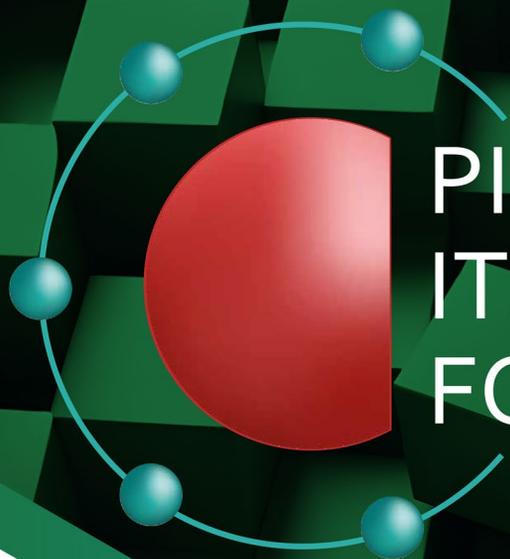


ENEA

Workshop



PIATTAFORMA ITALIANA DEL FOSFORO

Il fosforo come materia prima critica: PROSPETTIVE TECNOLOGICHE, NORMATIVE E DI MERCATO



in collaborazione con:



**POLITECNICO
MILANO 1863**

**Politecnico
di Milano**

**CAMPUS LEONARDO
Aula Rogers**

Piazza Leonardo Da Vinci, 32
20133 Milano

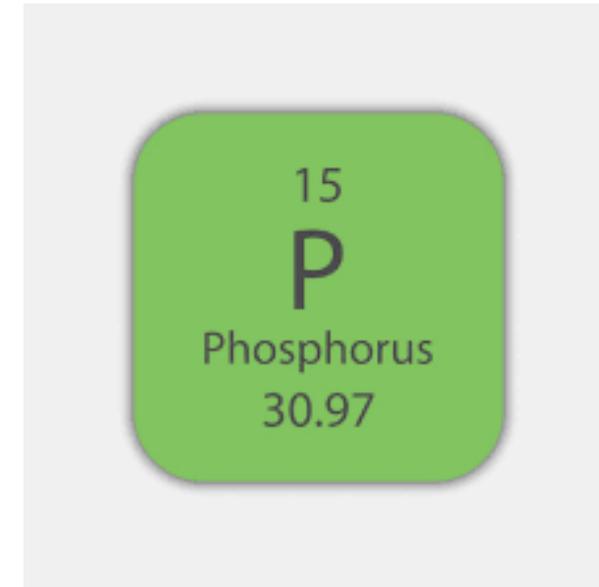
**16
17
OTT
2024**

L'utilizzo del Fosforo in Italia – Focus sul recupero agronomico dei fanghi di depurazione



Il Fosforo:

- Macronutriente necessario per la crescita delle piante, svolge un ruolo fondamentale nel miglioramento della fertilità del suolo e della produttività agricola
- Elemento strategico per il settore alimentare
- Sostanza non rinnovabile (la roccia fosfatica è l'unico materiale di input primario per la produzione di fosforo in tutto il mondo)
- Fosforite e Fosforo rientrano tra le materie prime critiche riportate nel «Critical Raw Materials Act» (Regolamento UE 2024/1252 dell'11 aprile 24)

