

# Utilizzo di fanghi e prodotti derivati in agricoltura

Fertilizzanti rinnovabili da rifiuti organici: un esempio reale di Economia Circolare

F. Adani et al.,

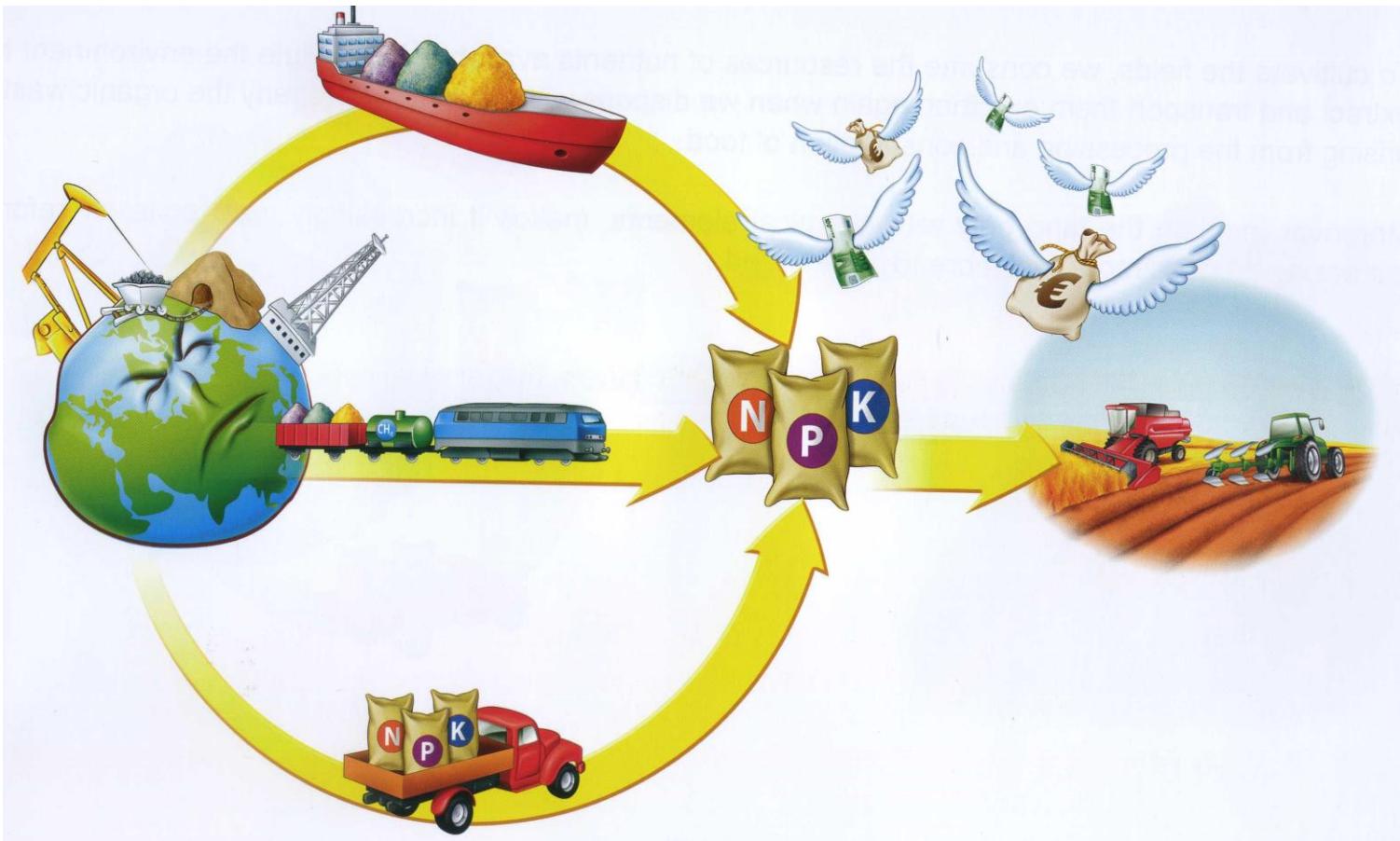
## GRUPPO RICICLA

DiSAA - University Milan  
Soil and Environment Lab. , via Celoria 2, 20133 Milano – Italy  
Biomass and Bioenergy Lab., Parco Tecnologico Padano, Via Einstein, Loc. C.na Codazza, 26900 Lodi, Italy.

Tel.02 503 16546 Fax. 02 503 16521

<http://users.unimi.it/ricicla> - e-mail: [gruppo.ricicla@unimi.it](mailto:gruppo.ricicla@unimi.it)

