necessario non avere una visione parziale del problema, sperando che esso si risolva vietando l'uso dei fanghi in agricoltura, ma una visione olistica della diffusione degli inquinanti nell'ambiente.



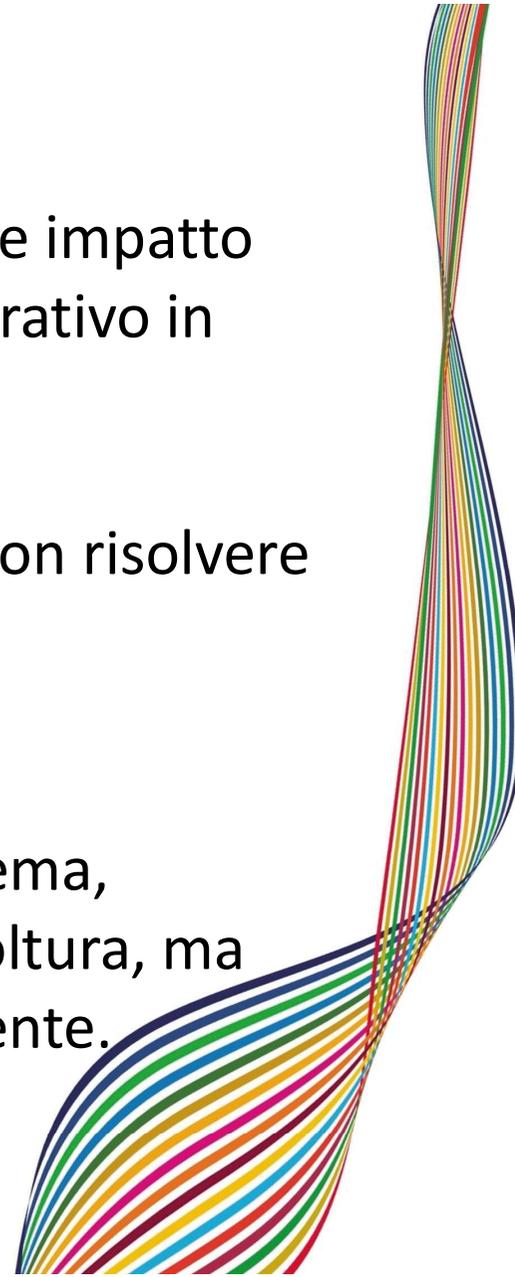
Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Sostenibilità
in Lombardia



Regione
Lombardia



es. **PFAS**



Comprehensive analysis of PFAS presence from environment to plate

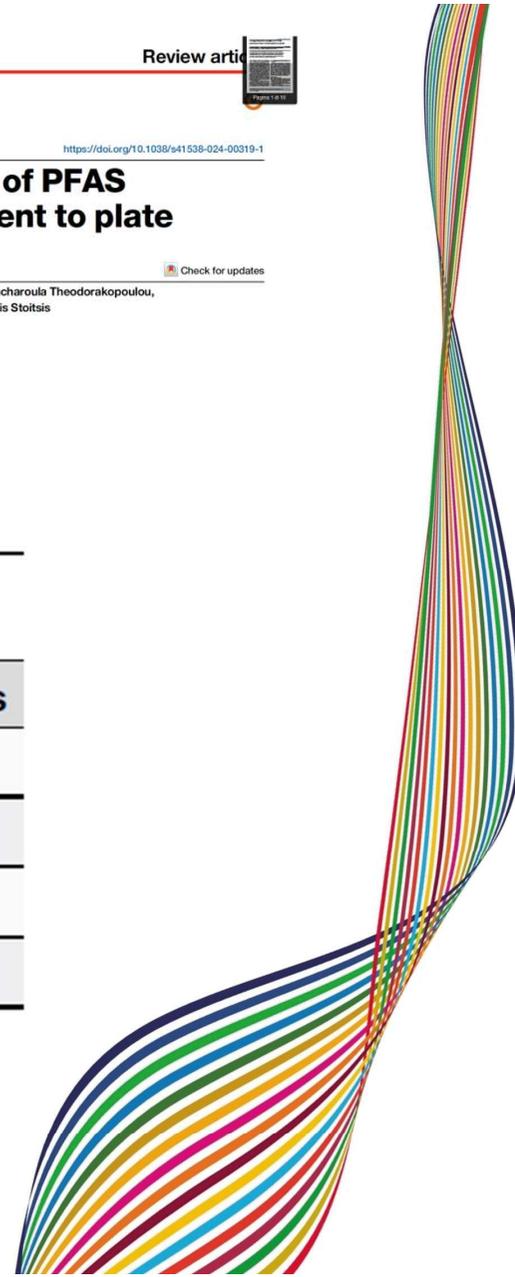
Check for updates

Maria-Eleni Dimitrakopoulou , Manos Karvounis, George Marinos, Zacharoula Theodorakopoulou, Eleni Aloizou, George Petsangourakis, Mihalis Papakonstantinou & Giannis Stoitsis

Diverse fonti di inquinamento

Table 10 | Number of records per contamination sources

Contamination source category	Number of records
Fire station	65
Industry	49
Military	52
Landfill	39



Dimensione reale: conc. x quantità...es.

Comprehensive analysis of PFAS presence from environment to plate

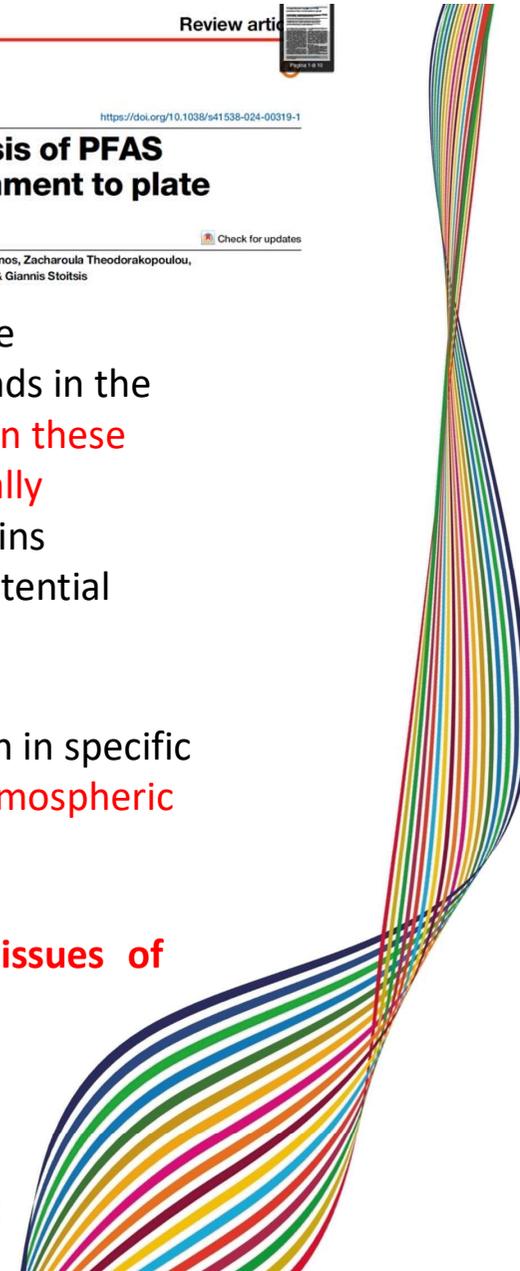
Check for updates

Maria-Eleni Dimitrakopoulou , Manos Karvounis, George Marinos, Zacharoula Theodorakopoulou, Eleni Aloizou, George Petsangourakis, Mihalis Papakonstantinou & Giannis Stoitsis

The presence of PFAS in surface water and drinking water samples analyzed, underscores the potential contamination of water sources, emphasizing the pervasiveness of these compounds in the environment^{76,77}. However, it's notable that PFAS were typically found at low concentrations in these samples. This indicates that while contamination is prevalent, the levels detected are generally minimal. Despite their low concentrations, the presence of PFAS in numerous samples remains concerning due to their enduring presence in the environment, prompting worries about potential long-term effects on ecosystems and human health.

Thus, the high PFAS levels in the Fish & seafood category indicate widespread contamination in specific areas of the aquatic environment, originating from industrial discharges, urban runoff, or atmospheric deposition.

PFAS compounds, which have entered water sources, tend to accumulate in the tissues of organisms over time, creating a reservoir of these chemicals.



Una simile considerazione è riportata nel citato studio del JRC, dove si afferma (par. 3.3.2.2): **“Pertanto, è probabile che le perdite di PFAS nell’ambiente attraverso gli effluenti siano il principale contributore ai rischi complessivi per la salute umana. I PFAS nei fanghi possono aumentare ulteriormente i rischi, ma un’analisi dettagliata del contributo della fonte che consideri anche gli effluenti del trattamento delle acque reflue è fondamentale per sviluppare strategie di mitigazione efficaci che affrontino alla radice il problema della contaminazione”**.

Huygens D., García-Gutierrez P., Orveillon G., Schillaci C., Delre A., Orgiazzi A., Wojda P., Tonini D., Egle L., Jones A., Pistocchi A. & Lugato E, Screening risk assessment of organic pollutants and environmental impacts from sewage sludge management - Study to support policy development on the Sewage Sludge Directive (86/278/EEC), Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/541579, JRC129690



Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



**Sostenibilità
in Lombardia**



**Regione
Lombardia**



Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Food Packaging: Migration, Toxicity, and Management Strategies

Drake W. Phelps, Lindsey V. Parkinson, Justin M. Boucher, Jane Muncke, and Birgit Geueke*

Cite This: *Environ. Sci. Technol.* 2024, 58, 5670–5684

Read Online

FOOD PACKAGING

CRITICAL REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND NUTRITION
2023, VOL. 63, NO. 28, 9425–9435
<https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2067828>



REVIEW

OPEN ACCESS [Check for updates](#)

Systematic evidence on migrating and extractable food contact chemicals: Most chemicals detected in food contact materials are not listed for use

Birgit Geueke^a, Ksenia J. Groh^b, Maricel V. Maffini^c, Olwenn V. Martin^d, Justin M. Boucher^a, Yu-Ting Chiang^e, Frank Gwosdz^f, Phoenix Jieh^a, Christopher D. Kassotis^e, Paulina Łańska^g, John Peterson Myers^h, Alex Odermattⁱ, Lindsey V. Parkinson^a, Verena N. Schreierⁱ, Vanessa Srebnyⁱ, Lisa Zimmermann^a, Martin Scheringer^k and Jane Muncke^a



Evento connesso al 6° Forum Regionale per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Environment International 150 (2021) 106225

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Environment International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envint



