



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI FERRARA
- EX LABORE FRUCTUS -



Water pollution reduction and water saving using a natural zeolite cycle

Il ciclo integrato delle zeolititi come soluzione al problema dell'inquinamento da nitrati e per il risparmio idrico in agricoltura

Massimo Coltorti

Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra - UniFE

Workshop

«*Best practice* per la gestione delle risorse idriche e la tutela dell'ambiente marino: il contributo dei progetti LIFE»

Padiglione Expo Venezia

20/10/2015

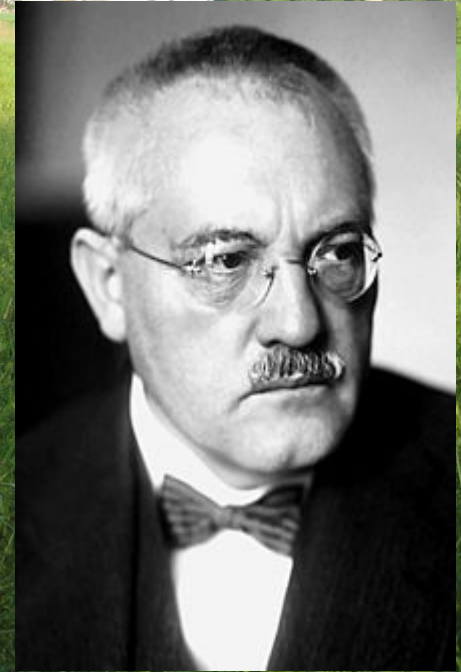
La sintesi dell'ammoniaca

Nel 1909 il chimico tedesco Fritz Haber trovò un modo per trasformare l'azoto gassoso – abbondante in atmosfera ma non reattivo ed inutilizzabile dalla maggior parte degli esseri viventi – in *ammoniaca*, componente fondamentale dei fertilizzanti. Vent'anni dopo il chimico Carl Bosch sviluppò un metodo per sfruttare l'idea di Haber su scala industriale.



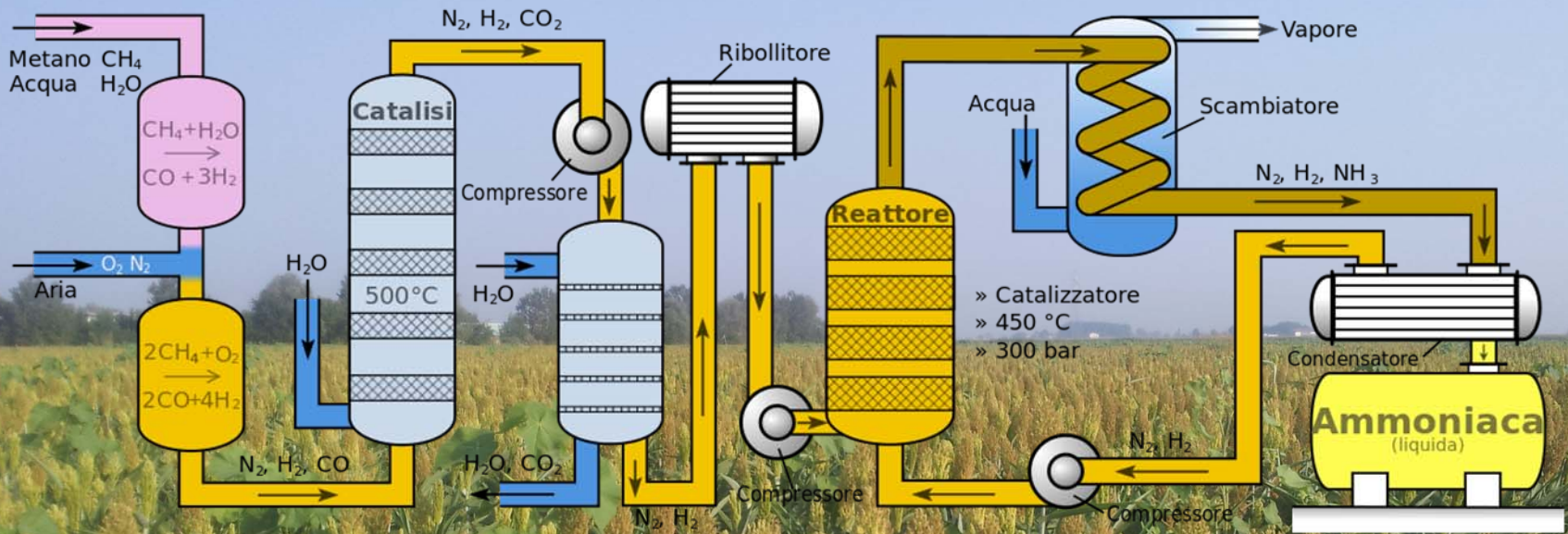
Fritz Haber
Nobel Chimica 1918

Alcuni ritengono che questa scoperta sia stata più importante di quella dell'aeroplano, dell'energia nucleare, dei voli spaziali o della televisione



Carl Bosch
Nobel Chimica 1931

Il processo Haber-Bosch



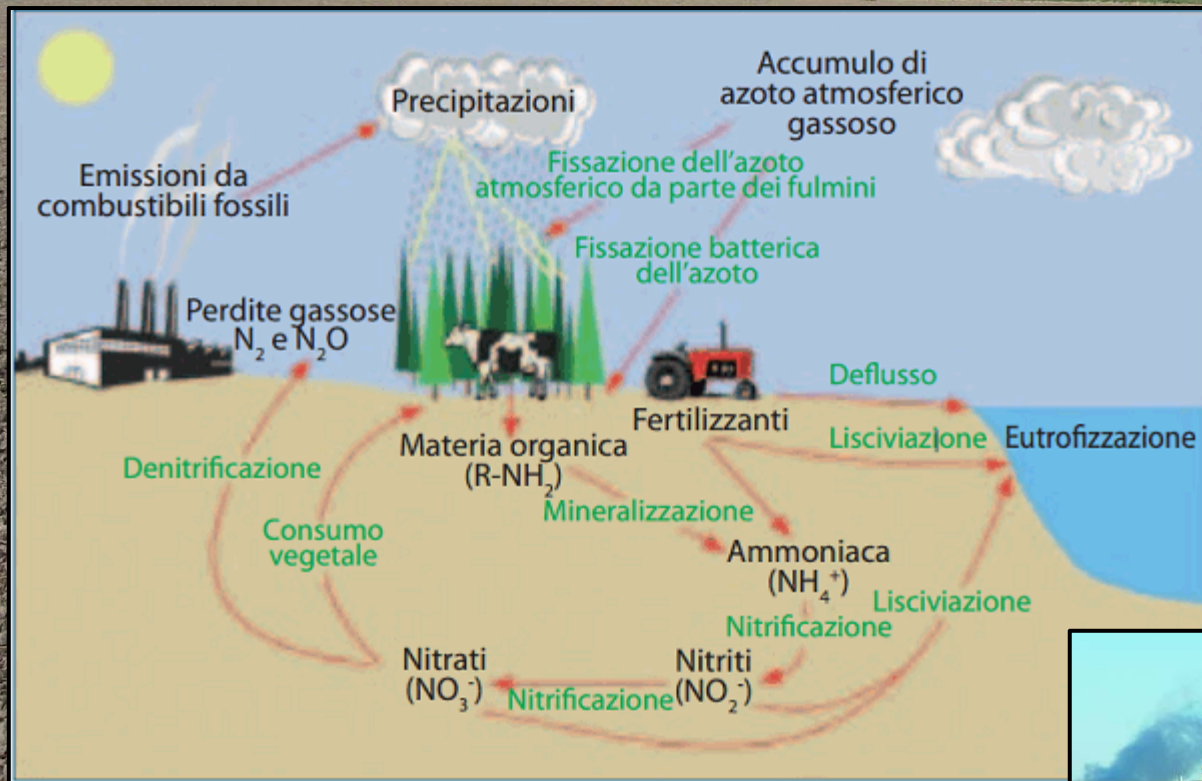
Il processo avviene «semplicemente» ad alta T e P partendo da Idrogeno e Azoto e usando Ferro come catalizzatore



Però

La maggior parte dell'azoto reattivo dei fertilizzanti non finisce nel cibo, ma viene disperso nell'atmosfera, nei fiumi e negli oceani. Esso si combina in una serie di composti (NO_3^- , N_2O , NO_x , responsabili di eutrofizzazione, formazione di zone morte, effetto serra. L'eccesso di azoto nell'ambiente ha un ruolo fondamentale anche nella perdita di biodiversità e nell'aumento dell'incidenza di molte malattie.

Attualmente l'uomo sta producendo azoto reattivo e lo sta disperdendo nell'ambiente ad un ritmo sempre più elevato, anche per soddisfare l'aumentata richiesta di carne (il bestiame richiede una elevata produzione di cereali) e di biocombustibili.



« Il potenziale di riscaldamento globale (GWP) del metano e del protossido d'azoto è rispettivamente 25 volte e 298 volte più elevato di quello del diossido di carbonio. »

(Fonte: Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico (IPCC), 2007 [6])

...Tutto questo è sostenibile?