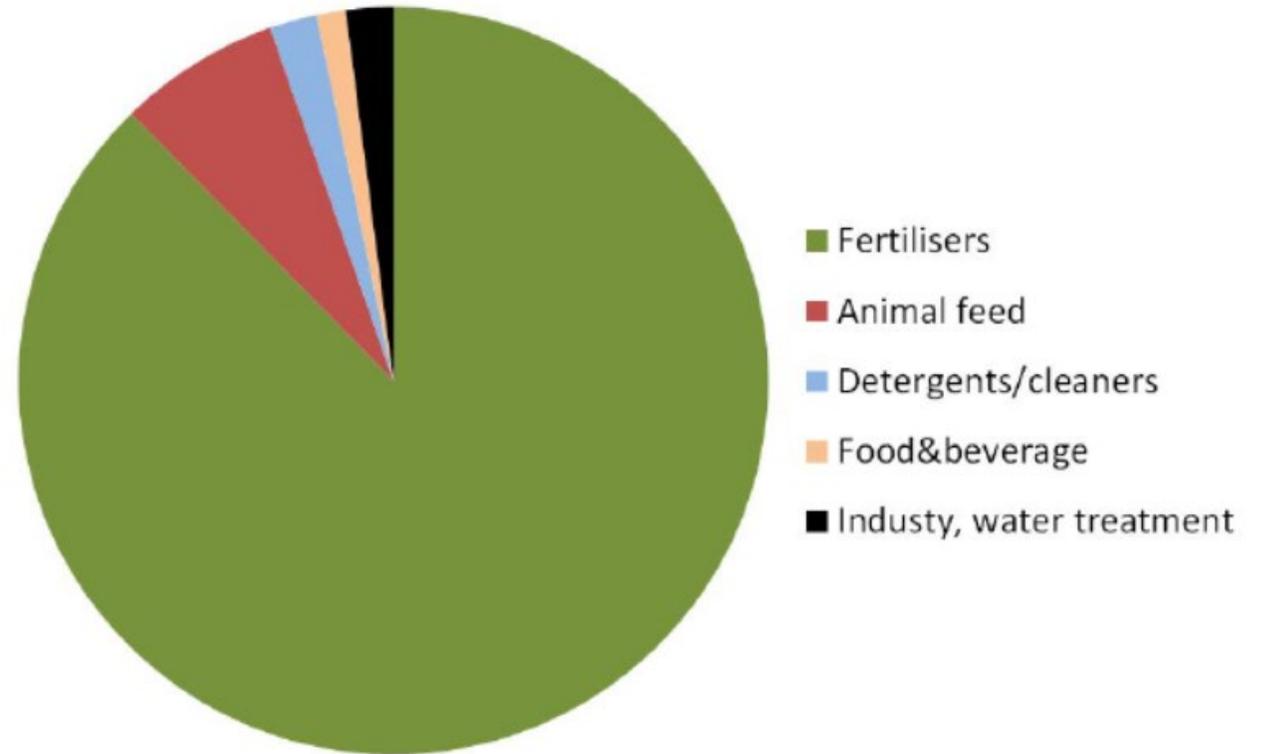


L'utilizzo del Fosforo in Italia – Focus sul recupero agronomico dei fanghi di depurazione



Fosforo - richieste di mercato:

- Fertilizzanti e alimenti zootecnici
- Prodotti detergenti
- Estintori
- Settore della pulizia e trattamento delle acque
- Prodotti di elettronica e batterie
- Prodotti lubrificanti
- Applicazioni mediche
- Componenti di leghe metalliche



L'utilizzo del Fosforo in Italia – Focus sul recupero agronomico dei fanghi di depurazione



Approvvigionamento fosforo - azioni per una migliore efficienza

Lato domanda

- Miglioramento dei processi estrattivi del fosforo dalle rocce fosfatiche
- Ottimizzazione della formulazione dei fertilizzanti e dei mangimi per gli animali
- Contenimento dell'uso di fosforo nei processi industriali

Lato offerta

- Migliorare ed aumentare i tassi di recupero da rifiuti e materie prime seconde, contribuendo **ad incentivare il passaggio ad un modello di economia circolare.**



L'utilizzo del Fosforo in Italia – Focus sul recupero agronomico dei fanghi di depurazione



Fosforo: fonti secondarie

Matrice	Contenuto di fosforo
Letame suino (frazione liquida)	0,203 g/L
Letame bovino	4,10 g/kg – 18,3 g/kg base secca
Liquame di letame ovino	67,5–101,0 mg/L
Liquame suino	1,9 g/kg
Lettiere avicole	13,6 g/kg
Rifiuti di macellazione	1,79 g/kg base secca
Ossa di bestiame	104 g/kg base secca
Ossa suine	93,6 g/kg base secca
Ossa di pollame	85,2 g/kg base secca
Ceneri di ossa di pesci	172 g/kg
Ceneri di ossa di pollame	155 g/kg
Ceneri di ossa di manzo	142 g/kg
Ceneri di fanghi di depurazione	80 – 88,4 g/kg
Fanghi di depurazione	25,68 g/kg
Rifiuti di canna da zucchero	5,30 g/kg
Rifiuti alimentari di tipo vegetale (es. broccoli)	0,26 g/kg
Rifiuti alimentari	4,2 g/kg

I fanghi di depurazione sono tra le matrici di tipo organico maggiormente ricche in fosforo (2-3% circa), seconde soltanto a matrici quali ossa e farina