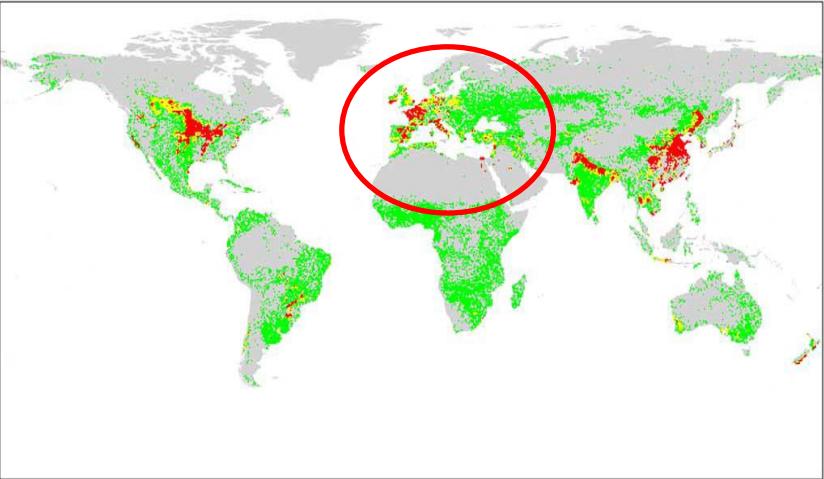
# Linear economy



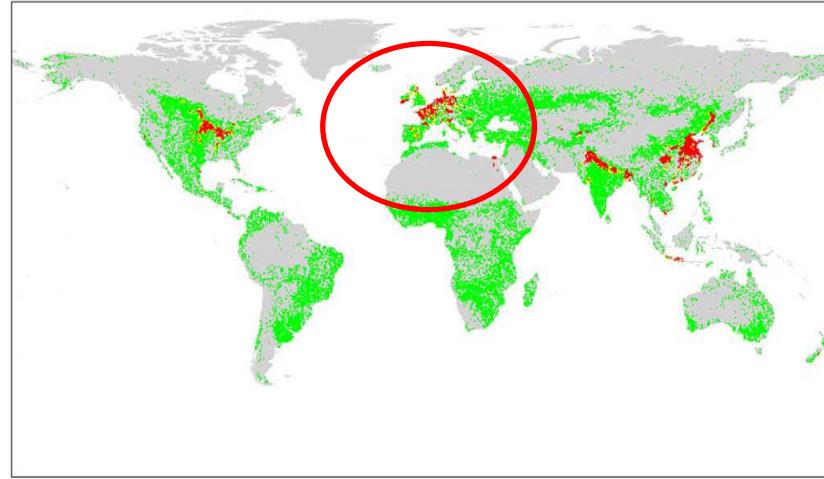
# Environmental problems



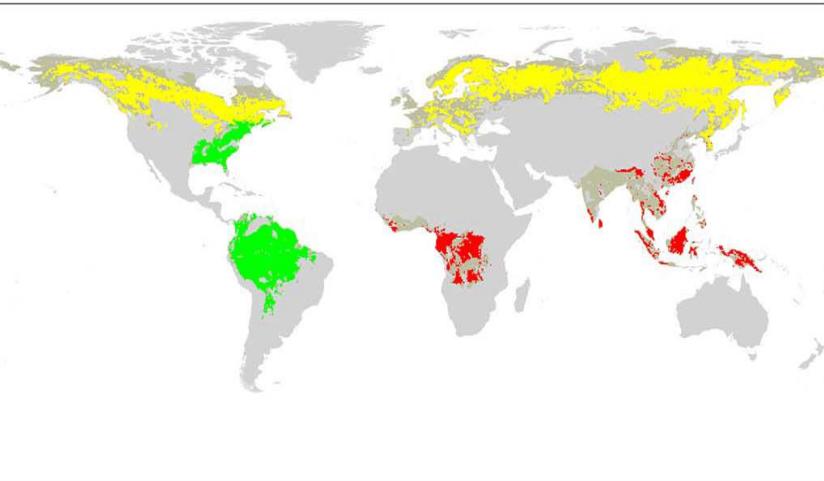
**A Phosphorus**



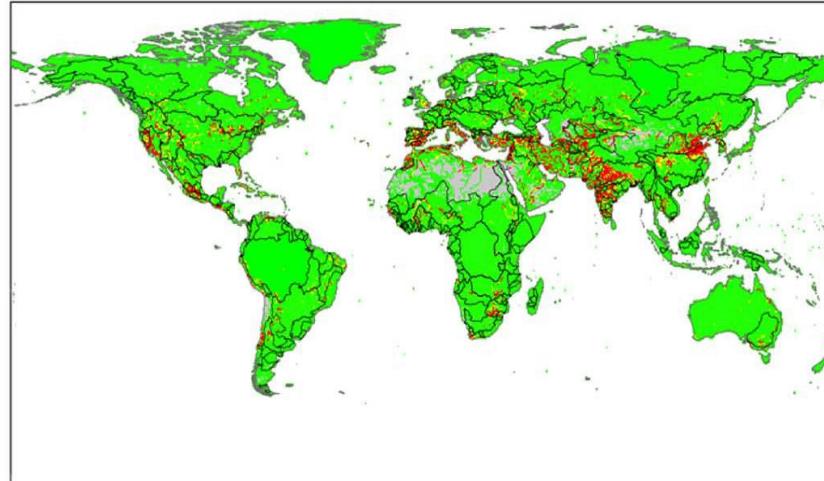
**B Nitrogen**



**C Land-system change**



**D Freshwater use**



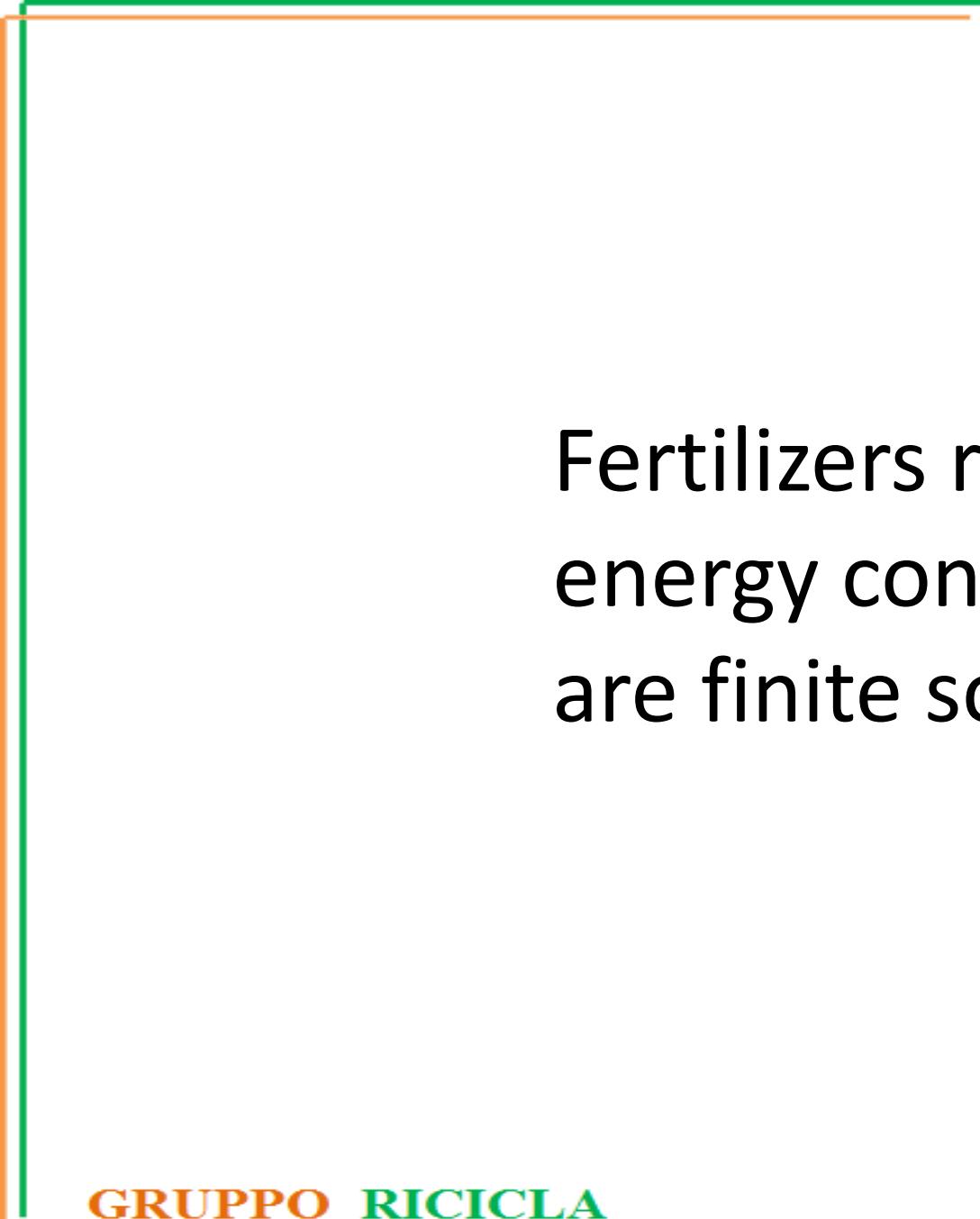
■ Beyond zone of uncertainty (high risk)

■ In zone of uncertainty (increasing risk)

■ Below boundary (safe)

**Table 1.** The updated control variables and their current values, along with the proposed boundaries and zones of uncertainty, for all nine planetary boundaries. In the first column, the name for the Earth-system process used in the original PB publication (R2009, reference 1) is given for comparison.

Earth-system process	Control variable(s)	Planetary boundary (zone of uncertainty)	Current value of control variable
Biogeochemical flows: (P and N cycles) (R2009: Biogeochemical flows: (interference with P and N cycles))	<i>P Global</i> : P flow from freshwater systems into the ocean  <i>P Regional</i> : P flow from fertilizers to erodible soils	11 Tg P yr <sup>-1</sup> (11–100 Tg P yr <sup>-1</sup> )  6.2 Tg yr <sup>-1</sup> mined and applied to erodible (agricultural) soils (6.2–11.2 Tg yr <sup>-1</sup> ). Boundary is a global average but regional distribution is critical for impacts.	~22 Tg P yr <sup>-1</sup>  ~14 Tg P yr <sup>-1</sup>
	<i>N Global</i> : Industrial and intentional biological fixation of N	62 Tg N yr <sup>-1</sup> (62–82 Tg N yr <sup>-1</sup> ). Boundary acts as a global 'valve' limiting introduction of new reactive N to Earth System, but regional distribution of fertilizer N is critical for impacts.	~150 Tg N yr <sup>-1</sup>



Fertilizers require high  
energy consumption or they  
are finite source

N

## Urea production requires fossil fuels.

equivalent of four barrels of oil to produce one ton of urea.