GLI OBIETTIVI DEL PROGETTO ZeoLIFE

- 1) Ridurre la quantità di fertilizzanti chimici usati in agricoltura
- 2) Ridurre la quantità di acqua usata per irrigare
- 3) Proteggere le acque superficiali e di falda dall'inquinamento da nitrati derivati dall'agricoltura intensiva
- 4) Ridurre il carico azotato che viene trasportato nelle lagune del Delta
- 5) Ridurre l'impatto ambientale dei reflui da allevamenti intensivi
- 6) Migliorare le caratteristiche pedologiche e sedimentologiche dei suoli siltoso-argillosi
- 7) Contrastare i fenomeni di desertificazione, mantenendo una disponibilità d'acqua nel suolo anche in periodi siccitosi

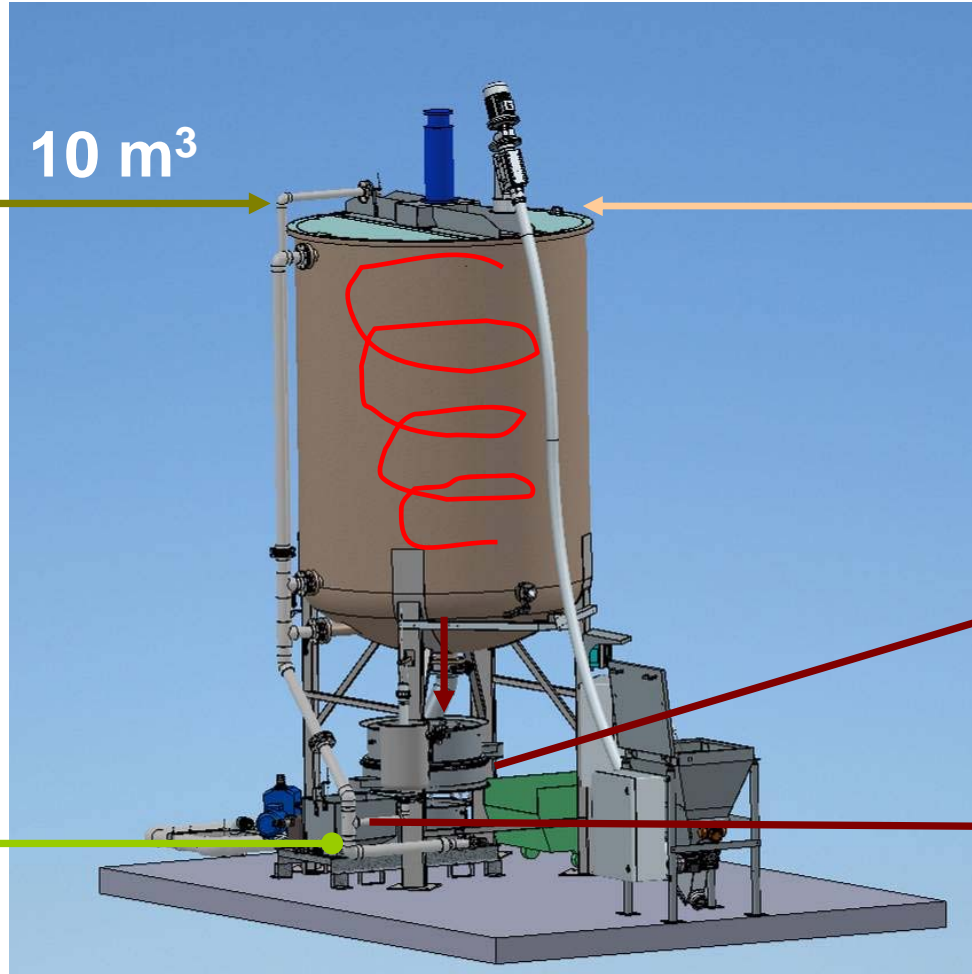
L'IDEA

Raggiungere gli obiettivi del progetto è stato possibile sfruttando le proprietà di un particolare minerale, la **zeolite Cabasite**, contenuto in percentuali molto elevate (>60%) in tufi derivati dall'attività dei vulcani dell'Italia Centrale (area dei Vulsini in particolare) che per questo vengono chiamati **Zeolititi**.

La **Zeolite**, disponibile in natura tal quale, contiene già elevate percentuali di K e H₂O nel suo reticolo cristallino e viene "arricchita" di azoto tramite mescolamento con liquame di suini.

La **Zeolite** caricata è stata poi aggiunta al terreno e arata per una più omogenea distribuzione nel suolo ad una profondità ottimale per l'interazione con le radici delle piante.

In questo modo la **Zeolite** rilascerà il suo carico di azoto e di acqua solo nel momento in cui la pianta lo richiederà, costituendo così un serbatoio a lento rilascio che consentirà una crescita ottimale della coltivazione.



Zeolite < 3mm

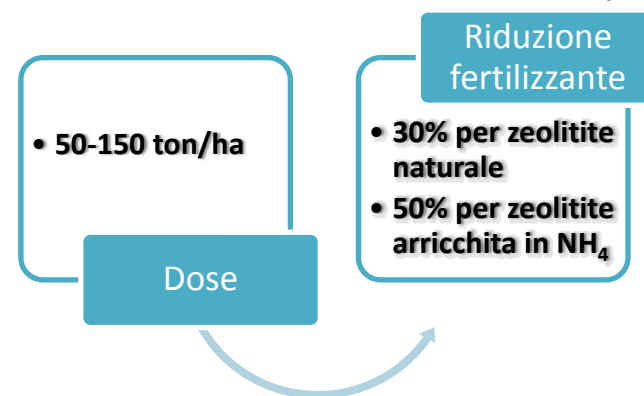


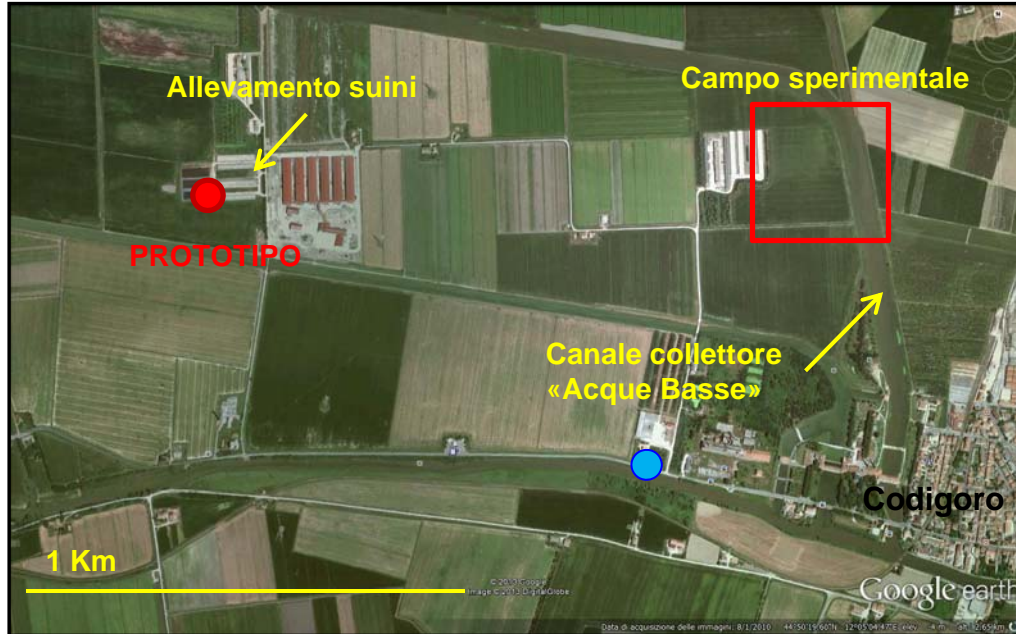
**Dal
processo
Haber-
Bosch al
prototipo
ZeoLIFE.....**

Prove di serra

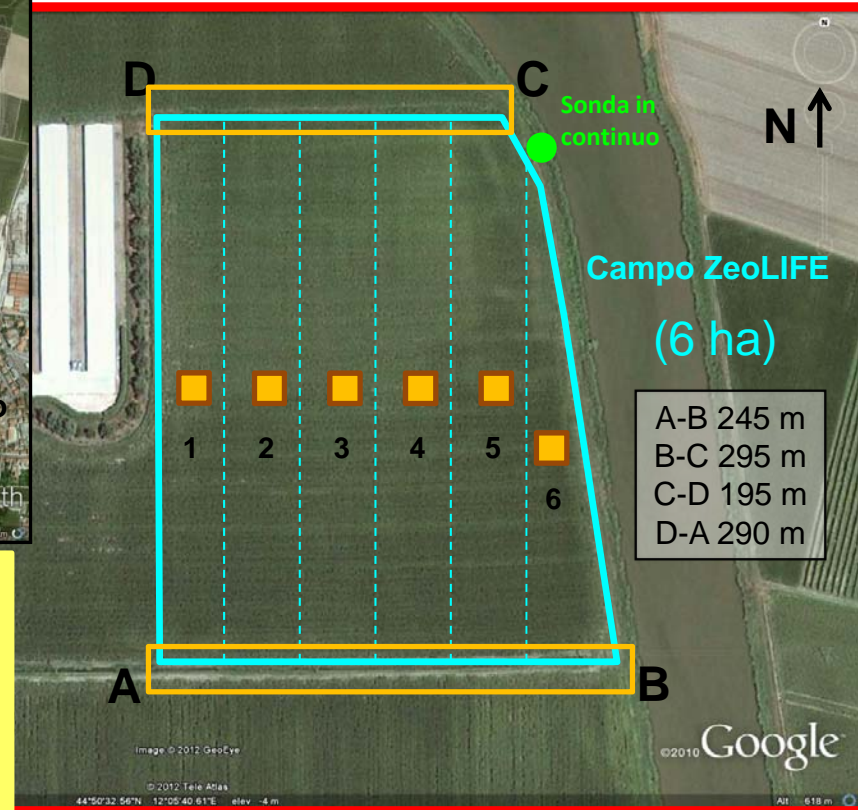





Trattamento / Variabile	Controllo (C)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Substrato	ST	ST	ST	ST	ST	TdC	ST
Zeoliti: quantità/kg (g s.s./kg)	nessuna	10 g/kg (5 kg/m ²) CARICATE	10 g/kg (5 kg/m ²) CARICATE	10 g/kg (5 kg/m ²) CARICATE *	10 g/kg (5 kg/m ²) NON CARICATE	10 g/kg (5 kg/m ²) caricate (da ciclo 1, senza ulteriori aggiunte)	6 g/kg (3 kg/m ²) CARICATE
Azoto aggiunto	Fertilizz completa (100%)	Fertilizz 70%	Fertilizz 50%	Fertilizz 30%	Fertilizz 70%	Fertilizz 50%	Fertilizz a compensazion e 240 kg/ha (2.5%)

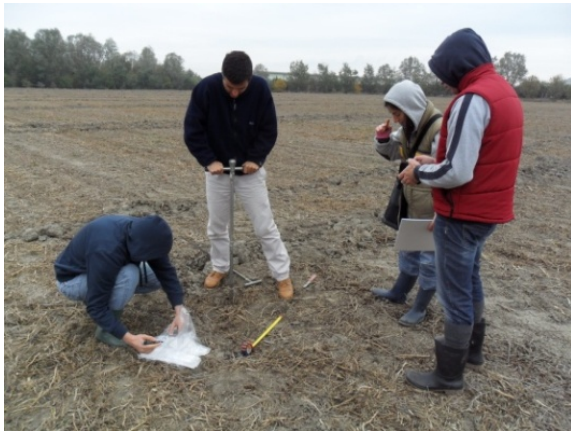




Il campo sperimentale



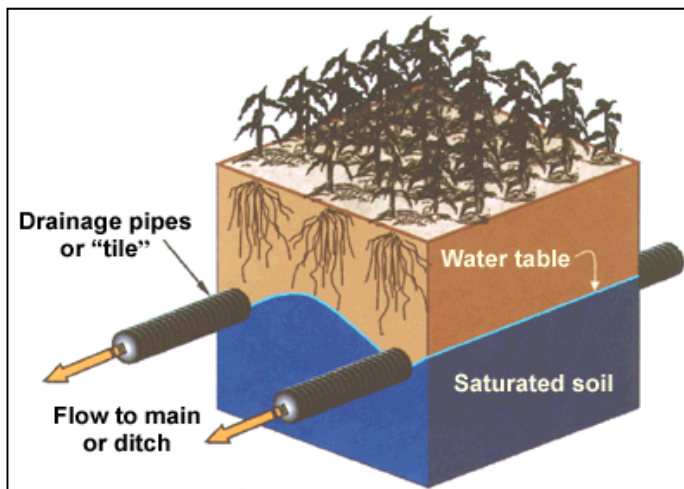
-  Stazioni di monitoraggio permanenti (lisimetri, piezometri, sonde multiparametro, evaporimetro)
-  Stazione meteorologica
-  Sistema di captazione dell'acqua superficiale in uscita dal campo



Sono stati realizzati diversi carotaggi di suolo, con profondità variabile da 280 a 480 cm, più 4 campioni di fango delle scoline adiacenti. Ogni carota è suddivisa in vari segmenti di lunghezza variabile da 20 a 50 cm, a seconda dell'omogeneità del campione.