L'utilizzo del Fosforo in Italia – Focus sul recupero agronomico dei fanghi di depurazione



Rapporto Rifiuti Speciali Ispra 2023: circa 1,3 Mt di tonnellate di fanghi di depurazione delle acque reflue urbane (EER 190805) nel 2021 è stato avviato a operazioni di recupero in agricoltura

Fanghi recuperati in agricoltura (R10+R3)		Macroelementi nutritivi presenti	elementi sull'ass FB	recupero anno	concime corrispondente		prezzi medi fertilizzante	risparmio sul mancato acquisto del fertilizzante
t tq	t ss		% ss	t		t	euro/t	euro
1.300.000	299.000	AZOTO (come N)	4,5	13.455	urea 46% N	29.250,00	405	11.846.250
		FOSFORO (come P ₂ O ₅)	4	11.960	Perfosfato 46% P ₂ O ₅	26.000,00	555	14.430.000
		CARBONIO (come C)	25	74.750	Sostanza Organica	156.975,00	n.d.	n.d.

Fanghi di depurazione e recupero agronomico: processi di trattamento

- Stabilizzazione e igienizzazione tramite calcitazione (attività di recupero di fanghi biologici di depurazione in agricoltura ai sensi del D.Lgs 99/92)
- Compostaggio (produzione di ammendante compostato con fanghi - D.Lgs 75/2010 e smi)
- Produzione di gessi di defecazione da fanghi (D.Lgs 75/2010 e smi)
- Digestione anaerobica (attività di recupero di fanghi biologici di depurazione in agricoltura ai sensi del D.Lgs 99/92)

Questi processi di trattamento hanno raggiunto punteggio TRL (technology readiness level - livello di maturità tecnologica) molto elevato in quanto sono caratterizzate da un know-how tecnologico eccellente e da numero di applicazioni considerevole

L'utilizzo del Fosforo in Italia – Focus sul recupero agronomico dei fanghi di depurazione



Recupero dei biosolidi in agricoltura: **vantaggi**

- Significativo apporto di sostanza organica (aumento della fertilità dei suoli, effetto carbon sink, contrasto alla desertificazione e all'erosione)
- Apporto di nutrienti fondamentali per la crescita delle colture
- Riduzione dell'utilizzo dei fertilizzanti di sintesi
- Risparmio per l'agricoltore
- Processi di trattamento consolidati ed efficienti



Recupero dei biosolidi in agricoltura: **criticità**

- Normativa non aggiornata
- Impatto odorigeno
- Errata percezione della sicurezza ambientale della pratica di recupero di biosolidi in agricoltura
- Diffidenza e poca accettazione da parte della popolazione



L'utilizzo del Fosforo in Italia – Focus sul recupero agronomico dei fanghi di depurazione



JRC – ““Screening risk assessment of organic pollutants and environmental impacts from sewage sludge management”

- Ricerca molto vasta, lo screening iniziale ha interessato ben 1350 sostanze chimiche
- Applicazione del modello per 10 classi di contaminanti organici giudicati “prioritari” -**Sostanze perfluoroalchiliche (PFAS), Idrocarburi policiclici aromatici (IPA), PCDD/F e PCB diossina-simili, Ritardanti di fiamma polibromurati (PBDE HBCDD), Alchilfenoli, Alcani policlorurati, Policloronaftaleni, Composti organostannici, Esteri dell’acido ftalico, Polidimetilsilossani**
- Secondo lo studio, solo 6 classi di inquinanti possono causare rischi significativi sia per l'uomo che per gli organismi del suolo, se presenti a determinati livelli di concentrazione.
- Lo studio non contempla la produzione di nuovi dati analitici, si basa solo su valori di bibliografia (in particolare, Tavazzi 2012)
- Il modello previsionale per la valutazione del rischio usato in questo studio è stato sviluppato dall'Associazione europea per la protezione delle colture (ECPA), ulteriormente adattato e convalidato dal JRC (lo strumento ECPA-LET è disponibile gratuitamente, mentre quello modificato e validato dal JRC non è stato fornito)

L'utilizzo del Fosforo in Italia – Focus sul recupero agronomico dei fanghi di depurazione

