

**Centro Ricerche Marine
Struttura DAPHNE – ARPAE Emilia-Romagna
21 novembre 2018**

**Qualità delle acque, pressioni antropiche e uso del
suolo nel bacino del Po: vecchi problemi e nuovi
scenari**

Pierluigi Viaroli

**Dipartimento di Scienze Chimiche, della Vita e della Sostenibilità Ambientale
Università di Parma**

Il bacino del Po in cifre

Superficie totale ~ 71.000 km² (IT) + ~ 3.000 km² (CH, F)

Superficie agricola utile ~30.000 km²

Popolazione umana \cong 17.000.000

Popolazione animale

Suini	\cong 6.000.000	\cong 12.000.000	Abitanti	Equivalenti
Bovini	\cong 3.000.000	\cong 25.000.000	Abitanti	Equivalenti
Avicoli	\cong 48.500.000	\cong 10.000.000	Abitanti	Equivalenti
totale		64.000.000	Abitanti	Equivalenti

35 % della produzione agricola nazionale

55 % della produzione zootecnica nazionale

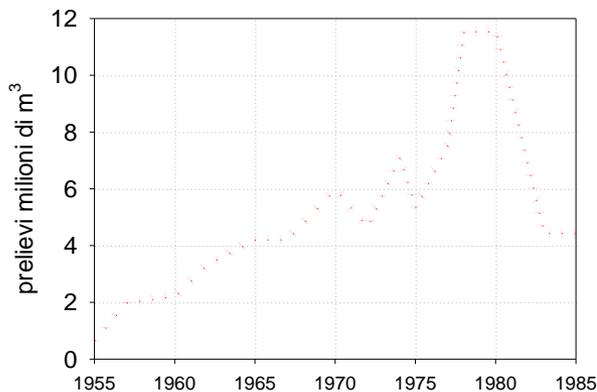
44 % della produzione industriale nazionale

Autorità di Bacino del fiume Po, 2006. Caratteristiche del bacino del fiume Po e primo esame dell'impatto ambientale delle attività umane sulle risorse idriche. 643 p

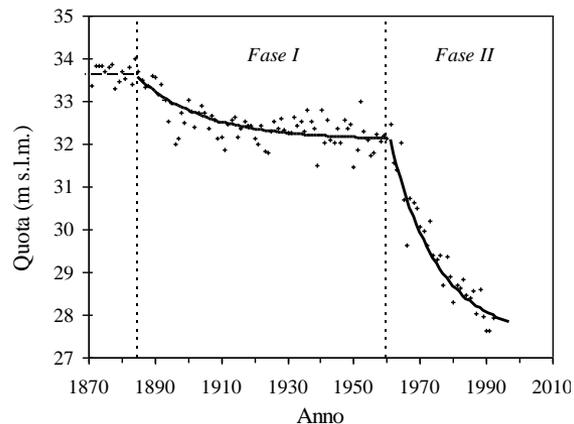
Si veda anche Pirrone et al., 2005, Regional Environmental Change, 5, 111-135..

In mezzo secolo: profonde modificazioni idro-morfologiche dovute a bonifiche, prelievo di inerti e cementificazione dei suoli

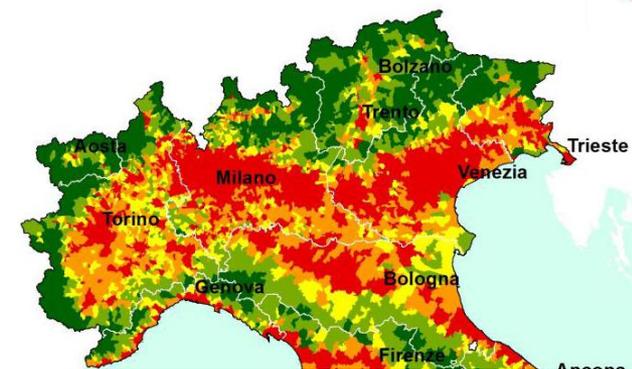
- crescita delle aree urbane – spopolamento di aree rurali/montane
- grandi infrastrutture: rete autostradale (A1, A4, A15, A21) e ferroviaria
- sbarramento di Isola Serafini + dighe nell'arco alpino
- regolazione dei grandi laghi



Prelievo di inerti dal Po (milioni di m³) autorizzato dal Magistrato per il Po nel tratto tra Paesana e Pontelagoscuro (Lamberti, 1993, *Acqua & Aria* 6: 580-592)



Variazioni temporali della quota del fondo del Fiume Po a Cremona (Lamberti & Schippa, 1994. *Navigazione Interna*, Suppl. n. 3-4, 23 pp).

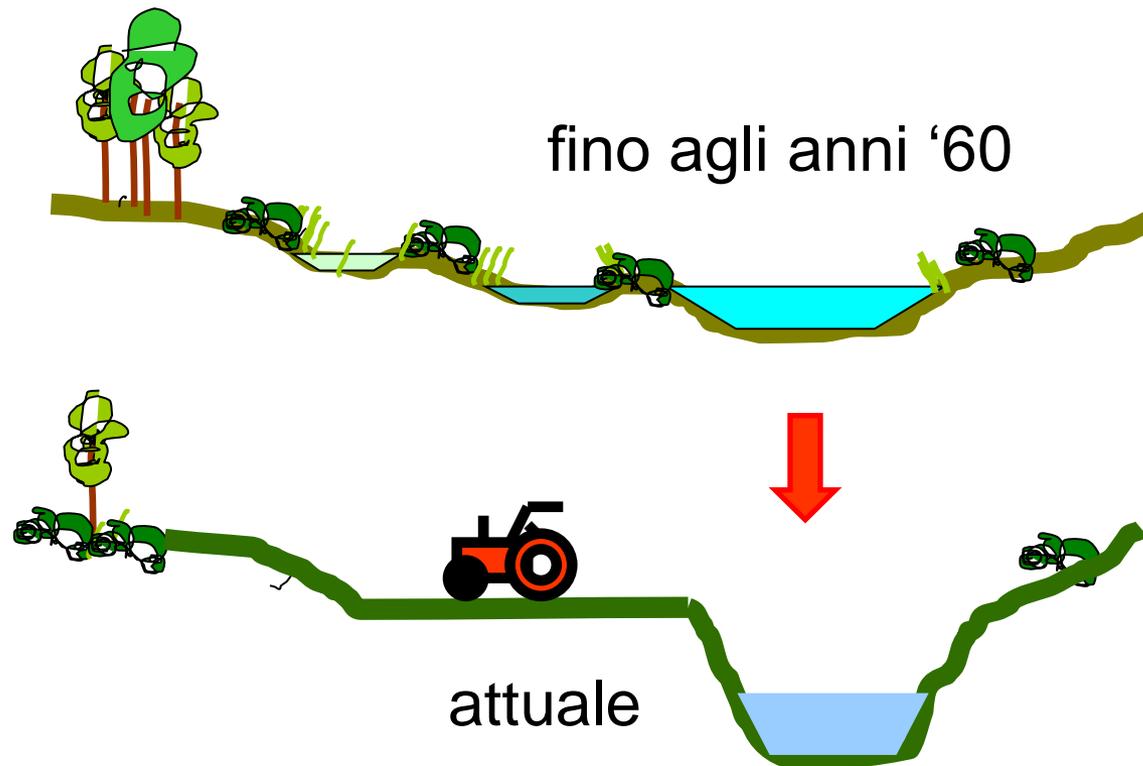


Consumo di suolo a scala comunale (% del territorio comunale) nel 2012. (ISPRA, 2015. *Il consumo di suolo in Italia. Rapporti 218/2015*)
Rosso: costruito >10% territorio comunale

Abbassamento quota di fondo e pensilizzazione della golena



interruzione della connettività laterale e della capacità di regolazione dei cicli di N e P (Junk et al., 1989, Pinay et al., 2002)

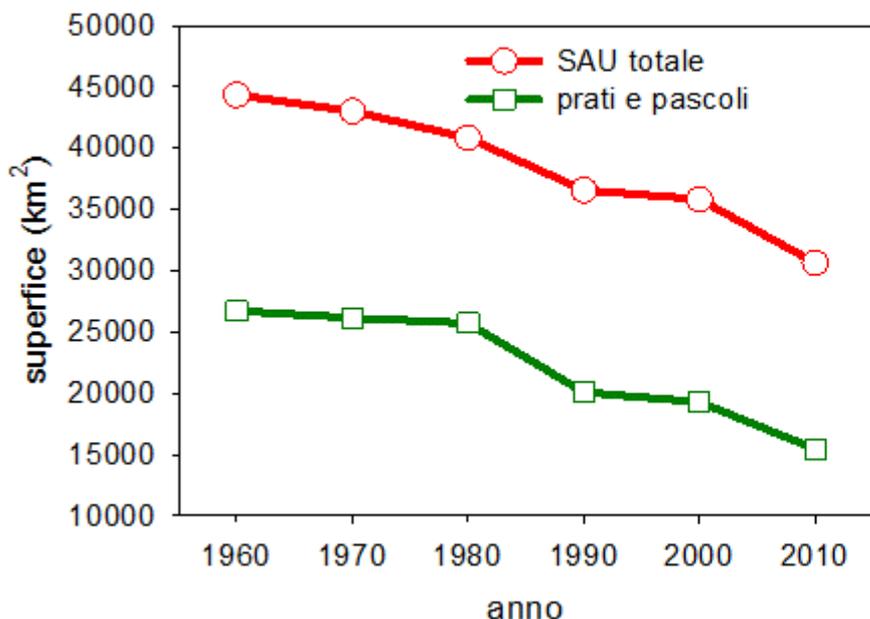


sezione trasversale di un tratto fluviale di pianura (Viaroli & Bartoli, 2009, Riqualficazione Ambientale 2: 15-22)