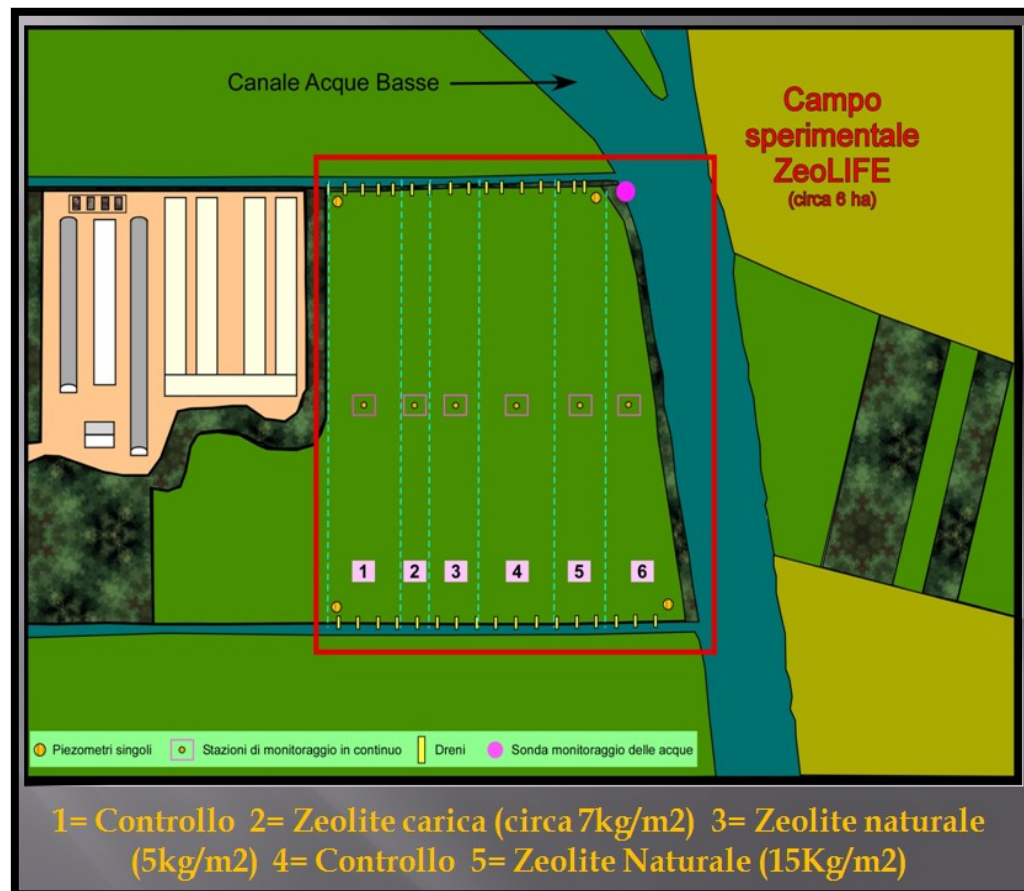


Sistema drenante del campo sperimentale



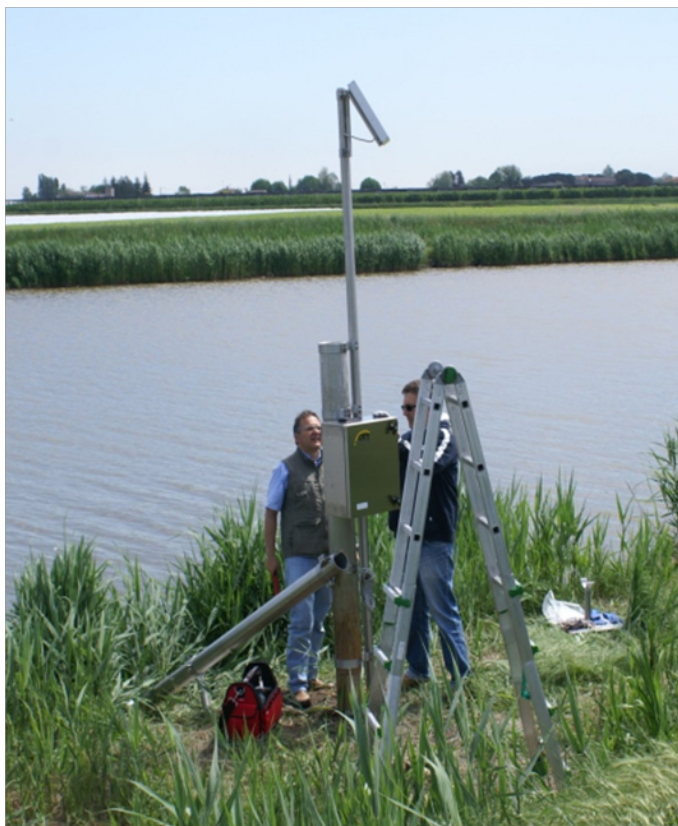
16 dreni sud, 12 dreni nord

In ciascuna parcella il dreno centrale viene captato per conteggio dei litri di acqua immessi nelle scoline; periodicamente viene determinato il chimismo delle acque.





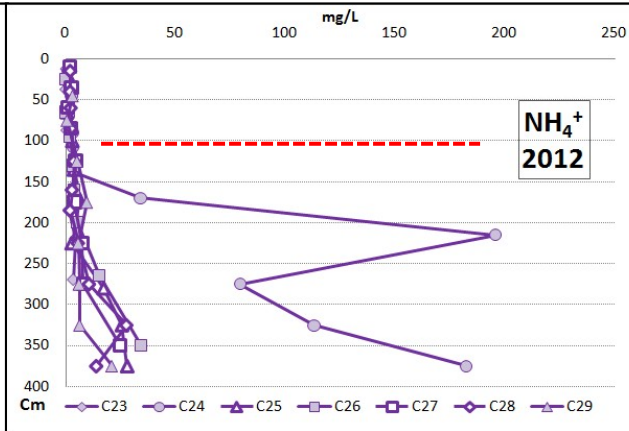
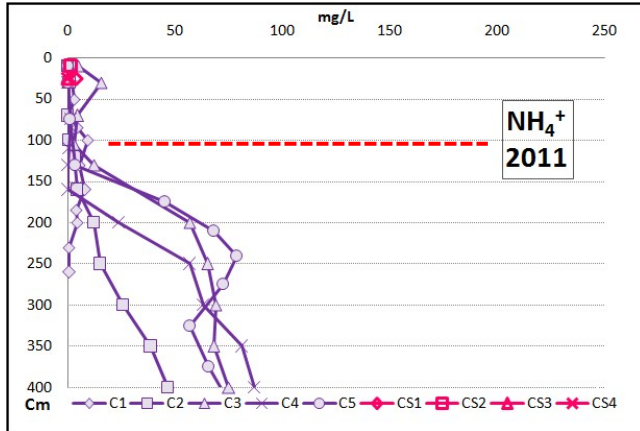
Stazione di monitoraggio in continuo (Canale Acque Basse)



Prelievo dell'acqua di falda dai piezometri

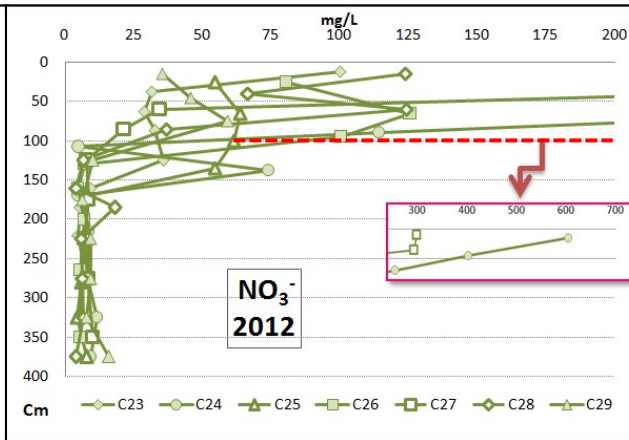
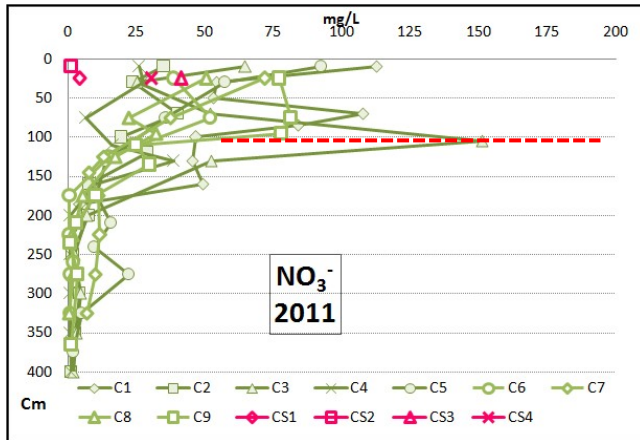