JRC – “Screening risk assessment of organic pollutants and environmental impacts from sewage sludge management”



composto	udm	conc.	RCR ₁	RCR ₁₀	RCR ₁₀₀
PFOA	mg/kg ss	0,0067	28	36	93
PFOS	mg/kg ss	0,0664			
Benzi(b)fluorantene	mg/kg ss	1,92	11	56	61
Crisene	mg/kg ss	2,02			
Benzo(a)pirene	mg/kg ss	1,48			
Benzo(a)antracene	mg/kg ss	1,83			
PCDD/F PCB DL	ng/kg ss TCDD WHO-TEQ	10	2,7	310	350
4-nonilfenolo	mg/kg ss	10	5,2	5,2	5,2
4-terz Ottilfenolo	mg/kg ss	1	42	42	42
SCCPs	mg/kg ss	100	25	210	1600
MCCPs	mg/kg ss	100	10	110	940
bis(2-etilesil)ftalato (DEHP)	mg/kg ss	50	0,72	1,4	1,8
diisonilftalato (DINP)	mg/kg ss	30			

Questi risultati
SE
fossero giudicati
attendibili,
pregiudicherebbero
l'utilizzo dei fanghi in
campo.

L'utilizzo del Fosforo in Italia – Focus sul recupero agronomico dei fanghi di depurazione



“Progetto per una campagna di controllo straordinario sul recupero agronomico dei rifiuti (R10) a seguito di accordo con le imprese operanti nel settore”

<https://www.provincia.pv.it/it/news/1361736>

- 11 aziende site sul territorio della provincia di Pavia coinvolte;
- 11 campioni di fanghi trattati pronti per l'utilizzo agricolo campionati da funzionari della Provincia di Pavia;
- Studio condotto in doppio cieco, i campioni sono stati analizzati sia dai laboratori delle aziende coinvolte sia da una società incaricata da UNITO;
- Supervisione del prof Claudio Minero – Professore Ordinario di Chimica Analitica presso l'Università degli Studi di Torino;
- Verifica sia dell'idoneità dei campioni analizzati che della congruità delle analisi condotte in autocontrollo.

L'utilizzo del Fosforo in Italia – Focus sul recupero agronomico dei fanghi di depurazione