Review article

Overview of intentionally used food contact chemicals and their hazards



Ksenia J. Groh^{a,*}, Birgit Geueke^a, Olwenn Martin^b, Maricel Maffini^c, Jane Muncke^a

^a Food Packaging Forum, Staffelstrasse 10, 8045 Zurich, Switzerland

^b Institute for the Environment, Health and Societies, Brunel University London, Quad North 17a, Kingston Lane, Uxbridge UB8 3PH, United Kingdom

^c Independent Consultant, Frederick, MD, USA





Cite this: Environ. Sci.: Processes Impacts, 2021, 23, 291

PFAS soil and groundwater contamination via industrial airborne emission and land deposition in SW Vermont and Eastern New York State, USA†

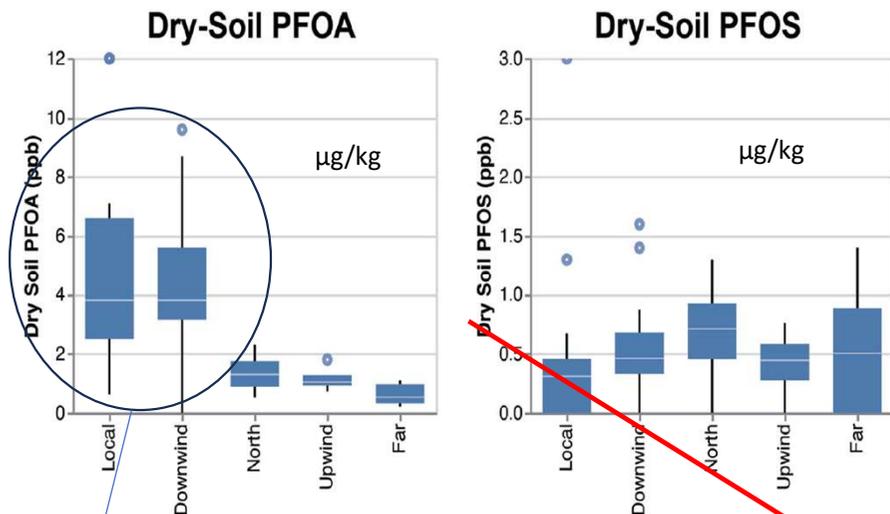


Fig. 4 Box plots of dry soil PFOA and PFOS concentrations; subdivided by the sampling regions delineated in Fig. 2. Soil PFOA concentrations are distinctly higher in the downwind from emitters area than in the other three sample regions, while the soil PFOS concentrations are broadly similar across all sample regions.

Interessate da deposizione atmosferica

Deposizioni atmosferiche

Tabella 10, Confronto dei dati per PFAS

Classe di Composti	di Composto\ concentrazione	rapporto JRC [2] $\mu\text{g kg ss}^{-1}$	Questo lavoro [a] $\mu\text{g kg ss}^{-1}$	SD	Norsk Vann mediana $\mu\text{g kg ss}^{-1}$	Norsk Vann media $\mu\text{g kg ss}^{-1}$
PerFluorinated Alkylated Substances (PFAS)	PFOA	6,7	0,63	0,89	<LOD	<LOD
	PFHxS	1,4	0,66	1,17	<LOD	<LOD
	PFNA	4,6	0,70	1,44		
	PFOS	66,4	7.03	8,43	2,8	4,9

[a] media dati KM sui Fanghi, vedi Tabella 12

Adani e Minero, 2025



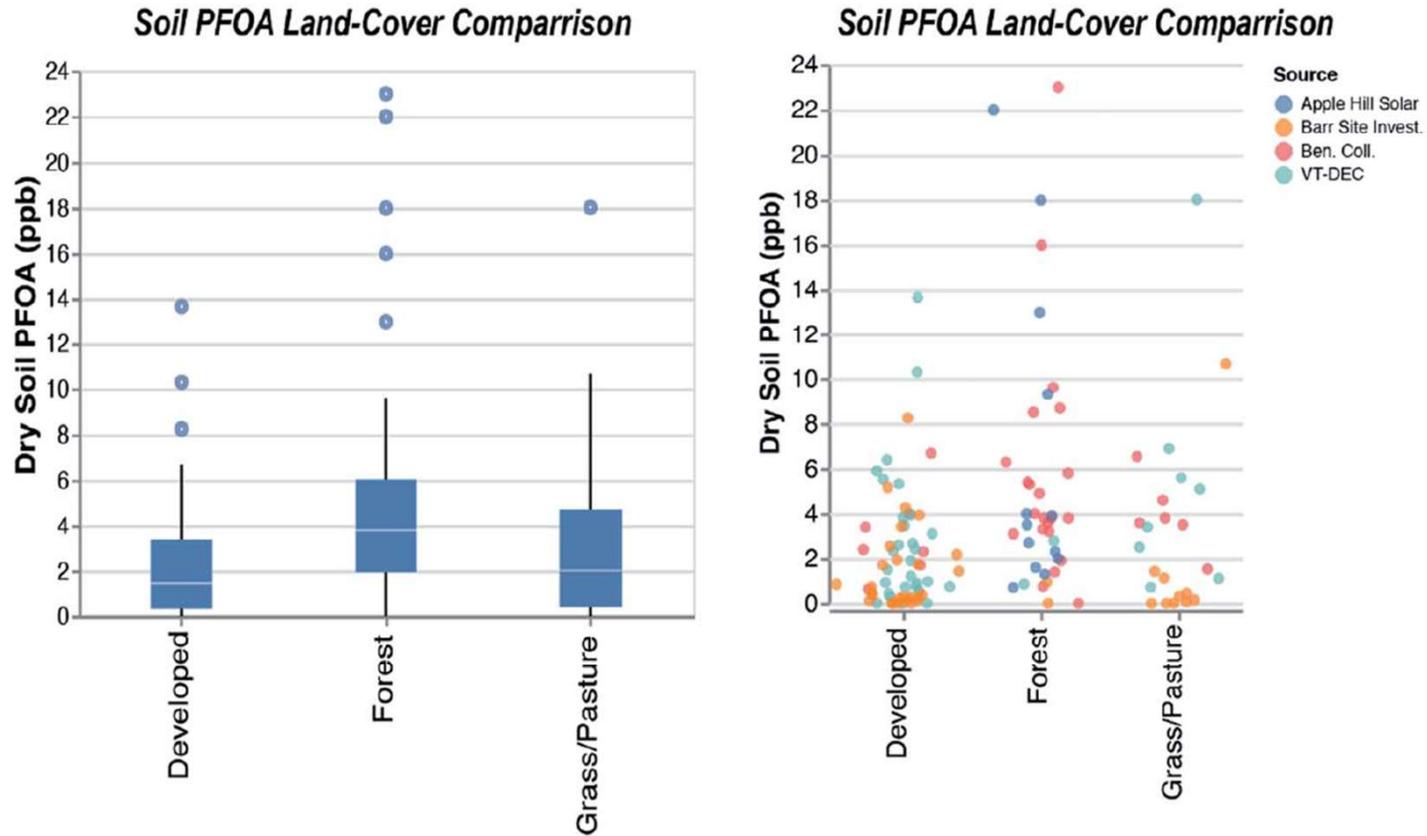
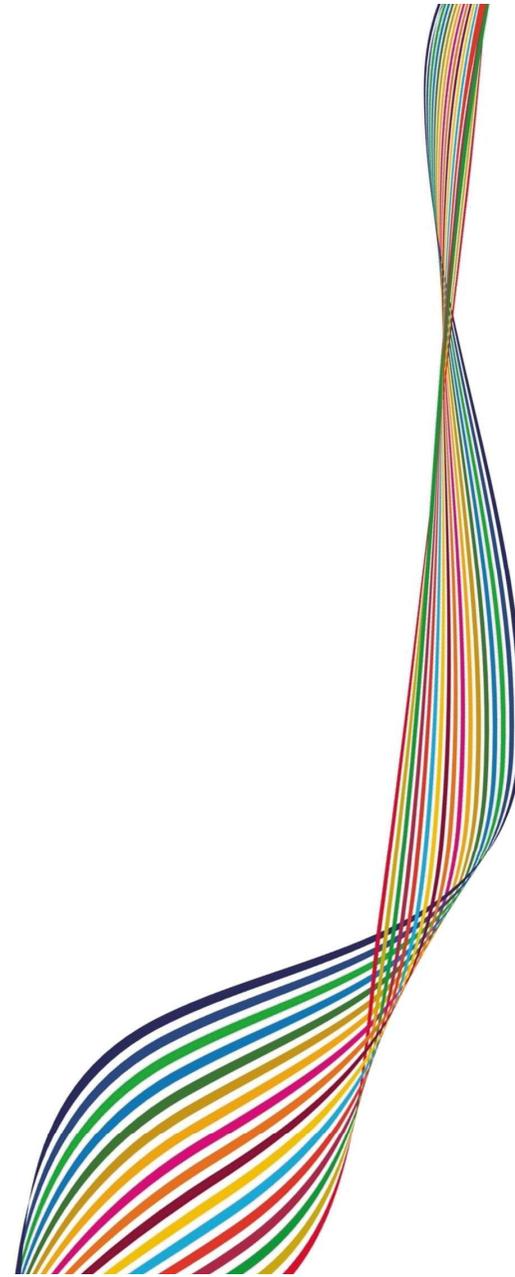


Fig. 6 Box-plot and jitter-plot of soil PFOA concentrations in the Bennington region divided by the land cover/use for each sampling point. Forest soils contain more PFOA than Grasslands or areas of developed/tilled land, indicating higher PFAS soil-retention and or air-deposition in forested regions.



Cap. 2: Modelli



Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Sostenibilità
in Lombardia



Regione
Lombardia

Berri and Robbiati concludono la loro presentazione riportando quanto segue:

- **Validazione del Modello:** Il modello fornisce una **concentrazione presunta** degli inquinanti nei diversi comparti ambientali, il che **dovrebbe essere verificato con dati sperimentali**, conferendo attendibilità al modello stesso, in modo tale di **poter disporre di un modello robusto, affidabile e di ampio utilizzo**.
- L'utilizzo di un modello di calcolo standardizzato potrebbe fornire un ulteriore indice della qualità dei fanghi ad uso agricolo e potrebbe rappresentare uno strumento di pronto impiego per la valutazione preliminare di nuovi inquinanti emergenti.
- A seconda delle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche delle sostanze organiche presenti nei fanghi si potrebbero individuare eventuali strategie di mitigazione del rischio.

Disporre di un modello per la valutazione del rischio connesso con l'utilizzo agricolo dei fanghi è senz'altro un'ipotesi affascinante che **potrà fornirci in futuro preziosi elementi di conoscenza**. Grazie al Rapporto JRC 129690 questo lavoro **è stato per ora iniziato**.



Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Sostenibilità
in Lombardia



Regione
Lombardia

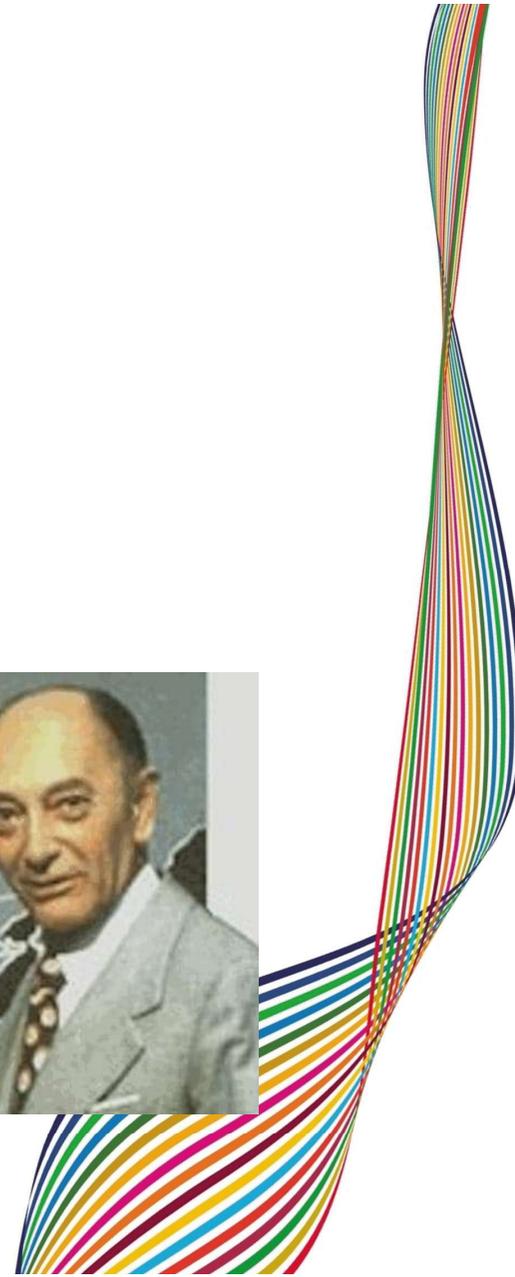
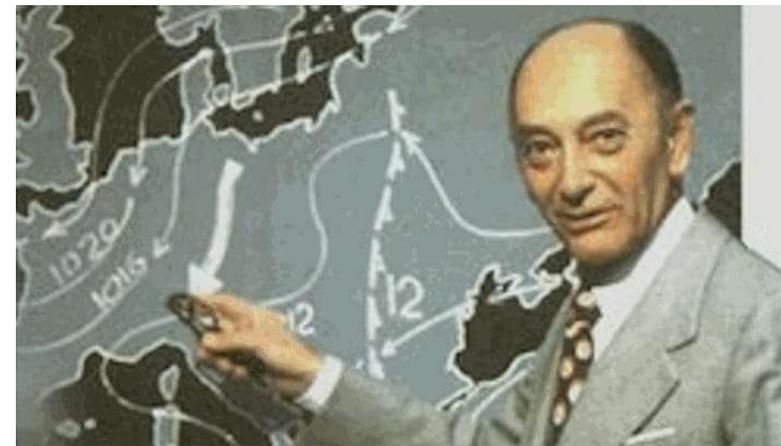


Ricordate le previsioni del tempo degli anni 70-80 ?



.....l'incertezza regnava sovrana.....

.....sono passati decenni e molto si è fatto.....rimane la incertezza nel medio lungo periodo



I modelli previsionali utilizzati per valutare la tossicità dei fanghi civili applicati ai suoli e il loro impatto sulla salute umana sono strumenti fondamentali per la gestione sostenibile e sicura di questi materiali.

Tuttavia, la loro affidabilità dipende da diversi fattori:

ChatGPT, 2025



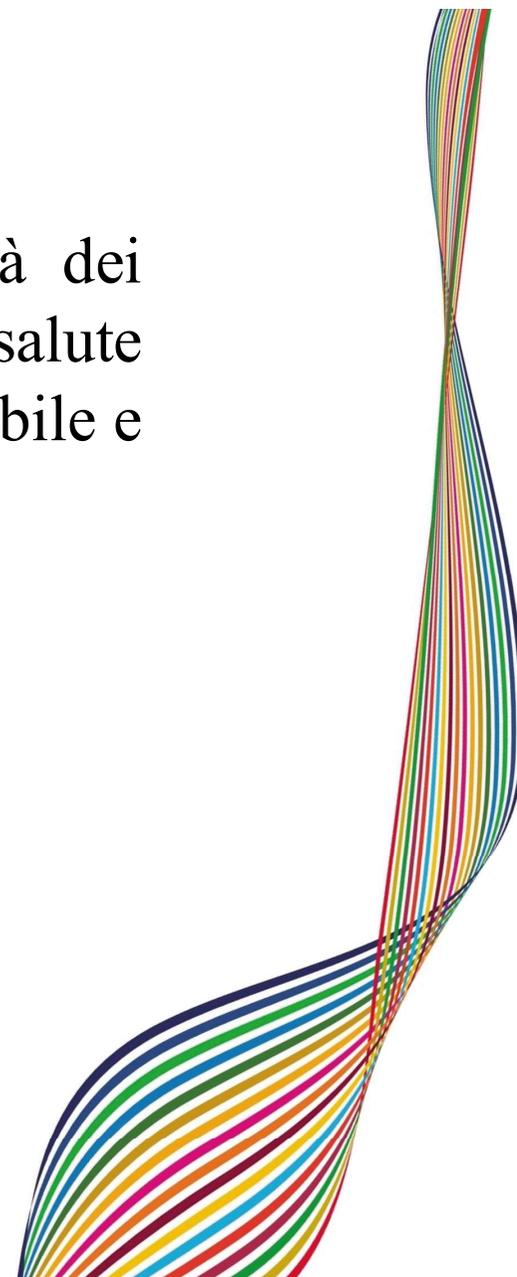
Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



**Sostenibilità
in Lombardia**



**Regione
Lombardia**



⚠ Limitazioni e sfide

Nonostante la loro utilità, i modelli previsionali presentano alcune limitazioni:

- **Qualità dei dati di input:** L'accuratezza delle previsioni dipende dalla precisione e completezza dei dati utilizzati, come la composizione chimica dei fanghi e le caratteristiche specifiche dei suoli (vedi Adani e Minero, 2025 e Minero, 2024)
- **Rappresentazione dei processi ambientali:** I modelli devono incorporare fedelmente i processi di interazione tra i contaminanti presenti nei fanghi, il suolo e gli organismi viventi (vedi Berri e Robbiati, 2025).
- **Validazione e calibrazione:** È fondamentale che i modelli siano sottoposti a processi rigorosi di calibrazione e validazione utilizzando dati empirici per garantire la loro affidabilità.

ChatGPT, 2025



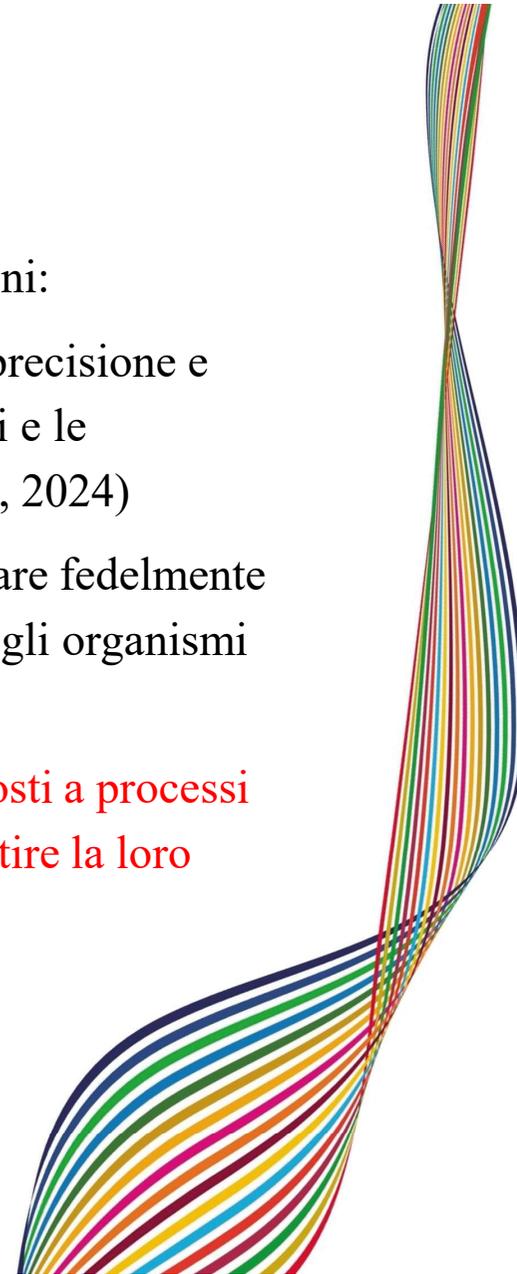
Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Sostenibilità
in Lombardia



Regione
Lombardia



✓ Conclusioni

In sintesi, i modelli previsionali sono strumenti utili per stimare la tossicità dei fanghi civili sui suoli e sulla salute umana. Tuttavia, la loro affidabilità dipende fortemente dalla qualità dei dati, dalla rappresentazione accurata dei processi ambientali e da una rigorosa validazione empirica. È essenziale considerare queste limitazioni e integrare le previsioni modellistiche con monitoraggi sul campo per una valutazione completa e accurata.

ChatGPT, 2025



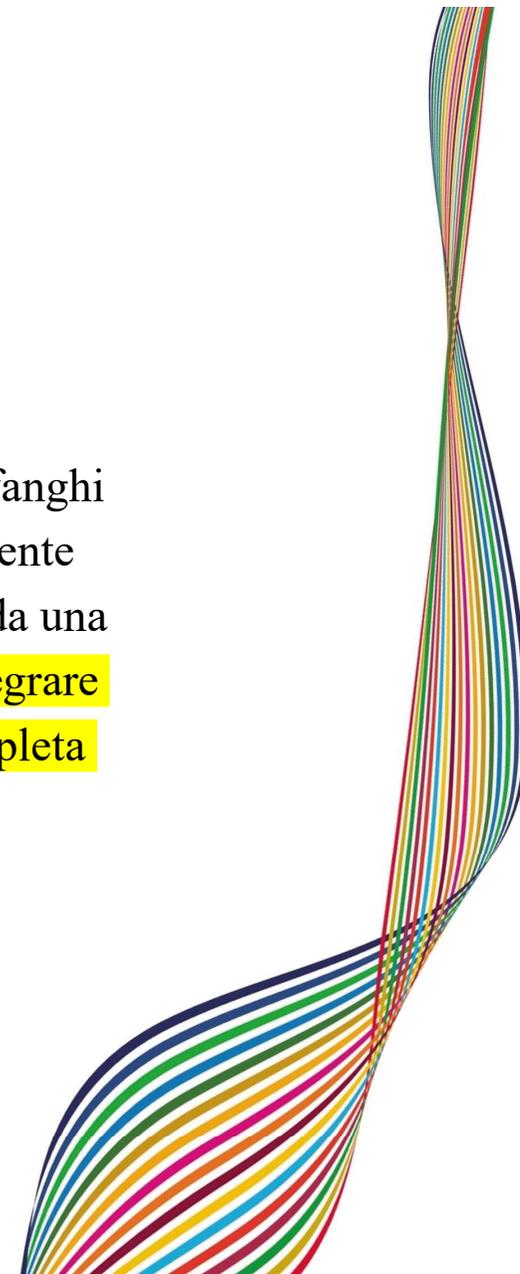
Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Sostenibilità
in Lombardia



Regione
Lombardia



La domanda che dobbiamo porci è: **non se servono o meno i modelli**, ma la **loro affidabilità** e, quale conseguenza, se **possiamo legiferare sulla base** dei risultati ottenuti dai soli modelli.....

I modelli devono essere validati e correttamente alimentati



Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Sostenibilità
in Lombardia



Regione
Lombardia



Cap. 3: utilizzo sostenibile dei fanghi in agricoltura



Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Sostenibilità
in Lombardia



Regione
Lombardia



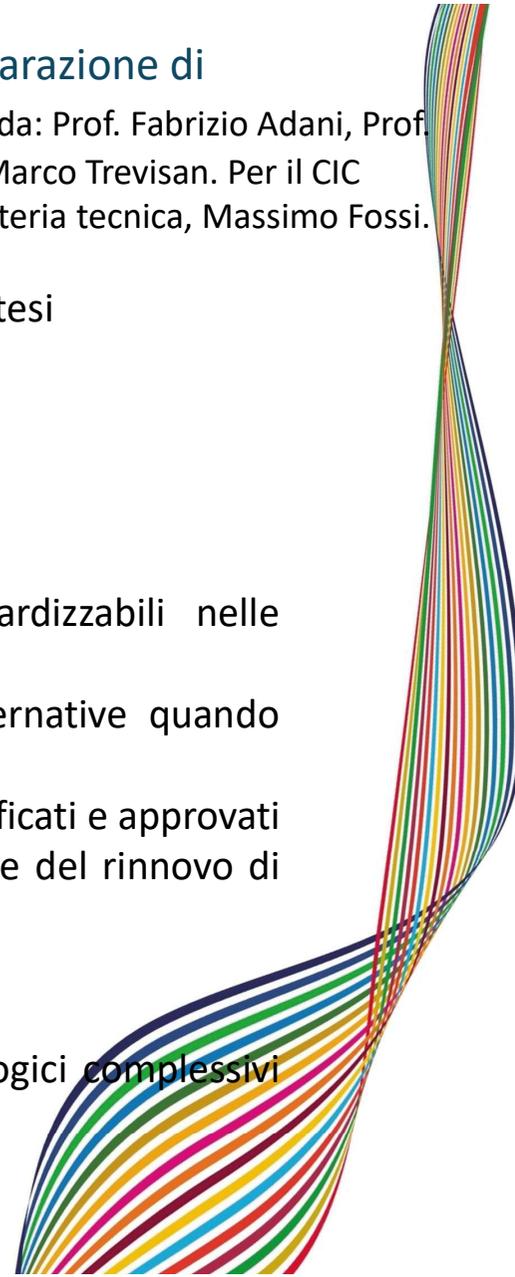
Da: Carta di identità dei fanghi di depurazione idonei all'utilizzo agronomico e per la preparazione di fertilizzanti, 2025. A cura del Forum Biosolids to Soil sotto la supervisione del gruppo di esperti composto da: Prof. Fabrizio Adani, Prof. Claudio Ciavatta, Prof. Giovanni Gigliotti, Prof. Marco Guida, Prof. Teodoro Miano, Dr. Giuseppe Mininni, Prof. Marco Trevisan. Per il CIC hanno fornito il loro contributo Pier Paolo Piccari (Membro CDA), Alberto Confalonieri (Coordinatore CT). Segreteria tecnica, Massimo Fossi.

Un possibile approccio alla caratterizzazione di un fango idoneo all'agricoltura dovrebbe in sintesi prevedere:

- parametri che valutino adeguatamente le sue caratteristiche agronomiche
- parametri relativi ai contaminanti:
 - che siano misurabili nei fanghi attraverso metodi analitici selettivi e standardizzabili nelle concentrazioni di potenziale interesse;
 - che comportino un rischio di contaminazione aggiuntivo rispetto a sorgenti alternative quando applicati in agricoltura in dosi idonee alla funzione svolta;
 - che siano contenibili (in quanto prodotti da scarichi puntuali) attraverso protocolli unificati e approvati a livello nazionale, volti al diniego di nuove autorizzazioni allo scarico in fognatura e del rinnovo di quelle esistenti, o contenibili attraverso idonee
 - modalità di esercizio degli impianti di depurazione;
- parametri che, andando oltre l'analisi di singoli composti, valutino gli effetti eco-tossicologici complessivi derivanti dall'applicazione.



Evento connesso al 6° Forum Regionale per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Le **sperimentazioni di pieno campo** sono fondamentali per verificare l'effetto dell'uso dei **fanghi in agricoltura**, poiché offrono un quadro realistico e affidabile delle conseguenze a breve, medio e lungo termine. Ecco perché sono così utili:

1. Validazione in condizioni reali

- Le condizioni di laboratorio o in serra non riescono a replicare la complessità dell'ambiente agricolo reale (variabilità climatica, struttura del suolo, flora microbica, gestione colturale).
- Il pieno campo permette di osservare l'interazione tra fanghi, suolo, colture e clima **in modo integrato e dinamico**.

2. Verifica dell'effetto agronomico

- Consente di valutare l'efficacia fertilizzante dei fanghi: apporto di **azoto, fosforo, sostanza organica**.
- Analizza le **rese colturali**, la qualità dei prodotti agricoli e l'impatto sulla **microbiologia del suolo (bioma)**.

3. Monitoraggio dei rischi ambientali

- Permette di osservare l'accumulo e la mobilità di **metalli pesanti, contaminanti organici o farmaci residui**.
- Verifica potenziali **fenomeni di lisciviazione** verso le acque sotterranee o di trasporto superficiale verso corsi d'acqua.

ChatGPT (2025)



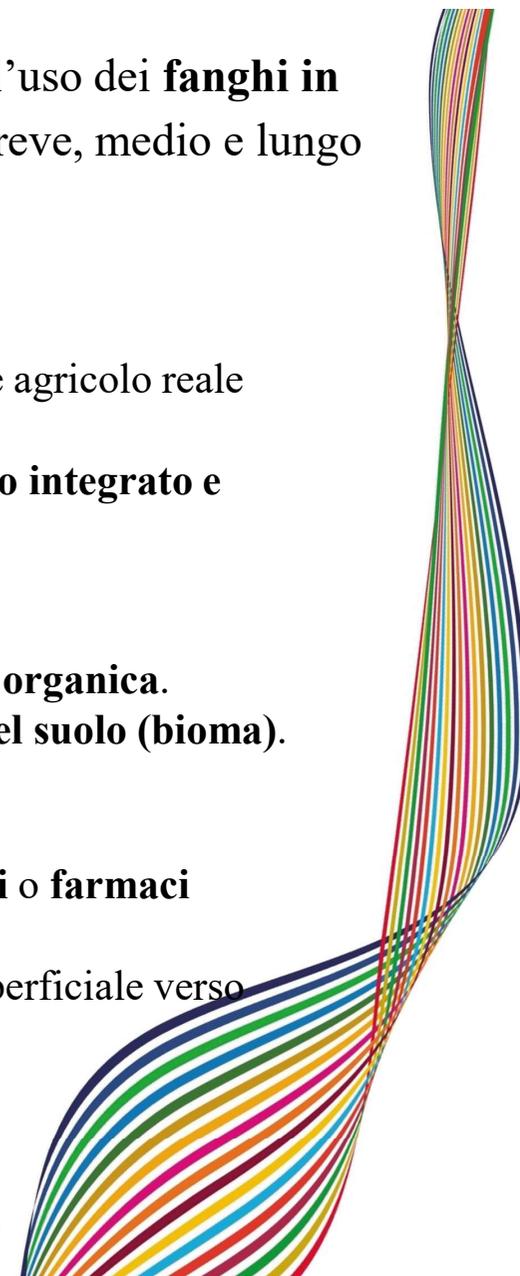
Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Sostenibilità
in Lombardia



Regione
Lombardia



4. Impatto sulla salute del suolo e sulla biodiversità

- Si studiano gli effetti sui **microrganismi del suolo**, lombrichi, insetti benefici, e altri organismi non bersaglio.
- È essenziale per comprendere se l'uso ripetuto di fanghi altera la **resilienza ecologica** dell'agroecosistema.

5. Accettabilità sociale e supporto alle politiche

- Le evidenze da pieno campo sono più convincenti per agricoltori, cittadini e decisori politici.
- Supportano la definizione di **linee guida pratiche**, regolamenti locali o revisioni normative (es. revisione Direttiva Fanghi UE).

6. Calibrazione e miglioramento dei modelli previsionali

- I dati raccolti sono fondamentali per **convalidare e calibrare modelli ecotossicologici** o di rischio sanitario/ambientale.

In conclusione:

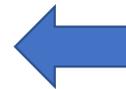
Le prove in pieno campo sono **irrinunciabili** per una valutazione completa dell'uso dei fanghi in agricoltura. Un approccio integrato che combina sperimentazione sul campo, analisi di laboratorio e modellistica è il percorso più solido verso un utilizzo **sostenibile e sicuro** di questa risorsa.

ChatGPT (2025)



Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia





Renewable fertilizers from organic wastes (sewage sludge)

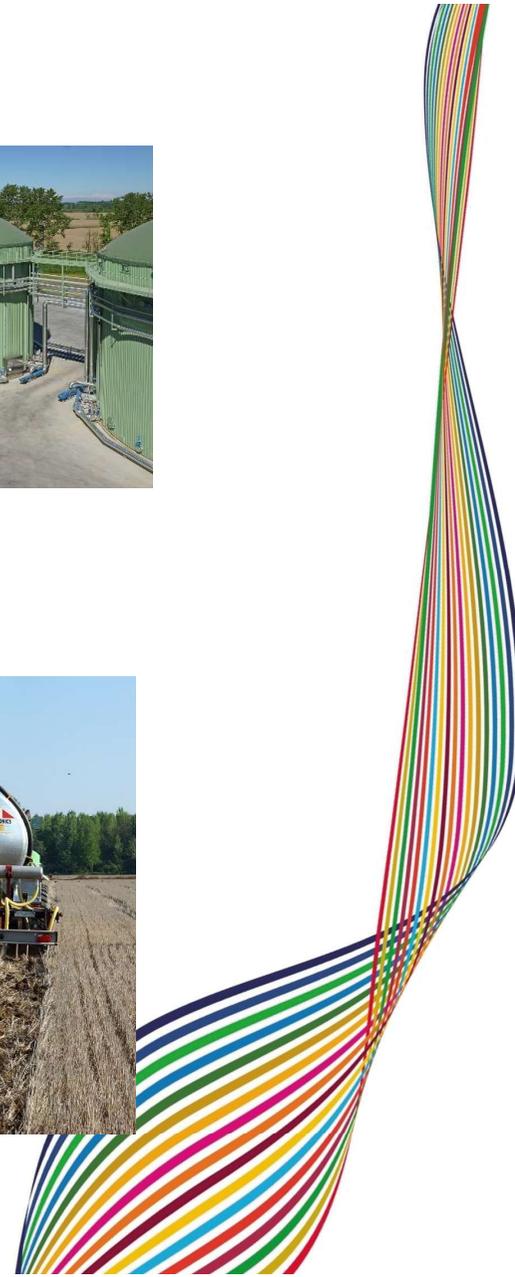
- 4,000 Ha fertilized
- Minimum Tillage
- Precision Agriculture (GPS)



GRUPPO RICICLA



Evento connesso al 6° Forum Regionale per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia





EXPERIMENTAL PARCELS

STARTED ON 2016

THE SITE

THE FIELD



D1	C1	U1	D2	C2	U2	D3	U3	C3
----	----	----	----	----	----	----	----	----

Plot Treatment

Plot	Treatment
U	No fertilization
C	Urea Ammonium sulphate
D	Digestate Ammonium sulphate

GRUPPO RICICLA

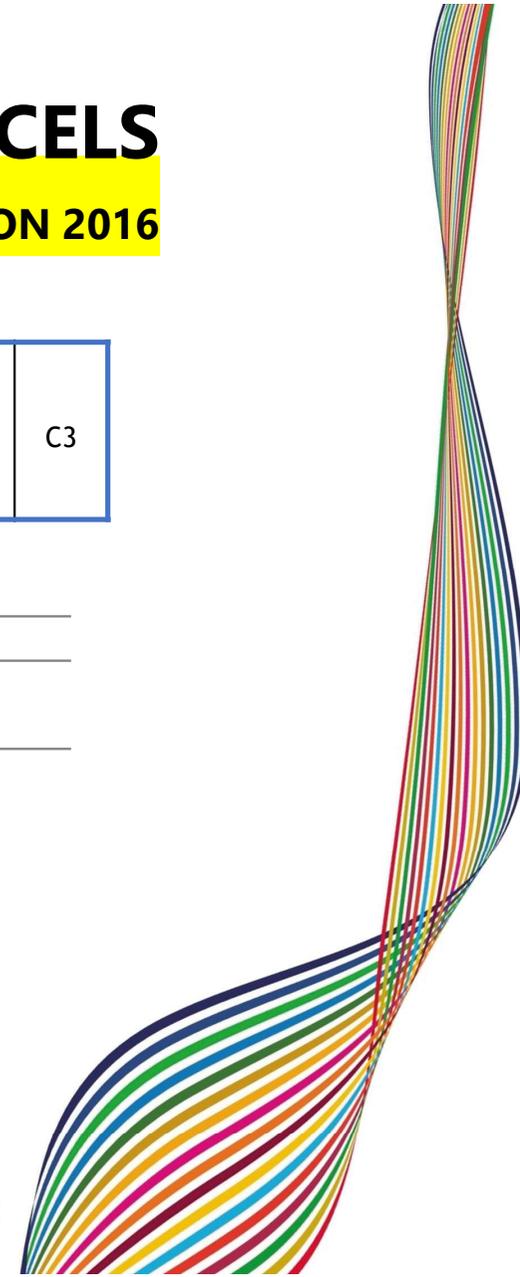
Monitored

- Organic pollutants (including Emerging pollutants (EPs))
- Heavy metal
- Ecotoxicity
- Crop production
- Soil fertility

- N-leaching
- N₂O and NH₃ emission



Evento connesso al 6° Forum Regionale per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia





ITALIA
EVERGREEN

GRUPPO
FRATELLI VISCONTI

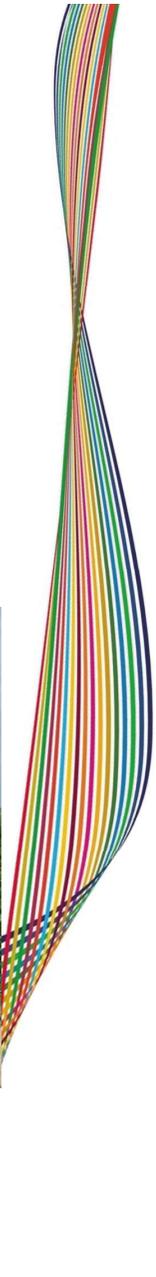
Started on 2023

GRUPPO RICICLA

1A_Urea1	1B_Fango2	1C_Altro org.3	1D_Bianco4	1E_Gesso5
2A_Bianco1	2B_Urea2	2C_Gesso3	2D_Altro org.4	2E_Fango5
3°_Altro org.1	3B_Gesso2	3C_Fango3	3D_Urea4	3E_Bianco5
4A_Gesso1	4B_Altro org.2	4C_Bianco3	4D_Fango4	4E_Urea5
5A_Fango1	5B_Bianco2	5C_Urea3	5D_Gesso4	5E_Altro org.5

Monitored

- Organic pollutants (including emerging pollutants)
- Heavy metal
- Ecotoxicity
- Crop production
- Soil fertility



Evento connesso al 6° Forum Regionale per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



ECOTOSSICITA'

Il tema dell'ecotossicità legata all'utilizzo dei fanghi di depurazione in agricoltura è cruciale per valutare la sostenibilità e la sicurezza di questa pratica.



EFAR aderisce al Protocollo Lombardo per lo Sviluppo Sostenibile



Sostenibilità in Lombardia



Regione Lombardia



Analisi ecotossicologiche

Vista la possibile presenza di contaminanti volontari e involontari appare opportuno, **anziché estendere la determinazione analitica di ciascuno di essi**, valutare l' idoneità dei fanghi di depurazione, distinti per luogo di produzione e per quantità, valutando l' effetto sul suolo, utilizzando cioè i test più usati in campo ecotossicologico sui suoli trattati col fango, in modo da dare un risultato basato sugli effetti della presenza dei contaminanti, **che tiene conto delle sinergie positive e negative che i diversi contaminanti possono svolgere sulla matrice**. La verifica dell' effetto tossico sull' ambiente, in particolare sugli organismi viventi caratteristici di quell' ambiente, permette di ottenere un riscontro diretto degli eventuali effetti combinati derivanti dall' interazione dei diversi inquinanti e/o organismi presenti nel fango.

Da: Carta di identità dei fanghi di depurazione idonei all' utilizzo agronomico e per la preparazione di fertilizzanti, 2025.

A cura del Forum Biosolids to Soil sotto la supervisione del gruppo di esperti composto da: Prof. Fabrizio Adani, Prof. Claudio Ciavatta, Prof. Giovanni Gigliotti, Prof. Marco Guida, Prof. Teodoro Miano, Dr. Giuseppe Mininni, Prof. Marco Trevisan. Per il CIC hanno fornito il loro contributo Pier Paolo Piccari Membro CDA), Alberto Confalonieri (Coordinatore CT). Segreteria tecnica, Massimo Fossi.



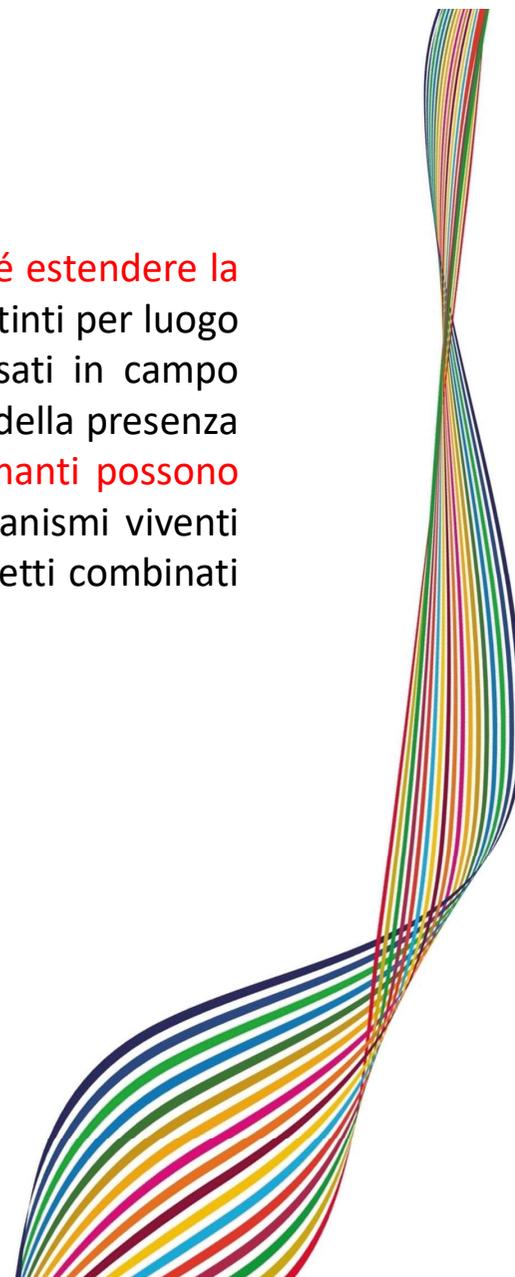
Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Sostenibilità
in Lombardia



Regione
Lombardia





ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



Ecotoxicological assessment of waste-derived organic fertilizers and long-term monitoring of fertilized soils using a multi-matrix and multi-species approach

Federica Carraturo^{a,b,1}, Antonietta Siciliano^{a,b,1}, Andrea Giordano^{c,*}, Francesco Di Capua^d, Federica Barone^c, Elisa Casaletta^e, Flavia Cicotti^a, Marco Guida^{a,b,1}, Fabrizio Adani^{f,1}

^a *Hygiene Laboratories, Department of Biology, University of Naples Federico II, Via Cinthia 21, I-80126 Naples, Italy*

^b *Hygiene Laboratory, Centro Servizi Metrologici e Tecnologici Avanzati (CeSMA), University of Naples Federico II, Corso Nicolangelo Protopisani, NA, Naples 80146, Italy*

^c *Acqua & Sole s.r.l., Via Giulio Natta, Vellezzo Bellini, 27010 Pavia, Italy*

^d *School of Engineering, University of Basilicata, via dell'Ateneo Lucano 10, 85100 Potenza, Italy*

^e *Agromatrici s.r.l., Gruppo Fratelli Visconti, Via Vittor Pisani 20, 20124 Milan, Italy*

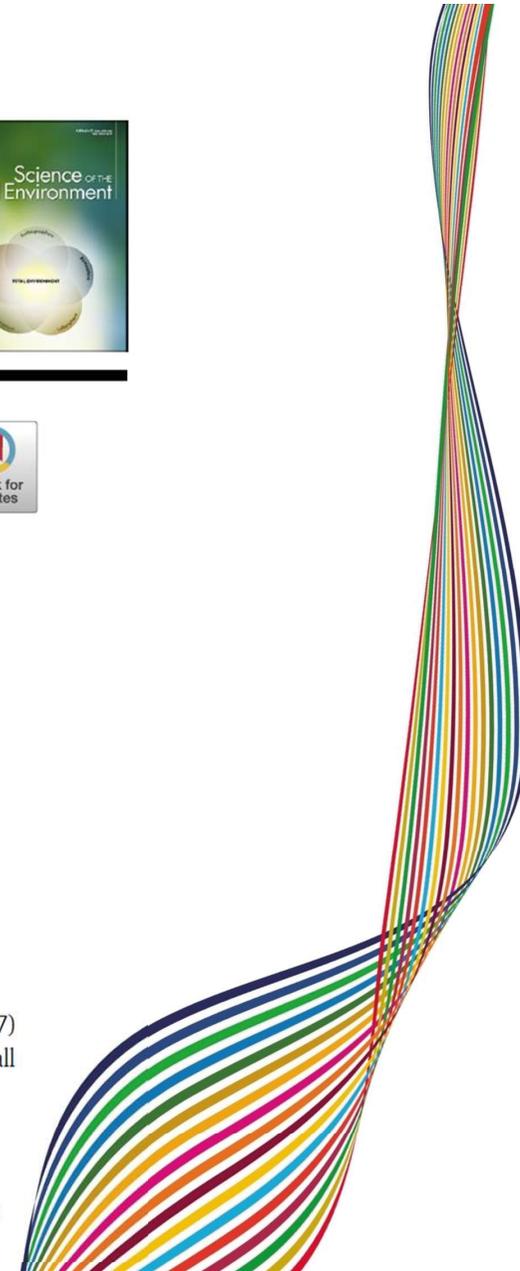
^f *Gruppo Ricicla Lab., DISAA, University of Milan, Via Celoria 2, 20133 Milan, Italy*

Acknowledgements

This work is part of the BIOMASS HUB project (ID: 1165247) financed by Regione Lombardia through the POR FESR 2014–2020 Call HUB Ricerca e Innovazione.



Evento connesso al 6° Forum Regionale per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



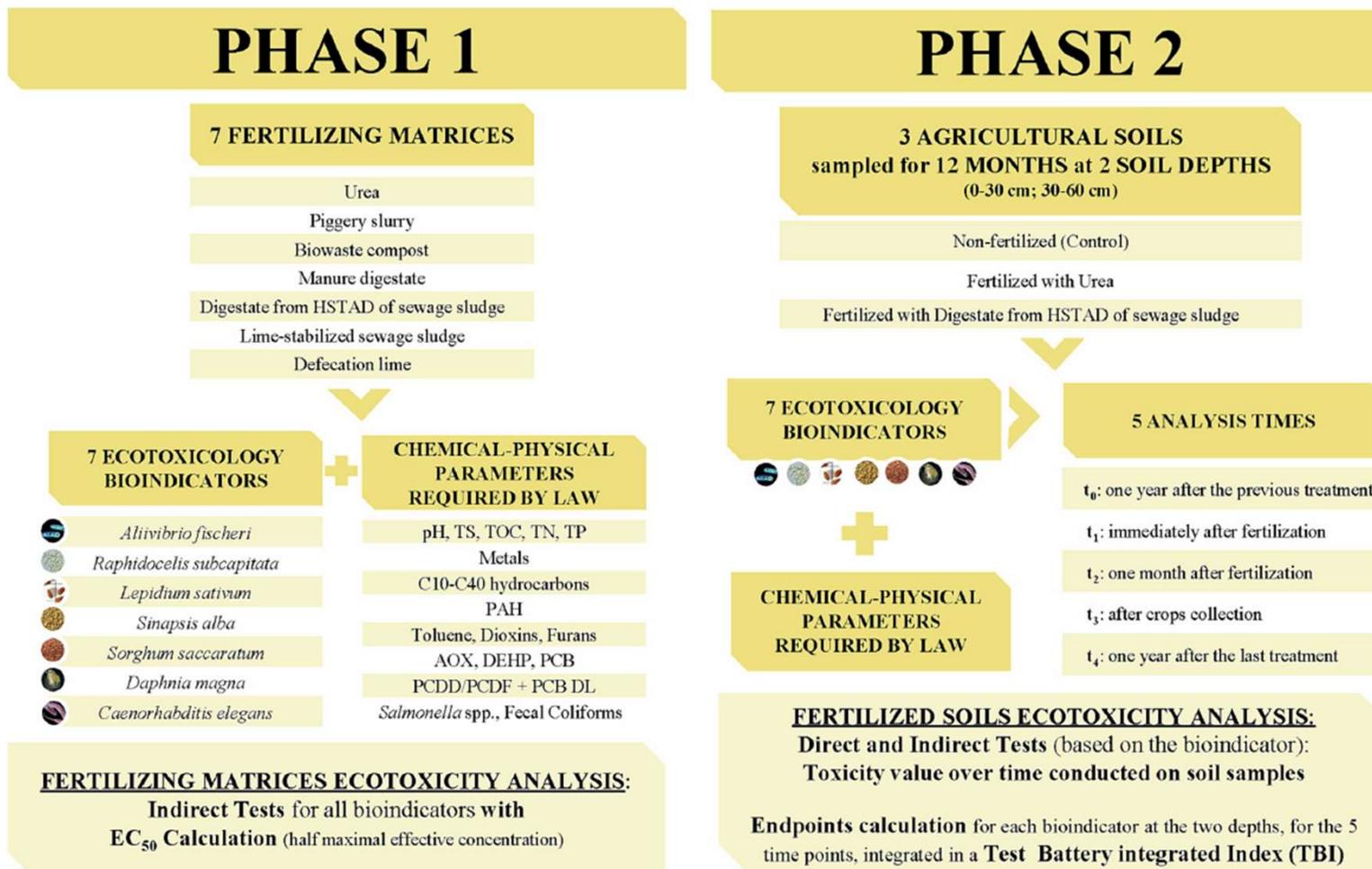
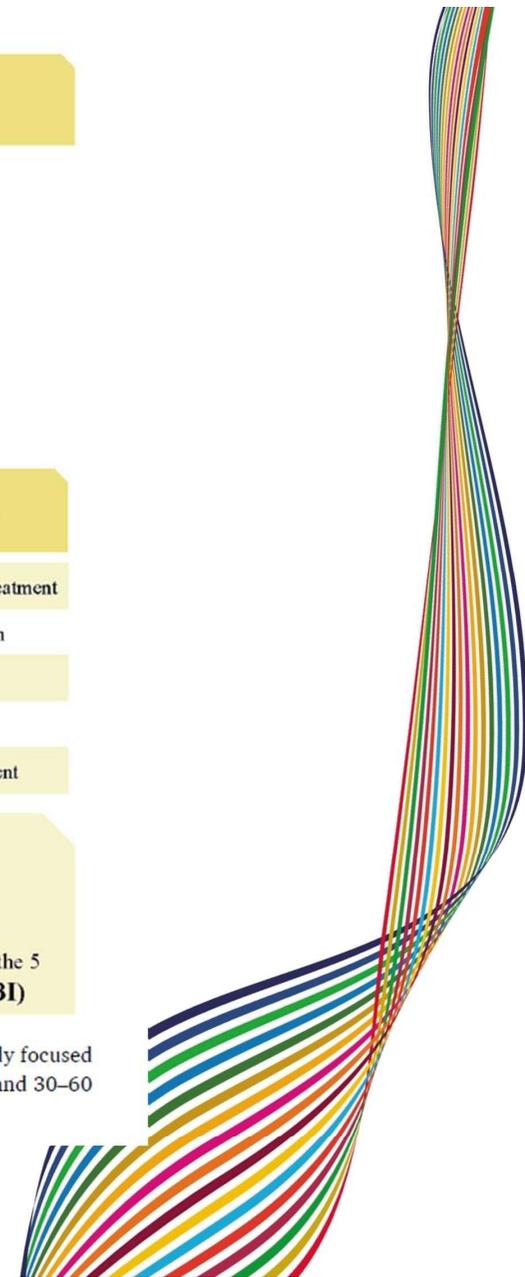


Fig. 1. Summary of the experimental protocol: following the analysis of the 7 fertilizing matrices, and the evaluation of EC₅₀ for each bioindicator, the study focused on the evaluation of ecotoxicity and contaminant monitoring of soils amended with urea and digestate, sampling soils at different depth ranges (0–30 cm and 30–60 cm) and at five different times (t₀–t₄).





Per escludere qualsivoglia fenomeno di ecotossicità rispetto all' ambiente e alla salute umana, viene effettuata, ogni 3 anni, e/o ogniqualvolta occorrono cambiamenti significativi di matrici/processo e/ materie prime impiegate dal produttore, una valutazione degli effetti di tossicità sul suolo fertilizzato con la biomatrice rinnovabile cui si applica il disciplinare, campionato alla fine del ciclo della coltura in campo, prelevando un campione rappresentativo della profondità 0-30 cm dal piano campagna. La valutazione viene effettuata su tre indicatori scelti come di seguito indicato:

- un organismo a scelta tra *C-elegans*, *Daphnia Magna*, *Raphidocelis subcapitata*;
- due test di germinazione a scelta tra *Lepidium Sativum*, *Sinapsis Alba* e *Sorghum saccharatum*.

Gli indicatori prescelti tra quelli proposti vanno confermati nelle valutazioni successive per almeno 3 cicli, così da costruire nel tempo uno storico di dati omogenei.

La valutazione deve avvenire mediante preparazione di un elutriato (fase liquida ottenuta dalla estrazione di particolato fine e sostanze solubili, mediante lavaggio, dalla matrice solida) e con le metodiche indicate nella seguente tabella 4, a seconda del parametro ecotossicologico prescelto.



acqua & solé

Dalla proposta all'operatività

Tabella 4: Test e metodiche per la valutazione di eco-tossicità

Indicatore	Test	Metodica di riferimento
<i>Caenorhabditis elegans</i>	Valutazione della mortalità	ASTM E2172-01:2014
<i>Daphnia Magna</i>	Test di immobilità (acuto)	UNI EN ISO 6341:2013
<i>Raphidocelis subcapitata</i>	Inibizione della crescita algale	ISO 8692:2012
<i>Lepidium sativum</i>	Test di germinazione ed allungamento radicale	UNICHIM 1651:2003
<i>Sinapsis alba</i>	Test di germinazione ed allungamento radicale	UNICHIM 1651:2003
<i>Sorghum saccharatum</i>	Test di germinazione ed allungamento radicale	UNICHIM 1651:2003

I risultati dei test di tossicità devono essere forniti :

- in caso di *Caenorhabditis elegans* e *Daphnia Magna* dopo 24 ore di esposizione ai suoli trattati con le biomatrici fertilizzanti;
- in caso di *Raphidocelis subcapitata* dopo 72 ore di esposizione ai suoli trattati con le biomatrici fertilizzanti.

Cortesia Acqua & Sole, 2025



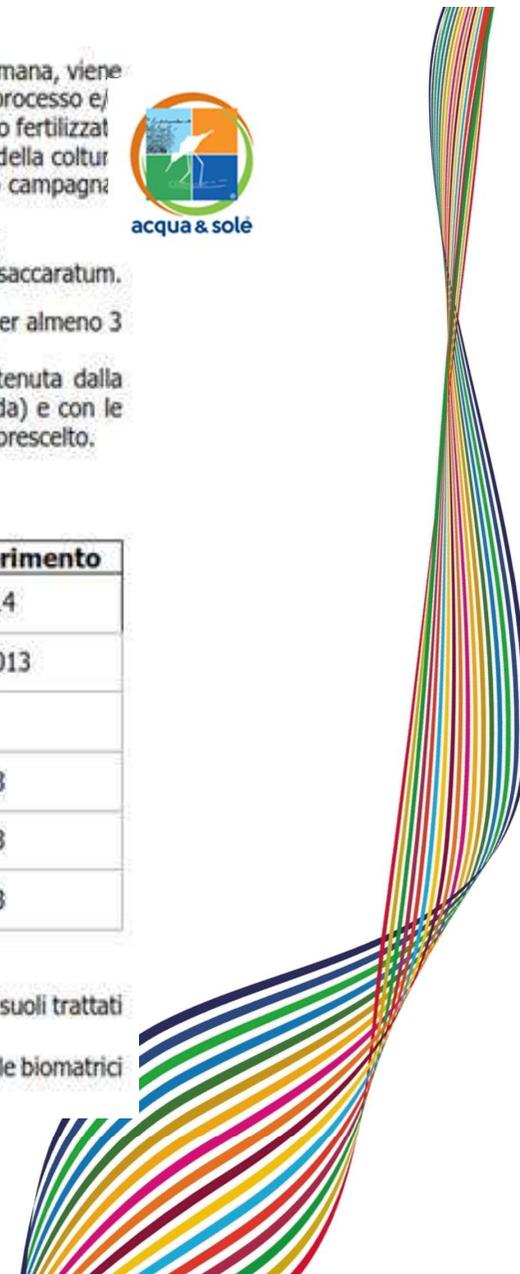
Evento connesso al 6° Forum Regionale per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Sostenibilità in Lombardia



Regione Lombardia





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA

Laboratori di Igiene: Acque, Alimenti e Ambiente

Napoli, 4 agosto 2023

RAPPORTO DI PROVA n° 11 MS del 08/06/2023

Accettazione n°	11 MS	del	08/06/2023	Laboratori di Igiene: Acque, Alimenti e Ambiente – Dipartimento di Biologia
Descrizione	TERRENO AGRICOLO	Località di prelievo:	Corteolona e Genzone	
Tipo di analisi:	Ecotossicologia	Punto di prelievo:	1	
Prelevato da:	Acqua & Sole S.r.l.	Modalità di campionamento:	A cura del Committente ^(*)	
Data prelievo:	09/05/2023^(*)	Data consegna:	08/06/2023	
Data inizio prove:	08/06/2023	Data fine prove:	15/06/2023	
Data emissione rapporto di prova:	31/07/2023	Data ultimo utilizzo del digestato:	04/08/2022	
Committente:	Acqua & Sole s.r.l., Via Giulio Natta, s.n.c. I-27010 Vellezzo Bellini (PV) - Italia			

Cortesia Acqua & Sole, 2025



acqua & sole



acqua & sole

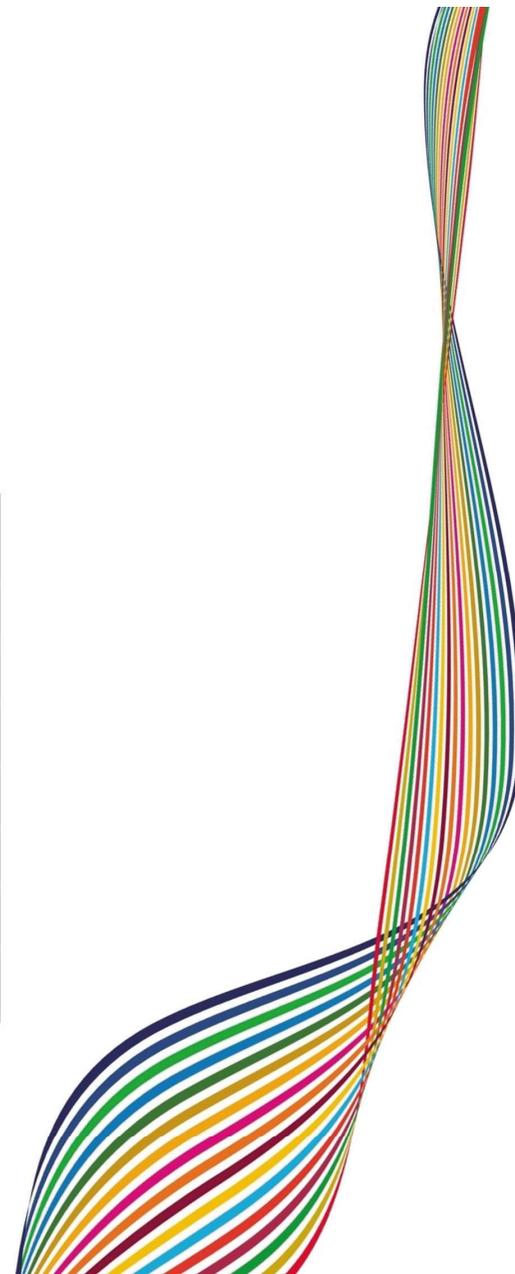
Evento connesso al 6° Forum Regionale per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Sostenibilità in Lombardia



Regione Lombardia





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA

Laboratori di Igiene: Acque, Alimenti e Ambiente

RISULTATO DELLA PROVA

Parametro	Metodo	Unità di misura	Risultato (*)	Giudizio (**)
Test di germinazione ed allungamento radicale con <i>Lepidium sativum</i>	UNICHIM 1651:2003	Inibizione dell'allungamento radicale (%)	19 ± 2	Privo di tossicità
Test di germinazione ed allungamento radicale con <i>Sorghum saccharatum</i>	UNICHIM 1651:2003	Inibizione dell'allungamento radicale (%)	$-3 \pm 0^{(\#)}$	Privo di tossicità
Test di mortalità con <i>Caenorhabditis elegans</i>	ASTM E2172-01:2014	Mortalità (%)	12 ± 3	Privo di tossicità

Cortesia Acqua & Sole, 2025



acqua & solé



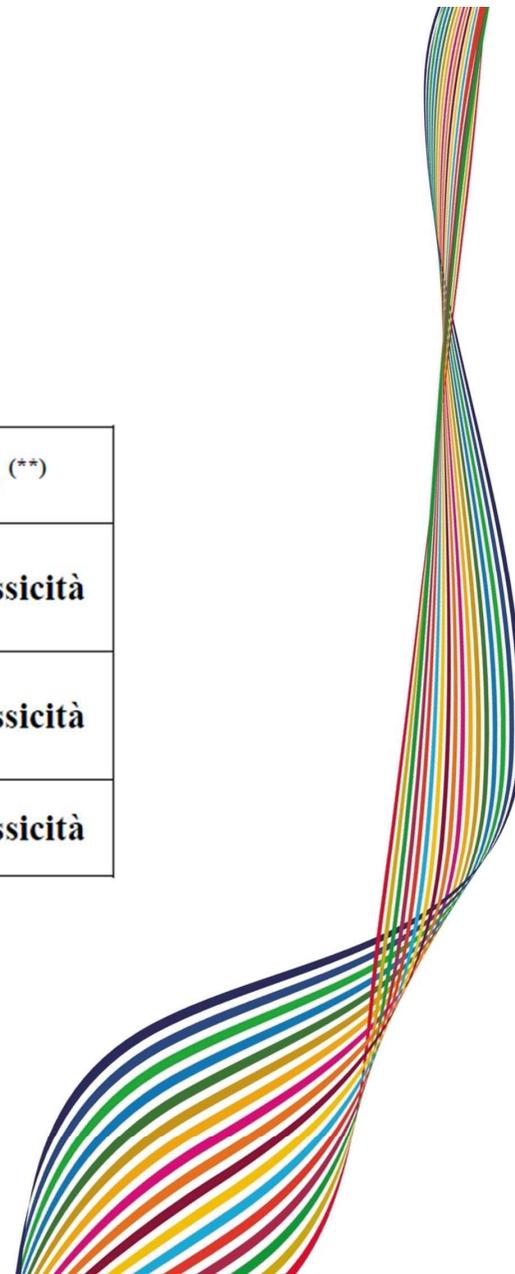
Evento connesso al 6° Forum Regionale per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Sostenibilità in Lombardia



Regione Lombardia



Molestie olfattive:

- Gli odori derivano dal metabolismo microbico soprattutto in condizioni anaerobiche
- I batteri necessitano di sostanza organica facilmente degradabile
- La misura della stabilità biologica è una misura della presenza della sostanza organica degradabile
- La tematica è stata oggetto di estesa ricerca e discussione negli anni 90 , che hanno portato alla proposta di indici ormai codificati e accettati a livello scientifico per la misura della stabilità biologica potenziale
- L'odore potenziale può essere misurato attraverso la olfattometria dinamica in condizioni controllate
- Va da se che una bassa presenza di frazione organica degradabile si traduce in una elevata stabilità biologica che determina una bassa potenzialità odorigena
- **ATTENZIONE:** elevata stabilità biologica significa sicuramente basso impatto odorigeno. D'altro canto anche l'assenza di stabilità biologica potrebbe tradursi in basso impatto odorigeno a causa di altri fattori (es. alti o bassi pH, basso contenuto di umidità, presenza di contaminanti, i.e. tutto ciò che inibisce e/o limita l'attività batterica)



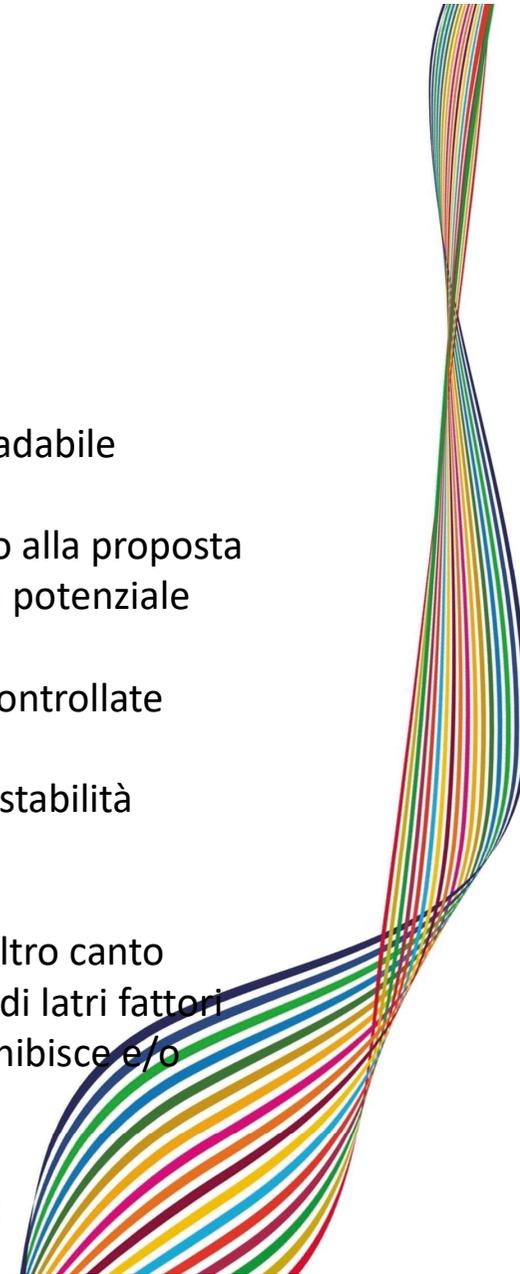
Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia

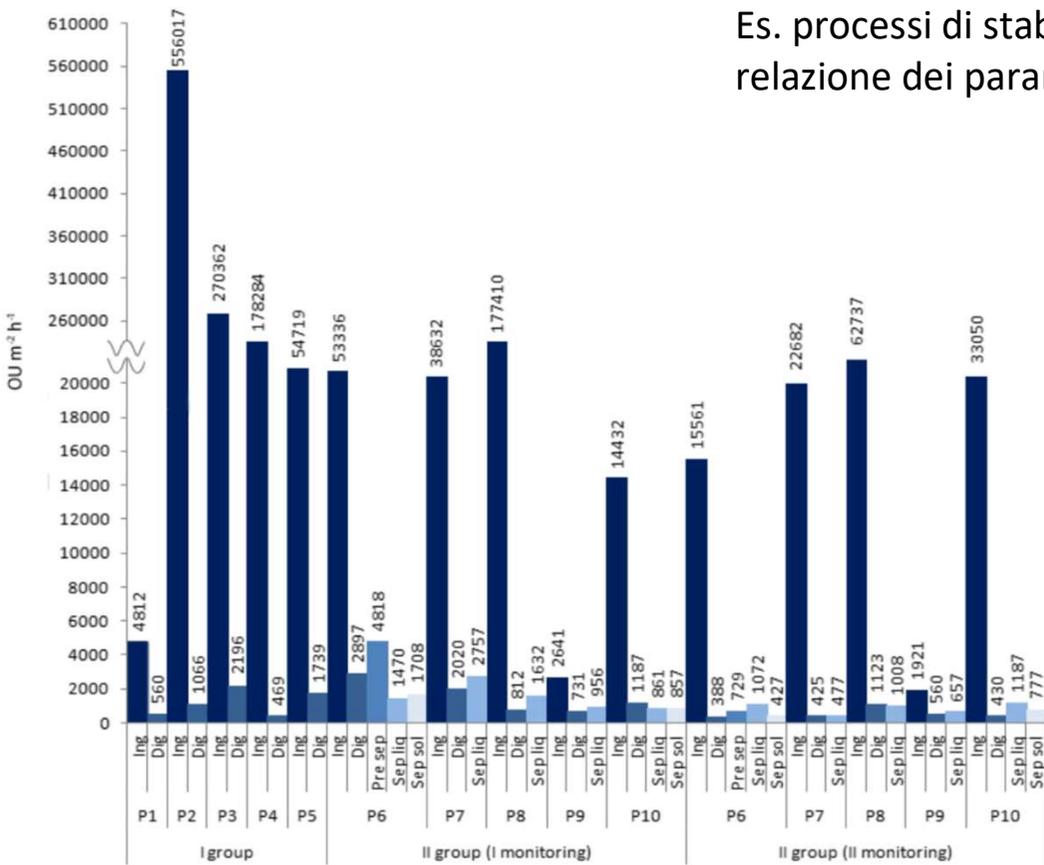


**Sostenibilità
in Lombardia**



**Regione
Lombardia**





Es. processi di stabilizzazione riducono molto gli odori e si evidenzia una certa relazione dei parametri di misura della stabilità con l'odore potenziale.

OD₂₀ vs. OU,
r = 0.78, p < 0.05; n = 46

ABP vs. OU
r = 0.79, p < 0.05; n = 46

OU: odore potenziale (unità olfattometriche)

OD₂₀: consumo potenziale di ossigeno

ABP: produzione potenziale di biogas

Fig. 1. Odor emission rate of the matrices sampled in the full scale plants

Orzi et al., 2015



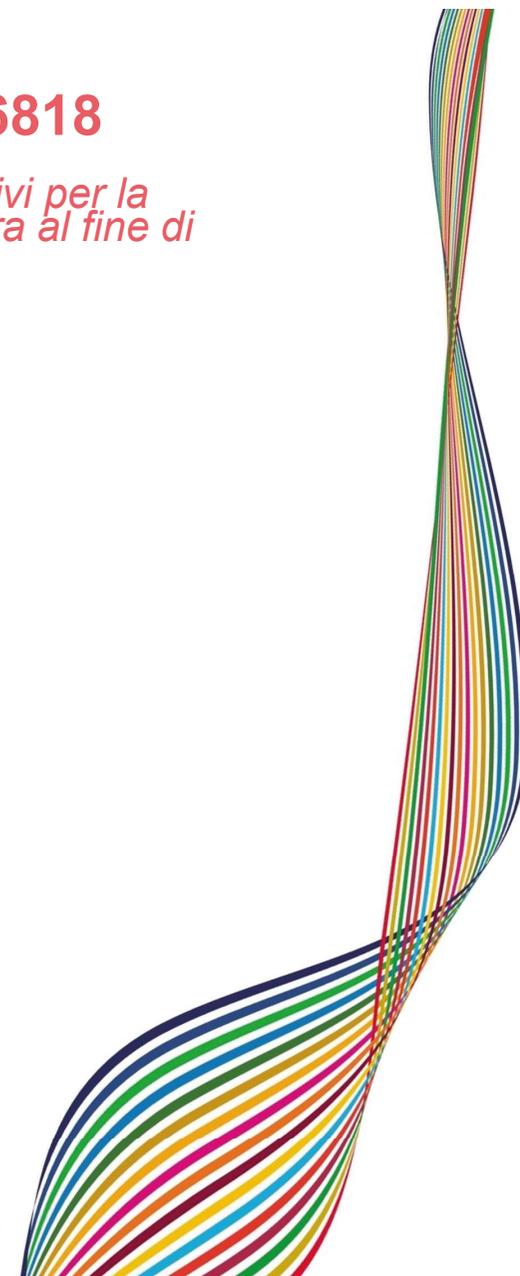
Evento connesso al 6° Forum Regionale per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Decreto dirigenziale Lombardia 7 novembre 2024, n. 16818

Approvazione del Protocollo operativo volontario per verificare metodi alternativi per la valutazione della stabilità biologica dei fanghi di depurazione usati in agricoltura al fine di misurarne l'impatto odorigeno

PARAMETRO	METODICA
Solidi totali (ST)	APHA, 2005; CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984/Notiziario IRSA 2 2008; D.M. 13 settembre 1999
Solidi volatili (SV)	APHA, 2005; CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984/Notiziario IRSA 2 2008; D.M. 13 settembre 1999
SV/ST	
pH	EPA 9045D; IRSA – CNR (Quaderno 64); UNI EN 15933
Azoto ammoniacale	APHA, 2005; Metodo CNR IRSA 7 Q 64; APAT CNR IRSA 4030a2 Man 29/2003
Indice di Respirazione Dinamico (potenziale e reale)	UNI/TS 11184:2006
Produzione biogas potenziale (Anaerobic Biogasification Potential - ABP)	UNI/TS 11703/2018
Concentrazione di odore (c_{od})	metodica descritta nel paragrafo dedicato
Tasso di assorbimento di ossigeno (Oxygen Uptake Rate OUR)	UNI EN 16087-1:2020



Evento connesso al 6° Forum Regionale per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Sostenibilità in Lombardia



Regione Lombardia

Conclusioni

- Il monitoraggio della presenza di inquinanti organici nei fanghi è **utile e necessita di essere reiterato** ad intervalli regolari sul modello del progetto Norvegese (Regione, Italia o EU?).
- Utile introdurre nuovi composti per fini conoscitivi soprattutto perché **la presenza di essi è un indicatore di una possibile contaminazione idro-potabile o a scarichi produttivi che utilizzano a monte tali composti.**
- Utile un **approccio comparativo** per comprendere l'origine e il peso reale degli inquinanti.
- I modelli sono utili ma devono essere calibrati e **correttamente alimentati** per poter essere di aiuto.
- La **misura della ecotossicità** offre la possibilità di **semplificare la misura dell'impatto** dell'uso dei fanghi in agricoltura.
- La **misura della stabilità biologica** permette di ridurre l'impatto nei confronti del cittadino.



Evento connesso al 6° Forum Regionale
per lo Sviluppo Sostenibile
Transizione Climatica: la nuova strada della Lombardia



Sostenibilità
in Lombardia



Regione
Lombardia