Distribuzione verticale di Ammonio e Nitrati del porewater

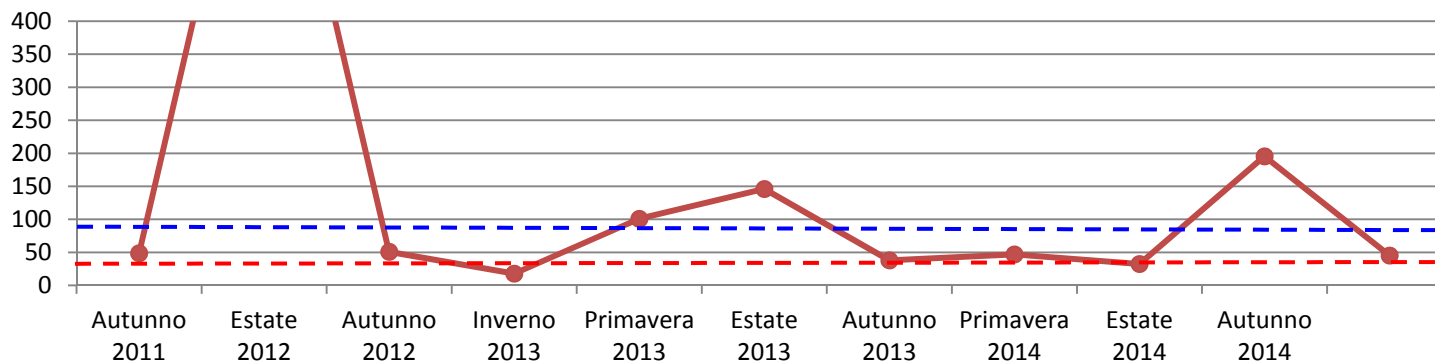
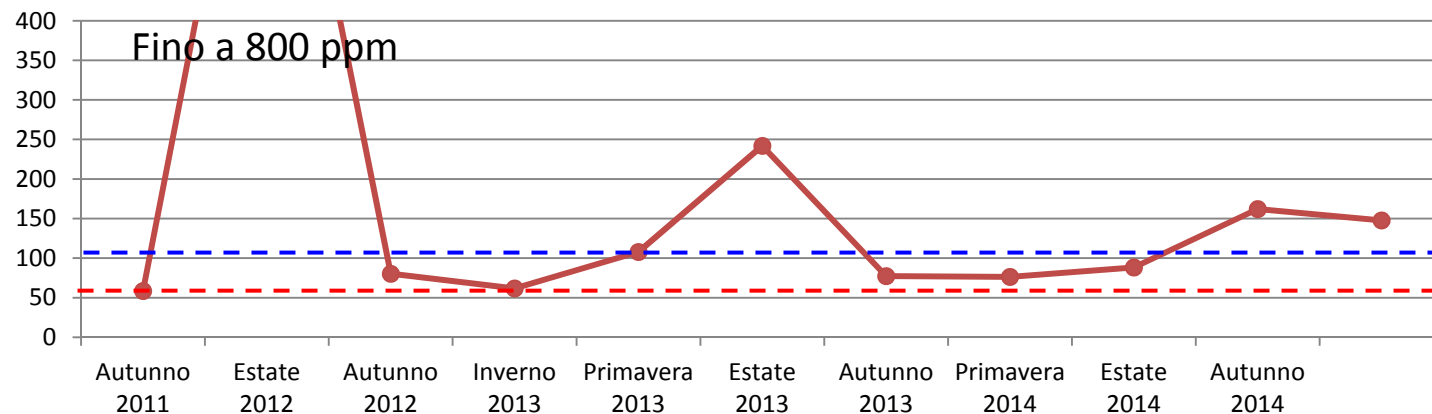


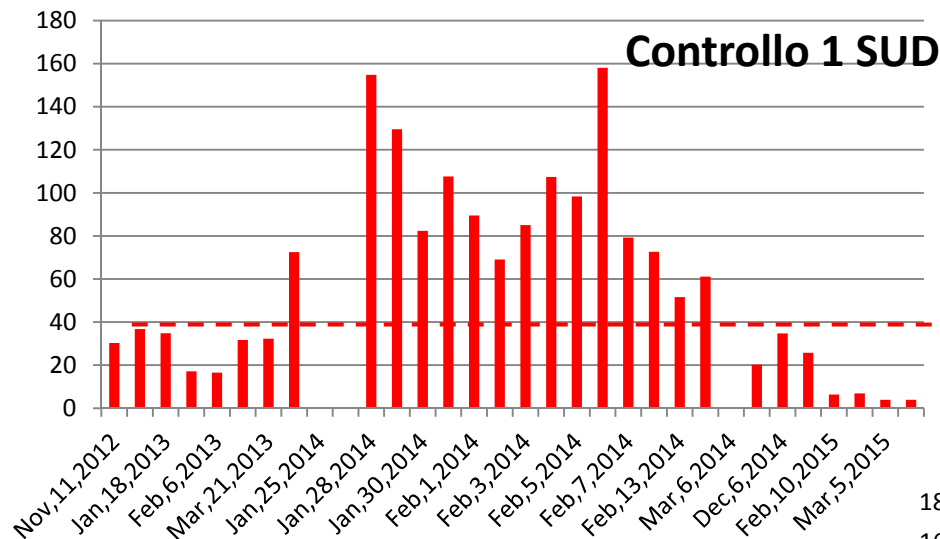
Livello dei dreni

- Suolo a bassa permeabilità
- Nitrati lisciviati per ruscellamento superficiale o dal sistema drenante
- Ammonio in profondità di origine naturale



Concentrazione di Nitrati nell'acqua interstiziale nei primi 100 cm di suolo in alcune parcelle di controllo

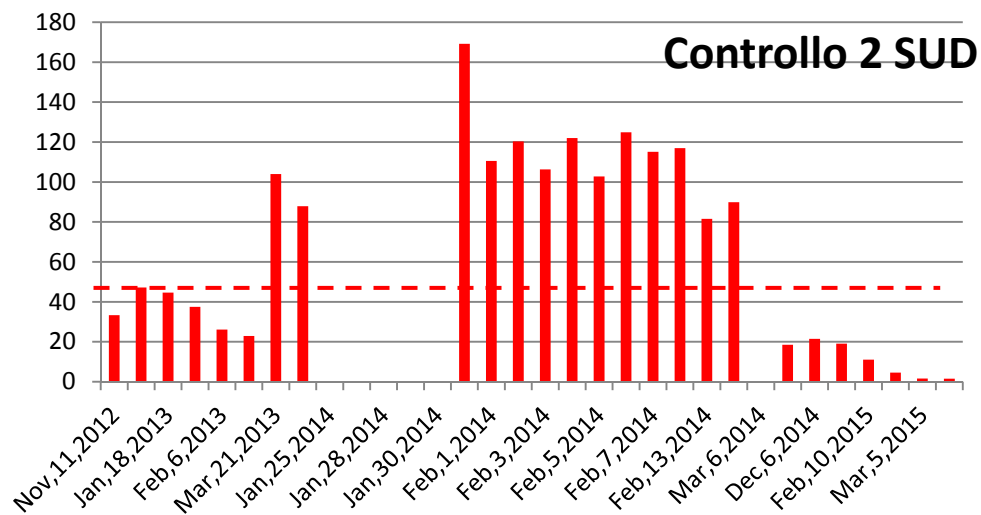




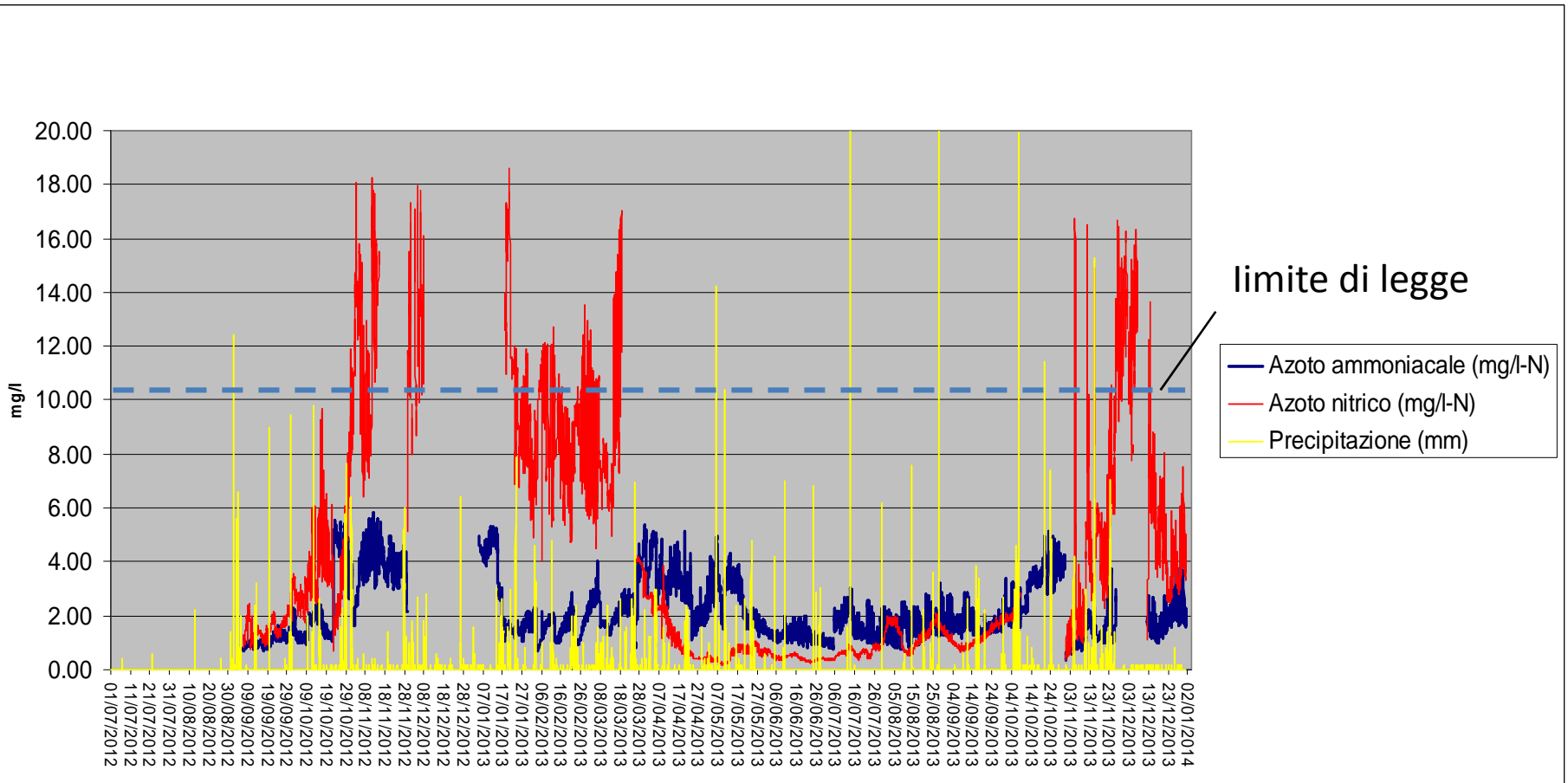
Concentrazione di Nitrati nell'acqua in uscita dai dreni dal 2012 a oggi