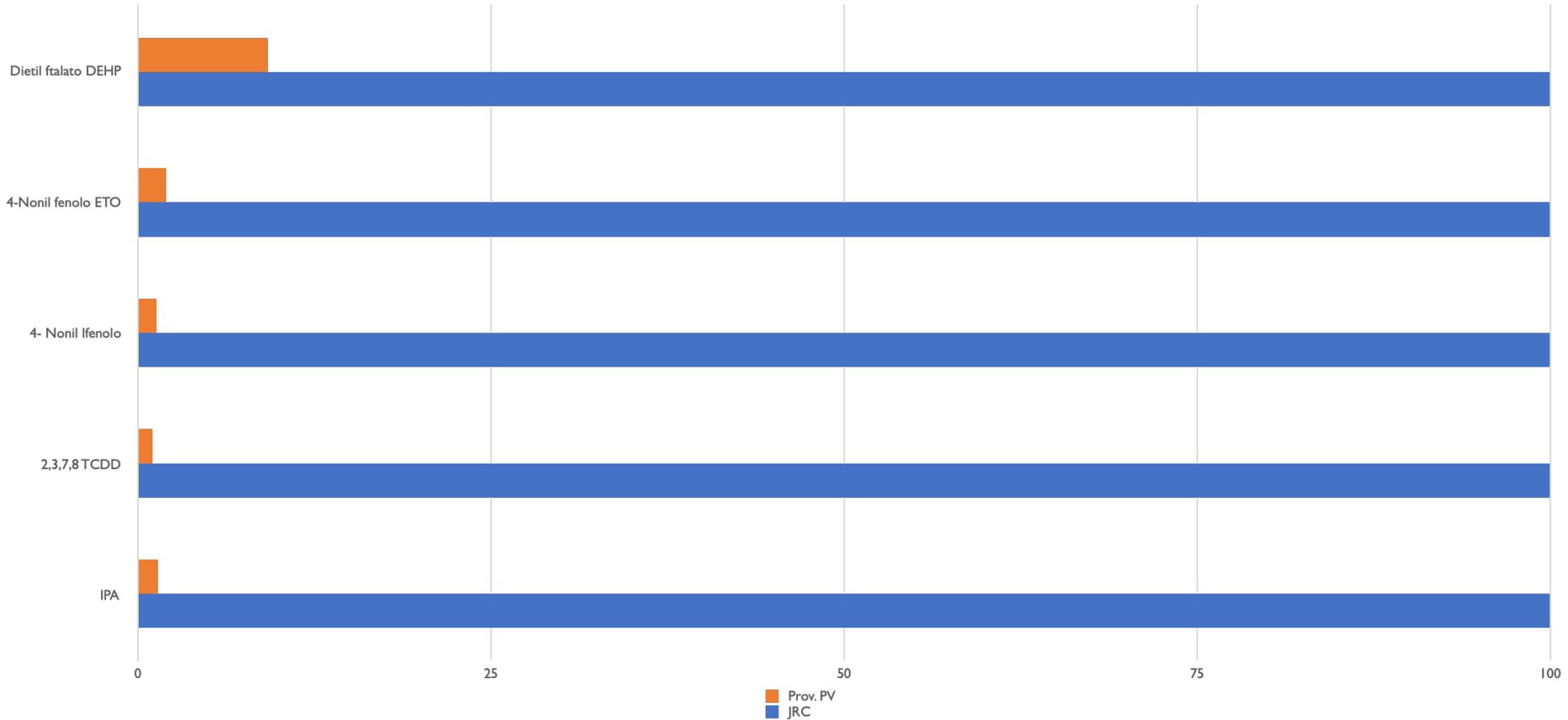


CLASSE DI COMPOSTI	PARAMETRI	CONCENTRAZIONE indicata da JRC	Concentrazione UNITO (valore medio) determinata	Concentrazione UNITO / Concentrazione JRC %
Idrocarburi policiclici aromatici	Benzo(b)fluorantene	1,92 [mg Kg ss ⁻¹]	<0,1 [mg Kg ss ⁻¹]	<5,2%
	Crisene	2,02 [mg Kg ss ⁻¹]	<0,1 [mg Kg ss ⁻¹]	<5,0%
	Benzo(a)pirene	1,48 [mg Kg ss ⁻¹]	<0,1 [mg Kg ss ⁻¹]	<6,8%
	Benzo(a)antracene	1,83 [mg Kg ss ⁻¹]	<0,1 [mg Kg ss ⁻¹]	<5,5%
Diossine, furani e PCB Dioxine like	∑PCDD/PCDF+PCB DL	20,0 [ng WHO-TEQ Kg ss ⁻¹]	6,39 [ng WHO-TEQ Kg ss ⁻¹]	32,0%
	2,3,7,8 TCDD	10,0 [ng Kg ss ⁻¹]	<0,1 [ng Kg ss ⁻¹]	<1,0%
Nonilfenoli	4- Nonilfenolo	10,0 [mg Kg ss ⁻¹]	0,13 mg Kg ss ⁻¹	1,3%
	4-Nonilfenolo etossilato	10,0 [mg Kg ss ⁻¹]	<0,2 [mg Kg ss ⁻¹]	<2,0%
	4-tert Ottilfenolo	1,00 [mg Kg ss ⁻¹]	Non previsto dalla normativa	n.d.
Ftalati	bis(2-etilesil)ftalato (DEHP)	50 [mg Kg ss ⁻¹]	4,46 [mg Kg ss ⁻¹]	8,9%
	diisonilftalato (DINP)	30 [mg Kg ss ⁻¹]	Non previsto dalla normativa	n.d.
Composti Perfluoroalchilici (PFAS)	Acido perfluoroottanoico (PFOA)	0,0067 [mg Kg ss ⁻¹]	Non previsto dalla normativa	n.d.
	Acido perfluoroottansolfonico (PFOS)	0,0664 [mg Kg ss ⁻¹]	Non previsto dalla normativa	n.d.
Alcani policlorurati	MCCP (catena media)	100 [mg Kg ss ⁻¹]	Non previsto dalla normativa	n.d.
	SCCP (catena corta)	100 [mg Kg ss ⁻¹]	Non previsto dalla normativa	n.d.