4-barrel energy equivalency



1-ton urea



Urea = 46% Nitrogen

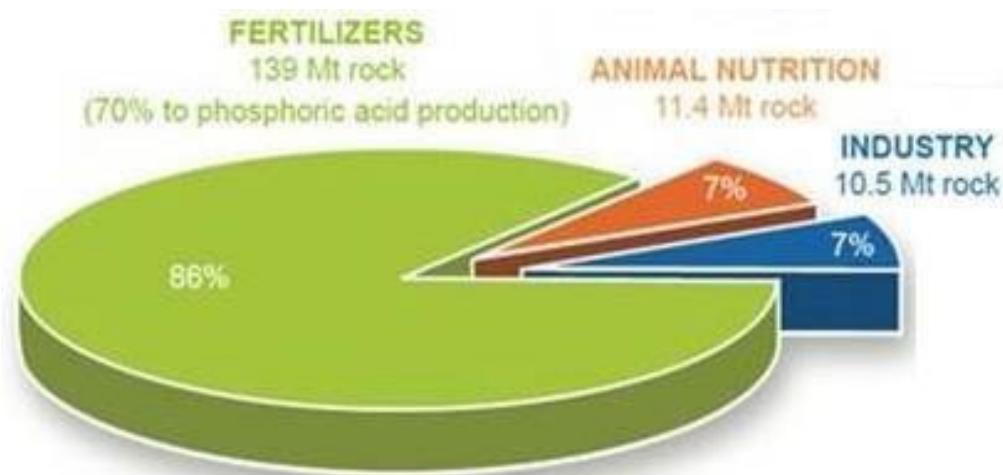
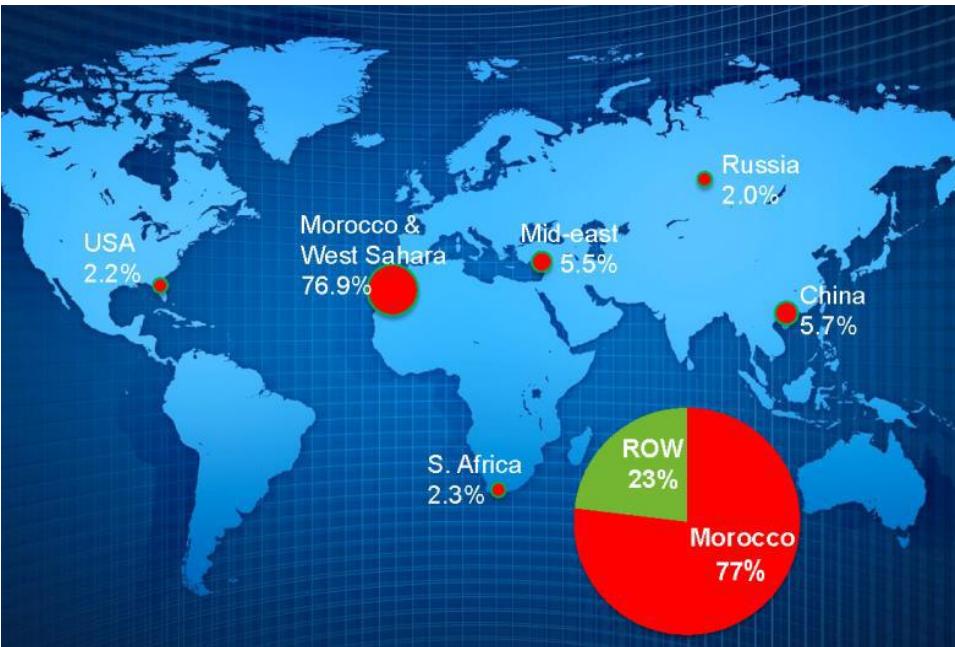


[www.ifdc.org](http://www.ifdc.org)

Celebrating 35 Years

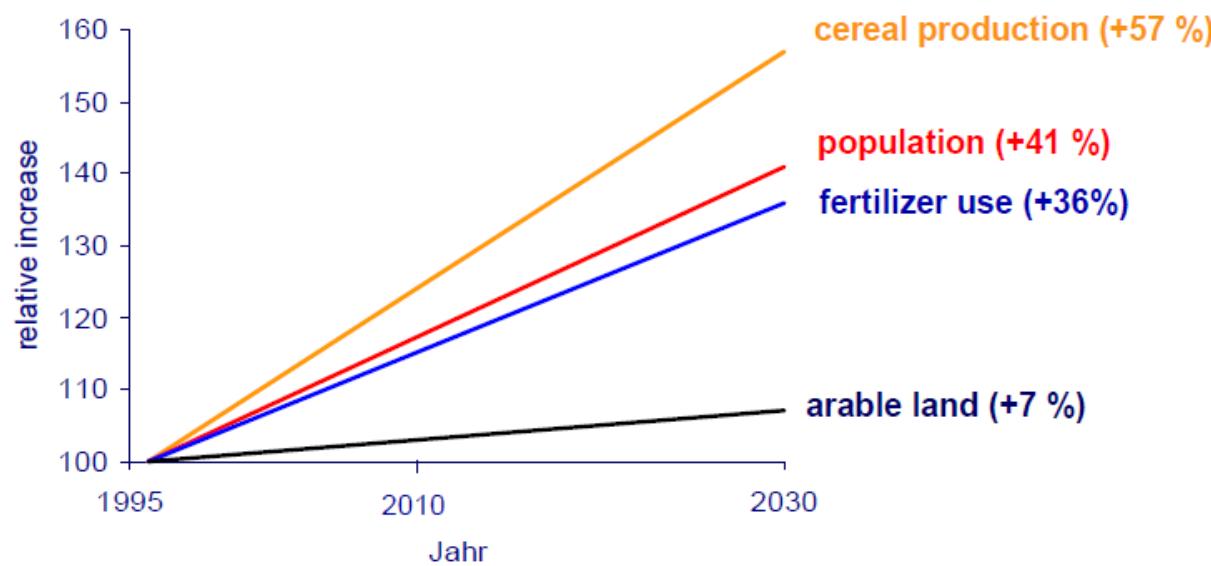
**GRUPPO RICICLA**

P





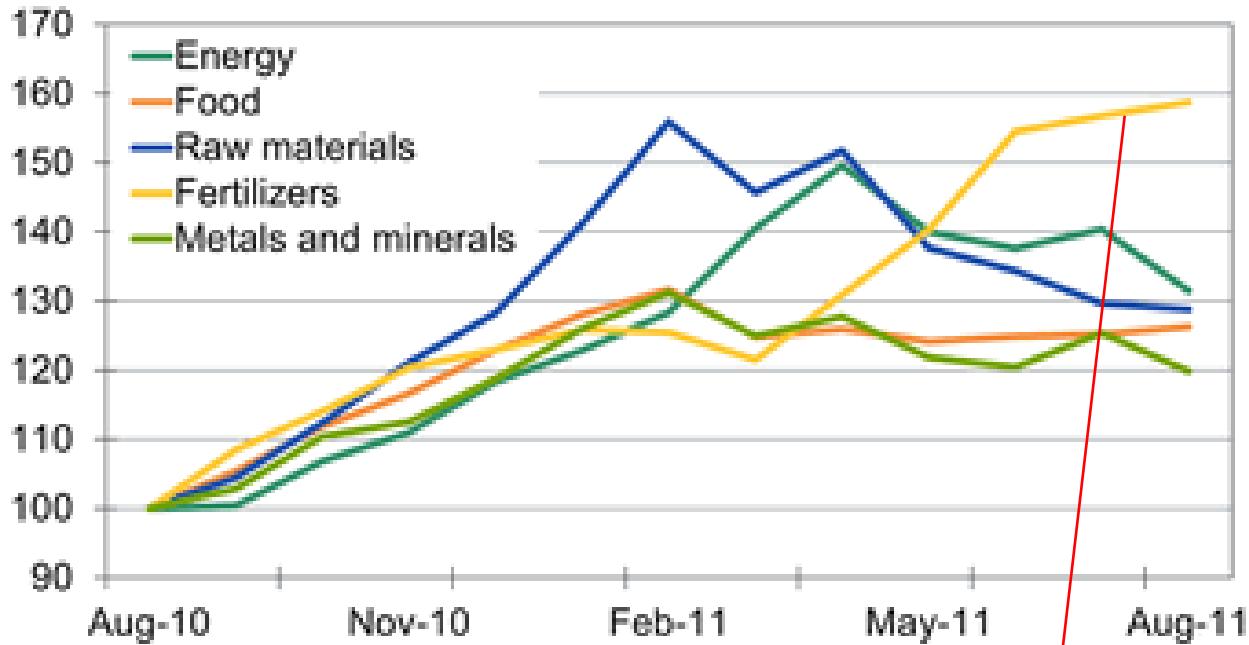
## Global trends: Development of cereal production, world population, fertilizer use and arable land



Source: FAO; Towards 2015/30; Technical interim report 4/2000

## Fertilizers Defy Commodities Price Trend

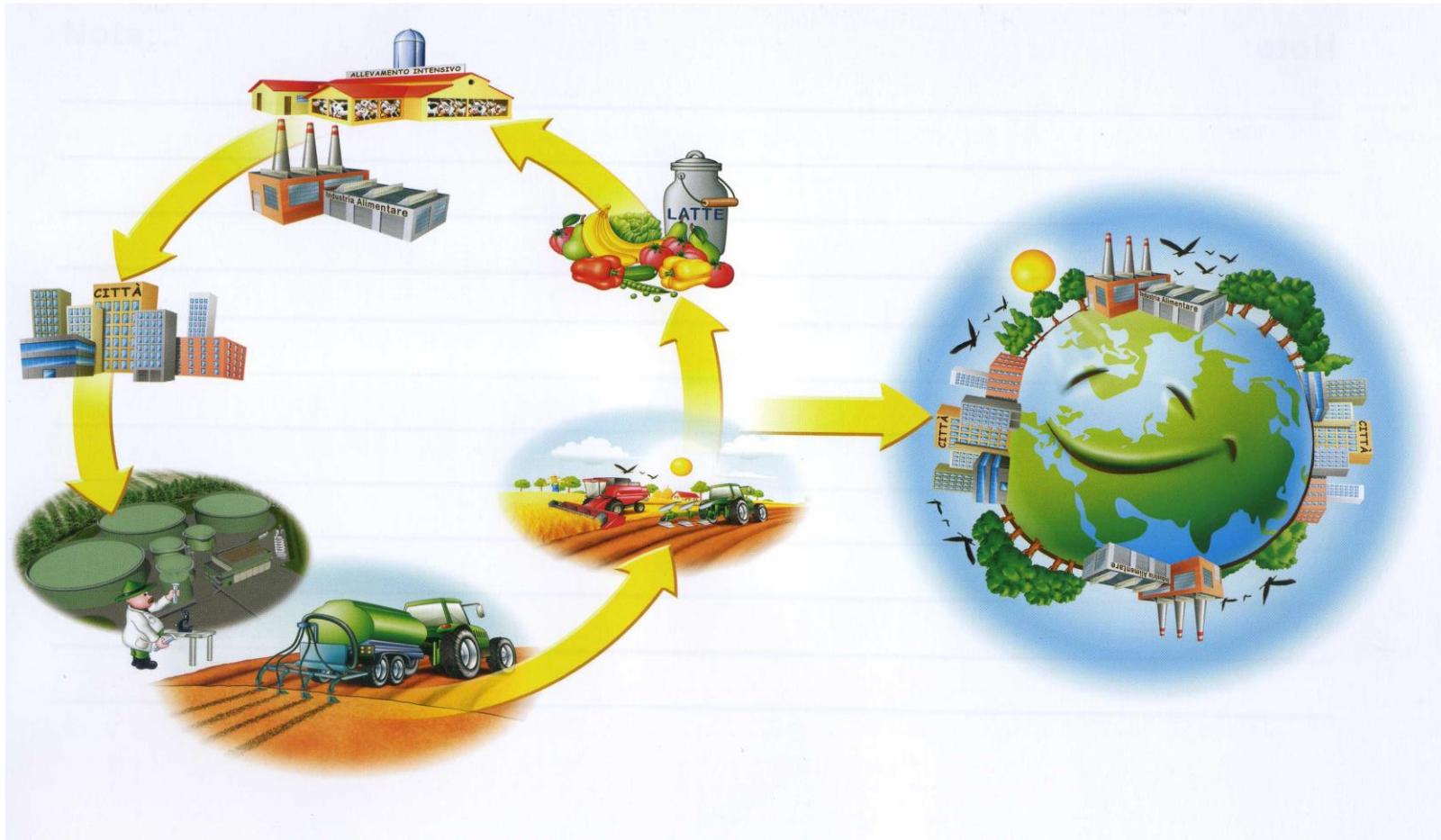
Commodity indices, Aug 2010=100



Sources: Moody's Analytics, World Bank

Fertilizers

# CIRCULAR ECONOMY

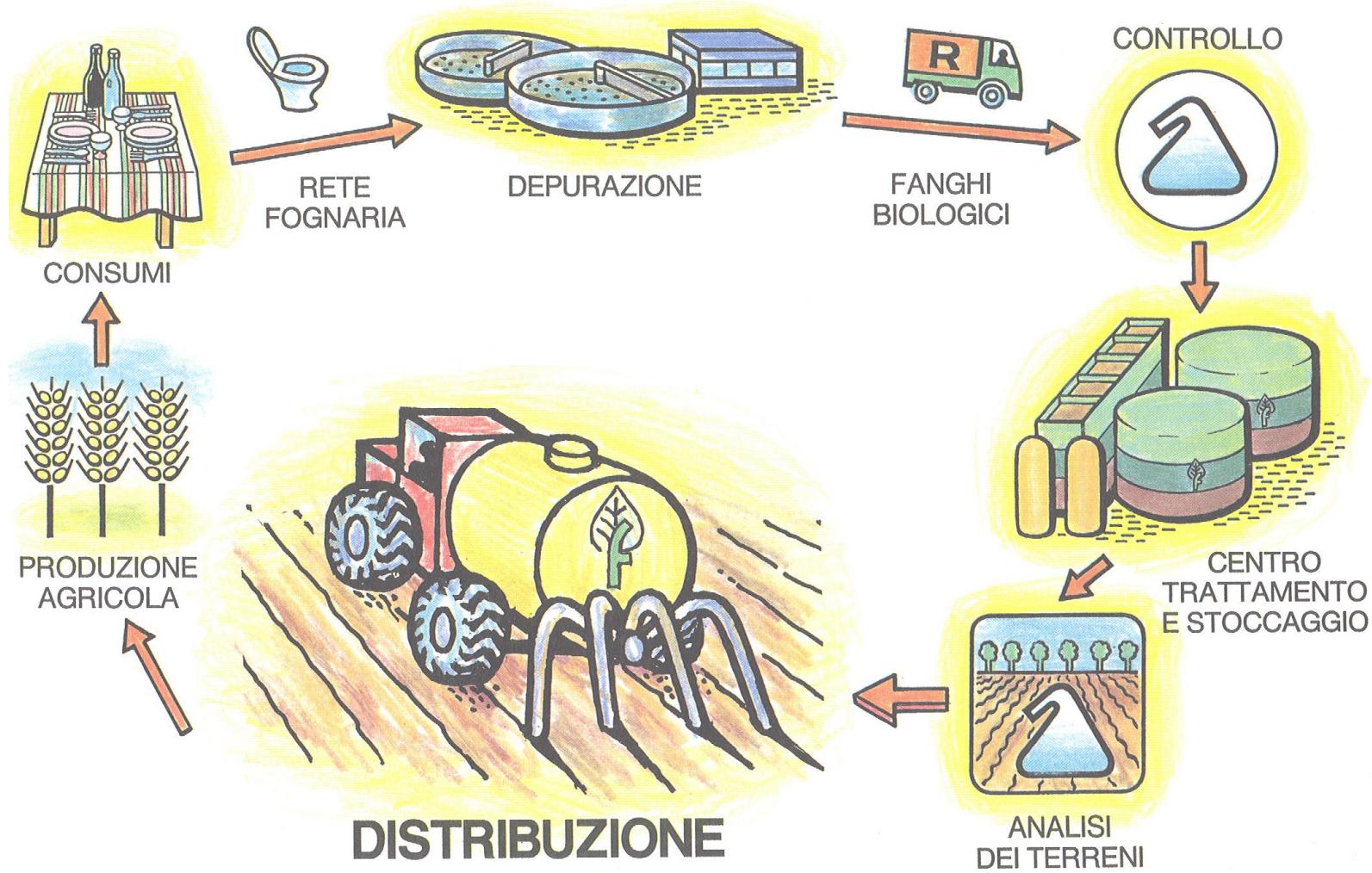


**GRUPPO RICICLA**



*Meorale*

## Fanghi biologici – Il recupero agricolo



## Fanghi biologici – Definizioni

### Art. 2 D.Lgs. 99/92 (Attuazione della direttiva 86/278/CEE)

**Fanghi** = i residui derivanti dai processi di depurazione:

- delle acque reflue provenienti esclusivamente da insediamenti civili....
- delle acque reflue provenienti da insediamenti civili e produttivi....
- delle acque reflue provenienti esclusivamente da insediamenti produttivi.....

I fanghi sono **rifiuti speciali non pericolosi**. (es. C.E.R. 19 08 05 per i fanghi di origine civile)

**Fanghi trattati** = i fanghi sottoposti a trattamento biologico, chimico, termico, a deposito a lungo termine ovvero ad altro opportuno procedimento, in modo da ridurre in maniera rilevante il loro potere fermentescibile e gli inconvenienti sanitari della loro utilizzazione.

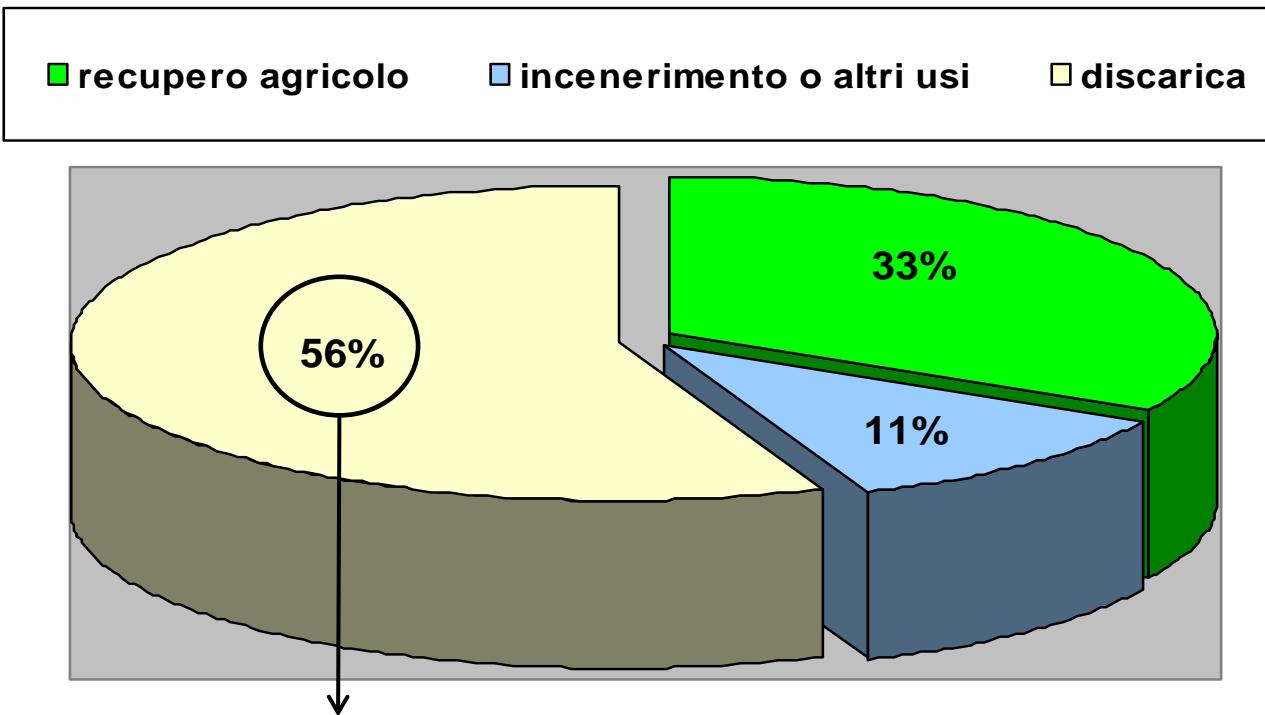
**Agricoltura** = qualsiasi tipo di coltivazione a scopo commerciale e alimentare, nonché zootecnico.

**Utilizzazione** = il recupero dei fanghi mediante il loro spandimento sul suolo o qualsiasi altra applicazione sul suolo e nel suolo.

Cortesia A. Tenca, 2015

## Fanghi biologici – Dati nazionali

Si stima che in Italia la depurazione delle acque reflue civili porti alla produzione di circa 1,2 milioni di tonnellate, in sostanza secca (s.s.), di fanghi biologici, il cui smaltimento risulta così ripartito:



Sfavorito da Direttiva 1999/31/CE



Cortesia A. Tenca, 2015

## Fanghi biologici – Condizioni per un corretto recupero

La composizione dei fanghi biologici, in particolare di quelli di origine urbana, può presentare notevoli oscillazioni (in funzione di fattori climatici, abitudini alimentari, igieniche, scarichi abusivi...) anche se in genere si ritrova una sufficiente costanza delle caratteristiche chimico-fisiche.

### IDONEITA' del Fango/Rifiuto

- Chimica
- Microbiologica
- Biologica

### IDONEITA' dell'area

- Chimica
- Fisico-geografica
- Destinazione d'uso, colture

### PROCEDURE

- Autorizzazioni, documentazioni, notifiche...
- Quantità
- Sistemi distribuzioni
- Condizioni meteo, culturali

## Fanghi biologici – Idoneità chimica dei fanghi 1/2

- I valori degli elementi nutritivi (N, P, S.O.) sia tale da giustificare l'impiego:

Carbonio organico (min.): 20 % ss

Fosforo tot. (P) (min.): 0,4 % ss

Azoto tot. (min.): 1,5 % ss



- I valori di concentrazione degli inquinanti inorganici e organici rientrano nei limiti



## Fanghi biologici – Idoneità chimica dei fanghi 2/2

PARAMETRI	SIGLA	U.M.	DLgs 99/92	Regione Lombardia
Residuo secco	ss	% tq	np	np
Ceneri 600°C		% tq	np	np
pH	pH		np	np
Carbonio org. Tot	TOC	% ss	> 20	> 20
Arsenico	As	mg/kg ss	np	10
Cadmio	Cd	mg/kg ss	20	20
Cromo	Cr	mg/kg ss	np	750
Fosforo totale	P	% ss	> 0,4	> 0,4
Mercurio	Hg	mg/kg ss	10	10
Nichel	Ni	mg/kg ss	300	300
Piombo	Pb	mg/kg ss	750	750
Potassio	K	g/kg ss	np	np
Rame	Cu	mg/kg ss	1.000	1.000
Zinco	Zn	mg/kg ss	2.500	2.500
Cromo esavalente	Cr VI	mg/kg ss	--	10
Azoto totale	N	% ss	> 1,5	> 1,5
Grado Umificazione	D.H.	% ss	--	np
Oli, grassi animali vegetali		mg/kg tq	--	np
Oli minerali		mg/kg tq	--	np
Solventi clorurati	(somm. di 9)	mg/kg tq	--	np
Tensioattivi anionici MBAS		mg/kg tq	--	np
Tensioattivi non ionici		mg/kg tq	--	np
Pesticidi clorurati	(somm. di 19)	mg/kg tq	--	np
Coliformi fecali		MPN/g ss	--	10.000
Salmonelle		MPN/g ss	1.000	100
Uova di Elminti vitali		n./g ss	--	0
<i>Eluato in acqua satura di CO<sub>2</sub></i>				
Conducibilità		mS/cm	--	np
Idrocarburi totali		mg/l	--	10
Tensioattivi anionici MBAS		mg/l	--	np
Tensioattivi non ionici		mg/l	--	np
Tensioattivi totali		mg/l	--	4
Solventi clorurati	(somm. di 9)	mg/l	--	2
Solventi aromatici	(somm. di 5)	mg/l	--	0,4
Solventi azotati	(somm. di 7)	mg/l	--	0,2
Pesticidi clorurati	(somm. di 19)	mg/l	--	0,05
Pesticidi azofosforati	(somm. di 21)	mg/l	--	0,1



I fanghi vengono classificati in tre differenti categorie:

1. *fanghi recuperabili in agricoltura (di alta qualità)*: a questa categoria appartengono quei fanghi che rispettano tutti i limiti di tabella 5.2 prima colonna;
2. *fanghi recuperabili in agricoltura (idonei)*: a questa categoria appartengono quei fanghi che rispettano tutti i limiti di tabella 5.2 seconda colonna;
3. *fanghi non recuperabili in agricoltura (non idonei)*: a questa categoria appartengono tutti quei fanghi che non rispettano i limiti di tabella 5.2 e che pertanto avranno destinazioni alternative al recupero in agricoltura (Cfr. Appendice 6).

Tabella 5.1 – Concentrazioni ammissibili nei fanghi in ingresso agli impianti di trattamento (CT).

Parametri	u.d.m.	Valori ammissibili
<b>Metalli pesanti</b>		
Cadmio (Cd)	mg/kg ss	≤ 22
Rame (Cu)	mg/kg ss	≤ 1200
Nichel (Ni)	mg/kg ss	≤ 330
Piombo (Pb)	mg/kg ss	≤ 900
Zinco (Zn)	mg/kg ss	≤ 3000
Cromo (Cr <sup>tot</sup> )	mg/kg ss	≤ 900
Mercurio (Hg)	mg/kg ss	≤ 11
<b>Nutrienti</b>		
Carbonio organico	% SS	> 10
Azoto totale	% SS	> 1,0

Tabella 5.2 – Valori limite e concentrazioni caratterizzanti i fanghi di alta qualità ed i fanghi idonei avviati all'utilizzo in agricoltura.

Parametro	u. d m.	Valori limite	
		Fango di alta qualità	Fango idoneo
pH		5,5 < pH ≤ 11	
Sostanza secca (residuo secco a 105°C)	%		
Residuo secco a 600°C	%		
SSV/SST*	%	< 60	< 65
<b>Metalli pesanti</b>			
Cadmio	mg/kg ss	≤ 5	≤ 20
Cromo totale	mg/kg ss	≤ 150	≤ 750
Mercurio	mg/kg ss	≤ 5	≤ 10
Nichel	mg/kg ss	≤ 50	≤ 300
Piombo	mg/kg ss	≤ 250	≤ 750
Rame	mg/kg ss	≤ 400	≤ 1000
Zinco	mg/kg ss	≤ 600	≤ 2500
Arsenico	mg/kg ss	≤ 10	-
<b>Parametri agronomici</b>			
Carbonio organico	% ss	> 20	
Azoto totale	% ss	> 1,5	
Fosforo totale	% ss	> 0,4	
Potassio totale	% ss		
Grado di umificazione	DH%		
<b>Inquinanti organici</b>			
IPA	mg/kg ss	< 6	
PCB	mg/kg ss	< 0,8	
PCDD/F	ng TEQ/kg ss	< 50	
<b>Parametri microbiologici</b>			
Salmonelle	MPN/g ss	< 100	
Coliformi fecali	MPN/g ss	< 10.000	
<b>Parametri biologici</b>			
Test di fitotossicità	Test di accrescimento o di germinazione. Per l'accrescimento si applica la metodologia di cui all'Allegato B della d.g.r. 16/04/2003 n. 7/12764. Indice di germinazione (diluizione al 30%) deve essere > 60%		

## Fanghi biologici – Idoneità chimica dell'area

Riferimenti legislativi per le Metodiche di Campionamento e di Analisi:

*Decreto del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali 13 settembre 1999: "Approvazione dei metodi ufficiali di analisi chimica del suolo", modificato con D.M. 25 marzo 2002*

Parametro	U.M.	Limite
pH		> 5
C.S.C.	meq/100 g	> 8
Cadmio	mg/kg s.s.	< 1,5
Mercurio	mg/kg s.s.	< 1
Nichel	mg/kg s.s.	< 75
Piombo	mg/kg s.s.	< 100
Rame	mg/kg s.s.	< 100
Zinco	mg/kg s.s.	< 300
Potere ossidante per il Cromo	µM Cr VI	< 1

## Fanghi biologici – Idoneità fisico-geografica e d'uso dell'area

L'impiego per uso agronomico dei rifiuti è autorizzato nelle zone di fatto destinate all'**uso agricolo**

### PRINCIPALI LIMITAZIONI :

- nei terreni con **colture in atto**
- nei terreni allagati, soggetti ad esondazioni, con falda acquifera affiorante, ricoperti di neve oppure gelati
- nei terreni destinati a pascolo, a prato-pascolo (nelle 5 settimane che precedono il pascolo o la raccolta) o destinati all'orticoltura (prodotti consumati crudi)
- nei terreni soggetti a **vincolo idrogeologico** (fasce di esondazione del Piano Assetto Idrogeologico)
- nei terreni situati in prossimità dei **centri abitati** (esclusa la presenza di case coloniche ed insediamenti produttivi) per una fascia di almeno 100 m
- nei terreni situati entro una fascia di 200 m dalla zona di rispetto dei **pozzi** di captazione di acqua potabile

## Fanghi biologici – Quantità di utilizzo

Fatto salvo il calcolo dei fabbisogni nutritivi delle differenti colture, i quantitativi massimi permessi sono:

<b>pH</b>	<b>C.S.C. mEq/100 g</b>	<b>D. Lgs 99/92 t/ha s.s. Quantità riferite al triennio</b>	<b>Reg. Lombardia t/ha s.s. Quantità riferite ad anno solare</b>
< 5	< 8	0	<b>0</b>
5-6	8-15	7,5	<b>2,5</b>
5-6	> 15	11,1	<b>3,7</b>
6-7,5	< 15	11,1	<b>3,7</b>
6-7,5	> 15	15	<b>5</b>
> 7,5	> 15	22,5	<b>7,5</b>

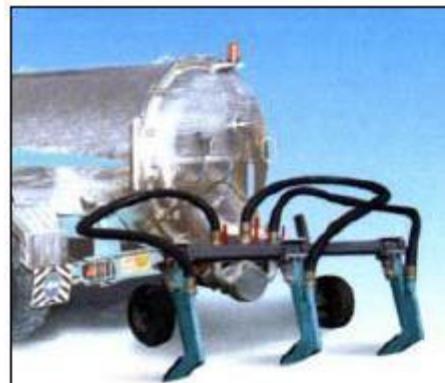
## Fanghi biologici – Modalità di utilizzo

Al fine di evitare possibili **inconvenienti olfattivi**, i fanghi devono essere applicati seguendo le buone pratiche agricole:

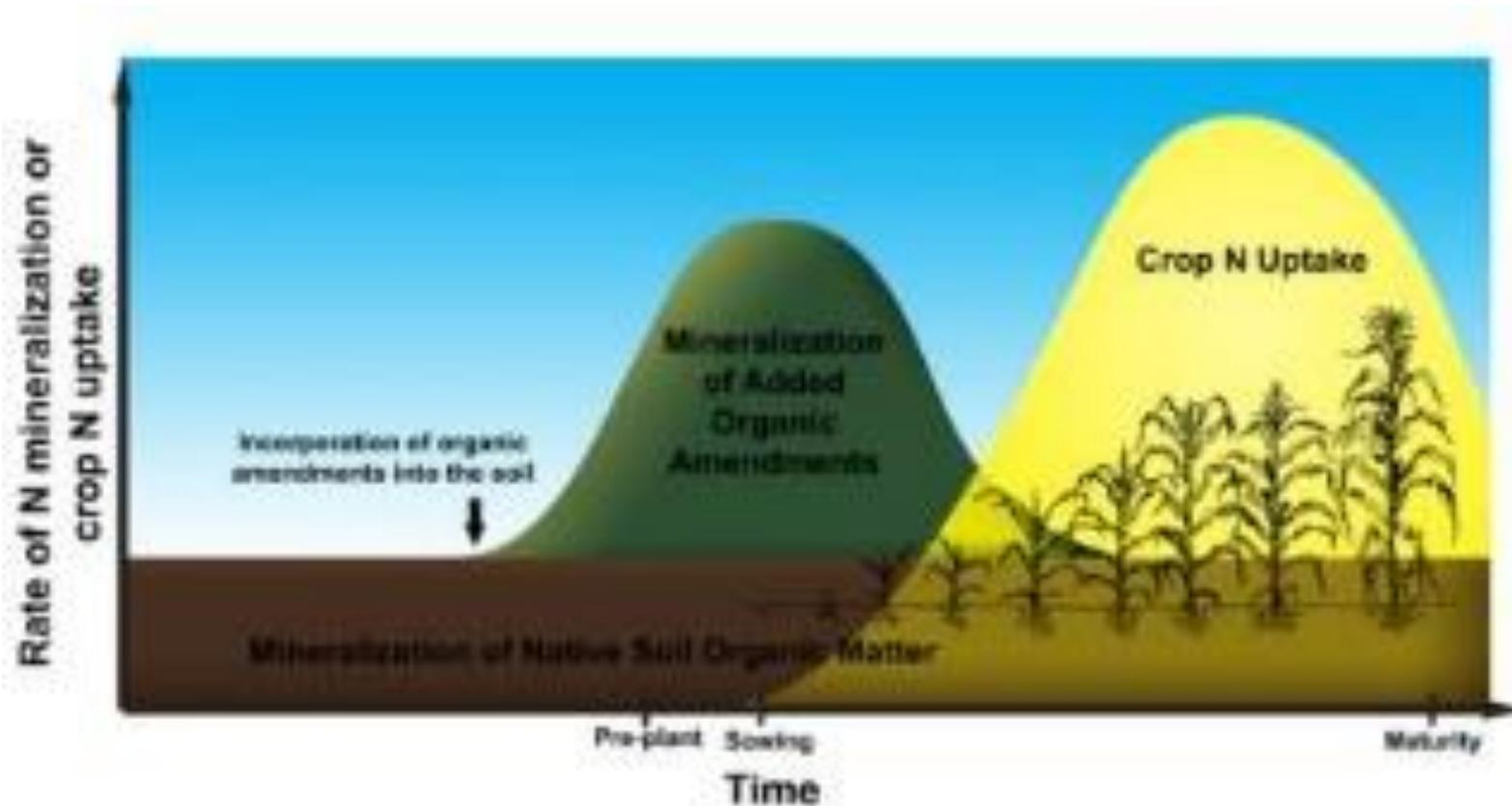
- i **fanghi palabili** vanno interrati immediatamente dopo l'applicazione mediante opportuna lavorazione del terreno



- i **fanghi pompabili** vanno interrati all'atto della distribuzione mediante iniezione diretta nel suolo



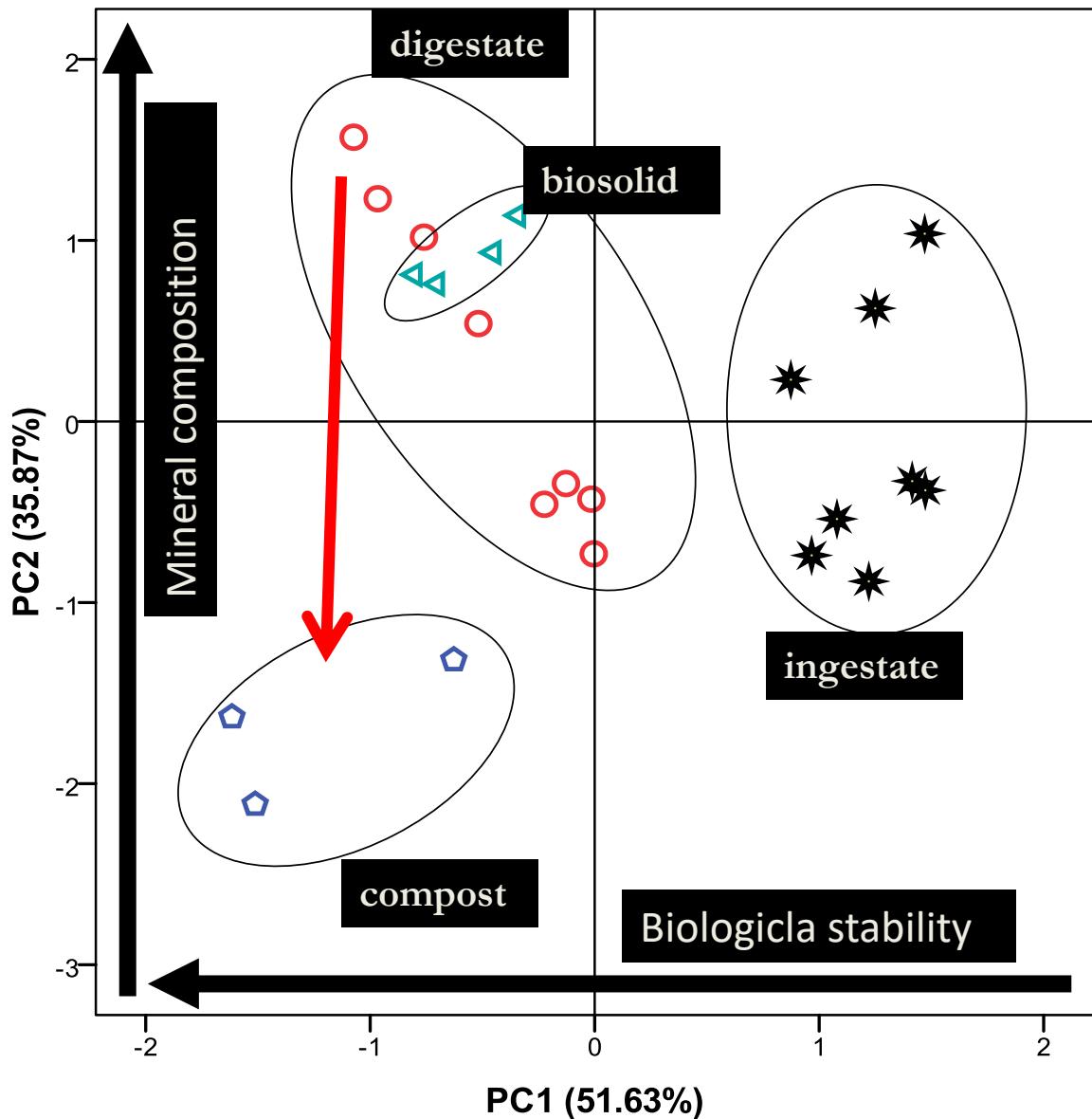
## Efficienza dei nutrienti: uso del fango Vs. compostaggi del fango