limite di legge, 50 ppm

limite di legge, 50 ppm

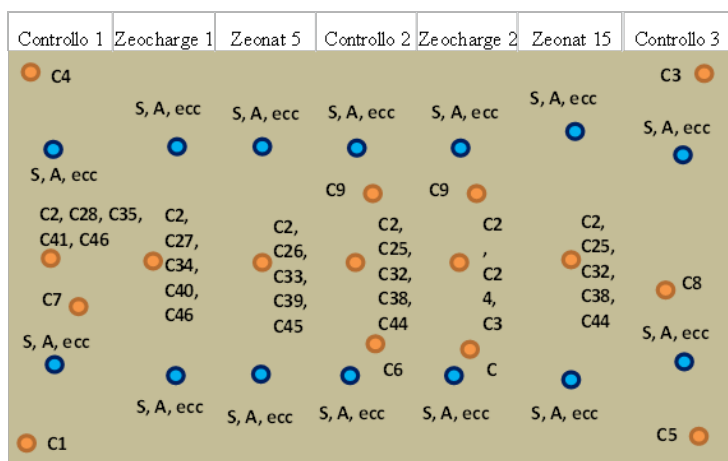


CAMPIONAMENTO ACQUE BASSE, SONDA IN CONTINUO 2012-2013



Nitrato nell'acqua interstiziale

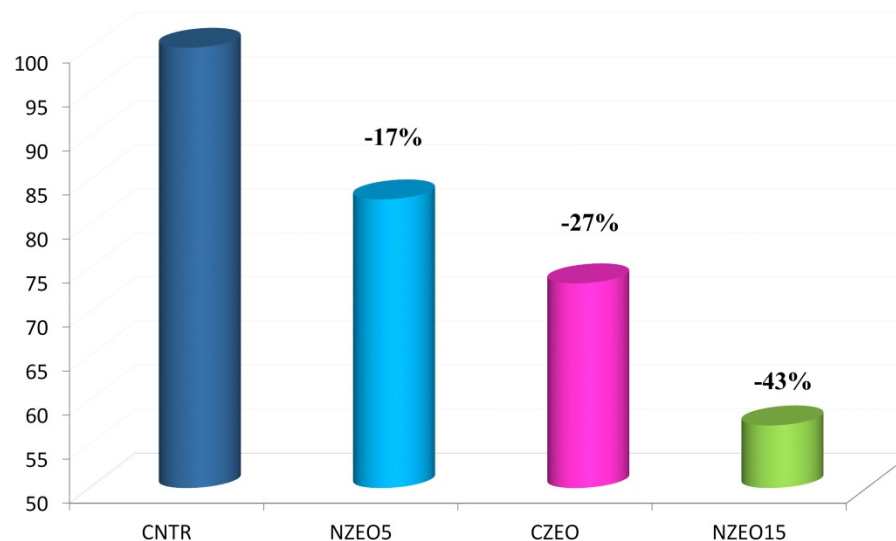
La concentrazione di nitrato nell'acqua interstiziale del suolo del campo è mediamente inferiore (tra il 17 e il 43%) in tutte le parcelle trattate con zeolite. I risultati sono relativi ai tre anni di coltivazione sperimentale.



Average EC: 3 mS/cm
Ammonio sotto detection limit

Novembre 2012 – Luglio 2015

Differenza percentuale NO₃ nell'acqua interstiziale del suolo

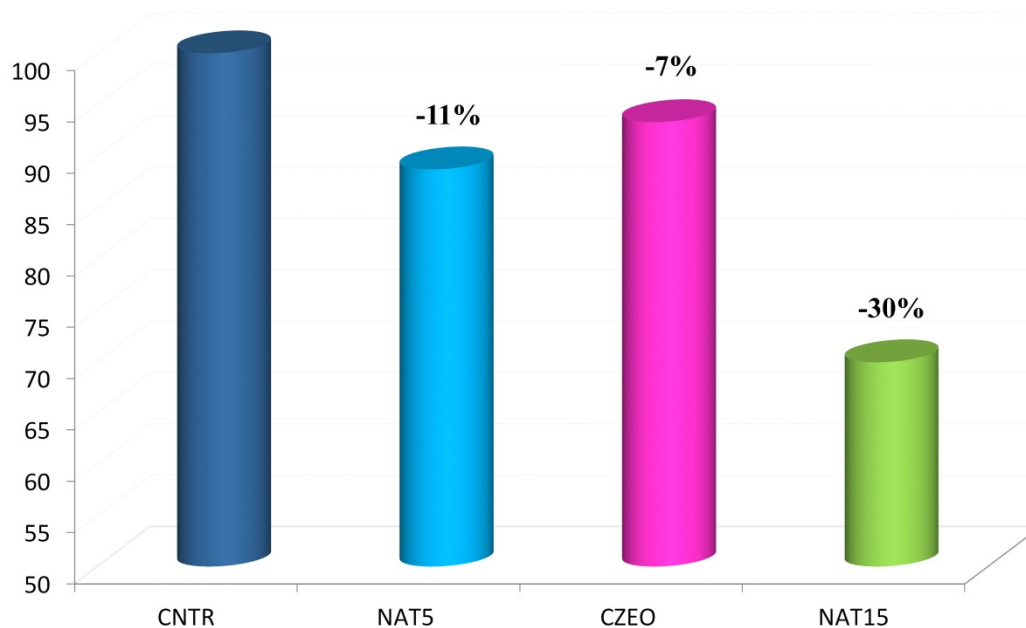


Nitrato in uscita dai dreni

La concentrazione di nitrato nell'acqua in uscita dai dreni del campo è mediamente inferiore (**tra il 7 e il 30 %**) in tutte le parcelle trattate con zeolite. I risultati sono relativi ai tre anni di coltivazione sperimentale.

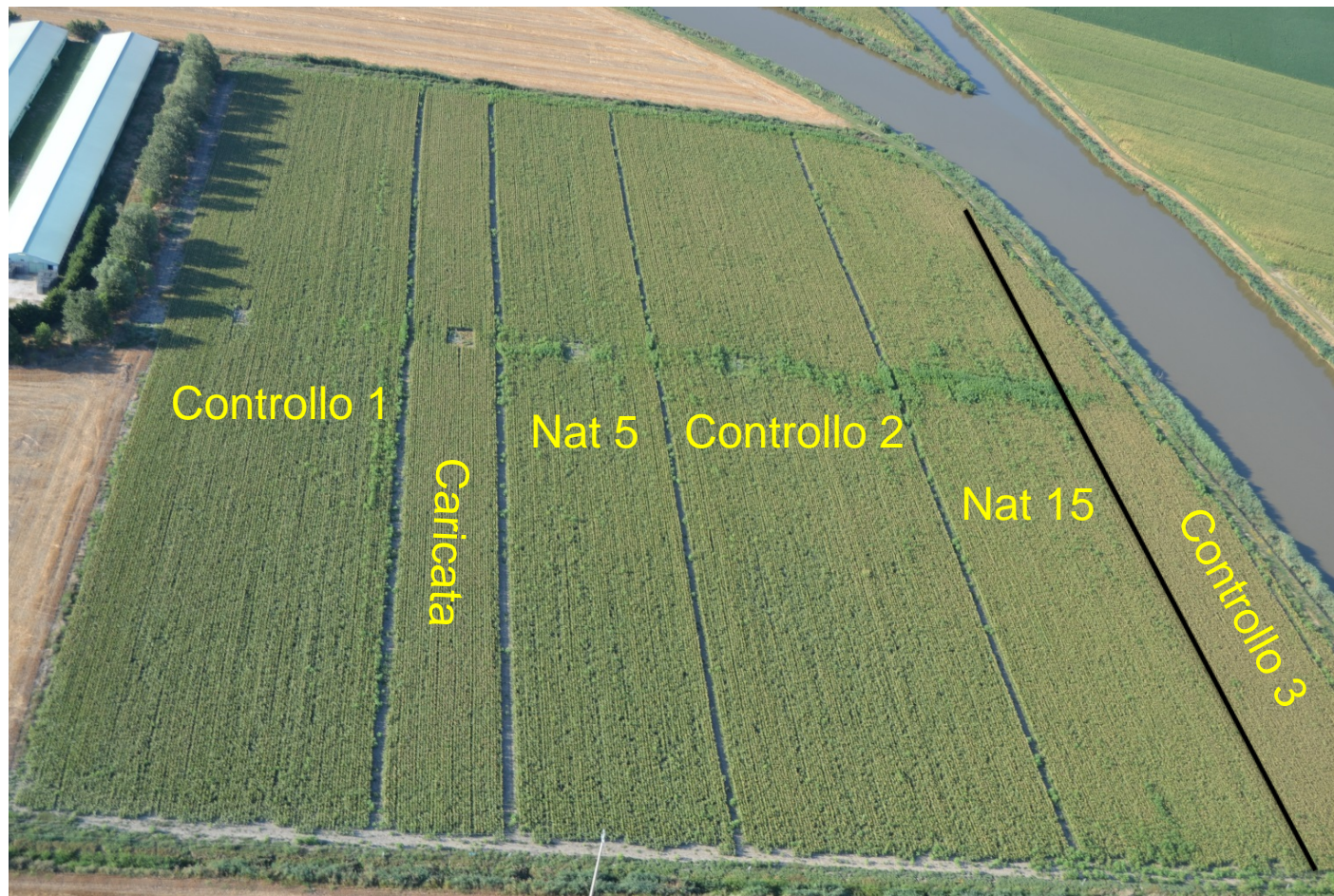
Novembre 2012 – Marzo 2015

Differenza percentuale NO₃ nell'acqua dei dreni



Campo
sperimentale
10 Agosto
2013

SORGO

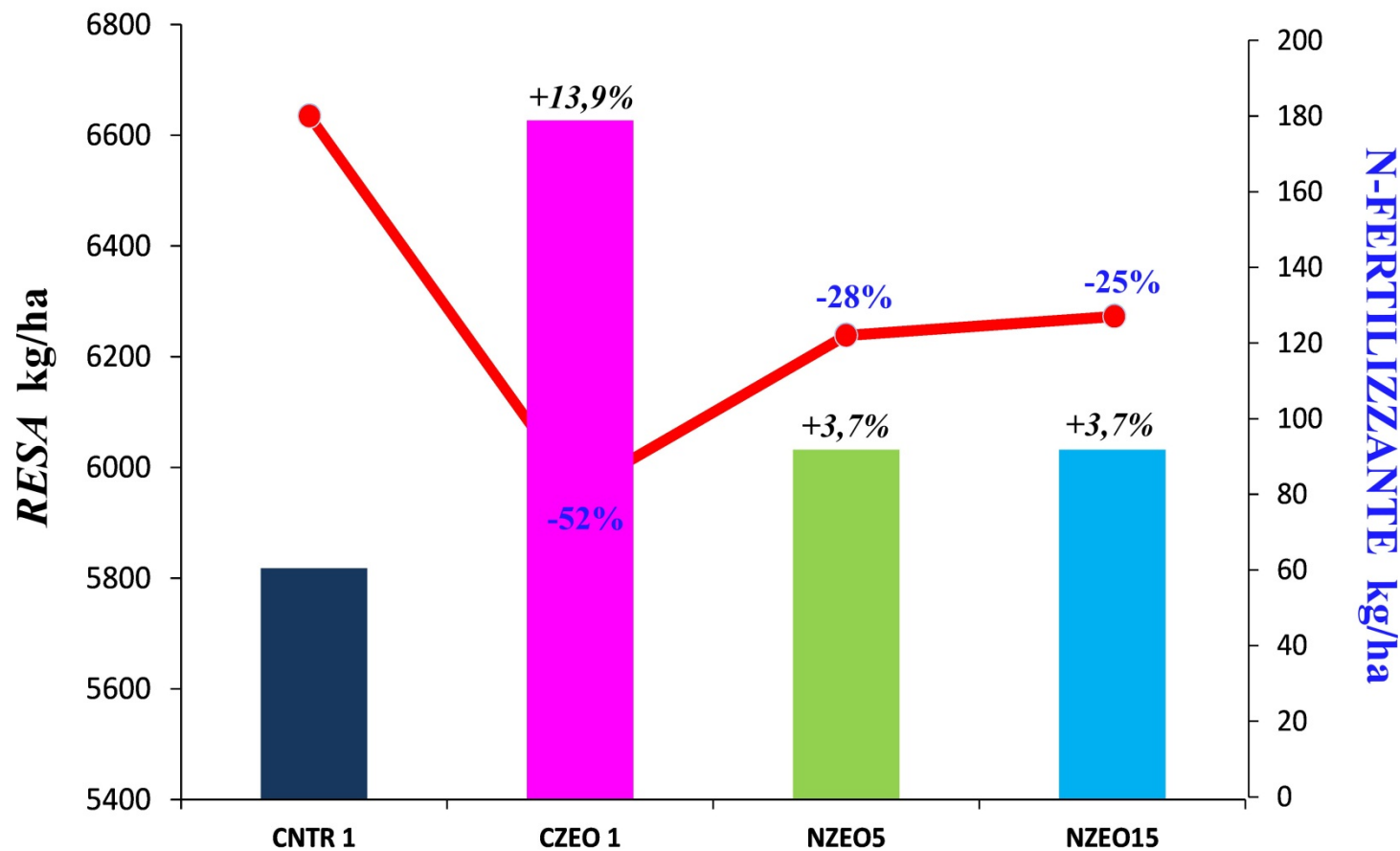


**Campo
sperimentale
14 Settembre
2013
(pochi giorni
prima del
raccolto)**



SORGO

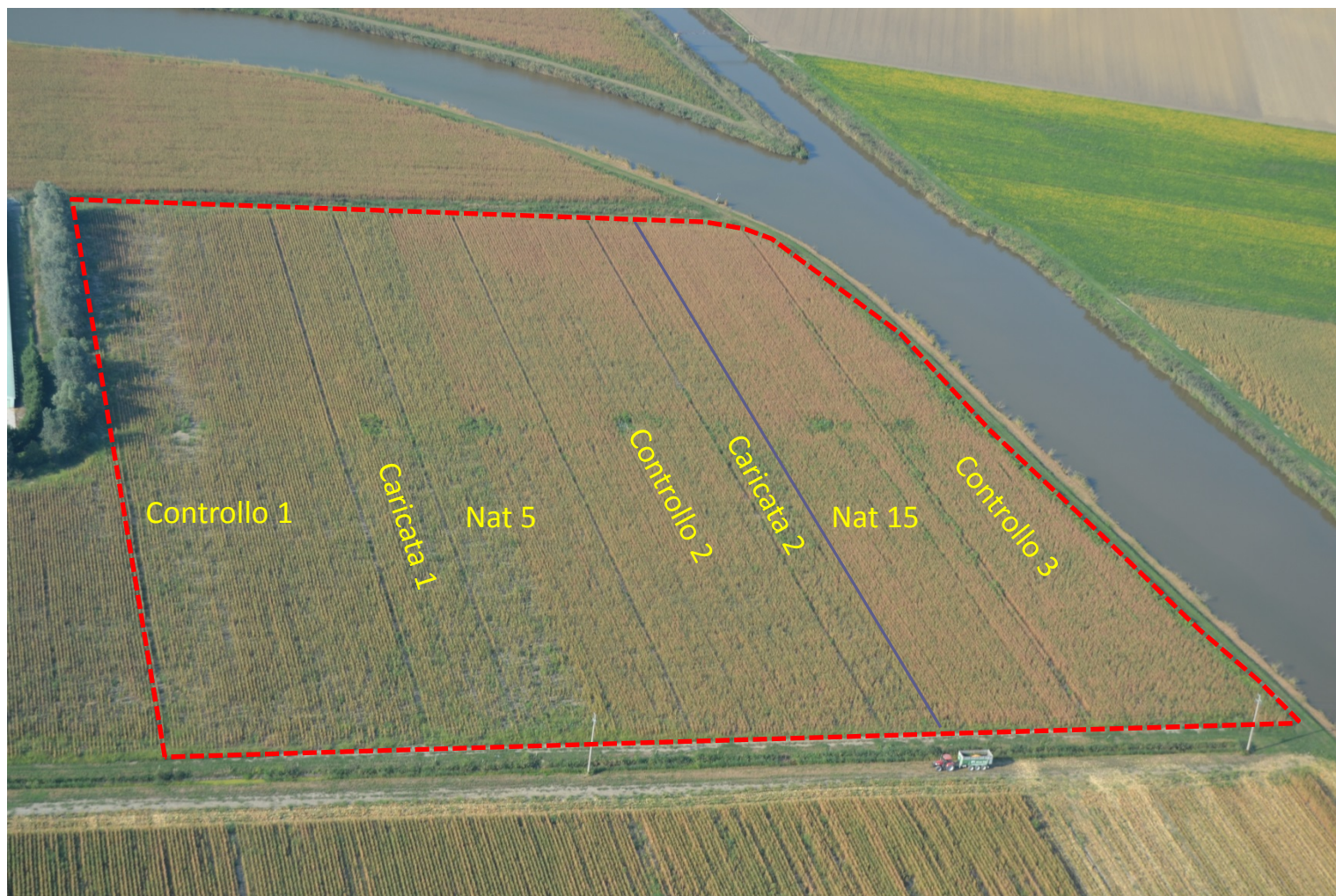
Anno agronomico 2013



**Campo
sperimentale
6 Sett 2014**

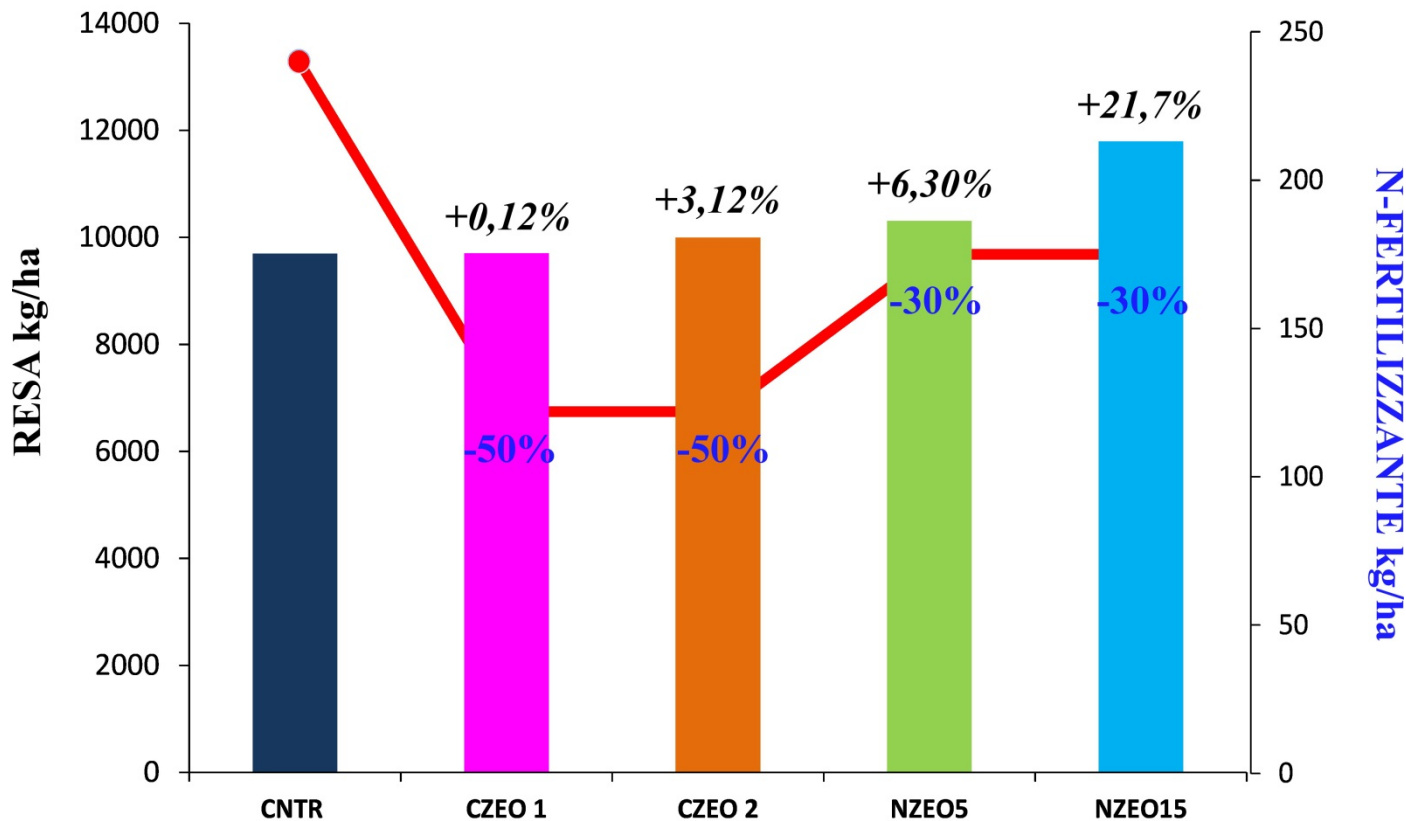
**(un giorno prima
del raccolto)**

MAIS



MAIS

Anno agronomico 2014



Campo
sperimentale
31 Luglio 2015

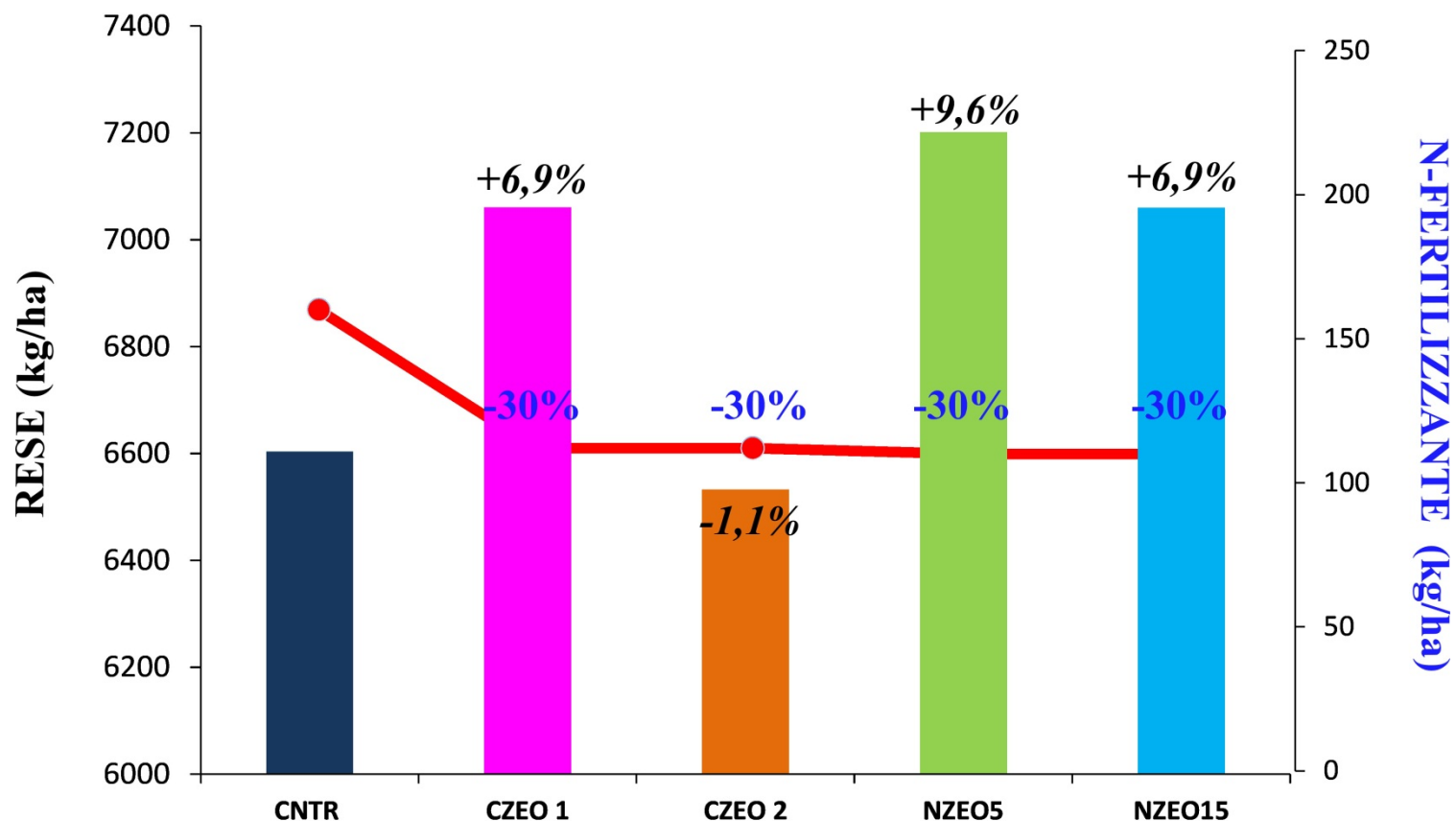
(un giorno prima
del raccolto)

GRANO



GRANO

Anno agronomico 2015



Il miracolo del paradosso



ricerca&innovazione

Il miracolo del paradosso

Suoli più produttivi riducendo la fertilizzazione

Utilizzare una roccia vulcanica ricca di minerali, per ridurre lo spreco di acqua in agricoltura, diminuire l'inquinamento e migliorare le caratteristiche chimico-fisiche dei terreni. È la sfida del progetto ZeoLIFE (www.zeolife.it), finanziato al 50% dalla Comunità Europea e guidato dal Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra dell'Università di Ferrara. Un percorso iniziato a settembre 2011, su un campo sperimentale di 6 ha presso Codigoro (Fe), opportunamente suddiviso in sei particelle (vedi figura) e che ora, alle porte di Expo 2015, taglia il traguardo con un bagaglio di risultati che ne rendono possibile l'applicazione su larga scala. La roccia è la zeolite che, arricchita in azoto mediante un particolare trattamento con liquame suino, e sparsa in giusta quantità nei campi agricoli, agisce come un ammendante a lento rilascio. Non risente del dilavamento delle piogge, cede i nutrienti solo a contatto con le radici delle piante, ed evita la dispersione dell'azoto nel sistema idrico sotterraneo e superficiale. Dopo due anni di sperimentazione agronomica, nei campi dove è stato coltivato mais e sorgo, l'impiego di fertilizzanti tradizionali è stato ridotto tra il 30 e 50%, a fronte di un incremento della produzione registrato dal 5 al 20%. È il "miracolo del paradosso, riducendo l'uso dei fertilizzanti è



aumentata la resa produttiva", spiega il referente del progetto, Massimo Coltorti. L'aggiunta viene fatta una sola volta e si configura come un miglioramento fondiario perenne. Contemporaneamente si è ridotto il carico inquinante dei reflui zootecnici evitando anche la dispersione di gas climalteranti. Una rivoluzione, se si pensa che la Provincia di Ferrara è stata dichiarata vulnerabile ai nitrati, ed è sotto la lente dell'Unione Europea: "Ne abbiamo verificato una riduzione fino al 48% e, di fatto, abbiamo un'acqua meno inquinata".



Water pollution reduction and water saving using a natural zeolite cycle

LIFE+ Environmental Policy
and Governance 2010

LIFE+10 ENV/IT/00321

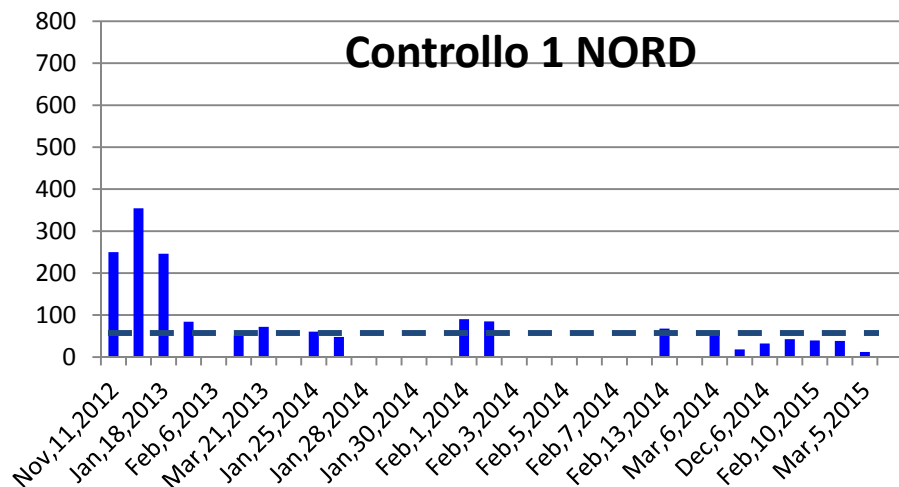


GRAZIE PER
L'ATTENZIONE!