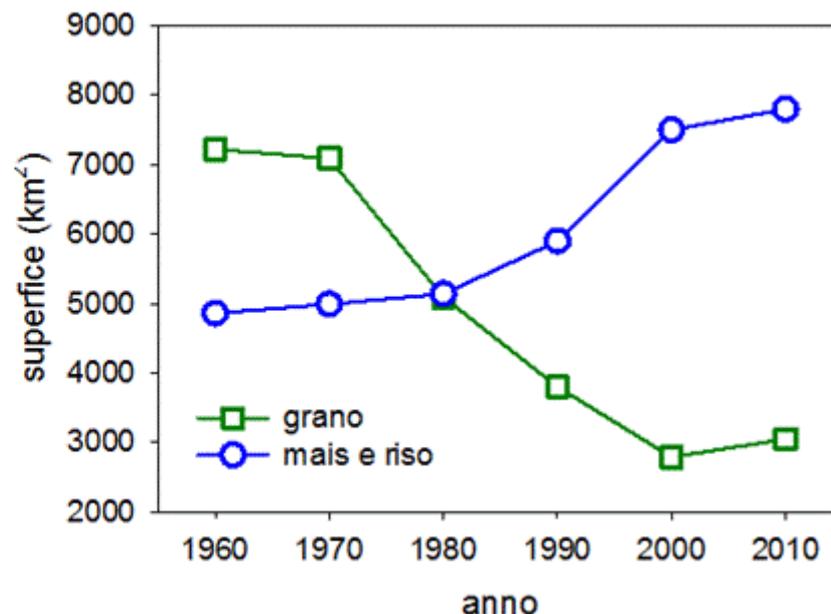
TRASFORMAZIONI DEL SISTEMA AGRO-ZOOTECNICO

Perdita progressiva di circa il 30% del suolo agricolo, prevalentemente erbai

Drastica diminuzione dei cereali vernini non irrigati e aumento equivalente della SAU a mais e riso che richiedono molta acqua



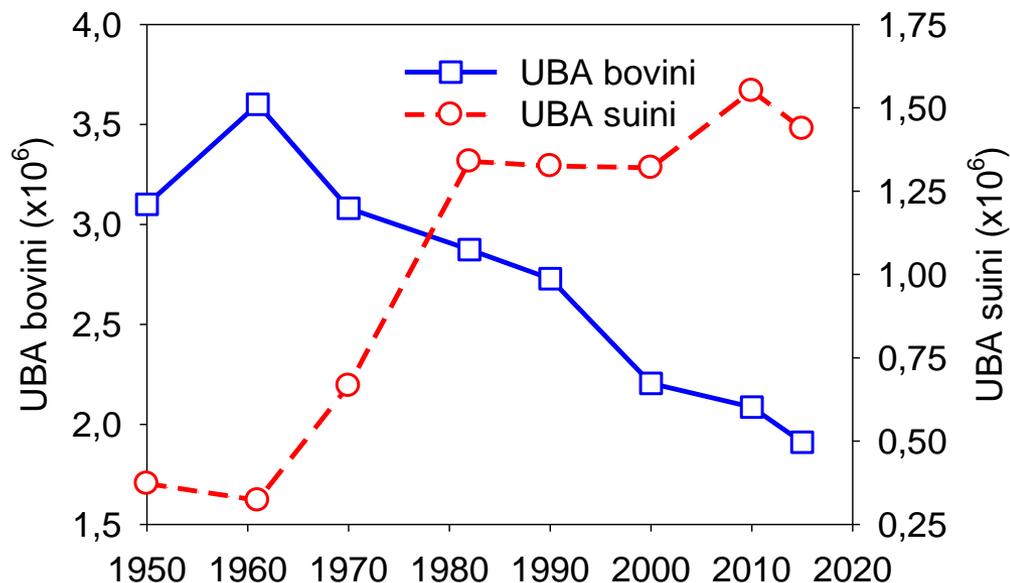
Variazioni temporali della Superficie Agricola Utile (SAU) totale (km²) e della SAU destinata a prati e pascoli nel bacino del Po dal 1960 al 2010.



Variazioni temporali della SAU (km²) destinata a grano e a mais e riso nel bacino del Po dal 1960 al 2010.

Cambia radicalmente la tipologia di allevamento con la crescita esponenziale del numero di capi suini e il progressivo declino di quelli bovini.

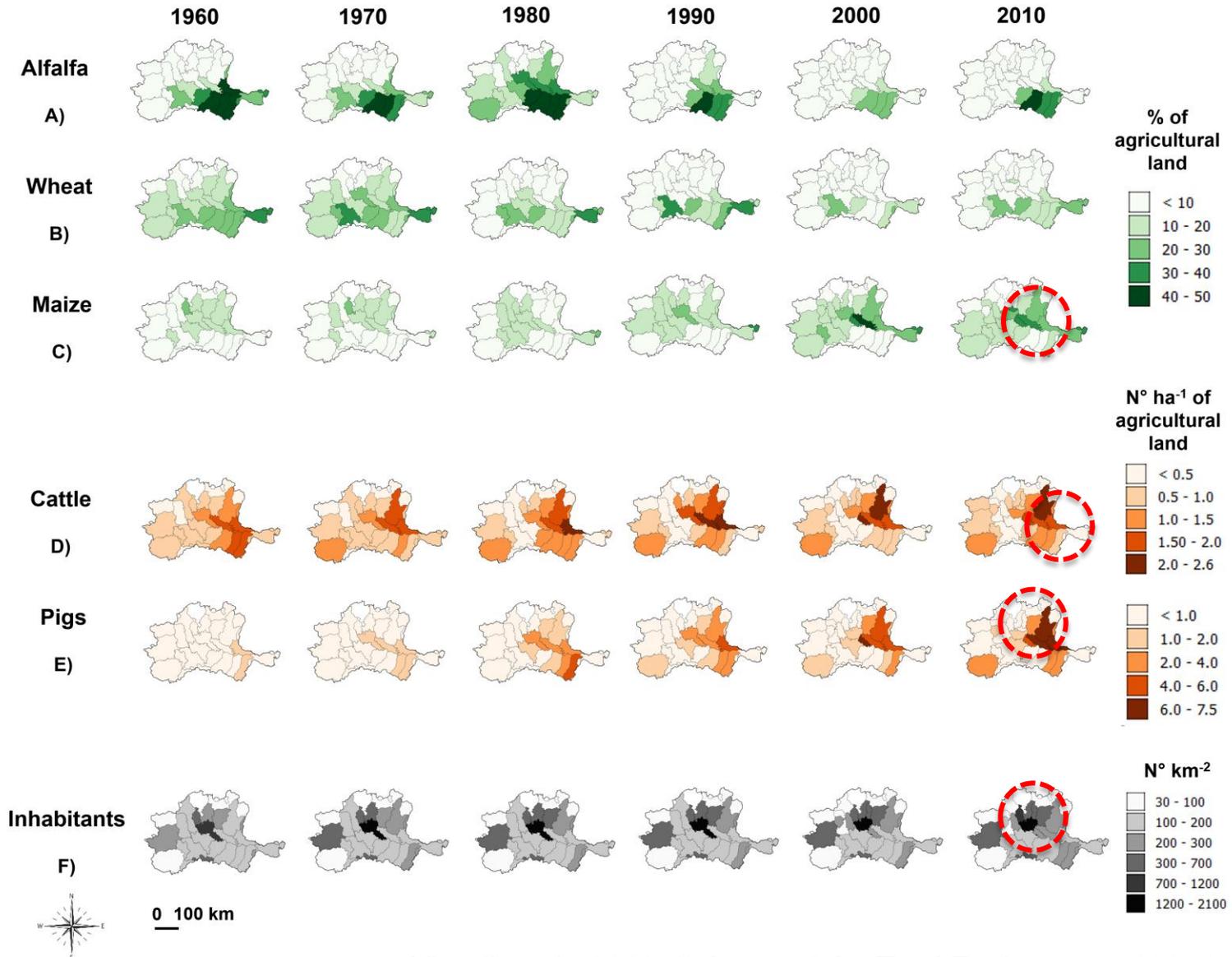
Disgiunzione di zootecnia e agricoltura: le deiezioni animali da risorsa diventano rifiuto.



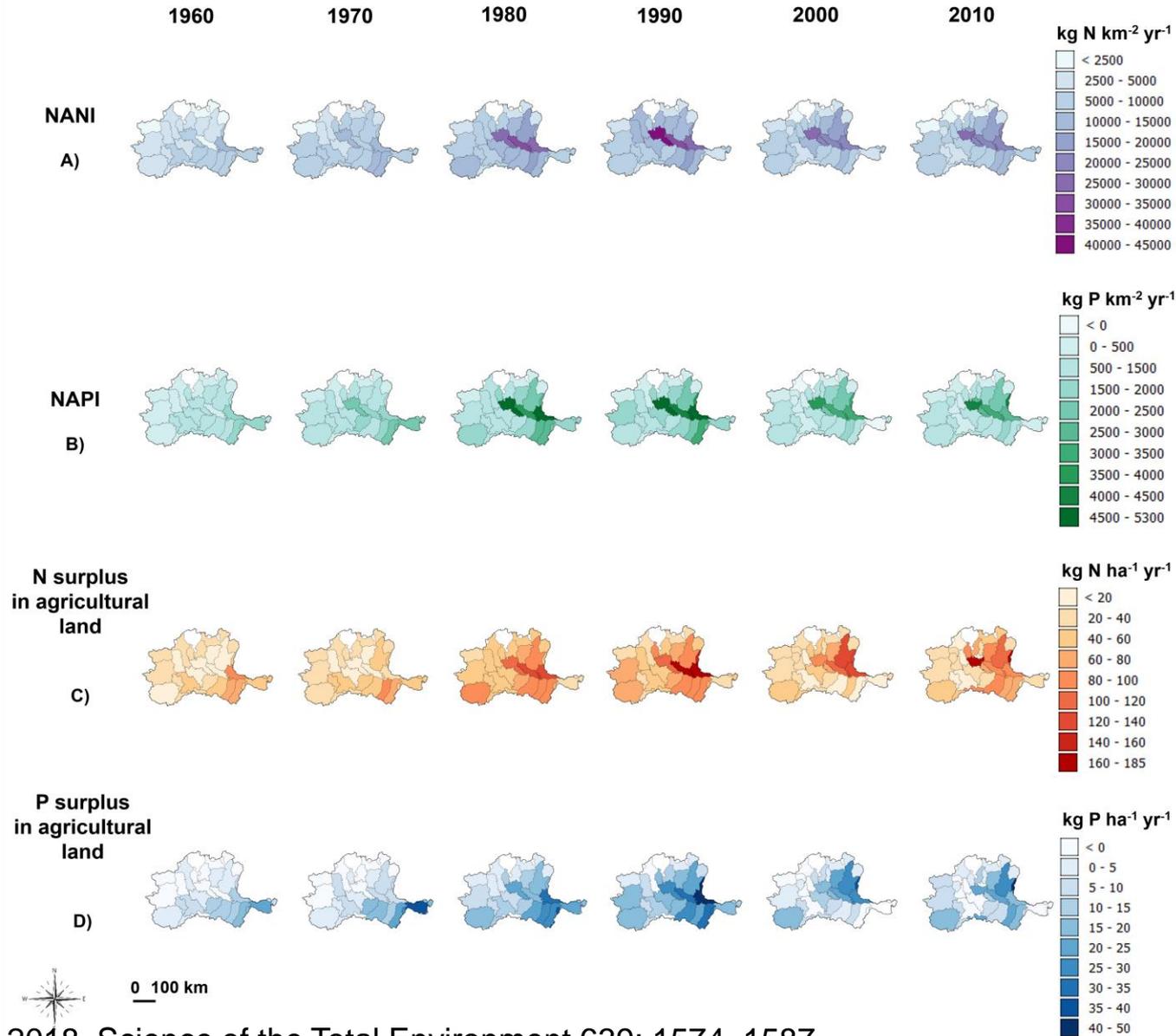
Variazioni temporali delle Unità di Biomassa Adulta (UBA) di bovini e suini nel bacino del Po dal 1950 al 2015. UBA =vacca da latte adulta

BOVINI - 42%
SUINI +385%

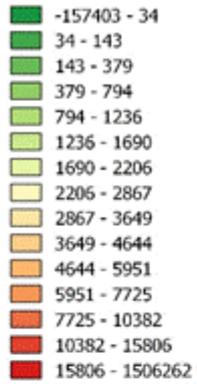
in 50 anni profonde trasformazioni: pressioni concentrate nelle aree metropolitane (Milano) e nella bassa pianura lombarda



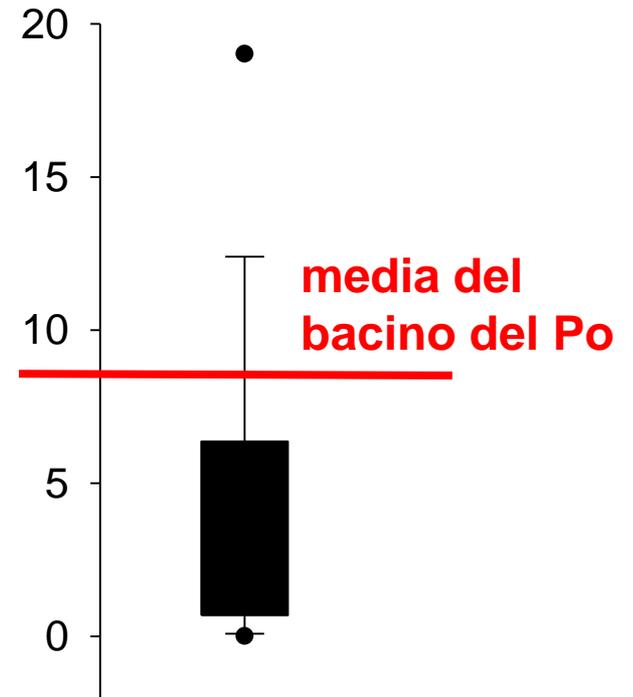
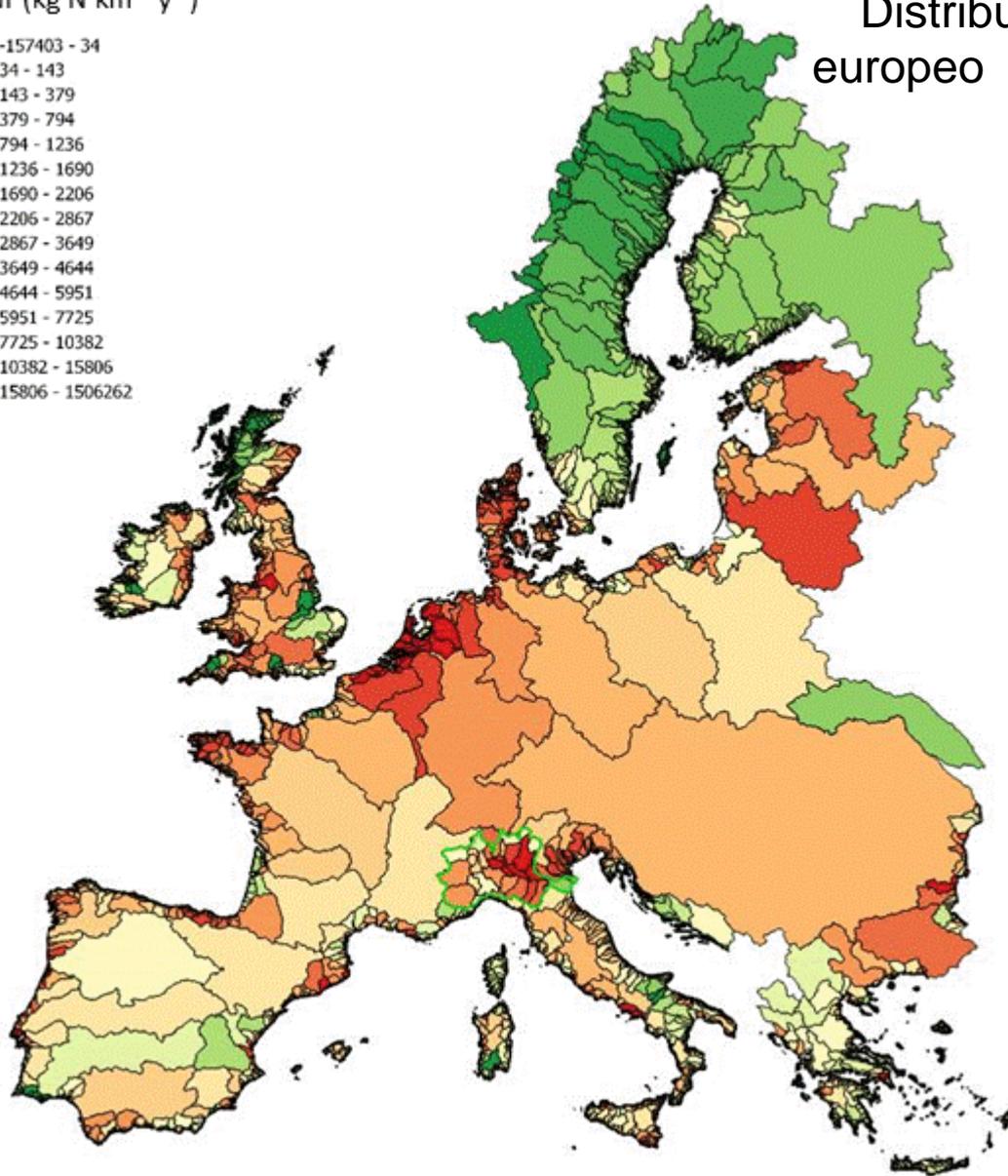
Variazioni temporali degli apporti di N e P come NANI e NAPI nell'intero bacino del Po e come surplus nelle sole aree agricole