L'utilizzo del Fosforo in Italia – Focus sul recupero agronomico dei fanghi di depurazione



Confronto tra i valori indicati dal JRC e quelli determinati dalla Prov. di Pavia nello studio in campo



L'utilizzo del Fosforo in Italia – Focus sul recupero agronomico dei fanghi di depurazione



Comments on the discrepancy between the results obtained in the monitoring campaign concluded in 2019 on the use of sewage sludge in agriculture in province of Pavia-Italy and the analytical data used in the report JRC «Screening risk assessment of organic pollutants and impacts from sewage sludge managements»

- Le concentrazioni riportate come rappresentative dei biosolidi secondo il JRC e quindi incluse nel modello, sono di gran lunga superiori a quanto emerso nello studio condotto da UNITO e dai laboratori a cui gli operatori del settore richiedono le analisi;
- Se per gli IPA si assumessero le concentrazioni indicate dal JRC, si avrebbe un fango già normativamente non idoneo al recupero agricolo;
- L'utilizzo per una valutazione del rischio di dati di letteratura eterogenei e provenienti da impianti la cui idoneità all'uso specifico in agricoltura non è stata dimostrata, è criticabile, soprattutto per una matrice molto indagata come il fango di depurazione, per la quale esistono migliaia e migliaia di dati analitici perché richieste dalle varie normative comunitarie e nazionali;

L'utilizzo del Fosforo in Italia – Focus sul recupero agronomico dei fanghi di depurazione



Comments on the discrepancy between the results obtained in the monitoring campaign concluded in 2019 on the use of sewage sludge in agriculture in province of Pavia-Italy and the analytical data used in the report JRC «Screening risk assessment of organic pollutants and impacts from sewage sludge managements»

- Nel complesso, la scelta di un set di dati discutibile rende fuorviante la valutazione del rischio presentata nella relazione del JRC.
- Il modello di simulazione applicato dagli autori del rapporto del JRC, per motivi di trasparenza e di collaborazione scientifica, dovrebbe essere reso pubblicamente disponibile sul sito del JRC;
- Solo utilizzando un modello definito e condiviso è possibile comprenderne la robustezza dello stesso rispetto alla propagazione dell'errore sui parametri in esso inseriti.

L'utilizzo del Fosforo in Italia – Focus sul recupero agronomico dei fanghi di depurazione



Progetto «Piano di monitoraggio di inquinanti organici ed emergenti» - work in progress

- 5 Aziende attive nel settore trattamento fanghi per la produzione di materiale idoneo all'utilizzo agronomico (Azienda Agricola Allevi, Alan, Evergreen Italia, Agrorisorse, Acqua & Sole);
- 2 Università (Università degli Studi di Milano, dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Produzione, Territorio e Agroenergia e Università degli Studi di Torino, dipartimento di Chimica);
- Raccolta ed elaborazione di dati analitici storici (raccolta dati a partire dal 2015);
- Esecuzione di un programma di nuove indagini analitiche per la determinazione sia degli inquinanti indicati nello studio del JRC sia di ulteriori eventuali inquinanti organici derivanti da prodotti farmaceutici, per i quali, da normativa, non è richiesta la loro determinazione.

INQUINANTI ORGANICI	PRODOTTI FARMACEUTICI
PFAS + Fluorotelomeri	Ciprofloxacina/ciprofloxacin
Paraffine clurate a catena corta (SCCPs)	Sulfametassazolo/sulfamethoxazole
Paraffine clurate a catena media (MCCPs)	Fenofibrato/fenofibrate
IPA	Gemfibrozil
PCDD/PCDF	Carbazepina
PCB	Metoprololo
dI-PCB	Ofloxacina/ levofloxacina
DEHP (2 bis etilesilftalato)	Clotrimazolo
4-nonilfenolo	Triclosan
4-nonilfenolo etossilato	Bisfenolo A
4 - terz. Ottilfenolo	Diclofenac sale sodico
	Etiniletradiolo
	Estradiolo

L'utilizzo del Fosforo in Italia – Focus sul recupero agronomico dei fanghi di depurazione