# Anaerobic digestion

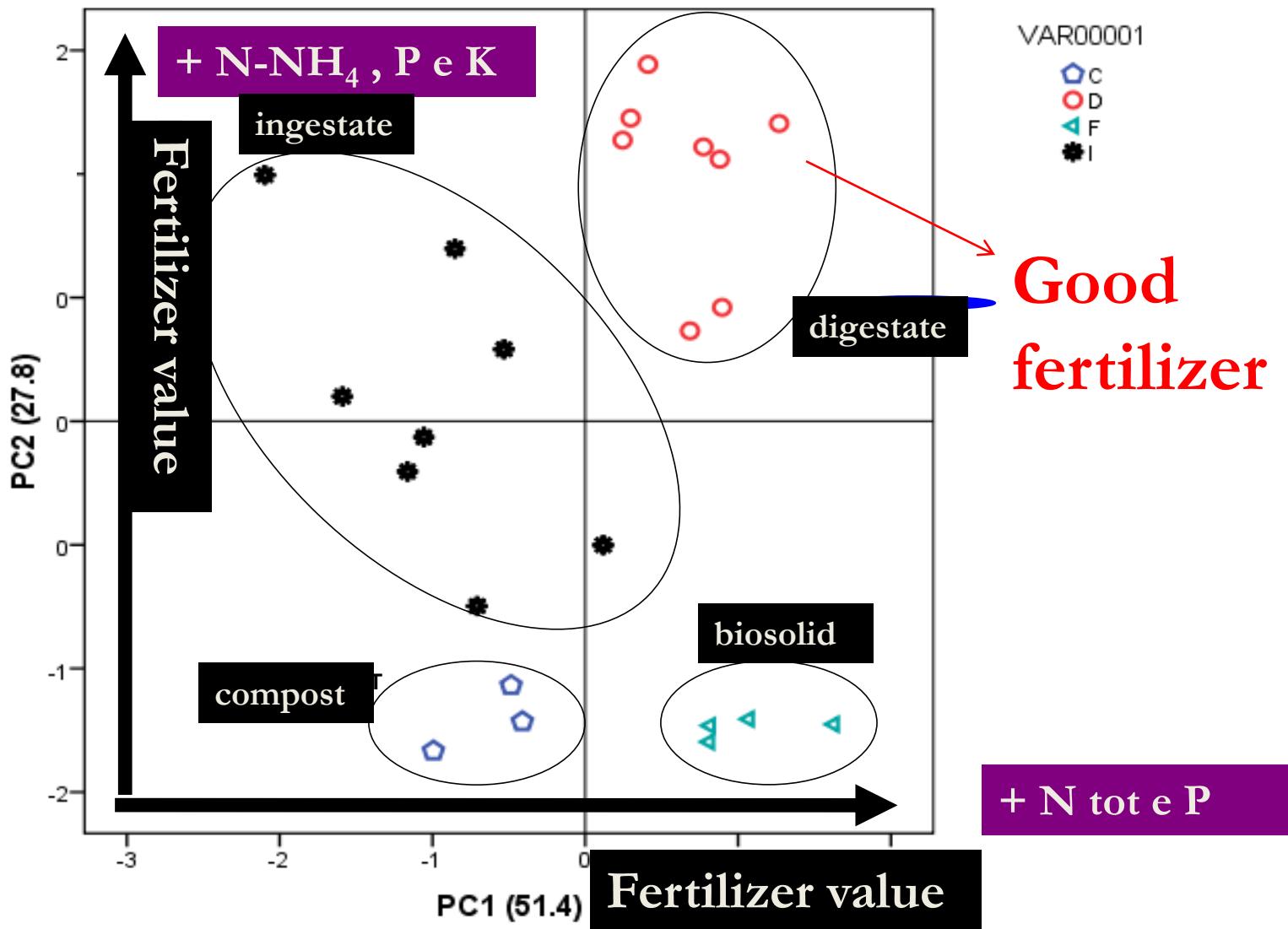


**Anaerobic digestion: modification of  
both elements and organic matter  
contained .....**





**What about mineral fraction.....?**



## Tabella 15– Contenuto di patogeni prima e dopo digestione anaerobica

		Miscela 2	digestato da Miscela 2
<b>Salmonella</b>	in 25 g	presente come agona e thompson	assenza
<b>Coliformi fecali</b>	ufc/g	1400000	0
<b>Uova di elminti</b>	ufc/g	negativo	negativo
<b>Escherichia coli</b>	ufc/g	900000	0
<b>verotossina Escherichia coli</b>		ndp	-
<b>Streptococchi fecali</b>	ufc/g	770000	100
<b>Enterobacteriacee</b>	ufc/g	2900000	0
<b>Listeria monocytogenes</b>		negativo	negativo

55 °C, HRT = 20 giorni

## Tabella – Contenuto di patogeni prima e dopo digestione anaerobica

		Miscela 1	digestato da Miscela 1
Salmonella	in 25 g	assenza	assenza
Coliformi fecali	ufc/g	33000	0
Uova di elminti	ufc/g	negativo	negativo
Escherichia coli	ufc/g	38.000	0
verotossina Escherichia coli		non det*	-
Streptococchi fecali	ufc/g	2000000	0
Enterobacteriacee	ufc/g	100000	0
Listeria monocytogenes		negativo	negativo

## INTRODUCTION TO THE CENTER FOR THE RECOVERY OF NUTRIENTS FROM ORGNAIC WASTES IN ITALY: AN EXAMPLE



Vellezzo- Bellini (PV)



## Renewable fertilizers from organic wastes

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





- 108,000 t/year of organic waste;
- 195,000 tons of organic fertilizer completely sanitized and deodorized through a thermophilic anaerobic treatment;
- 4,000 tons of ammonium sulphate;
- Fertilizers used by injection promoting precision and conservative agriculture.
- 12,000 MWh/y , and to replace the following quantities of mineral fertilizers:

Input organic waste [t/y]	108,000
Output organic waste (To be injectable directly into the soil) [t/y]	195,000
<i>The digestates could replace this amount of fertilizer [t/y]</i>	
nitrogen as urea 46%	2,676
Phosphorus as rock phosphate 34% (P2O5)	3,206
Potassium as Potash 60% (K2O)	437





Not to mention the environmental benefits, the replacement of mineral fertilizers by fertilizers produced in the Centre will result in an annual economic benefit of more than € 2 million:

Saved economic costs			
price (t)	cost per ton	Amount[t]	total
N	€ 870.00	1231	1,070,970.00
P2O5	€ 930.00	1090	1,013,700.00
K2O	€ 380.00	273	103,663.00
		<b>TOTAL (€)</b>	<b>2,188,333.00</b>

Not to mention the environmental benefits, the replacement of mineral fertilizers by fertilizers produced in the Centre will result in an annual economic benefit of more than € 2 million:

Saved energy costs for the production and transport of fertilizer					GHG emissions saved
Energy analysis for the production and transport of fertilizer [GJ/y] (Wang, 2007)					
	GJ/t				
N	53	1231	65,248	3,816	
P2O5	14	1090	15,261	1,090	
K2O	9	273	2,455	191	
			(GJ) 82,964		(t CO2 eq) 5,097
			(kWh) 23,045,811		



# Environmental impact of digestate use in substitution of synthetic fertilizers (gruppo Ricicla studies).