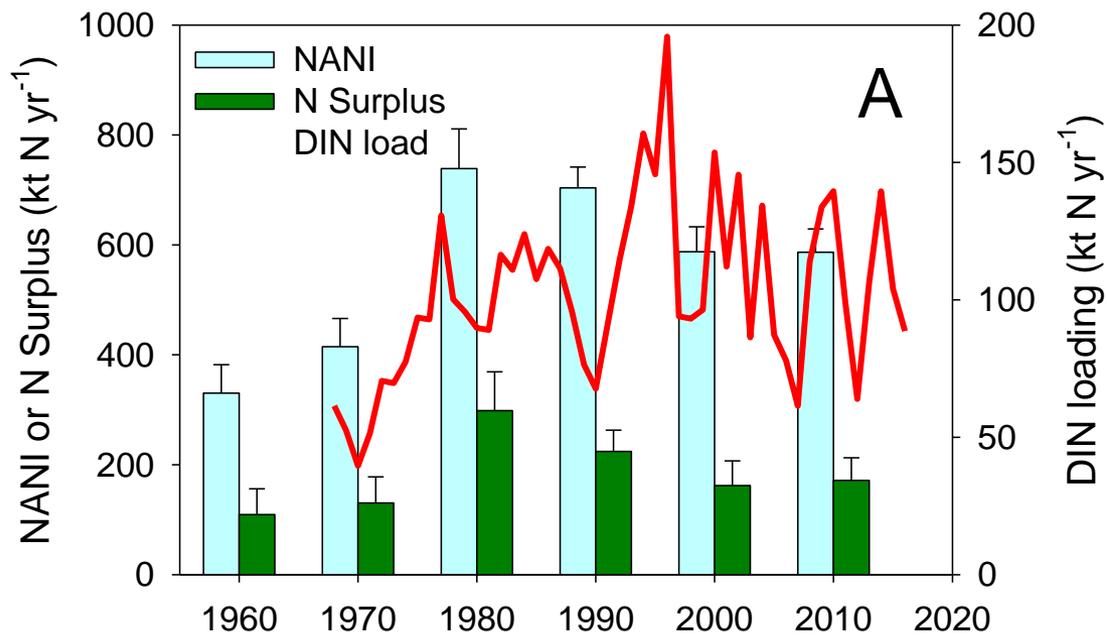


NANI (kg N km⁻² y⁻¹)



Distribuzione NANI (t N km⁻² y⁻¹) a livello europeo (Billen et al., 2011). Il bacino del Po è sopra la media europea

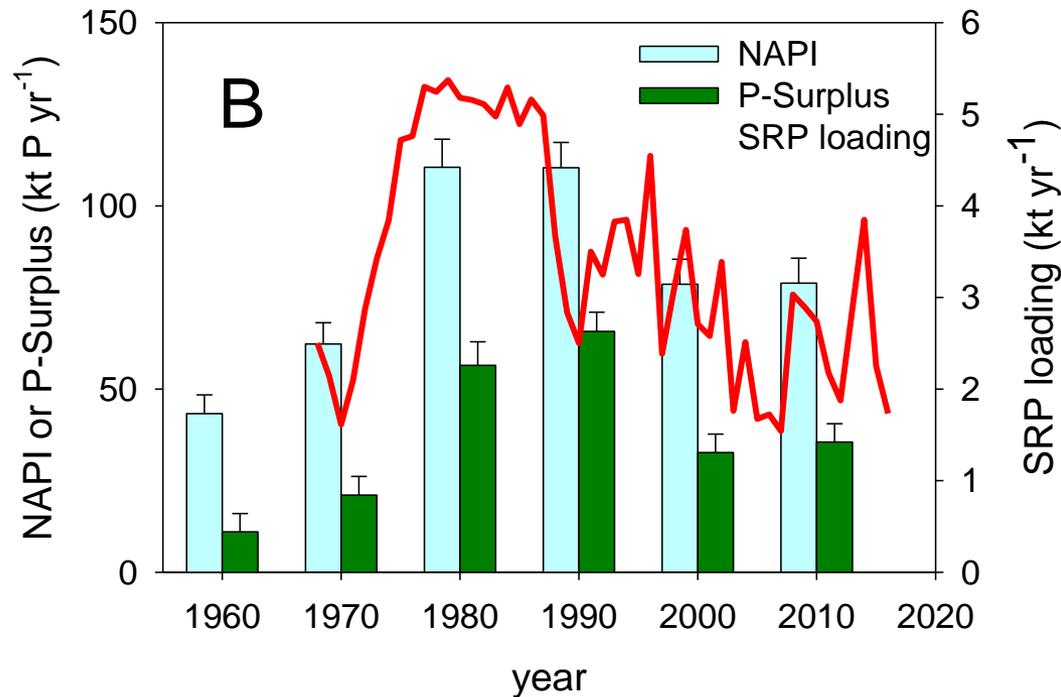




Relazione tra carichi di DIN e SRP transitati nella sezione di Pontelagoscuro e apporti di N e P al bacino e N e P surplus nei suoli

La risposta di N all'aumento di NANI è ritardata. Ruolo delle acque sotterranee?

(van Meter & Basu, 2018; van Meter et al., 2016; Bartoli et al., 2012)

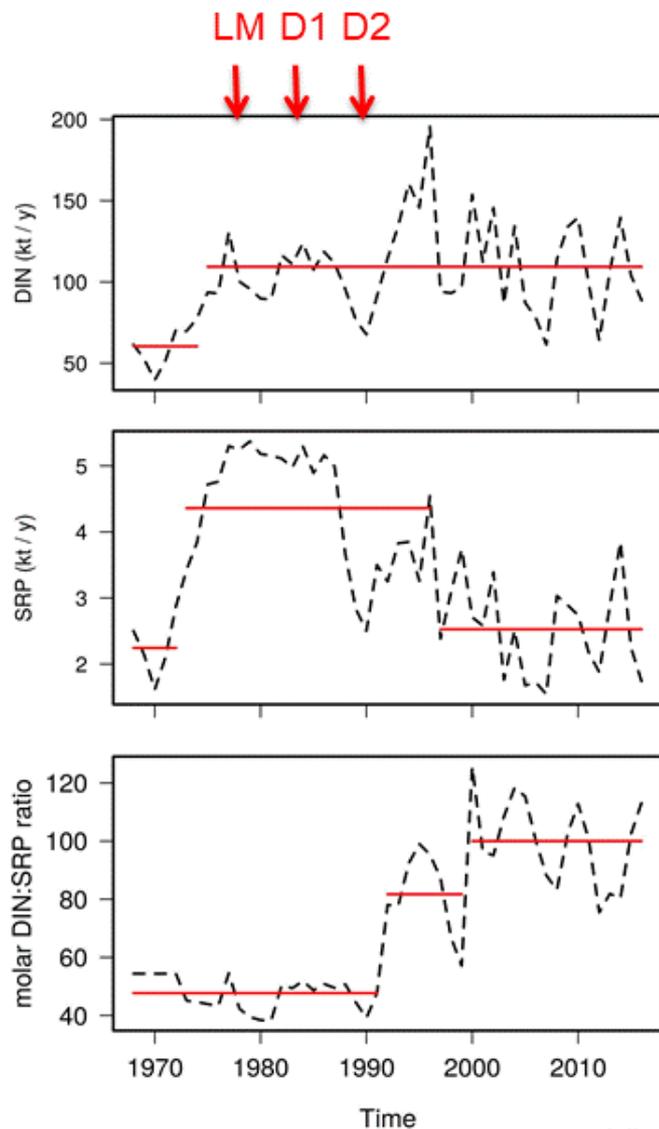


La risposta del P alla crescita di NAPI è immediata

Viaroli et al., 2018. Science of the Total Environment 639: 1574–1587

Evoluzione temporale dei carichi di DIN e SRP transitati a Pontelagoscuro : recupero vs persistenza. Una valutazione con Change Point Analysis

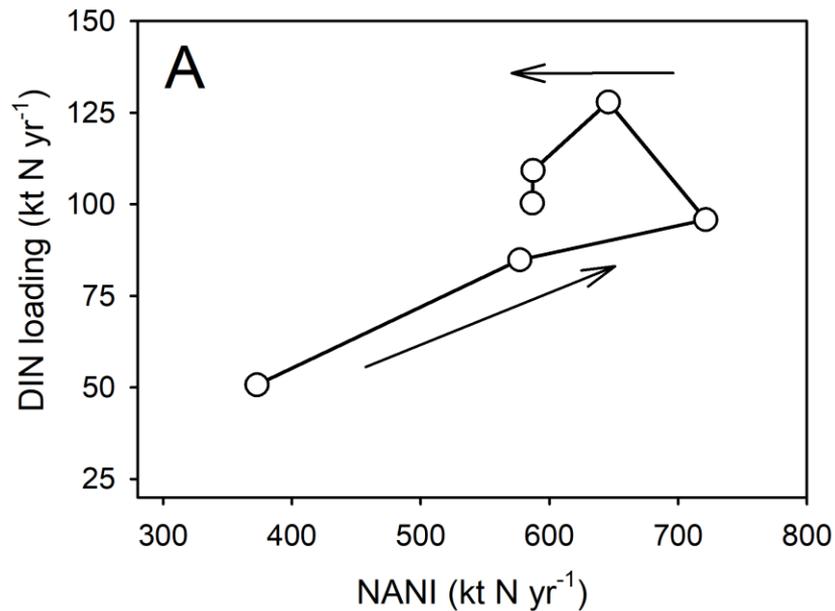
LM: legge Merli, D1 e D2 dlgs del 1982 e 1988 che riducono il P nei detergenti



periodo	DIN (kt yr ⁻¹)
1968-1974	60.4±13.3
1975-2016	109.4±27.8

periodo	SRP (kt yr ⁻¹)
1968-1972	2.2±0.5
1973-1996	4.4±0.9
1997-2016	2.5±0.7

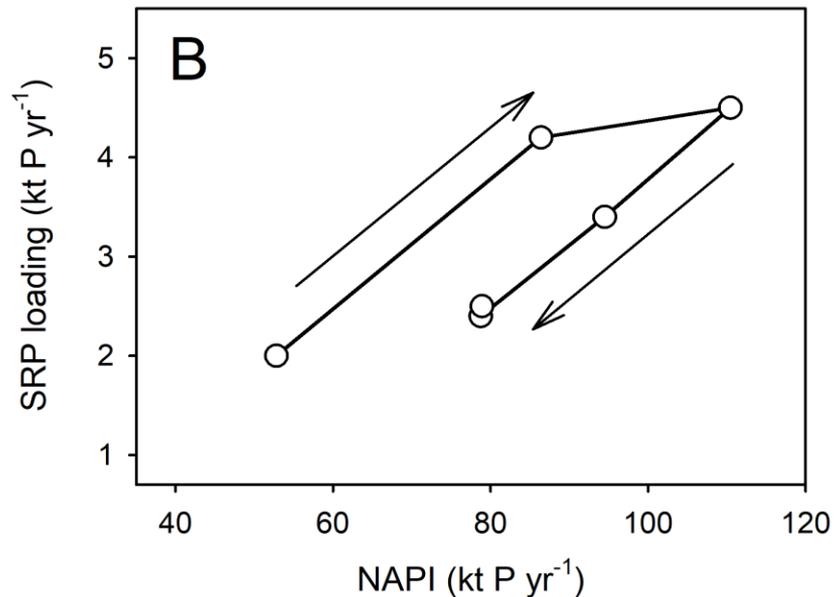
periodo	DIN:SRP
1968-1991	47.1±5.6
1992-1999	81.7±14.6
2000-2016	100.0±14.6



RECUPERO O PERSISTENZA?

La riduzione del NANI non è seguita dalla diminuzione del carico di DIN.

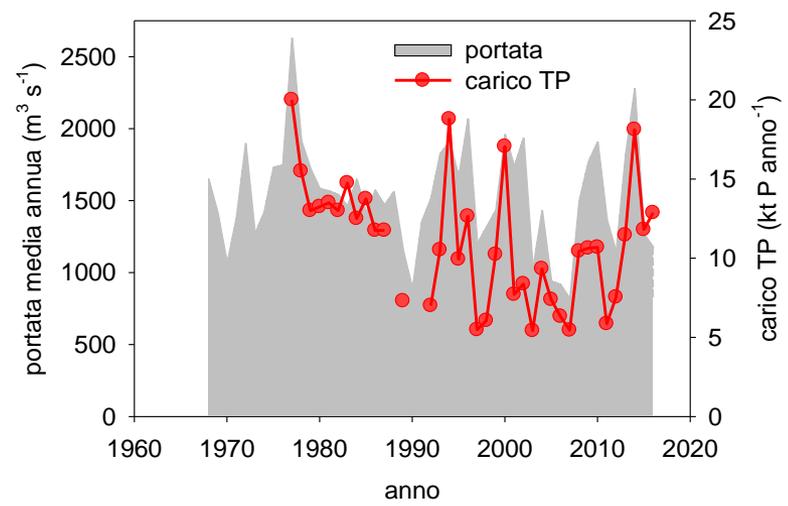
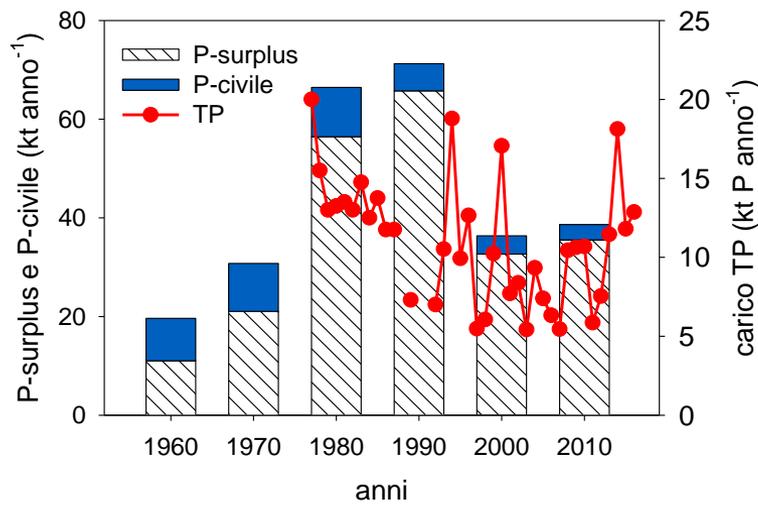
LegacyNitrogen? (van Meter & Basu, 2018, Science, in press)



Politiche ambientali efficaci: con la riduzione di NAPI, SRP ritorna all'incirca ai livelli del 1968-72

Fosforo: problema risolto?

- andamento del fosforo particellato: inversione di tendenza?
- Il carico puntiforme (civile) è veramente così basso?



fino al 1982	Solo rete fognaria ed eventuali trattamenti primari. Abbattimento di P=10% di N=15%.
1991	<p>Allacciati alla rete fognaria il 75% degli scarichi.</p> <p>20% con solo trattamento primario con abbattimento P=10% e N=15%</p> <p>60% con trattamento secondario con abbattimento P=58% e N=50%.</p> <p>20% con trattamento terziario con abbattimento P=76% e N=69%.</p>
2001	<p>Allacciati alla rete fognaria il 75% degli scarichi.</p> <p>3 % con solo trattamento primario con abbattimento P=10% e N=15%</p> <p>32 % con trattamento secondario con abbattimento P=58% e N=50%.</p> <p>65 % con trattamento terziario con abbattimento P=76% e N=69%.</p>
2011	<p>Allacciati alla rete fognaria l'80% degli scarichi.</p> <p>3 % con solo trattamento primario con abbattimento P=10% e N=15%</p> <p>22 % con trattamento secondario con abbattimento P=58% e N=50%.</p> <p>75 % con trattamento terziario con abbattimento P=85% e N=69%.</p>

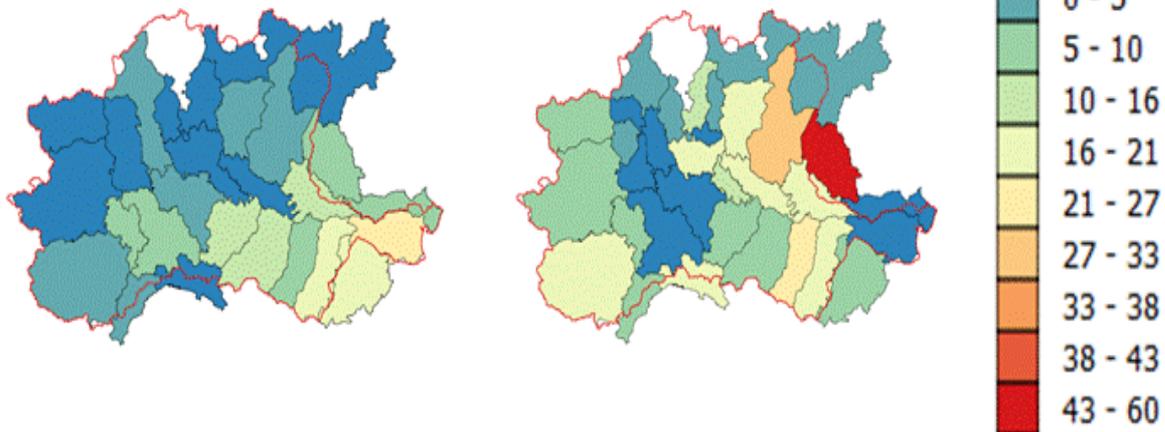
Combined Use of Caffeine and Turbidity to Evaluate the Impact of CSOs on River Water Quality

G. Viviano • S. Valsecchi • S. Polesello • A. Capodaglio •
G. Tartari • F. Salerno

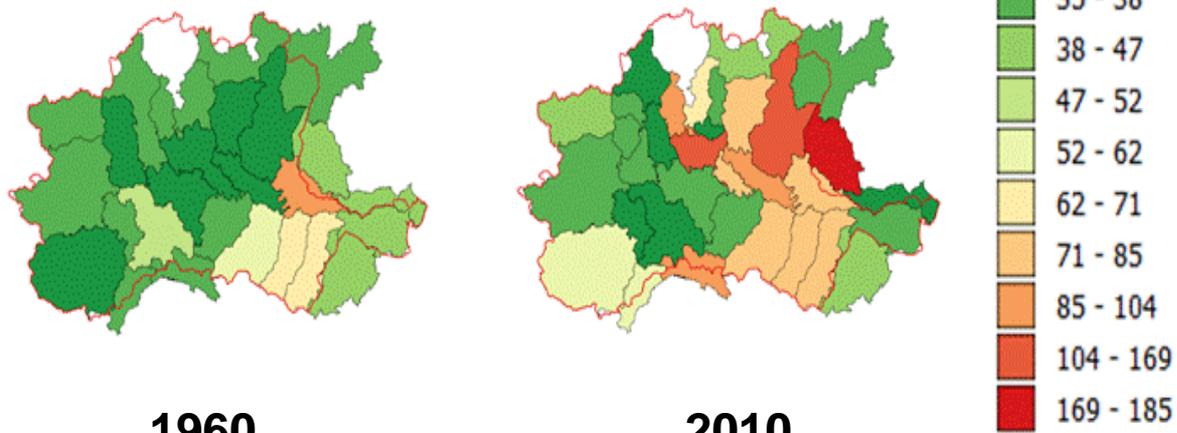
DEPOSIZIONE UMIDA (mm)		Portata (m ³ s ⁻¹)	abitanti	carichi (kg)	
cumulata	massima			diffuso	scolmatori
40	3.4	0.98	3442	3.1	7.2 (70%)
6.8	4.2	0.77	1566	1.1	0.6 (36%)
34.4	11.8	2.62	1300	17.9	20.4 (55%)
8.4	7.0	0.67	249	0.9	1.9 (68%)

Ruolo degli scolmatori delle reti fognarie e dei depuratori in relazione al cambiamento climatico nel bacino del Lambro (5% agricolo, 12% urbanizzato, 83% naturale). Dati riferiti a 4 giorni diversi.

Surplus di fosforo riferito alla SAU (kg P ha⁻¹)

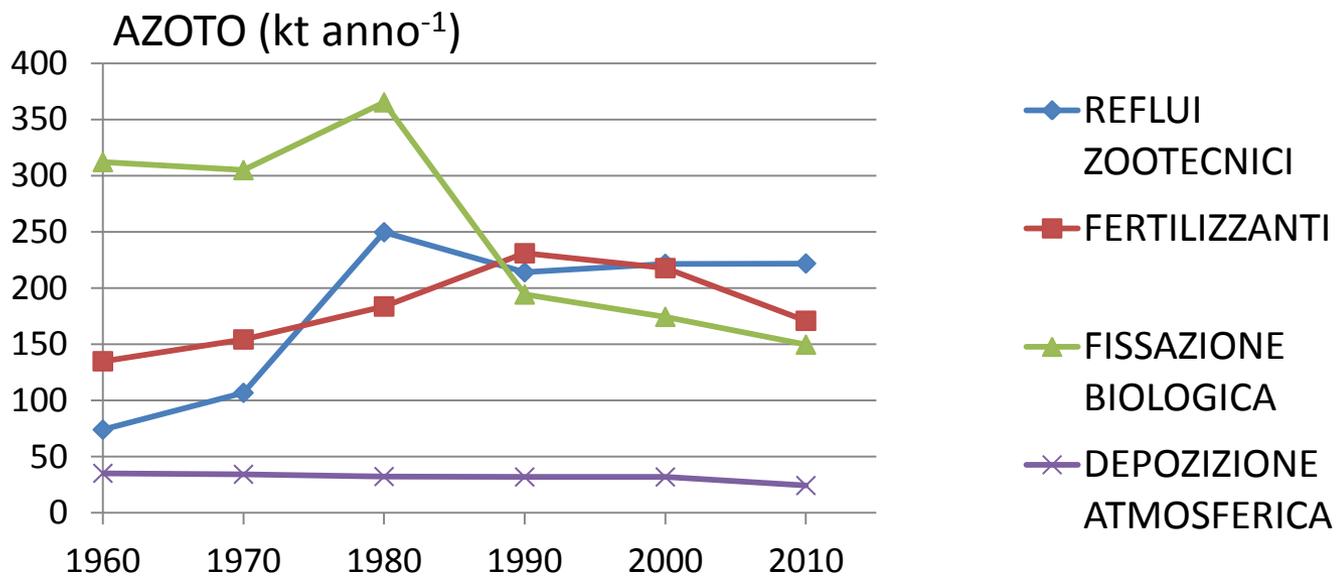


Surplus di azoto riferito alla SAU (kg N ha⁻¹)

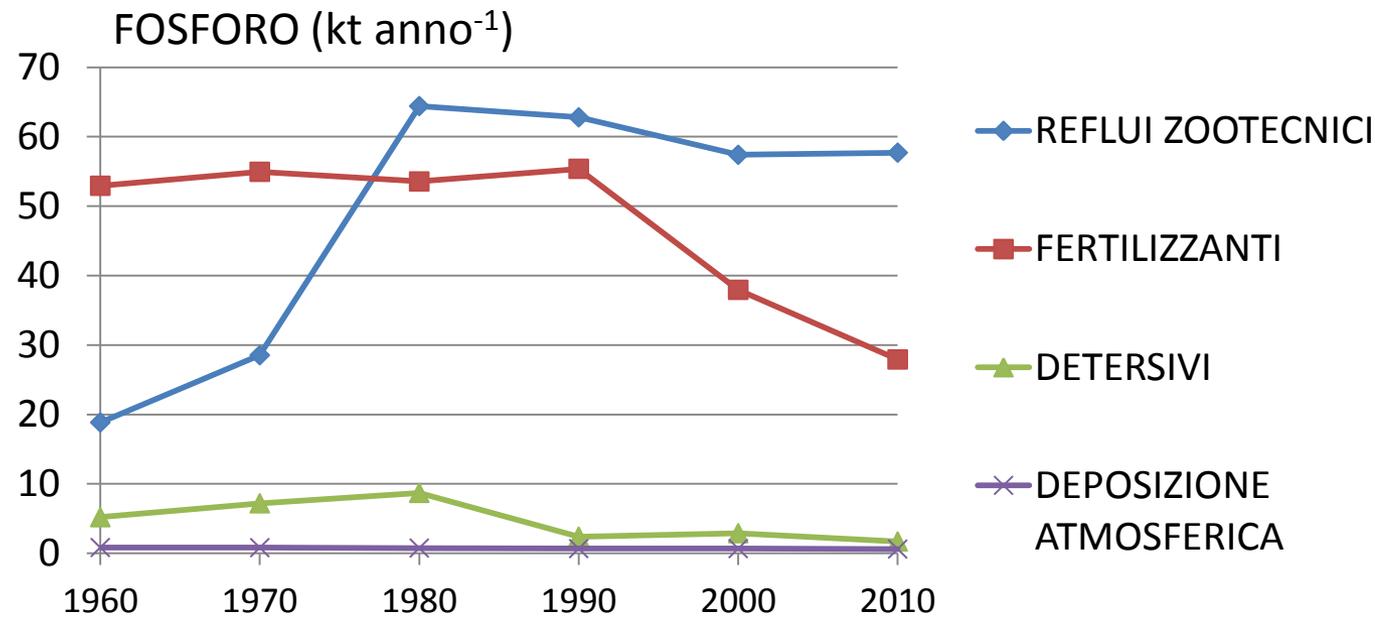


1960

2010

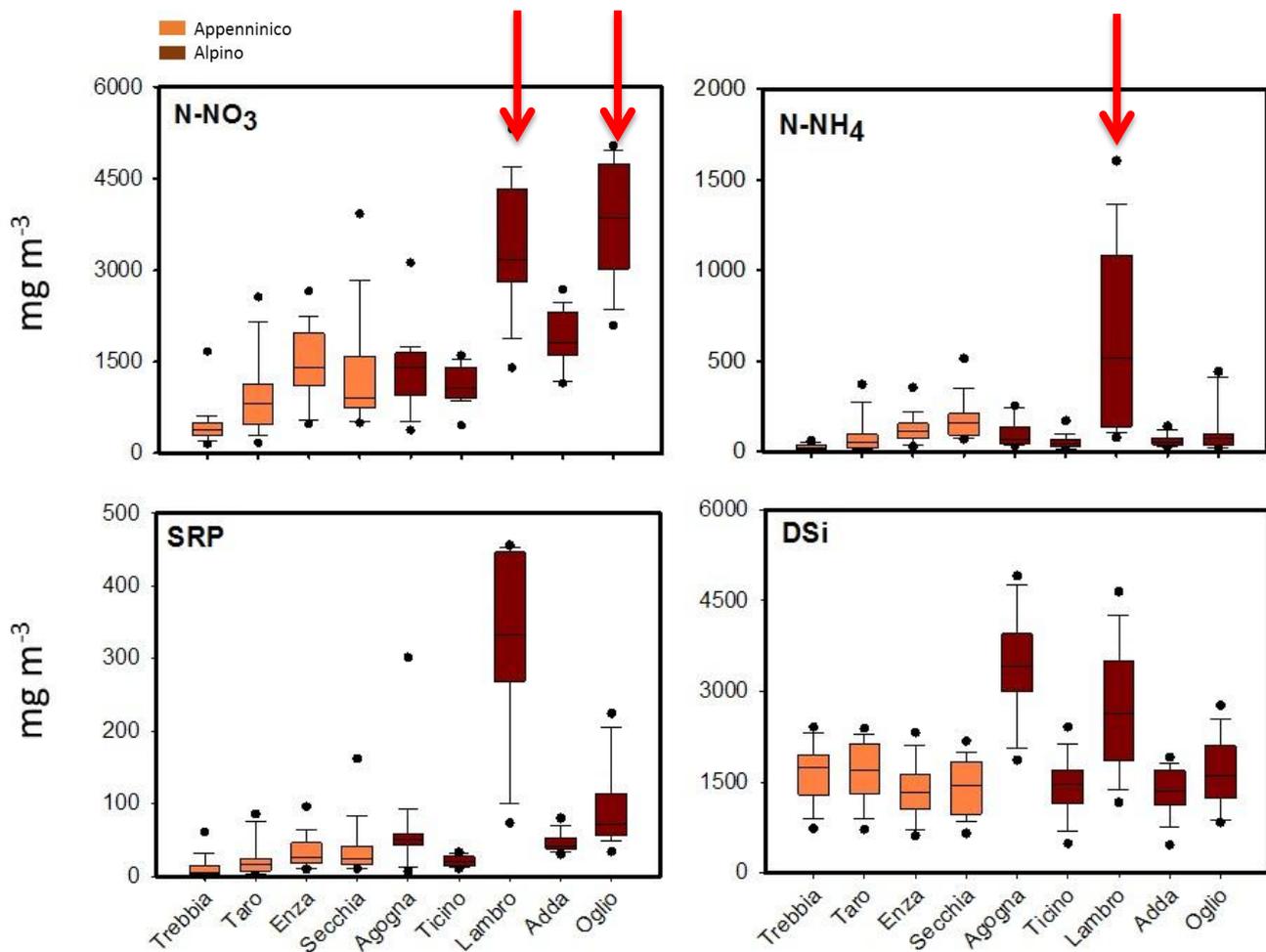


**FANGHI DI
DEPURAZIONE?**



DIGESTATO?

Confronto tra bacini con differenti livelli di pressione antropica



valori mediani (mg m^{-3})

	NO3**
Appenninico	816
Alpino	1900
	NH4
Appenninico	76
Alpino	65
	SRP**
Appenninico	18
Alpino	51
	DSi*
Appenninico	1484
Alpino	1710

Monitoraggio dei carichi di nutrienti veicolati dal Po al mare Adriatico,
 Accordo di collaborazione tra UNIPR, UNIFE e Regione Lombardia (2014-2015).

ALPI

Ghiacciaio

Torrenti glaciali

Torrenti alpini

Fiumi sopra-lacuali

Grandi laghi

Fiumi sub-lacuali

Canali

Risorgive

APPENNINI

Torrenti montani

Torrenti di pianura

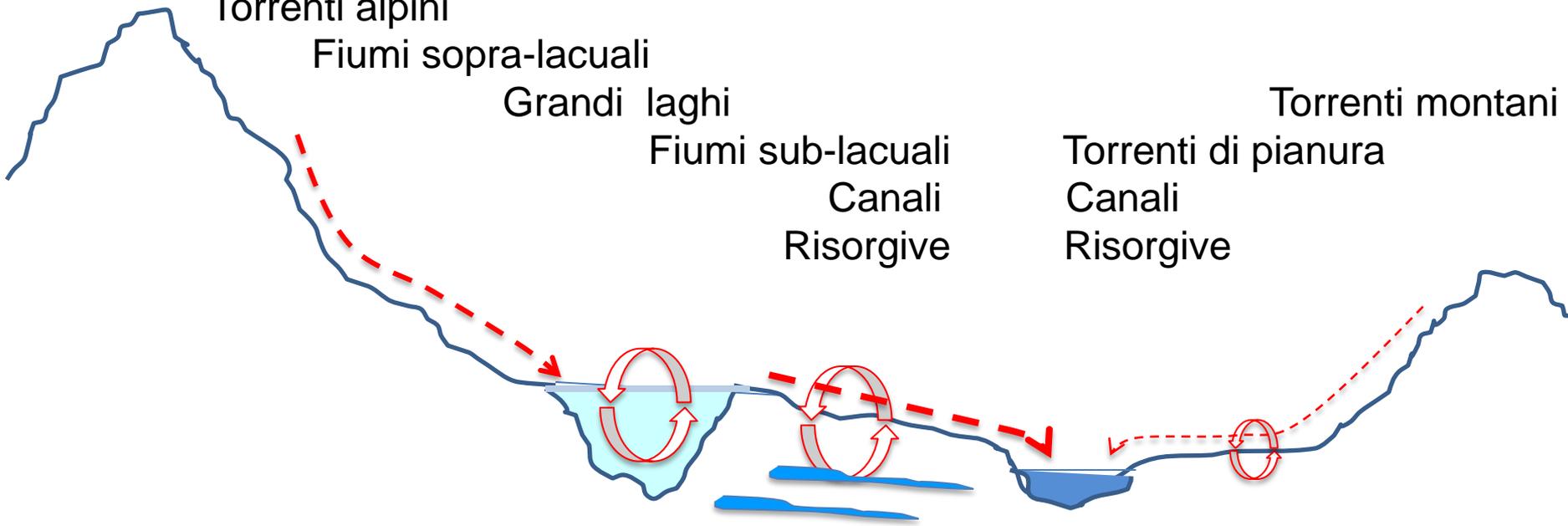
Canali

Risorgive

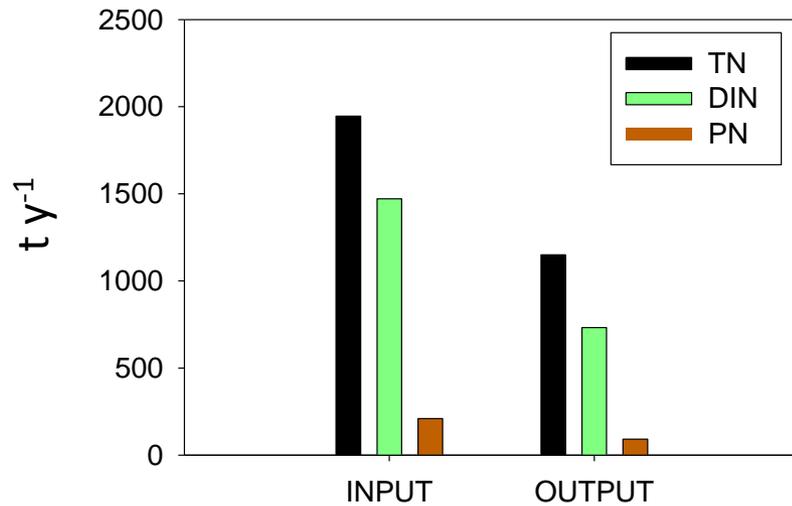
arretramento ghiacciai
sfasamento idrologico
meromissi dei laghi
controllo idrologico e
regolazione laghi (buffer)

intermittenza idrologica
eventi di breve durata e forte intensità

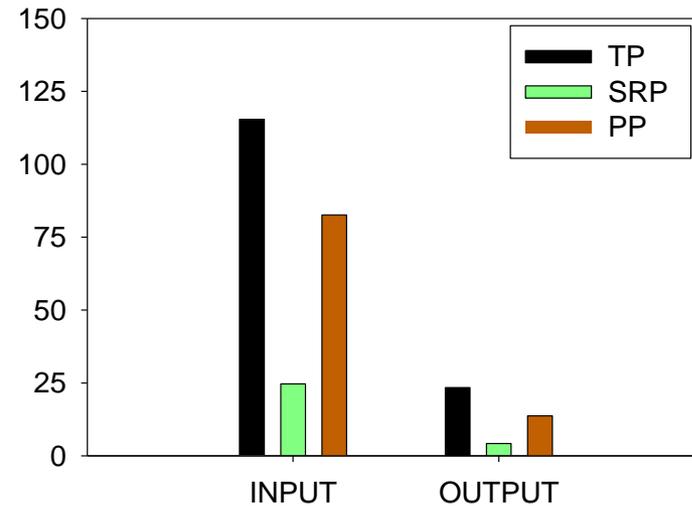
dipendenza dalle deposizioni umide



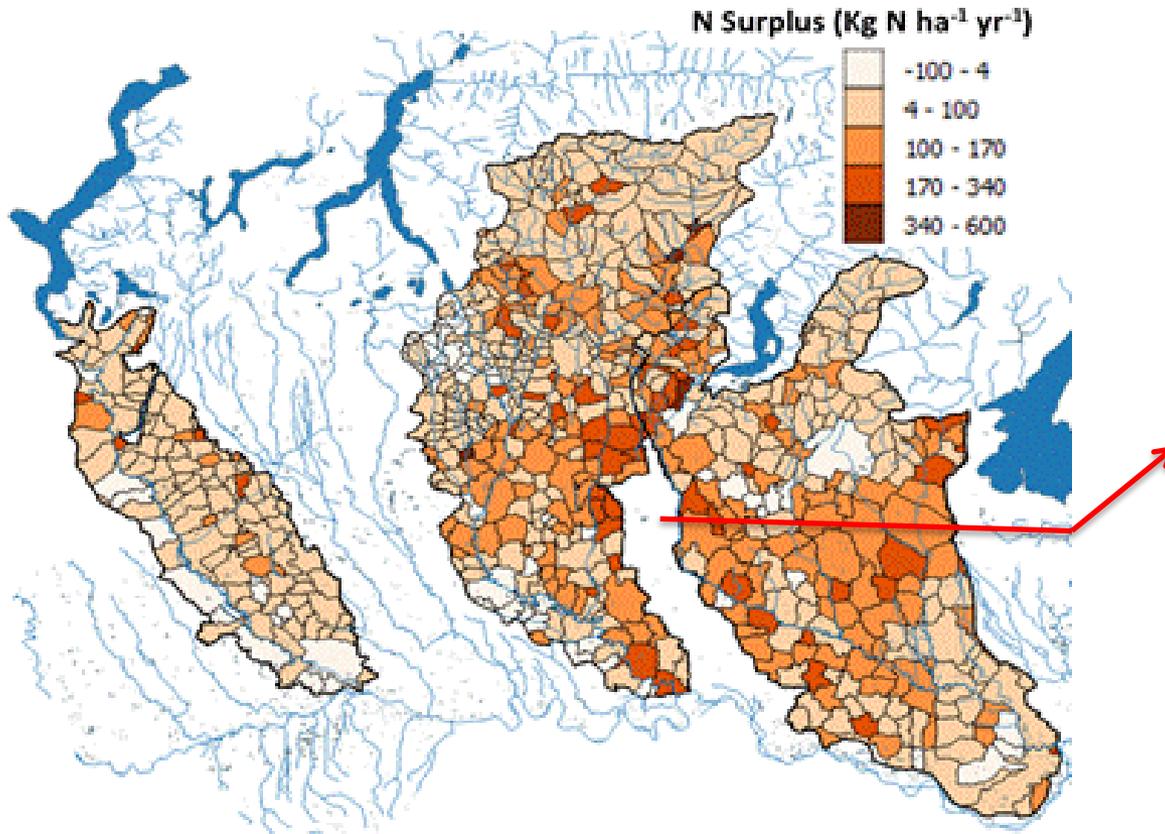
I laghi profondi perialpini come regolatori biogeochimici Lago d'Iseo



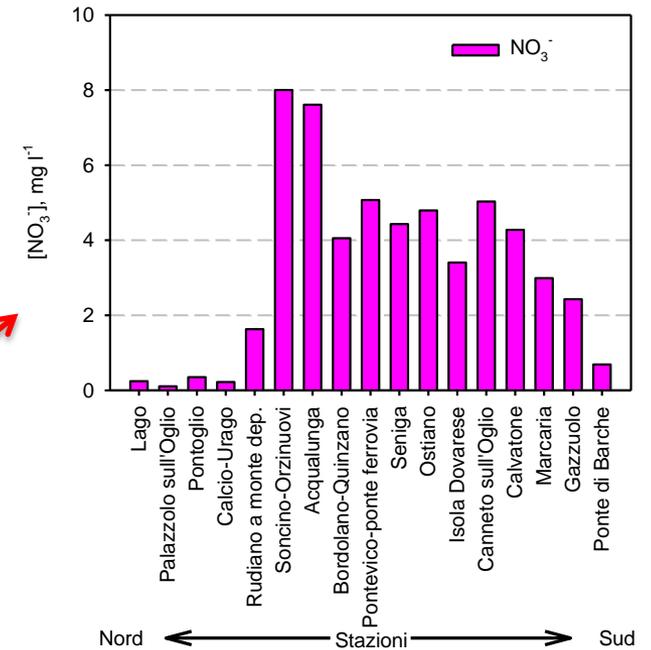
NITROGEN FORM	ANNUAL RETENTION (%)
TN	41
DIN	50
PN	56



PHOSPHORUS FORM	ANNUAL RETENTION (%)
TP	80
SRP	83
PP	83



F. Oglio sublacuale nitrati disciolti



Soana et al., 2011. CLEAN –
Soil, Air, Water, 39: 956- 965.
Bartoli et al. Biogeosciences,
9: .361- 373

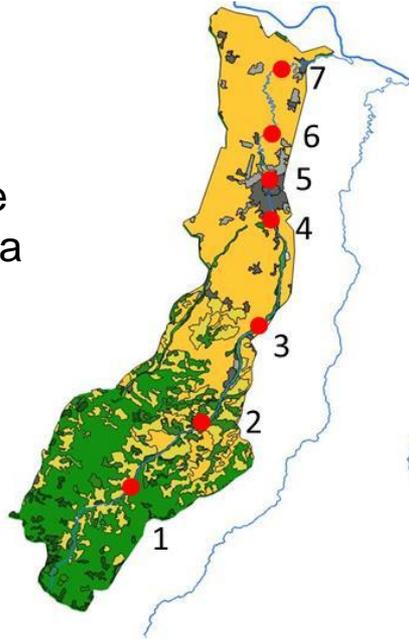
Squaring the cycle: the INTEgration of GROundwater
processes in Nutrient budgets for a basin-oriented
remediation strategy – INTEGRON (Rif. 2015-0263)).

Gradienti monte-valle

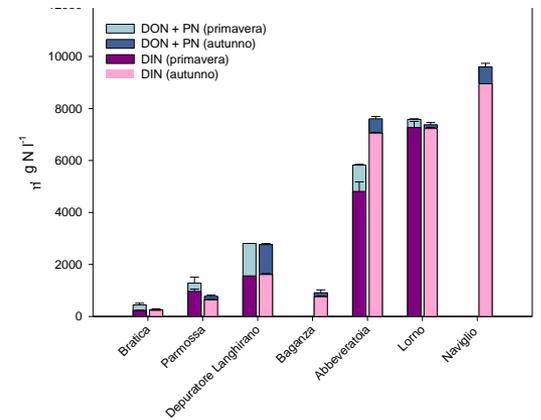
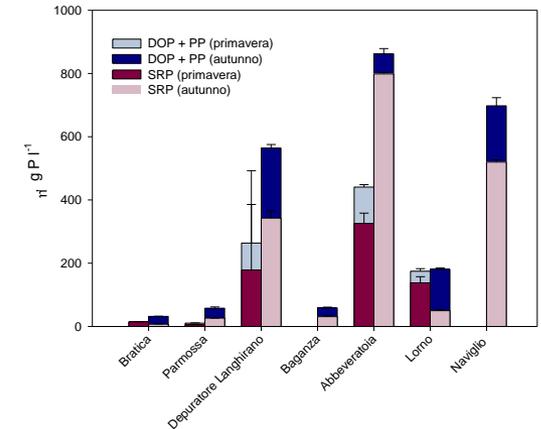
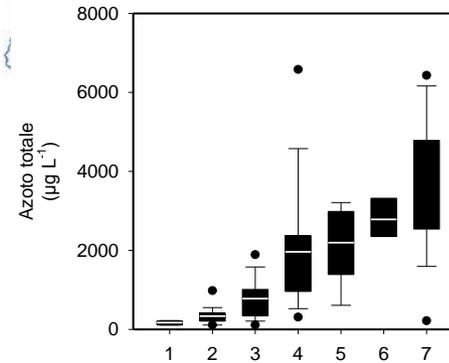
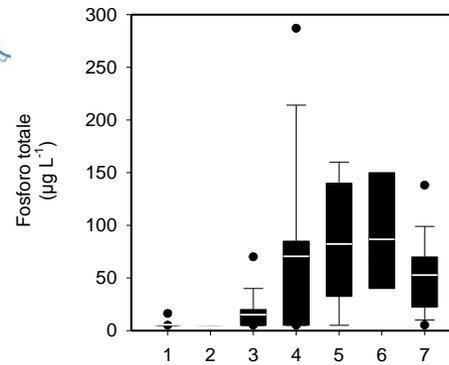
accumulo progressivo dovuto agli apporti antropici

Torrente Parma

- 1) Corniglio
- 2) Capoponte
- 3) Pannocchia
- 4) P. Dattaro
- 5) P. Bottego
- 6) Baganzola
- 7) Colorno



Dati ARPAE Emilia Romagna 2009-2014



Processi biogeochimici, trasformazioni ed effetti del carico dell'azoto nel tratto di pianura e nelle acque di transizione del delta del Po - PRIN 2008, consorzio UNIPR (coord), UNIFE, UNIVPM

problemi aperti ed eredità del passato

POCO FOSFORO O TROPPO AZOTO?

Van Meter K.J., et al. 2018. Legacy nitrogen may prevent achievement of water quality goals in the Gulf of Mexico. Science. Doi: 10.1126/science.aar4462

- gli effetti delle azioni attuali potranno essere apprezzati tra decine di anni
- ridurre i carichi di azoto - con le tecnologie attuali pochi poche possibilità? (Palmeri et al., 2005; Pirrone et al., 2005)
- agire sul carico diffuso nelle zone in cui si genera usare i 50.000 km di canali della pianura padana ? (Castaldelli et al., 2013; 2015).
- riprogettare il sistema agro-zootecnico? [Garnier et al 2016, Environmental Sciences and Policy, 63, 76-90].
- Verificare il ruolo degli scolmatori di piena (Viviano et al, 2017, WASP, 228: 330 DOI 10.1007/s11270-017-3505-3)

IL PROBLEMA DEL FOSFORO È RISOLTO?

Jarvie H.P., et al., 2013. Phosphorus mitigation to control river eutrophication: murky waters, inconvenient truths and 'postnormal' science. Journal of Environmental Quality 42, 295-304.

- dov'è finito il P accumulato in oltre mezzo secolo?
- ruolo degli scolmatori (Viviano et al, 2017).
- esiste una legacy phosphorus?
- Fanghi di depurazione e digestato
- chiudere il ciclo del P (<http://www.phosphorusplatform.eu/>)

PROGETTI DI RIFERIMENTO

Progetti finanziati dal MIUR

Processi biogeochimici, trasformazioni ed effetti del carico dell'azoto nel tratto di pianura e nelle acque di transizione del delta del Po (PRIN 2008, coordinatore nazionale)

NOACQUA-risposte di comunità e processi ecosistemici in corsi d'ACQUA soggetti a intermittenza idrologica (PRIN 2015, coordinatore nazionale).

Progetto Bandiera RITMARE (2016)

Progetti regionali

Studio per l'approfondimento delle variazioni dei carichi di azoto e fosforo transitati nella stazione di Pontelagoscuro e per l'analisi di processi rilevanti ai fini della comprensione della composizione e delle trasformazioni dei carichi Autorità di bacino del fiume Po (2007-2008).

Analisi sul trasporto degli inquinanti e sulla connettività ecologica laterale e longitudinale connessi alla realizzazione di ipotetici sbarramenti sul tratto regionale del fiume Po, ARPA-DT Emilia Romagna (2009-2010).

Monitoraggio dei carichi di nutrienti veicolati dal Po al mare Adriatico, Regione Lombardia (2014-2015).

Valutazione di criteri di classificazione dello stato trofico, della suscettibilità all'eutrofizzazione dei sistemi fluviali e dei carichi di nutrienti veicolati nelle acque superficiali e delle relative sorgenti, nell'ambito degli adempimenti della direttive comunitarie 2000/60 (direttiva quadro acque) e 676/91 (direttiva nitrati), (regione Lombardia 2015-16).

Squaring the cycle: the INTEgration of GROundwater processes in Nutrient budgets for a basin-oriented remediation strategy (INTEGRON), CARIPLO 2015 (UNIPV-coord, UNIPR, CNR-IRSA)

ISEO: Improving the lake Status from Eutrophy towards Oligotrophy. CARIPLO 2015 (UNIBS, UNIPR, CNR-IREA, IGB, Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Waters)

Ringraziamenti ai colleghi:

Azzoni R., Bartoli M., Longhi D., Nizzoli D.,
Racchetti E., Scibona A.

Dipartimento di Scienze Chimiche, della Vita e
della Sostenibilità Ambientale, Università di Parma

Fano E.A., Castaldelli G., Soana E., Vincenzi F.
Dipartimento di Scienze della Vita e Biotecnologie,
Università di Ferrara