Provincia di Ferrara

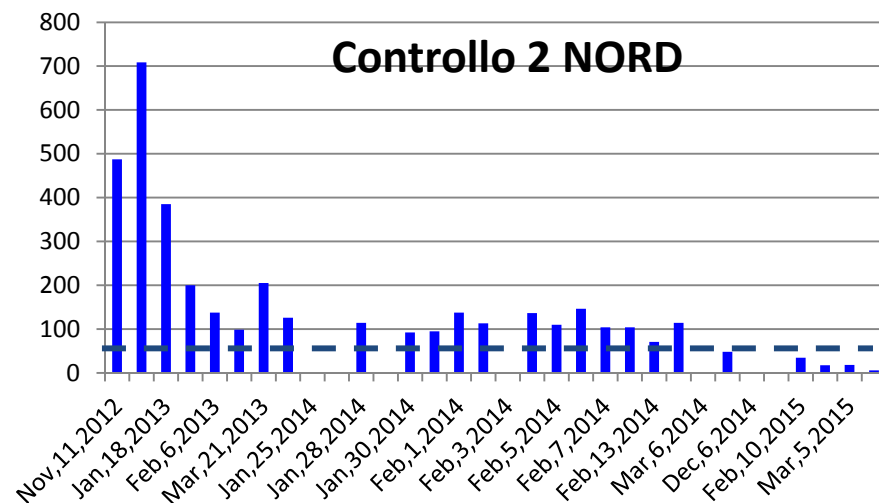




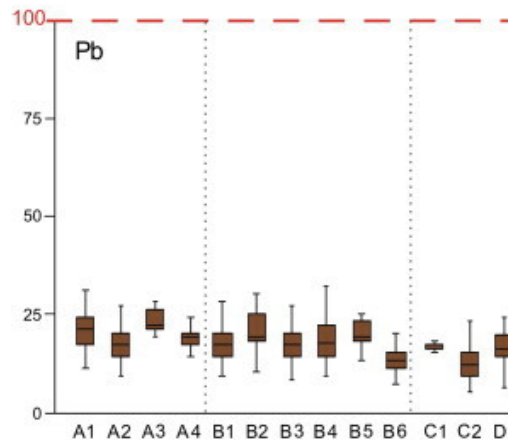
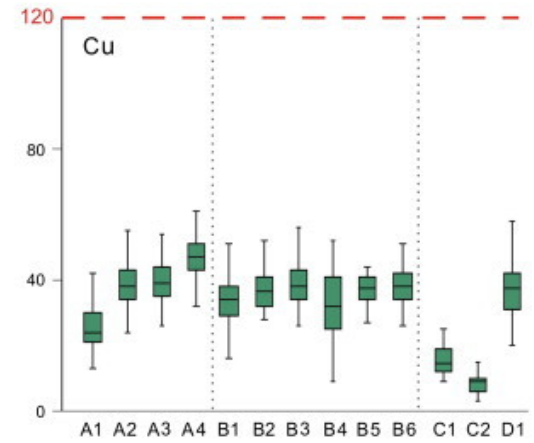
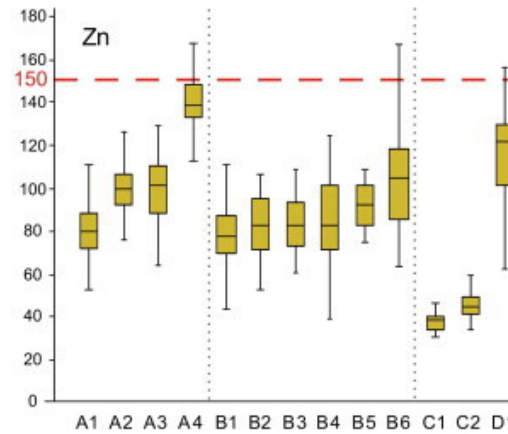
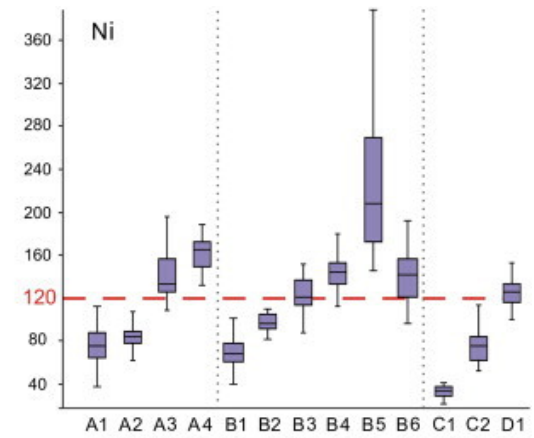
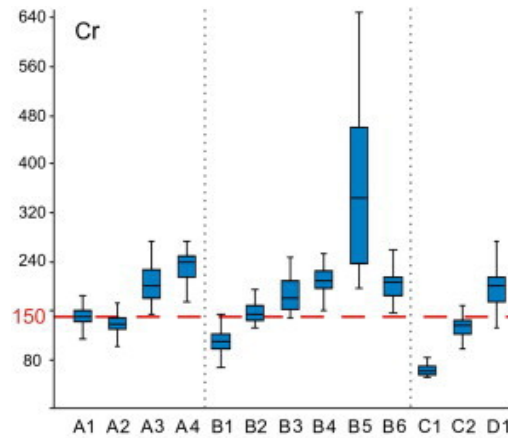
limite di legge, 50 ppm

Concentrazione di Nitrati nell'acqua in uscita dai dreni dal 2012 a oggi

limite di legge, 50 ppm



La composizione dei suoli, tra natura ed intervento antropico



GFU	Cr	Ni	Zn	Cu	Pb
A1	173	102	39	100	28
A2	155	100	48	114	23
A3	266	177	53	124	23
A4	269	184	58	164	22
B1	139	89	45	97	26
B2	182	109	51	104	30
B3	235	148	50	102	26
B4	245	167	46	120	28
B5	577	360	44	106	25
B6	233	165	48	132	19
C1	79	40	22	45	18
C2	157	107	14	56	19
D1	260	149	47	146	22

Gli altri usi del suolo....

- viene utilizzato per smaltire i reflui zootecnici (Suini, Ovini, Bovini e Avicoli) che prima dei fertilizzanti chimici erano la principale risorsa di azoto (da qui l'idea del prototipo sperimentale)

- in questa ottica il suolo agricolo viene anche usato come necessità «secondaria» rispetto alla produzione di mangime per animali, dato che il suolo potrebbe non avere necessità di ulteriori apporti azotati

- Ma ormai anche per scopi energetici sia per centrali a biogas che per insediamenti di pannelli fotovoltaici

- Le centrali a biogas in particolare hanno un grande bisogno di terra, sia per la coltivazione del materiale che serve ad alimentarle, sia per lo smaltimento dello scarto di produzione, il famoso «digestato».

Squilibri antropici....

**il grano duro è pagato mediamente 16 euro a quintale;
Da un ettaro di terreno si ricavano in media 30 quintali di grano, pari a circa 480 euro;**

**affittare un terreno su cui poi saranno installati
pannelli solari rende tra i 5000 e i 7000 euro per
ettaro**



Il consumo del suolo in Italia...

Superficie di suolo consumata pro-capite (m²/ab) per anno. Fonte ISPRA 2015

Anni 50	1989	1996	1998	2006	2008	2013	2014
167	270	301	309	334	338	349	345

ca. 1 m² al giorno per ciascuno di noi

Considerando 60 Mil di abitanti

Ogni giorno consumiamo 60 Mil di m² ovvero 6.000 ha

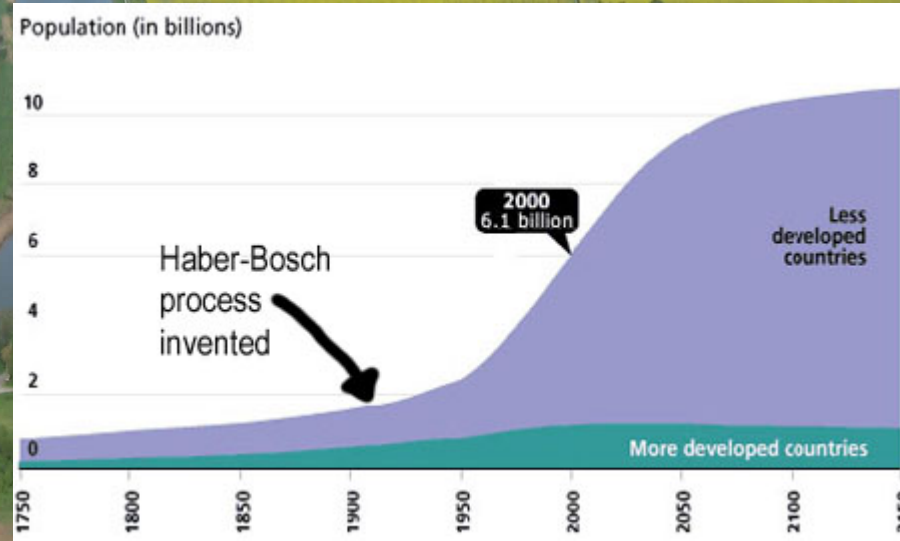
La resa per ettaro può variare sensibilmente in dipendenza di diversi fattori tra cui principalmente l'andamento climatico stagionale e la rotazione colturale effettuata. In media la resa è 25-90 q/ha per il grano tenero, 15-50 q/ha per il grano duro.

Ad una media di 30q/ha

Perdiamo $30 * 6.000 = 180.000q$,
18.000 ton di grano al giorno

L'espansione demografica

L'espansione demografica dagli inizi del 1900 (meno di 2 miliardi) ad oggi (più di 6 miliardi) non sarebbe stata possibile senza la scoperta di questo processo che ha sostanzialmente consentito la massiccia produzione di fertilizzanti azotati e di conseguenza di aumentare notevolmente il rendimento di un ettaro di terra



**Quindi, in teoria, un uso più efficiente del suolo
Ovvero una maggiore produzione con minor uso di suolo per far fronte anche
alle sfide della sovrappopolazione**



Addizione zeolite arricchita in NH_4 in taglia grossolana (3-6 mm) in una nuova parcella

Novembre 2013

SECONDO ANNO DI COLTIVAZIONE SPERIMENTALE



Semina Mais
28 Marzo 2014



Mais	Liquame			Quantità di fertilizzante		2° Concimazione prevista		Resa q	Resa per ha misurati da trattore q/ha	% di aumento resa
240	Kg/ha	14 viaggi	140q ciascuno	SEMINA	Fosfato biammonico 18N	1.5	Azoto ke			
Area (m2)	su tutto il campo compresa l'orecchia			27	Kg N/ha		Rimane			
1° Parcella - 54 m	Controllo			Tot Kg N	Tot Kg N	Kg tot Fosfato	Kg N residui	Kg tot Urea	% riduzione	
15120	362.9		60.31	40.82	226.8		261.75	569	140	94.86
	unità di N totali (100%)									
2° Parcella - 18 m	Zeolite Caricata 11kg/m ²								46.5%	0.12%
5040	60.48		20.10	13.61	75.6		26.77	58	53	97.09
	unità di N (50%)									
3° Parcella - 36 m	Zeolite Naturale 5kg/m ²								21.8%	6.30%
10080	169.3		40.21	27.22	151.2		101.92	222	100	103.09
	unità di N (30%)									
4° Parcella - 40 m	Controllo									
11200	268.8		44.67	30.24	168		193.89	421	123	107.72
	unità di N (100%)									
14 m	Zeolite Caricata grossolana 5kg/m ²								46.6%	3.12%
3920	47.04		15.61	10.58	58.8		20.82	45	43	100
	unità di N (20%)									
5° Parcella - 36 m	Zeolite Naturale 15kg/m ²								23.3%	21.7%
10080	169.3		40.21	27.22	151.2		101.92	222	109	118.04
	unità di N (20%)									
6° Parcella (base 42m)	Triangolo Controllo									
7800	187.2		31.11	21.06	117		135.03	304	80.4	88.35

Su tutte le parcelle con zeolite → Riduzione del 55% dell'irrigazione

Dose		Quantità di fertilizzante			Riduzione		Raccolto				
			Fosfato biammo nico 18N								
190	Kg/ha	SEMINA									
Area (m2)		21,6	Kg N/ha				Sorgo				
1° Parcella - 54 m	Controllo	Kg N tot	Kg tot		Totali	x ha		kg	kg/ha	Kg	
15120	287,3	32,66	181,44		265	175	170	8700	5754	5818	media con
	unità di N (100%)										
2° Parcella - 18 m	Zeolite Caricata 7kg/m2										
5040	47,88	10,89	60,48		41	81	52%	3340	6627	6627	13,9%
	unità di N (50%)										
3° Parcella - 36 m	Zeolite Naturale 5kg/m2										
10080	153,2	21,77	120,96		123	122	28%	6080	6032	6032	3,7%
	unità di N (20%)										
4° Parcella - 54 m	Controllo										
15120	287,3	32,66	181,44		276	183		9900	6548		
	unità di N (100%)										
5° Parcella - 36 m	Zeolite Naturale 15kg/m2										
10080	153,2	21,77	120,96		128	127	25%	6080 su 1100 m	6032	6032	3,7%
	unità di N (20%)										
6° Parcella (base 42m)	Triangolo Controllo										
7800	148,2	16,85	93,6		118	151		4020 su 7800 m	5154		
	unità di N (100%)										

Aggiunta di zeolite

