

M. GROTTOLO\*, V. BIANCHI

## LA FERTIRRIGAZIONE: ASPETTI AMBIENTALI E IGIENICO-SANITARI IN UN'AREA MORENICA DELLA PROVINCIA DI BRESCIA

**RIASSUNTO** - Mediante lo studio della qualità delle acque profonde, superficiali e del suolo, utilizzando analisi chimiche, microbiologiche e biologiche, sono stati verificati gli effetti della fertirrigazione in un'area morenica della provincia di Brescia. La ricerca ha messo in evidenza la grave situazione di inquinamento dovuta in modo particolare alla presenza di alte concentrazioni di nitrati e degli indici microbici della fecalizzazione e dimostrando quindi come la fertirrigazione, circoscritta ed accentuata in determinati periodi dell'anno, si ripercuota negativamente sull'ambiente.

**SUMMARY** - *Land irrigation with livestock wastes: environmental and hygienic aspects in a morainic area of Brescia province.* Thanks to the study of the quality of underground and superficial waters and of the soil, on the basis of chemical, microbiological and biological analyses, the effects of fertirrigation were verified in a morainic area of Brescia province. The research has shown a dangerous situation of pollution, chiefly due to the high concentrations of nitrates and of the microbial indexes of fecalisation, and as a consequence it indicates that land irrigation with livestock wastes, concentrated and increased in certain periods of the year, produces negative consequences on the environment.

### PREMESSA

Lo sviluppo di nuove pratiche agricole ha consentito di aumentare la qualità e la resa dei raccolti, determinando però l'inquinamento degli acquiferi e delle acque superficiali, l'impoverimento dei suoli, lo sviluppo di parassiti resistenti ai pesticidi e una notevole riduzione delle loro specie antagoniste.

L'industrializzazione, il miglioramento del tenore di vita, col conseguente incremento di consumi di carne e latticini, hanno spinto verso allevamenti intensivi, che comportano un aumento della produzione e minori esigenze di manodopera, ma anche la formazione di grandi quantità di liquami da smaltire.

Il rapporto fra le attività agricole e l'allevamento del bestiame è sempre stato molto stretto, nel corso dei secoli infatti il lavoro degli animali domestici ha affiancato e talvolta sostituito quello dell'uomo e gli agricoltori hanno usato come fertilizzanti, insieme ad altri materiali di origine organica, le deiezioni del bestiame.

La fertirrigazione, cioè l'utilizzo agricolo del liquame come fertilizzante, ammendante o correttore del suolo, è quindi una tra le più concrete soluzioni per lo smaltimento, poichè trasforma uno scarto in una materia prima con un valore economico, ma tuttavia è anche una potenziale fonte di inquinamento per i suoli e le acque, con gravi rischi di tipo ambientale e igienico-sanitario.

---

\* UO Medico-micrografica e tossicologica del PMIP di Brescia e Centro Studi Naturalistici Bresciani

Tab. I - Calcolo degli abitanti equivalenti dei comuni di Lonato e Pozzolengo

Tipologia animale	Bovini	Suini	Totale
Abitanti equivalenti/capo	8,16	1,95	
Numero capi Lonato	13.307	32.012	
Abitanti equivalenti	108.585	62.423	171.008
Numero capi Pozzolengo	2.911	444	
Abitanti equivalenti	23.754	866	24.620
Totale abitanti equivalenti	132.339	63.289	195.628

Lo scopo di questo studio è quello di verificare quali possano essere le conseguenze sull'ambiente di una intensa fertirrigazione in un'area morenica della provincia di Brescia.

Il territorio preso in esame è situato nella parte sudorientale della provincia di Brescia, al confine con quella di Mantova, a sud dei comuni di Desenzano e Peschiera.

Si tratta di un'area localizzata nella parte occidentale della morena del lago di Garda, delimitata a sud da un piccolo corso d'acqua (Fossa Redone), fra i territori comunali di Lonato e Pozzolengo, le cui acque sono sfruttate per l'irrigazione dei campi e raccolgono scarichi civili, quali quelli del depuratore di Pozzolengo, e alcuni di tipo industriale.

La zona è prevalentemente agricola e l'attività zootecnica è fortemente connessa alle coltivazioni; i raccolti sono in buona parte destinati al bestiame e i reflui degli allevamenti sono utilizzati per la fertilizzazione dei suoli.

Nell'area studiata, utilizzando i fattori di conversione indicati dall'IRSA (BARBERO *et al.*, 1991), si ottengono i dati riportati in tabella I.

Nel tentativo di definire un quadro complessivo degli aspetti legati a questa pratica agricola, si è indagata non solo la qualità delle acque sotterranee, mediante la determinazione di parametri fisici, chimici e microbiologici sulle acque potabili di alcuni pozzi comunali, ma anche quella delle acque superficiali, mediante l'analisi del macrobenthos e del suolo, tramite l'analisi della pedofauna.

## MATERIALI E METODI

Per lo studio delle acque profonde si sono scelti quattro pozzi, così localizzati da ovest ad est nell'area presa in esame:

pozzo Castel Venzago: situato a meno di un chilometro dal centro abitato di Castel Venzago, alimenta l'acquedotto del comune di Lonato; il pozzo è stato tenebrato fino ad una profondità massima di 93 m, la prima finestratura è stata effettuata a m 66;

pozzo Madonna della Scoperta: situato nei pressi del Santuario di Madonna della Scoperta, lungo la strada che unisce Castel Venzago e Pozzolengo, a circa 4 km da quest'ultimo, alimenta l'omonima frazione del comune di Lonato; il pozzo è stato tenebrato fino ad una profondità massima di 220 m, la prima finestratura è stata effettuata a m 150;

pozzo Monte degli Ulivi: localizzato ai margini del centro abitato di Pozzolengo, in posizione sopraelevata rispetto al paese, alimenta l'acquedotto del comune di Pozzolengo; il pozzo è stato tenebrato fino ad una profondità massima di 171 m, la prima finestratura è stata effettuata a m 128;

pozzo Morazzo: situato anche questo ai margini dello stesso centro abitato, sulla strada che porta all'Abbazia di San Vigilio, alimenta l'acquedotto del comune di Pozzolengo; il pozzo

Tab. II - Classificazione delle acque profonde secondo CIVITA *et al.* (1993)

		Gruppo parametri							
		chimico-fisici					sostanze indesiderabili		
Giudizio	Classe	durezza °F	Conducibilità elettrica $\mu$ S/cm	SO <sub>4</sub> mg/l	Cl mg/l	NO <sub>3</sub> mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	NH <sub>4</sub> mg/l
ottimale	A	15-30	< 1000	< 50	< 50	< 10	< 0,05	< 0,02	< 0,05
media	B	30-50	1000-2000	50-250	50-200	10-50	0,05-0,2	0,02-0,05	0,05-0,5
scadente	C	> 50	> 2000	> 250	> 200	> 50	> 0,2	> 0,05	> 0,5

A: acqua potabile senza alcun trattamento; idonea a quasi tutti gli usi industriali ed irrigui  
 B: acqua potabile senza alcun trattamento; alcune limitazioni per gli usi industriali ed irrigui  
 C: acqua non idonea ad essere utilizzata tale quale per usi potabili e con limitazioni per altri usi

zo è stato tenebrato fino ad una profondità massima di 140 m, la prima finestratura è stata effettuata a m 90.

Su tutti i pozzi sono stati effettuati, nei mesi di Ottobre '97, Dicembre '97, Febbraio '98, Maggio '98, Luglio '98, Settembre '98, campionamenti delle acque per la ricerca dei principali parametri previsti dal DPR 236/88.

Le analisi chimiche e microbiologiche sono state effettuate seguendo le metodiche previste dalla già citata normativa o dalla letteratura (IRSA - CNR, 1994).

In aggiunta al confronto con i limiti imposti dal DPR 236/88, si è valutata la qualità delle acque profonde secondo la proposta di classificazione di CIVITA *et al.* (1993).

Tale classificazione individua tre classi di qualità per le acque, che non tengono in considerazione la presenza di sostanze prevalentemente di origine antropica, quali pesticidi e solventi clorurati, e si basa su pochi parametri analitici, che svolgono, comunque, un ruolo nella caratterizzazione delle condizioni generali della risorsa sotterranea (tab. II).

Per quanto riguarda le acque superficiali sono state analizzate quelle della fossa Redone, su cui sono state individuate 3 stazioni di campionamento:

Stazione 1 - C.na Facchinetto: a poco più di 1 km dal paese di Pozzolengo, lungo la strada che porta a Solferino, prima dell'incrocio per la località Prendaino, nel primo punto accessibile in cui il fiume abbia dimensioni che rendano fattibile un campionamento.

L'ampiezza del fiume è di circa 1,5 m, la profondità varia a seconda del periodo, ma si mantiene in genere al di sotto dei 40 cm; l'alveo è costituito prevalentemente da ciottoli e ghiaia, che presentano sulla loro superficie alghe filamentose.

Stazione 2 - Ponte del Cantone: il campionamento è stato effettuato in località Ponte del Cantone, a meno di 1 km da Pozzolengo, sulla strada per Mozzambano; in questo punto il fiume ha gli argini piuttosto alti costeggiati da filari di platani.

L'ampiezza dell'alveo è circa 2,5 m e la profondità si aggira sui 50 cm. In questo tratto il fondo è costituito prevalentemente da limo e l'acqua si presenta leggermente torbida durante tutto l'anno; nella stagione estiva si possono osservare numerose macrofite acquatiche (*Typha* sp., *Nuphar* sp.).

Stazione 3 - Pradavera: localizzata a circa 2 km da Pozzolengo, al confine con la provincia di Mantova; gli argini restano piuttosto alti, sempre costeggiati da filari di platani, ma la profondità si riduce rispetto al tratto precedente.

Il fondo è costituito da ciottoli, spesso ricoperti da Briofite e alghe filamentose, l'acqua è limpida e soprattutto nel periodo estivo si riscontrano macrofite acquatiche.

I campionamenti per la determinazione dell'IBE (DL 130/92) sono stati effettuati qua-

Tab. III - Caratteristiche delle stazioni di campionamento per la pedofauna

Stazione di campionamento	Coltura e superficie	Copertura del fabbisogno di azoto con liquame (%)	Quantità di liquame distribuita (m <sup>3</sup> )	Epoca dello spandimento
1	frumento (6,92 ha)	50	654	70% marzo 30% novembre
2	mais (secondaria: fieno) (10,44 ha)	50 (secondaria: 40)	2.097	66% maggio 34% ottobre
3	mais (12,33 ha)	50	1.674	75% aprile 25% novembre

drimestralmente nell'arco di un anno e precisamente nei mesi di Febbraio '98, Giugno '98 e Ottobre '98; in coincidenza dell'ultimo prelievo, al fine di avere un quadro più ampio, oltre all'indice biotico esteso, sono stati determinati anche i principali parametri fisici, chimici e microbiologici delle acque.

L'Indice Biotico Esteso (IBE) viene utilizzato per valutare la qualità di un ambiente di acque correnti sulla base della composizione delle comunità di macroinvertebrati bentonici.

L'indice è in grado di rilevare lo stato di qualità di un corso d'acqua, integrando nel tempo possibili alterazioni; fornisce, quindi, notizie indirette sulla qualità chimico-fisica delle acque e assume un ruolo centrale in relazione alla protezione della vita acquatica.

Valori decrescenti dell'indice sono interpretati come un allontanamento dalle condizioni ottimali, l'uso di apposite tabelle consente la definizione dell'IBE e la successiva determinazione della classe di qualità (GHETTI, 1986, 1997).

Per le determinazioni dei macroinvertebrati sono state impiegate le guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane del CNR, nonché i lavori di TACHET *et al.* (1980) e SANSONI (1988).

Le indagini sul suolo sono state condotte mediante l'analisi della pedofauna, poiché alcuni studi hanno messo in luce l'utilità degli Artropodi del suolo come indicatori biologici dell'influenza delle pratiche agricole (CASARINI P., CAMERINI G., 1993).

Nella tabella III sono riportate le caratteristiche di ogni singola stazione di campionamento.

Le stazioni di controllo sono state così individuate:

- Controllo 1: terreno coltivato a mais, adiacente ad un pozzo di acqua potabile e quindi localizzato nell'area di rispetto prevista nel DPR 236/88, secondo il quale nel raggio di 200 m dal punto di captazione non è possibile accumulare concimi organici né effettuare spandimento di pesticidi e fertilizzanti;

- Controllo 2: terreno, con presenza di alberi ad alto fusto, non coltivato e che non subisce alcun intervento di tipo antropico.

Sono stati effettuati 2 campionamenti di terreno, uno nel Luglio '98 e l'altro nel Settembre '98; ogni campione, delle dimensioni di 250 cm<sup>3</sup>, è stato prelevato in doppio sui primi 5 cm di suolo.

Gli Artropodi sono stati ricercati con il metodo di Berlese-Tullgren e attraverso l'osservazione al microscopio stereoscopico si è arrivati alla suddivisione negli ordini di appartenenza.

La classificazione non è stata spinta oltre poiché, al di là delle difficoltà insite in una determinazione più dettagliata, precedenti studi hanno messo in evidenza che già questo tipo di classificazione fornisce adeguate informazioni relativamente alle dinamiche di popolazione e alla varietà dei popolamenti (CASARINI *et al.*, 1990a).

Utilizzando il numero di individui raccolti e il numero delle unità sistematiche riscontrate, si è calcolato il valore di un indice di qualità (Q.I.), che pone a confronto la fauna del campione di terreno da esaminare con quella della località di controllo.

L'indice dovrebbe essere compreso fra 0 e 2, con un valore tanto più alto quanto minori sono le alterazioni della fauna edafica.

$$Q.I. = \frac{n^{\circ}organismi\ campione}{n^{\circ}organismi\ controllo} + \frac{n^{\circ}taxa\ campione}{n^{\circ}taxa\ controllo}$$

Si è anche valutato il rapporto tra il numero di organismi di acari e collemboli che, secondo BACHELIER (1983), può fornire indicazioni sull'equilibrio pedobiodinamico, poiché gli acari sembrano essere assai più numerosi dei collemboli in un suolo in equilibrio in cui la pressione interspecifica è elevata.

## RISULTATI E DISCUSSIONE

### *Acque potabili*

Vengono riportati nelle tabelle IV-XIX i risultati delle analisi effettuate sulle acque dei singoli pozzi, raggruppando i parametri secondo le modalità utilizzate nel DPR 236/88.

Tab. IV - Parametri chimico-fisici del pozzo Madonna della Scoperta (Lonato)

Parametri	Ottobre	Dicembre	Febbraio	Maggio	Luglio	Settembre
Temperatura aria (°C)	28	1,5	9	20,5	25,5	20
Temperatura acqua (°C)	15,5	14,5	17	15	15,5	15,5
Conducibilità (μS/cm)	430	412	425	430	452	428
Residuo fisso (mg/l)	322	309	319	322	321	321
Durezza totale (°F)	26,2	25,1	23,5	24,9	26,8	25,3
Alcalinità (mg/l)	262	256	287	250	262	268
Calcio (mg/l)	57	56	56	60	56	60
Magnesio (mg/l)	29	27	23	24	31	25
Cloruri (mg/l)	4	4	4	3	5	3
Solfati (mg/l)	26	26	28	27	27	27
Alluminio (μg/l)	11,4	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.

n.r. = non rilevabile

Tab. V - Parametri chimici indesiderabili del pozzo Madonna della Scoperta (Lonato)

Parametri	Ottobre	Dicembre	Febbraio	Maggio	Luglio	Settembre
Nitrati (mg/l)	14	13	15	13	14	14
Nitriti (mg/l)	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Ammoniaca (mg/l)	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Ossidabilità (mg/l)	0,5	0,4	0,2	1	0,5	0,2
Fosforo solubile ( $\mu\text{g/l}$ )	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Ferro ( $\mu\text{g/l}$ )	n. r.	n. r.	60	n. r.	n. r.	n. r.
Zinco ( $\mu\text{g/l}$ )	37,7	68,1	240	54,8	41,2	35,3
Manganese ( $\mu\text{g/l}$ )	0,277	0,191	2,94	0,294	n. r.	0,258
Rame ( $\mu\text{g/l}$ )	n. r.	n. r.	0,243	n. r.	0,156	0,006
Argento ( $\mu\text{g/l}$ )	0,142	0,15	0,082	0,041	n. r.	0,073

Tab. VI - Sostanze tossiche del pozzo Madonna della Scoperta (Lonato)

Parametri	Ottobre	Dicembre	Febbraio	Maggio	Luglio	Settembre
Cromo ( $\mu\text{g/l}$ )	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Arsenico ( $\mu\text{g/l}$ )	1,19	2,51	1,92	1,73	1,27	0,796
Antimonio ( $\mu\text{g/l}$ )	0,299	1,39	0,333	n. r.	0,325	1,66
Cadmio ( $\mu\text{g/l}$ )	n. r.	0,09	0,061	0,061	0,014	0,03
Piombo ( $\mu\text{g/l}$ )	n. r.	0,788	2,95	0,988	2,14	1,22
Nichel ( $\mu\text{g/l}$ )	0,0571	0,115	0,538	0,352	0,216	0,374
Mercurio ( $\mu\text{g/l}$ )	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Selenio ( $\mu\text{g/l}$ )	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

Tab. VII - Parametri microbiologici del pozzo Madonna della Scoperta (Lonato)

Parametri	Ottobre	Dicembre	Febbraio	Maggio	Luglio	Settembre
Carica batterica (a 36°C)	5	35	3	1	2	45
totale per ml (a 20°C)	1	10	20	0	0	0
Coliformi /100ml totali	0	0	0	0	0	0
fecali	0	0	0	0	0	0
Enterococchi /100 ml	0	0	0	0	0	0
Anaerobi solfito riduttori /100 ml	0	0	0	0	0	0
Pseudomonas aeruginosa /100 ml	0	0	0	0	0	0
Stafilococchi aurei /100 ml	0	0	0	0	0	0
Colifagi /100 ml	0	0	0	0	0	0
Funghi /100 ml	0	0	3	0	1	0
Lieviti /100 ml	0	0	90	0	0	25
Elementi figurati /100 ml	assenti	assenti	assenti	assenti	assenti	assenti
Ferrobatteri /100 ml	assenti	presenti	presenti	presenti	presenti	presenti

Tab. VIII - Parametri chimico-fisici del pozzo Castel Venzago (Lonato)

Parametri	Ottobre	Dicembre	Febbraio	Maggio	Luglio	Settembre
Temperatura aria (°C)	28	1	8,5	20,5	24	20
Temperatura acqua (°C)	14	14	15	15,5	16	16
Conducibilità ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	720	696	708	709	750	715
Residuo fisso (mg/l)	540	550	531	531	531	536
Durezza totale (°F)	356	39,1	36,7	38,6	42,5	38,5
Alcalinità (mg/l)	360	341,6	396	366	372	372
Calcio (mg/l)	80	94	91	97	96	95
Magnesio (mg/l)	38	38	34	35	45	36
Cloruri (mg/l)	29	59	31	31	29	29
Solfati (mg/l)	36	34	37	38	36	36
Alluminio ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	n. r.	n. r.	n. r.	0,22	0,374	n. r.

Tab. IX - Parametri chimici indesiderabili del pozzo Castel Venzago (Lonato)

Parametri	Ottobre	Dicembre	Febbraio	Maggio	Luglio	Settembre
Nitrati (mg/l)	48	47	52	53	49	51
Nitriti (mg/l)	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Ammoniaca (mg/l)	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Ossidabilità (mg/l)	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,5
Fosforo solubile ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Ferro ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Zinco ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	49	49,7	49	35,5	43,1	38,8
Manganese ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	n. r.	0,021	0,133	0,237	0,193	0,182
Rame ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	n. r.	n. r.	0,871	1,78	0,288	2,1
Argento ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	n. r.	0,104	n. r.	0,199	2,03	n. r.

Tab. X - Sostanze tossiche del pozzo Castel Venzago (Lonato)

Parametri	Ottobre	Dicembre	Febbraio	Maggio	Luglio	Settembre
Cromo ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Arsenico ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	1,50	1,41	1,13	1,85	1,55	n. r.
Antimonio ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	0,18	0,985	0,121	1,14	1,2	0,063
Cadmio ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	n. r.	0,049	0,018	0,025	n. r.	0,095
Piombo ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	n. r.	n. r.	3,12	0,104	0,568	0,956
Nichel ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	0,210	0,161	0,731	0,362	0,905	0,401
Mercurio ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Selenio ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

Tab. XI - Parametri microbiologici del pozzo Castel Venzago (Lonato)

Parametri	Ottobre	Dicembre	Febbraio	Maggio	Luglio	Settembre
Carica batterica totale/ml (a 36°C)	3	3	1	1	3	2
Carica batterica totale/ml (a 20°C)	1	1	2	1	1	0
Coliformi /100ml totali	0	0	0	0	2	0
fecali	0	0	0	0	2	0
Enterococchi /100 ml	0	0	0	0	3	0
Anaerobi solfito riduttori /100 ml	0	0	0	0	0	0
Pseudomonas aeruginosa /100 ml	0	0	0	0	0	0
Stafilococchi aurei /100 ml	0	0	0	0	0	0
Colifagi /100 ml	0	0	0	0	0	0
Funghi /100 ml	0	0	0	5	3	2
Lieviti /100 ml	1	0	1	1	20	3
Elementi figurati /100 ml	assenti	assenti	assenti	assenti	assenti	assenti
Ferrobatteri /100 ml	assenti	assenti	assenti	rari	assenti	presenti

Tab. XII - Parametri chimico-fisici del pozzo Monte degli Olivi (Pozzolengo)

Parametri	Ottobre	Dicembre	Febbraio	Maggio	Luglio	Settembre
Temperatura aria (°C)	27	0,5	9	19,5	24	18
Temperatura acqua (°C)	15	15	15	15,5	15,5	15,5
Conducibilità ( $\mu S/cm$ )	377	428	450	450	476	451
Residuo fisso (mg/l)	283	321	335	337	335	338
Durezza totale (°F)	25,7	25,3	25,7	26,2	28,5	26,1
Alcalinità (mg/l)	256	286	270	274	299	293
Calcio (mg/l)	52	55	52	62	58	60
Magnesio (mg/l)	31	28	31	26	34	27
Cloruri (mg/l)	3	4	3	2	4	2
Solfati (mg/l)	25	24	24	23	23	22
Alluminio ( $\mu g/l$ )	10,6	n. r.	n. r.	0,211	n. r.	0,113

Tab. XIII - Parametri chimici indesiderabili del pozzo Monte degli Olivi (Pozzolengo)

Parametri	Ottobre	Dicembre	Febbraio	Maggio	Luglio	Settembre
Nitrati (mg/l)	11	5	4	4	5	5
Nitriti (mg/l)	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Ammoniaca (mg/l)	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Ossidabilità (mg/l)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
Fosforo solubile ( $\mu g/l$ )	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Ferro ( $\mu g/l$ )	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Zinco ( $\mu g/l$ )	55,3	81,7	63,3	42,6	47,4	28,4
Manganese ( $\mu g/l$ )	0,36	n. r.	n. r.	0,175	n. r.	0,269
Rame ( $\mu g/l$ )	0,216	n. r.	n. r.	0,44	0,558	0,138
Argento ( $\mu g/l$ )	0,417	0,056	0,110	0,116	0,06	0,165

Tab. XIV - Sostanze tossiche del pozzo Monte degli Olivi (Pozzolengo)

Parametri	Ottobre	Dicembre	Febbraio	Maggio	Luglio	Settembre
Cromo ( $\mu\text{g/l}$ )	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Arsenico ( $\mu\text{g/l}$ )	0,885	1,86	1,10	2,19	0,927	0,61
Antimonio ( $\mu\text{g/l}$ )	n. r.	1,07	n. r.	0,713	1,08	0,334
Cadmio ( $\mu\text{g/l}$ )	n. r.	0,021	n. r.	0,037	0,014	0,045
Piombo ( $\mu\text{g/l}$ )	n. r.	n. r.	n. r.	1,09	1,47	0,849
Nichel ( $\mu\text{g/l}$ )	0,261	n. r.	n. r.	n. r.	0,173	0,131
Mercurio ( $\mu\text{g/l}$ )	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Selenio ( $\mu\text{g/l}$ )	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Tab. XV - Parametri microbiologici del pozzo Monte degli Olivi (Pozzolengo)

Parametri	Ottobre	Dicembre	Febbraio	Maggio	Luglio	Settembre
Carica batterica totale/ml (a 36°C)	1	100	10	20	1	2
Carica batterica totale/ml (a 20°C)	2	150	5	2	0	1
Coliformi /100ml totali	0	30	0	0	0	0
fecali	0	1	0	0	0	0
Enterococchi /100 ml	0	0	0	0	0	0
Anaerobi solfito riduttori /100 ml	0	0	0	0	0	0
Pseudomonas aeruginosa /100 ml	0	0	0	0	0	0
Stafilococchi aurei /100 ml	0	0	0	0	0	0
Colifagi /100 ml	0	0	0	0	0	0
Funghi /100 ml	1	5	0	0	0	3
Lieviti /100 ml	6	10	0	0	2	0
Elementi figurati /100 ml	assenti	assenti	assenti	assenti	assenti	assenti
Ferrobatteri /100 ml	assenti	presenti	rari	assenti	presenti	rari

Tab. XVI - Parametri chimico-fisici del pozzo Morazzo (Pozzolengo)

Parametri	Ottobre	Dicembre	Febbraio	Maggio	Luglio	Settembre
Temperatura aria (°C)	27	1,5	9	19	23,5	16
Temperatura acqua (°C)	15	14,5	15	15	15	15
Conducibilità ( $\mu\text{S/cm}$ )	408	401	415	419	443	428
Residuo fisso (mg/l)	306	300	311	314	320	321
Durezza totale (°F)	27,9	25,3	23,6	25,3	27,6	25,6
Alcalinità (mg/l)	287	262	299	280	268	274
Calcio (mg/l)	59	52	55	60	56	58
Magnesio (mg/l)	32	28	24	25	33	27
Cloruri (mg/l)	3	5	3	3	4	2
Solfati (mg/l)	23	25	26	22	23	23
Alluminio ( $\mu\text{g/l}$ )	7,31	n. r.	1,41	0,459	n. r.	n. r.

Tab. XVII - Parametri chimici indesiderabili del pozzo Morazzo (Pozzolengo)

Parametri	Ottobre	Dicembre	Febbraio	Maggio	Luglio	Settembre
Nitrati (mg/l)	5	10	10	9	9	9
Nitriti (mg/l)	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Ammoniaca (mg/l)	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Ossidabilità (mg/l)	0,3	0,3	0,2	0,6	0,2	0,2
Fosforo solubile ( $\mu\text{g/l}$ )	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Ferro ( $\mu\text{g/l}$ )	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Zinco ( $\mu\text{g/l}$ )	4,12	0,21	5,42	0,793	n. r.	2,5
Manganese ( $\mu\text{g/l}$ )	0,206	0,151	0,144	0,115	n. r.	0,083
Rame ( $\mu\text{g/l}$ )	1,94	n. r.	2,75	0,596	0,116	0,405
Argento ( $\mu\text{g/l}$ )	0,092	0,02	n. r.	0,26	0,262	0,058

Tab. XVIII - Sostanze tossiche del pozzo Morazzo (Pozzolengo)

Parametri	Ottobre	Dicembre	Febbraio	Maggio	Luglio	Settembre
Cromo ( $\mu\text{g/l}$ )	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Arsenico ( $\mu\text{g/l}$ )	0,41	1,47	1,07	2,87	0,548	0,463
Antimonio ( $\mu\text{g/l}$ )	n. r.	1,58	n. r.	0,797	0,358	n. r.
Cadmio ( $\mu\text{g/l}$ )	n. r.	n. r.	n. r.	0,025	n. r.	0,057
Piombo ( $\mu\text{g/l}$ )	n. r.	n. r.	0,125	0,284	1,35	n. r.
Nichel ( $\mu\text{g/l}$ )	0,918	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Mercurio ( $\mu\text{g/l}$ )	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Selenio ( $\mu\text{g/l}$ )	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Tab. XIX - Parametri microbiologici del pozzo Morazzo (Pozzolengo)

Parametri	Ottobre	Dicembre	Febbraio	Maggio	Luglio	Settembre
Carica batterica totale/ml (a 36°C)	1	2	1	5	1	2
Carica batterica totale/ml (a 20°C)	2	2	1	2	1	2
Coliformi /100ml totali	0	0	0	0	0	0
fecali	0	0	0	0	0	0
Enterococchi /100 ml	0	0	0	0	0	0
Anaerobi solfito riduttori /100 ml	0	0	0	0	0	0
Pseudomonas aeruginosa /100 ml	0	0	0	0	0	0
Stafilococchi aurei /100 ml	0	0	0	0	0	0
Colifagi /100 ml	0	0	0	0	0	0
Funghi /100 ml	10	0	0	0	1	4
Lieviti /100 ml	7	0	0	1	0	0
Elementi figurati /100 ml	assenti	assenti	assenti	assenti	assenti	assenti
Ferrobatteri /100 ml	presenti	assenti	assenti	rari	assenti	assenti

Come si può osservare dalla lettura delle tabelle, i parametri indagati nelle acque dei quattro pozzi si sono mantenuti quasi sempre al di sotto delle CMA (Concentrazione Massima Ammissibile) previste dal DPR 236/88, ad eccezione dei nitrati e dei parametri microbiologici, che hanno evidenziato in alcuni campioni acque non potabili.

Indipendentemente dal superamento delle CMA è possibile notare come i VG (Valore Guida), previsti dalla normativa vigente, per molti parametri siano regolarmente superati.

In figura 1 sono rappresentate le percentuali di campioni non potabili riscontrati per ogni singolo pozzo e quelle di campioni in cui almeno un parametro supera i valori guida e quindi presenti una concentrazione non ottimale.

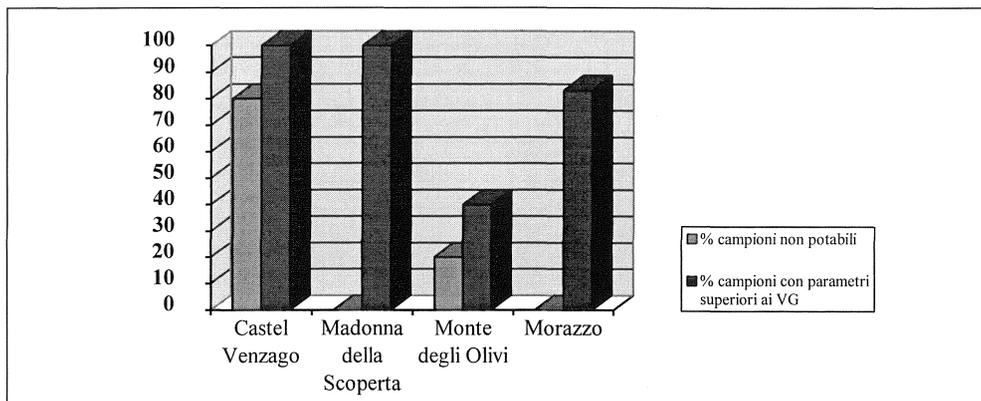


Fig. 1 - Percentuali di campioni non potabili e di campioni con parametri superiori ai VG per ogni pozzo indagato

Appare subito evidente come le acque del pozzo Castel Venzago presentino la situazione peggiore, risultando non potabili nell'80% dei casi a causa della presenza di nitrati o degli indici microbiologici della fecalizzazione.

Le acque del pozzo Madonna della Scoperta nel 100% dei campioni prelevati, pur risultando potabili, sono caratterizzate dal superamento dei valori guida di diversi parametri, quali conducibilità, nitrati e, in un caso, zinco.

Le analisi evidenziano che i pozzi, che più spesso rientrano nei limiti e nei valori guida del DPR 236/88, sono localizzati nell'area più orientale (pozzi Morazzo e Monte degli Olivi), dove la fertirrigazione è meno intensa in quanto minore è la densità dei grossi allevamenti.

Al contrario, dove aumenta il carico inquinante legato alle attività zootecniche, la qualità delle acque peggiora presentando alterazioni ricollegabili, sia per il tipo sia per il periodo, alla fertirrigazione.

Le differenze rilevate fra i valori di conducibilità dei diversi pozzi rispecchiano tale ipotesi e indicano una maggiore quantità di sali disciolti nelle acque profonde dell'area maggiormente interessata dallo spandimento dei liquami.

L'influenza negativa della fertirrigazione nei due pozzi più occidentali è evidenziata anche dalle concentrazioni di zinco elevate; inoltre, l'andamento di questo elemento nel corso del periodo di campionamento consente di ipotizzare un ulteriore rapporto con lo spandimento dei liquami.

Nelle acque dei pozzi Madonna della Scoperta e Monte degli Olivi si osserva infatti un massimo della concentrazione dello zinco nel periodo successivo alla fertirrigazione autunnale e a Castel Venzago, dove le variazioni della concentrazione sono state comunque molto più ridotte, i leggeri aumenti si verificano in luglio e in dicembre, rispettivamente dopo lo spandimento primaverile e autunnale.

In considerazione del fatto che tutti gli altri metalli si sono sempre mantenuti ai limiti della rilevabilità, si può escludere una contaminazione di tipo industriale esterna all'area presa in esame e quindi la presenza di zinco va messa in relazione alle pratiche agricole, poiché questo elemento viene aggiunto ai mangimi ed eliminato in quantità piuttosto elevate con le deiezioni degli animali.

Anche la presenza di coliformi fecali e streptococchi fecali a Castel Venzago, in luglio, e a Monte degli Olivi, in dicembre, ci permette di affermare che, occasionalmente, nei periodi successivi allo spandimento dei liquami, le acque risentono di tale pratica, manifestando una contaminazione microbiologica di origine fecale.

Tutte le osservazioni effettuate mettono in luce quindi alterazioni delle acque profonde, attribuibili ad una contaminazione ad opera di liquami e documentate da elevate concentrazioni di sali, in particolare nitrati, dalla presenza di zinco, microelemento tipico delle feci dei suini di allevamenti intensivi, e da indicatori microbiologici di fecalizzazione.

In aggiunta al confronto con i limiti imposti dal DPR 236/88, si può valutare la qualità delle acque profonde secondo la proposta di classificazione di CIVITA *et al.* (1993).

Tab. XX

Pozzi	Parametri chimico-fisici e chimici								Classe
	Durezza °F	Conducibilità mS/cm	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	
Madonna della Scoperta	26,8	452	28	5	15	0,06	0,0029	n. r.	B
Castel Venzago	42,5	750	38	59	53	n. r.	0,00024	n. r.	C
Monte degli Olivi	28,5	476	25	4	11	n. r.	0,0014	n. r.	B
Morazzo	27,6	428	26	5	10	n. r.	0,0002	n. r.	A

Come si può notare le alterazioni che determinano l'attribuzione alle classi B e C per 3 dei 4 pozzi considerati sono prevalentemente legate a un'elevata concentrazione di nitrati.

La classificazione secondo CIVITA *et al.* (1993) delle acque dei pozzi presi in esame è quindi in accordo con le valutazioni precedenti e consente di evidenziare segnali di alterazione tanto più evidenti quanto più ci si sposta verso ovest, nella zona del comune di Lonato, dove, come precedentemente riportato, si concentra il maggior numero di allevamenti di grosse dimensioni e la pratica della fertirrigazione è più diffusa.

### Acque Superficiali

Nel corso dell'ultimo campionamento (ottobre '98) sono state eseguite anche analisi chimiche e microbiologiche nelle tre stazioni individuate sulla fossa Redona, i cui dati sperimentali sono presentati insieme a quelli della determinazione dell'Indice Biotico Esteso, eseguita in tre periodi stagionali.

Tab. XXI - Parametri biologici: Stazione I - C.na Facchinetto

Organismi	Febbraio '98	Giugno '98	Ottobre '98
Efemerotteri	<i>Baetis</i> <i>Ephemerella</i> <i>Habroleptoides</i>	<i>Baetis</i> <i>Ephemerella</i> <i>Caenis</i>	<i>Baetis</i>
Tricotteri	Hydropsychidae	Hydropsychidae	Leptoceridae
Coleotteri	Helminthidae	Helminthidae	Helminthidae
Odonati		Platicnemidae	Libellulidae
Ditteri	Chironomidae Simuliidae	Psychodidae	Tipulidae
Crostacei		Gammaridae	Gammaridae Asellidae
Gasteropodi		Planorbidae	Planorbidae Viviparidae Physidae
Irudinei	<i>Helobdella</i>	<i>Helobdella</i>	<i>Helobdella</i>
Oligocheti			Lumbricidae
Nematodi			Mermithidae
altri	coleotteri adulti* avannotti*	coleotteri adulti * avannotti*	coleotteri adulti*
<b>totale u.s.</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>13</b>
<b>valore IBE</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>classe di qualità</b>	<b>III</b>	<b>III</b>	<b>III</b>

\*non utilizzabili nella determinazione dell'indice biotico esteso

Tab. XXII - Parametri chimico-fisici:  
Stazione I - C. na Facchinetto

Parametri	
Temperatura (°C)	15,3
Ossigeno (% sat. )	98%
pH	7,89
Conducibilità (μS/cm)	813
Fosforo solubile (μg/l)	1094
Nitrati (mg/l)	92
Nitriti (mg/l)	0,6
Ammoniaca (mg/l)	0,6
Cloruri (mg/l)	38
Solfati (mg/l)	62
Rame (μg/l)	4,31

Tab. XXIII - Parametri microbiologici: Stazione I - C.na Facchinetto

Parametri		Limiti legge 319/76	
Coliformi /100 ml	totali	110000	20000
	fecali	46000	12000
Enterococchi /100 ml		29000	2000
Salmonelle /l		assenti	
Colifagi /100 ml		7360	

Tab. XXIV - Parametri biologici: Stazione 2 - Ponte del Cantone

Organismi	Febbraio '98	Giugno '98	Ottobre '98
Efemerotteri		<i>Baetis</i> <i>Caenis</i>	
Tricotteri	Policentropodidae	Leptoceridae	Leptoceridae Hydropsichidae
Coleotteri	Helminthidae	Helminthidae	
Odonati	Calopterygidae	Platcnemidae	
Ditteri	Chironomidae	Chironomidae	
Crostecci	Asellidae Gammaridae	Asellidae Gammaridae	Asellidae
Gasteropodi		Viviparidae	Planorbidae Physidae
Irudinei	<i>Glossiphonia</i>		
altri		coleotteri adulti* avannotti*	coleotteri adulti*
<b>totale u.s.</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>5</b>
<b>valore IBE</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
<b>classe di qualità</b>	<b>IV</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>

\*non utilizzabili nella determinazione dell'indice biotico esteso

Tab. XXV - Parametri chimico-fisici:  
Stazione 2 - Ponte del Cantone

Parametri	
Temperatura °C	15,3
Ossigeno (% sat.)	99,10%
pH	7,92
Conducibilità (μS/cm)	797
Fosforo solubile (μg/l)	785
Nitrati (mg/l)	67
Nitriti (mg/l)	0,7
Ammoniaca (mg/l)	0,7
Cloruri (mg/l)	36
Solfati (mg/l)	54
Rame (μg/l)	4

Tab. XXVI - Parametri microbiologici: Stazione 2 - Ponte del Cantone

Parametri	Limiti legge 319/76		
Coliformi /100 ml	totali	24000	20000
	fecali	24000	12000
Enterococchi /100 ml		7000	2000
Salmonelle /l		assenti	
Colifagi /100 ml		13800	

Tab. XXVII - Parametri biologici: Stazione 3 - Pradavera

Organismi	Febbraio '98	Giugno '98	Ottobre '98
Efemerotteri	<i>Baetis</i> <i>Caenis</i>	<i>Baetis</i> <i>Caenis</i>	
Tricotteri	Hydropsychidae Leptoceridae	Lepidostomatidae Leptoceridae Hydropsychidae	Leptoceridae
Coleotteri	Helminthidae	Helminthidae Dytiscidae	Helminthidae
Odonati	Calopterygidae	Calopterygidae	Calopterygidae Platcnemidae
Ditteri	Chironomidae Simuliidae Empididae	Chironomidae Simuliidae	Chironomidae Simuliidae
Crostacei	Asellidae	Asellidae	Asellidae
Bivalvi	Pisidiidae ( <i>Pisidium</i> )	Unionidae ( <i>Unio</i> )	Pisidiidae ( <i>Pisidium</i> )
Gasteropodi		Planorbidae Viviparidae	Planorbidae
Irudinei	<i>Helobdella</i>	<i>Glossiphonia</i>	<i>Helobdella</i> <i>Glossiphonia</i>
Oligocheti	Lumbricidae	Lumbricidae	Lumbriculidae
altri		coleotteri adulti* avannotti*	coleotteri adulti*
<b>totale u.s.</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>12</b>
<b>valore IBE</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>6</b>
<b>classe di qualità</b>	<b>III</b>	<b>II</b>	<b>III</b>

\*non utilizzabili nella determinazione dell'indice biotico esteso

Tab. XXVIII - Parametri chimico-fisici:  
Stazione 3 - Pradavera

Parametri	
Temperatura °C	14,9
Ossigeno (% sat.)	102,10%
pH	7,8
Conducibilità ( $\mu$ S/cm)	760
Fosforo solubile ( $\mu$ g/l)	730
Nitrati (mg/l)	58
Nitriti (mg/l)	0,5
Ammoniacca (mg/l)	0,2
Cloruri (mg/l)	33
Solfati (mg/l)	50
Rame ( $\mu$ g/l)	3,61

Tab. XXIX - Parametri microbiologici: Stazione 3 - Pradavera

Parametri	Limiti legge 319/76		
Coliformi /100ml	totali	46000	20000
	fecali	15000	12000
Enterococchi/100 ml		43000	2000
Salmonelle/1 l		assenti	
Colifagi/100 ml		4140	

I dati riferiti ai 3 tipi di indagine evidenziano un ambiente inquinato, con alcune differenze che consentono di avanzare alcune ipotesi riguardo all'origine e all'andamento delle alterazioni.

La presenza di elevate concentrazioni di nitrati e di composti del fosforo, facilmente ricollegabile al dilavamento dei suoli agricoli circostanti, evidenzia lo stesso andamento della conducibilità elettrica delle acque, che mostra una costante diminuzione lungo l'asta, così come le concentrazioni dei solfati e dei cloruri.

La riduzione del contenuto di questi sali può essere spiegata sia con il loro consumo da parte delle alghe e delle piante presenti nel corso d'acqua e lungo le sue rive, sia a fenomeni di sedimentazione.

La presenza di rame, anche se a concentrazioni non elevate, può essere giustificata, in acque che scorrono in una zona quasi esclusivamente agricola, dalla contaminazione da parte di liquami, in quanto questo elemento viene aggiunto ai mangimi per suini che, come detto precedentemente per lo zinco, lo eliminano con le feci in elevate quantità.

La concentrazione più alta di rame si osserva nel tratto di fiume che scorre nell'area più ricca di allevamenti e la sua costante riduzione va attribuita a fenomeni di sedimentazione.

L'andamento di nitriti e ammoniaca è in linea con le informazioni fornite dalla determinazione dell'indice biotico; lo studio delle comunità macrobentoniche mette in evidenza, infatti, un peggioramento della qualità delle acque nel tratto centrale del fiume, dove la concentrazione di nitriti e ammoniaca è più elevata.

Le molecole organiche azotate, contenute nei liquami che sono sparsi al suolo, possono essere dilavate e raggiungere le acque del fiume dove hanno inizio i processi degradativi che portano alla loro completa ossidazione; quindi l'azoto organico viene convertito in ammoniaca, quindi in nitriti e infine in nitrati.

Considerando che i liquami sono soggetti ad un periodo di stoccaggio, quando avviene lo spandimento i processi degradativi sono già in atto e quindi alle acque arrivano molecole organiche, ammoniaca, nitriti e nitrati.

In questo modo si verifica che le prime vengono ossidate determinando inizialmente la crescita della concentrazione di ammoniaca e, in seguito, di quella dei nitriti, per poi subire una riduzione determinata dall'ossidazione a nitrato e favorita dalla buona ossigenazione delle acque.

Il nitrato, come già detto, viene consumato, ma la sua concentrazione, già elevata, si mantiene comunque piuttosto alta proprio per il contributo fornito da nitriti e ammoniaca.

L'alta concentrazione di indicatori microbiologici di contaminazione fecale, quali coliformi fecali, streptococchi fecali e colifagi, conferma l'influenza della fertirrigazione sulla cattiva qualità delle acque.

Se il confronto con i limiti previsti dal DL 130/92, che comunque non prevedono valori limite per il fosforo e il nitrato, consentirebbe di classificare queste acque come salmonicole, la concentrazione di alcuni parametri (nitrati, coliformi e streptococchi) evidenziano limiti superiori a quelli accettabili per gli scarichi secondo la tab. A della Legge 319/76.

Sempre a causa degli elevati livelli di nitrati, nitriti, ammoniaca, fosforo e indicatori microbiologici di fecalizzazione, queste acque non sono attribuibili neanche alla classe D1 degli obiettivi di qualità della Regione Lombardia, previsti dal Piano di risanamento delle acque e questa classe rappresenta il livello qualitativo minimo accettabile per un corpo idrico superficiale.

Ci si trova quindi in presenza di acque fortemente alterate a causa degli alti livelli di nitrati, ammoniaca totale, nitriti, fosforo totale, coliformi totali, coliformi fecali e streptococchi fecali, parametri che evidenziano un elevato carico di nutrienti e una forte contaminazione di origine fecale, riconducibili alla pratica della fertirrigazione.

L'analisi del macrobenthos, che è stata condotta per un tempo più prolungato e che può fornire un quadro più esauriente della situazione, mediando le fluttuazioni dei fattori inquinanti anche di quelli qui non considerati, come i fitofarmaci, mette in luce come le caratteristiche chimico-fisiche, chimiche e microbiologiche rilevate influenzino negativamente la composizione delle comunità di macroinvertebrati del corso d'acqua.

La qualità delle acque di questo fiume risulta, quindi, anche solo sulla base di un'unica indagine chimica, alterata per l'intensa fertirrigazione attuata proprio nella zona in cui il corso d'acqua nasce.

### Suolo

Si presentano i dati rilevati dai campionamenti del suolo riferiti alla pedofauna (Tabb. XXX e XXXI).

Dal calcolo degli indici si può osservare come le tre stazioni di campionamento e il controllo 1 siano simili, indicando una cattiva qualità dei suoli.

I risultati ottenuti nel controllo 1 in realtà evidenziano notevoli alterazioni, che fanno ipotizzare il non rispetto nei 200 m delle limitazioni previste dal DPR 236/88, quindi l'impossibilità di considerare come vero controllo questa stazione.

Le minime differenze riscontrabili nel tempo nella stessa stazione non sono sicuramente attribuibili alla fertirrigazione in quanto, nell'intervallo di tempo tra i campionamenti, non è stato effettuato nessuno spandimento di liquami.

Tab. XXX - Pedofauna: campionamento di luglio

Classi	Ordini	Stazione 1	Stazione 2	Stazione 3	Controllo 1	Controllo 2
Oligochaeta	Lumbriculida			1		
Arachnida	Acarina	1	8	6	3	30
Chilopoda	Lithobiomorpha	2				1
Diplopoda	Pselaphognatha					1
Symphyla						1
Insecta	Collembola	7	11	19	3	50
	Diplura					1
	Homoptera	1				
	Heteroptera					4
	Diptera		1	2		
	Diptera (larve)				3	
	Coleoptera	1	3			
	Coleoptera (larve)				2	1
	Hymenoptera	4	5	3	1	134
	Psocoptera	1			1	
<b>n. individui</b>		17	28	31	13	223
<b>n. ordini</b>		7	5	5	6	9
<b>Q11*</b>		<b>2.47</b>	<b>2.99</b>	<b>3.22</b>		<b>18.65</b>
<b>Q12**</b>		<b>0.85</b>	<b>0.68</b>	<b>0.69</b>	<b>0.72</b>	
<b>A/C***</b>		<b>0.14</b>	<b>0.73</b>	<b>0.32</b>	<b>1</b>	<b>0.6</b>

\* indice di qualità confronto con controllo 1

\*\* indice di qualità confronto con controllo 2

\*\*\* rapporto acari - collemboli

Tab. XXXI - Pedofauna: campionamento di Settembre

Classi	Ordini	Stazione 1	Stazione 2	Stazione 3	Controllo 1	Controllo 2
Gastropoda	Basommatophora					3
Oligochaeta	Lumbriculida		2		2	
Arachnida	Araneae		2	1		
	Pseudoscorpionida					2
	Acarina	8		4	2	22
Chilopoda	Lithobiomorpha					1
Diplopoda	Pselaphognatha		2			10
Symphyla						1
Crustacea	Isopodi			1		4
Insecta	Diplura					7
	Collembola	9	2	6	7	1
	Ensifera		1			
	Homoptera		1		1	
	Heteroptera		1			
	Planipennia					1
	Diptera	1		1	3	
	Coleoptera	1	1	3		
	Coleoptera (larve)		2	2		1
	Hymenoptera		2	2		5
	Tisanoptera					6
<b>n. individui</b>		19	16	20	15	64
<b>n. ordini</b>		4	9	7	5	13
<b>QI1*</b>		<b>2.07</b>	<b>2.87</b>	<b>2.73</b>		<b>6.87</b>
<b>QI2**</b>		<b>0.6</b>	<b>0.94</b>	<b>0.85</b>	<b>0.62</b>	
<b>A/C***</b>		<b>0.89</b>	<b>0</b>	<b>0.67</b>	<b>0.29</b>	<b>22</b>

\* indice di qualità confronto con controllo 1

\*\* indice di qualità confronto con controllo 2

\*\*\* rapporto acari - collemboli

Il peggioramento rilevabile nella stazione 1 e nel controllo 1, secondo quanto indicato dagli indici QI2, può essere attribuito alle alterazioni introdotte con le normali pratiche agricole, per esempio l'aratura, mentre il miglioramento delle caratteristiche degli altri campioni che non sono stati soggetti a questo intervento è ricollegabile alle condizioni climatiche caratterizzate da maggiori precipitazioni, che sicuramente hanno favorito lo sviluppo della fauna del suolo, senza dimenticare che l'abbondanza e la diversità possono essere comunque attribuite ai normali cicli vitali degli stessi organismi.

Gli indici di qualità rilevati evidenziano come tutte le pratiche agricole influenzino negativamente il popolamento animale, comportando alterazioni nel suolo.

Apparentemente non significativo sembra essere il valore del rapporto acari/collemboli, ma i bassi valori ottenuti in tutti i campioni di luglio, compreso anche quello del controllo 2, vanno messi in relazione con le condizioni climatiche del periodo, caratterizzato da scarsa piovosità.

L'elevato valore osservato in settembre nel controllo 2, rispetto agli altri quattro terreni, conferma le forti alterazioni di questi ultimi, dovute alle pratiche agricole.

Un'ulteriore conferma si ottiene anche osservando la composizione delle biocenosi; infatti, secondo CASARINI *et al.* (1990b), alcuni ordini sembrano essere particolarmente sensibili alle alterazioni apportate al suolo dalle pratiche agricole, in particolare pauropodi, proturi, geofilomorfi, dipluri e pseudoscorpioni.

Nei campioni prelevati sono stati rinvenuti solo due di questi taxa (dipluri e pseudoscorpioni) ed entrambi solo nel controllo 2.

Va precisato che dai dati ottenuti non è stato possibile constatare differenze di qualità del suolo tra la fertirrigazione e le normali pratiche agricole.

Le osservazioni emerse dall'analisi della pedofauna rilevano, dunque, forti alterazioni nelle stazioni indagate, mettendo in evidenza gli effetti negativi delle pratiche agricole sulla fauna del suolo.

## CONCLUSIONI

L'analisi dei risultati ottenuti ha consentito il raggiungimento dell'obiettivo che la ricerca si era proposta, cioè di valutare, attraverso precise metodologie, le conseguenze della fertirrigazione nella zona morenica, a sud del lago di Garda.

Nel territorio, che è stato oggetto di questa ricerca, sono presenti grossi allevamenti, non sempre dotati di adeguate strutture di stoccaggio dei liquami, con la conseguente riduzione dei tempi destinati alla maturazione degli stessi e un aumento della frequenza di spandimento, che avviene anche in autunno, quando lo scarso utilizzo di azoto ad opera delle colture e l'elevata piovosità aumentano la probabilità di dilavamento dei suoli.

Le analisi chimico-fisiche, chimiche e microbiologiche dei quattro pozzi profondi evidenziano, in tre di essi, la presenza occasionale di indici di fecalizzazione e, per tutto il periodo di campionamento, concentrazioni di nitrati pari o superiori al valore guida e in un caso anche maggiori della CMA.

Questa situazione dura da tempo ed anzi sembra essere peggiorata, in quanto il confronto fra le concentrazioni di nitrati rilevate in questo studio e quelle riscontrate negli anni precedenti (BENEDETTI, 1995), in due dei pozzi indagati, evidenzia un notevole incremento dal 1994 ad oggi.

La presenza in falda di nitrati è sicuramente da ricondurre alla pratica della fertirrigazione, così come la presenza degli indici della fecalizzazione, che si manifesta in seguito ai periodi di spandimento dei liquami e di maggiore piovosità.

L'indice biotico evidenzia acque attribuibili a classi di qualità III o IV, cioè tipiche di un "ambiente (molto) inquinato o comunque (molto) alterato".

Le analisi chimiche e microbiologiche delle acque superficiali rivelano concentrazioni elevate di nitrati e fosforo, la presenza del rame in una zona prettamente agricola ed elevati livelli degli indici di fecalizzazione, superiori anche al valore limite previsto per le acque di scarico.

I dati ottenuti mettono in evidenza come la fertirrigazione sia la causa primaria del deterioramento della qualità del corso d'acqua.

L'analisi della pedofauna rileva come gli organismi del suolo siano negativamente influenzati dalle pratiche agricole, che determinano un abbassamento non solo del numero di taxa, ma anche degli esemplari; dai dati ottenuti non sembra, però, emergere una correlazione significativa con la fertirrigazione.

Quest'ultima, circoscritta ed accentuata in determinati periodi dell'anno, si ripercuote negativamente sull'ambiente, le cui componenti, acqua e suolo, presentano dati non confortanti e segnali di allarme per la salute pubblica.

Da quanto è stato detto è evidente come questa pratica agricola debba venire limitata e i controlli relativi alla qualità delle acque profonde di tutta la zona assumano particolare rile-

vanza nella prevenzione di rischi di tipo igienico-sanitario (MONARCA, 1995), sicuramente non trascurabili come emerge dal costante aumento dei nitrati in falda negli ultimi anni.

Si ritiene anche che ulteriori e più approfonditi studi relativi alla fauna dei suoli fertirrigati possano contribuire a completare le informazioni riguardanti l'influenza della fertirrigazione sull'ambiente.

## B I B L I O G R A F I A

- BACHELIER G., 1983 - *La vie animale dans le soil*. ORSTOM Paris: 71-196
- BARBERIO G., CARBONE G., CIONI G., PUDDU A. e SPAZIANI F. M. 1991 - *I coefficienti di popolazione equivalente delle attività economiche*. Quaderni Istituto di Ricerca sulle Acque, Roma: 46-50
- BENEDETTI A., 1995 - *La situazione sanitaria delle acque potabili nella zona morenica sud-occidentale del Garda. Controlli e prevenzione*. Atti Comune di Lonato "Il problema dei nitrati nelle acque destinate al consumo umano nella zona morenica sud-occidentale del Garda": 51-81. Sintesi Editrice, Brescia.
- CASARINI P., CAMERINI G., 1993 - *Biological indicators of agricultural influence on poplar groves, vineyards and sugar beets*. cap. 11, in: Paoletti M.G., Foissner W., Coleman D., *Soil biota, nutrient cycling, and farming systems*, Lewis Publishers.
- CASARINI P., CAMERINI G., CARBONE M., 1990a - *Effetti del phenthoate, un insetticida fosfororganico, sulla fauna edafica*. L'inquinamento, 6.
- CASARINI P., CAMERINI G., CARBONE M., 1990b - *Agricoltura ed alterazioni della fauna del suolo: individuazione di indicatori biologici ed indici biotici*. Biologia ambientale, 3-4: 5-14
- CIVITA M., DAL PRA' A., FRANCANI V., GIULIANO G., OLIVIERO G., PELLEGRINI M E ZAVATTI A., 1993 - *Proposta di classificazione e mappatura della qualità delle acque sotterranee*. Inquinamento, XXXV, 12: 8-10.
- DECRETO LEGISLATIVO N. 130 DEL 25/01/1992 *Attuazione della direttiva 78/659/CEE sulla qualità delle acque dolci che richiedono protezione o miglioramento per essere idonee alla vita dei pesci*.
- DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA N. 236 DEL 24/05/1988, *Attuazione della direttiva CEE numero 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183*.
- GHETTI P.F., 1986 - *Manuale di applicazione: I macroinvertebrati nell'analisi di qualità dei corsi d'acqua - Indice Biotico: E.B.I., modif. Ghetti, 1986*. Provincia Autonoma di Trento, Stazione Sperimentale Agraria Forestale. San Michele all'Adige: 1-111.
- GHETTI P.F., 1997 - *Manuale di applicazione Indice Biotico Esteso (I.B.E.). I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti*. Provincia Autonoma di Trento, Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente. Lineagrafica Bertelli Giancarlo, Trento.
- ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE - Cnr, 1994. *Metodi analitici per le acque*. Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.
- ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE - Cnr, 1995. *Indice Biotico Esteso I.B.E. (metodi di analisi per ambienti di acque correnti)*. Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.
- LEGGE N. 319 DEL 10/05/1976, *Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento*.
- MONARCA S., 1995 - *Acque potabili e nitrati: valutazione dei rischi sanitari*. Atti-Comune di Lonato "Il problema dei nitrati nelle acque destinate al consumo umano nella zona morenica sud-occidentale del Garda". Sintesi Editrice, Brescia: 17-39.
- SANSONI G., 1988 - *Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani*, Provincia Autonoma di Trento, Stazione Sperimentale Agraria Forestale. San Michele all'Adige: 1-191.
- TACHET H., BOURNAUD M., RICHOUX P., 1980 - *Introduction à l'étude des macroinvertebrates des eaux douces (Sistématique élémentaire et aperçu écologique)*. C.R.D.P. Lyon Cedex.

Indirizzi degli Autori:

MARIO GROTTOLO, via M. Malvestiti, 28 - 25123 Brescia

VALERIA BIANCHI, via V. Tommaseo, 41 - 25128 Brescia