- *Confronto tra fango di depurazione, liquame e concime minerale: valutazione della potenzialità a produrre lisciviazione di Azoto* – Di.Pro;Ve. Università di Torino – anno 2008
- *“Utilizzo agronomico di fanghi di depurazione su riso: risultati di una sperimentazione di lungo periodo”* – Centro Ricerche sul riso. Ente Nazionale Risi; Di.SA.FA Università degli Studi di Torino – anno 2016
- *“La pratica del riutilizzo agricolo dei fanghi di depurazione dall’origine in impianto al recupero finale”* - Università degli Studi di Pavia Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura - anno 2017
- *“Progetto mappatura dei terreni sul territorio provinciale al fine dell’impiego dei rifiuti nella pratica agronomica”* – Settore Agricoltura e Settore Tutela Ambientale della Provincia di Pavia – anno 2009 - ripreso ed aggiornato nel 2018 con: *“Progetto di convenzione ditte spanditrici R10 e Provincia di Pavia per il potenziamento del controllo sul territorio”* – Settore Tutela Ambientale U.O. Rifiuti della Provincia di Pavia – Dipartimento di Chimica Università degli Studi di Torino
- *“Studio dell’efficienza fertilizzante e dei principali effetti sul suolo in seguito all’impiego di ammendanti compostati”* – Consorzio Italiano Compostatori, Fondazione per l’Agricoltura F.IIi Navarra” – in corso il 6°anno di sperimentazione

L'utilizzo del Fosforo in Italia – Focus sul recupero agronomico dei fanghi di depurazione



- *“Studio ambientale sui suoli della Lomellina con elaborazioni statistiche, geostatistiche e produzione delle carte tematiche”* - Università Cattolica del Sacro Cuore Dipartimento di Scienze e Tecnologie Alimentari per una filiera agro-alimentare Sostenibile DiSTAS - anno 2020
- G. D'imporzano, F. Adani, *Measuring the environmental impacts of sewage sludge use in agriculture in comparison with the incineration alternative*, Science of the Total Environment 2023 - PROGETTO BIOMASS HUB 2020-2021.
- C. Minero, *Commenti sulla discrepanza tra i risultati ottenuti nella campagna di monitoraggio condotta nel 2019 sull'utilizzo dei fanghi di depurazione in agricoltura nella Provincia di Pavia-Italia, e i dati analitici utilizzati nel rapporto del JRC ‘Screening risk assessment of organic pollutants and environmental impacts from sewage sludge management’*, Torino 2023
- F. Carraturo et al., *Ecotoxicological assessment of waste-derived organic fertilizers and long-term monitoring of fertilized soils using a multi-matrix and multi-species approach*, Science of the Total Environment 2024 – PROGETTO BIOMASS HUB 2020-2021.
- *“Progetto SLURP -SLudge Recovery in agriculture: environment and health Protection”* Università degli Studi di Brescia, Università degli Studi di Milano (UNIBS), Università degli Studi di Milano (UNIMI), Istituto di Ricerche Farmacologiche Mario Negri (IMN), Helmholtz Zentrum di Monaco di Baviera (HMGU)



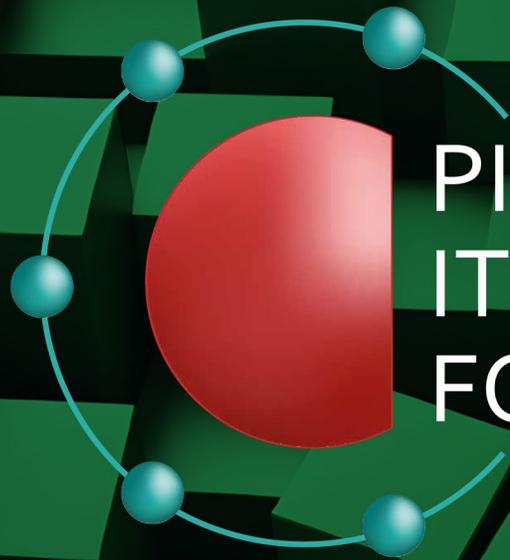
...Grazie per l'attenzione!

Il Fosforo come materia prima critica: PROSPETTIVE TECNOLOGICHE, NORMATIVE E DI MERCATO

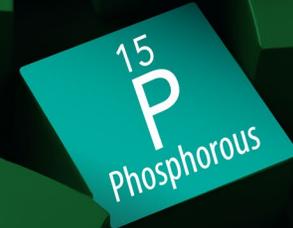
Politecnico di Milano – 16 ottobre 2024

L'utilizzo del Fosforo in Italia – Focus sul recupero agronomico dei fanghi di depurazione

dott.ssa Michela Allevi - Assoambiente



PIATTAFORMA ITALIANA DEL FOSFORO



info@piattaformaitalianafosforo.it

piattaformaitalianafosforo.it



La Piattaforma Nazionale del Fosforo
è una iniziativa promossa dal
Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica