

# RELAZIONE FRA DATI ANALITICI CHIMICO-FISICI E BIOLOGICI IN CORPI IDRICI PLANIZIALI IN PROVINCIA DI PADOVA

Paolo Turin<sup>1</sup>, Marco Zanetti<sup>1</sup>, Nada Bortot<sup>1</sup>,  
Livio Baracco<sup>2</sup>, Paolo Zarpellon<sup>2</sup>

## RIASSUNTO

I dati relativi ai monitoraggi della qualità delle acque correnti della Provincia di Padova (anno 1993) vengono analizzati con diverse tecniche di analisi statistica uni e multivariata.

I risultati permettono di attestare, tra l'altro, l'effettiva validità dell'utilizzo dell'Extended Biotic Index come metodo di valutazione di qualità delle acque correnti.

In particolare l'Analisi delle Componenti Principali (PCA) mostra come il valore di E.B.I. ed il numero di Unità Sistematiche (U.S.) siano legate in particolare alle variazioni di quelle variabili chimico-fisiche che classicamente sono considerate come traccianti dell'inquinamento di natura organica e/o industriale (C.O.D., ammonio, nitrati, nitriti, ortofosfati, solventi organici, coliformi, saturazione % O.D.).

**PAROLE CHIAVE:** qualità delle acque, indivi biotici, E.B.I., analisi statistica

## INTRODUZIONE

Il rilevamento della qualità delle acque superficiali in Provincia di Padova viene attualmente eseguito attraverso l'utilizzo di varie metodologie di indagine di natura chimica, chimico-fisica, microbiologica e biologica.

Il gran volume di dati raccolti necessita ovviamente di una successiva analisi che permetta di sintetizzare in modo efficace i risultati analitici emersi.

I dati relativi ai campionamenti eseguiti nei corsi d'acqua della Provincia nel corso dell'anno 1993 da parte dell'Amministrazione Provinciale sono stati elab-

borati allo scopo di riassumere le informazioni raccolte e soprattutto raffrontare i dati chimico-fisici con quelli biologici (E.B.I.) al fine di individuare le correlazioni esistenti fra le due tipologie di risposte analitiche.

La scelta temporale dei dati da utilizzare è ricaduta sul 1993 in relazione al fatto che per quell'anno sono disponibili sia i dati biologici che chimici per molte delle stazioni individuate dal P.R.R.Q.A. (Piano Regionale Rilevamento Qualità Acque).

Tutte le analisi chimico-fisiche e microbiologiche utilizzate per questa elaborazione statistica sono state eseguite dal P.M.P. - U.L.S.S. 16 di Padova.

Tutte le analisi biologiche sono state eseguite dalla Bioprogramm s.c.r.l. di Padova.

<sup>1</sup> Bioprogramm s.c.r.l. - Via Jappelli 9, 35131 Padova

<sup>2</sup> Provincia di Padova, Settore Ecologia - Piazza Antenore 3, 35100 Padova

È da sottolineare che in relazione al fatto che le due tipologie di indagine (biologica da una parte e chimico-fisico-microbiologica dall'altra) prevedevano tempi e tecniche operative diverse, in sede di confronto fra i dati biologici e quelli chimico-fisici i secondi sono stati opportunamente mediati su un idoneo periodo.

In pratica dalle 12 serie di analisi chimico-fisiche e microbiologiche effettuate in ogni stazione sono stati ricavati, perdendo una certa parte di informazione, due valori medi (ciascuno su sei mesi) relativi al periodo intorno ai campionamenti primaverile ed autunnale effettuati per l'analisi biologica.

#### TRATTAZIONE INIZIALE DEI DATI

I dati disponibili sono stati preventivamente trattati in quanto prima di iniziare qualsivoglia elaborazione statistica è indispensabile valutare a fondo i dati disponibili per evitare che una trattazione scorretta alteri l'analisi e distorca i risultati.

Le variabili, che hanno unità di misura estremamente disomogenee, sono state sottoposte ad una opportuna standardizzazione.

La mancanza di alcuni campioni e di alcune analisi e quindi la presenza di "buchi" nella matrice di dati è limitata ad alcune variabili, ad esempio il fosforo totale che, per questo motivo, è stato escluso da alcune analisi sebbene la sua importanza come indicatore sia elevata.

I valori limite al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale sono inutilizzabili nell'analisi statistica e perciò nella presente trattazione vengono arbitrariamente sostituiti con il valore corrispondente alla metà del limite (ad es.  $<0,01$  è sostituito con  $0,005$ ); tale procedura viene comunemente effettuata per questo tipo di dati.

Delle variabili chimico-fisiche disponibili alcune non sono state incluse nelle analisi perché praticamente costanti nell'annata di studio considerata (ad esempio i valori relativi a gran parte dei composti organo-alogenati). Le variabili analizzate, la simbologia utilizzata, il numero di campioni considerati, sono riportati nella tabella I assieme ad alcune statistiche descrittive (media, deviazione standard, valori minimo e massimo).

I valori medi, se considerati singolarmente, hanno scarso significato "ambientale" perché sono riferiti a stazioni molto diverse le une dalle altre, ma possono fornire alcune informazioni interessanti se si confrontano più variabili contemporaneamente.

Dai dati disponibili (330 campioni per 38 diverse variabili) è stata estratta la matrice di correlazione allo scopo di individuare le relazioni lineari esistenti tra tutte le coppie di variabili.

#### ANALISI DELLE COMPONENTI PRINCIPALI

Per poter descrivere in maniera sintetica le relazioni lineari esistenti tra variabili analizzate si utilizza comunemente l'analisi delle componenti principali (C.P.). Essa permette di ridurre il numero delle variabili necessarie per "descrivere" il set di dati senza perdere informazioni preziose.

Nel nostro caso abbiamo iniziato l'analisi considerando le sole variabili chimico-fisiche e microbiologiche: le prime due componenti estratte spiegano circa il 40% della varianza totale dei dati originali.

La prima CP (fig. 1), distingue sulla sinistra un gruppo di variabili associate a condizioni di elevata salinità (conducibilità, cloruri, solfati, Na) e, sulla destra, alcuni parametri chimico-fisici (pH, temperatura dell'acqua e saturazione percen-

**Tab. 1.** Elenco delle variabili chimico-fisiche e microbiologiche utilizzate, simbolo e statistiche descrittive.

Variabile	Simbolo	Unità di misura	Media	Deviaz. Standard	Min.	Max	N° casi
Atrazina	Atraz	mg/l	0,08	0,05	0,05	0,3	266
Tricloroetilene	Cl3etile	mg/l	0,15	0,15	0,050	0,900	254
Tetracloroetilene	Cl4etile	mg/l	0,16	0,20	0,050	2,600	298
Cloroformio	Clformio	mg/l	0,22	0,40	0,050	2,900	326
Tricloroetano	Cl3etano	mg/l	0,24	0,92	0,050	11,7	274
Solv. organoalogen.	Solorg	mg/l	0,75	1,17	0,250	13,0	287
Indice S.A.R.	SAR	n	2,35	5,89	0,100	13,0	172
B.O.D. 5	BOD5	mg/l	3,08	1,96	1,0	14,0	330
Carbonio org. t.	Corg	mg/l	3,65	2,00	0,05	11,0	265
C.O.D.	COD	mg/l	10,82	12,95	2,50	115,0	318
pH	pH		8,02	0,16	7,61	8,61	330
Ossigeno disc.	O2	mg/l	9,29	2,11	4,50	18,0	330
Ossigeno %	O2perc	% di sat.	86,51	16,56	43,0	153,0	319
Azoto nitrico	NO3	mg/l	10,98	7,25	1,0	41,0	330
Azoto nitroso	NO2	mg/l	0,22	0,20	0,005	1,100	330
Azoto ammonico	NH4	mg/l	0,55	1,38	0,005	14,0	330
Fosforo tot.	P	mg/l	0,12	0,11	0,005	0,55	88
Ortofosfati sol.	P2O5	mg/l	0,26	0,23	0,005	1,45	329
Temperat. acqua	Tacqua	°C	13,72	6,80	0,40	29,6	322
Temperat. aria	Taria	°C	15,77	9,37	0,0	33,0	324
Durezza tot.	Durezza	°F	29,61	38,36	3,0	436,0	330
Calcio	Ca	mg/l	78,09	33,65	26,8	240,0	172
Sodio	Na	mg/l	177,25	654,42	1,8	4700,0	172
Conducibilità	Cond	mS/cm	820,1	2230,3	148	21886	330
Fluoruri	F	mg/l	0,12	0,07	0,10	0,49	330
Arsenico	As	mg/l	3,48	4,84	1,0	778,0	326
Magnesio	Mg	mg/l	39,22	78,32	2,4	588,0	172
Manganese	Mn	mg/l	59,27	68,74	2,5	411,0	242
Alluminio	Al	mg/l	226,13	183,79	21,0	850,0	172
Boro	B	mg/l	266,9	309,9	100,0	2410,0	222
Ferro	Fe	mg/l	23,23	22,98	10,0	217,0	326
Zinco	Zn	mg/l	29,15	43,88	10,0	682,0	322
Solfati	SO4	mg/l	64,87	121,02	10,0	1126,0	330
Cloruri	Cl	g/l	151,8	777,3	1,0	8224,0	330
Solidi sosp.tot.	SST	mg/l	32,57	74,57	1,0	906,0	330
Streptococchi fec.	Strepfec	n/100ml	1008	3239	5	50000	330
Coliformi fec.	Colifec	n/100ml	6000	14938	6	180000	330
Coliformi tot.	Colitot	n/100ml	34042	97400	80	900000	329

tuale dell'ossigeno). L'isolamento dello zinco rispetto a tutti gli altri metalli fa presupporre un'origine diversa di questo metallo (probabilmente industriale).

La seconda componente separa un gruppo di variabili legate all'inquinamento organico misto urbano-industriale (coliformi tot. e fec., streptococchi fecali, tricloroetano, tricloroetilene, tetracloroetilene, cloroformio e solventi organoclorurati).

Interessante lo stretto legame tra atrazina e i solidi sospesi totali: la concentrazione di questo erbicida nelle acque sembra essere particolarmente legata al

dilavamento con trasporto solido dei terreni agricoli.

Le prime due componenti principali spiegano il 49 % della varianza totale operata sulle medie delle variabili chimico-fisiche considerate; se consideriamo invece anche la terza componente principale (Fig. 2) la varianza totale spiegata risulta essere ben il 62%.

Introducendo ora nella nostra elaborazione statistica le variabili biologiche, l'analisi delle componenti principali condotta sulle variabili chimiche e su quelle biologiche estrae il 58,5% della varianza totale con le prime tre compo-

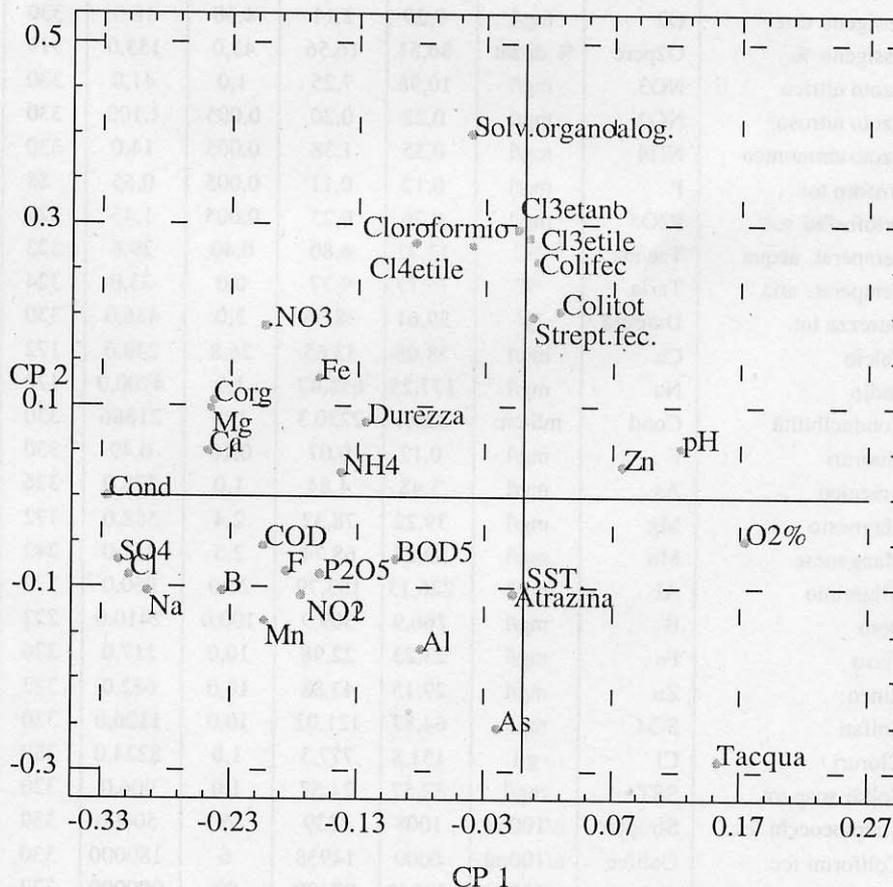


Fig. 1. Analisi delle componenti principali: pesi delle variabili nelle prime due componenti.

nenti principali.

In fig. 3 sono riportati i pesi delle variabili nello spazio delle prime due componenti principali (40% della varianza spiegata); per quanto riguarda le variabili biologiche vi è una ovvia contrapposizione tra la classe di qualità (CQ) da una parte e l'E.B.I. e il numero di Unità Sistematiche (US) dall'altra. Ciò è dovuto al fatto che mentre ad alti valori di CQ corrisponde una bassa qualità, ad alti valori di E.B.I. e US corrisponde ovviamente un'elevata qualità biologica.

Inoltre la variabile che meglio di ogni altra si correla all'E.B.I. è la percentuale di saturazione dell'ossigeno.

In relazione alla prima Componente Principale, il numero di Unità Sistematiche (U.S.) ed il valore di E.B.I. sono contrapposti alle variabili espressione della salinità; in relazione alla seconda Componente Principale sono contrapposti invece alle variabili espressione dell'inquinamento organico urbano. La classe di qualità inoltre sembra essere legata al B.O.D.5, all'azoto ammoniacale, agli ortofosfati e al carbonio organico.

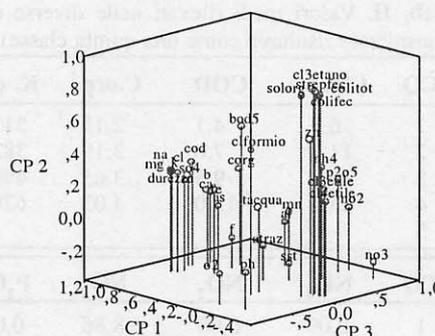


Fig. 2 Analisi delle C.P.. Pesì delle variabili chimico-fisiche e microbiologiche sulle prime tre componenti.

Se alle prime due CP aggiungiamo anche la terza C.P. la varianza spiegata risulta essere invece il 58,5 % della varianza totale.. È interessante notare come la classe di qualità biologica si trovi in una posizione intermedia tra le variabili indicatrici di inquinamento urbano-industriale e tra le variabili indice di inquinamento urbano-agricolo e quindi sia in grado di mediare molto bene il dato di qualità complessivo derivante da questi 2 tipi di informazione.

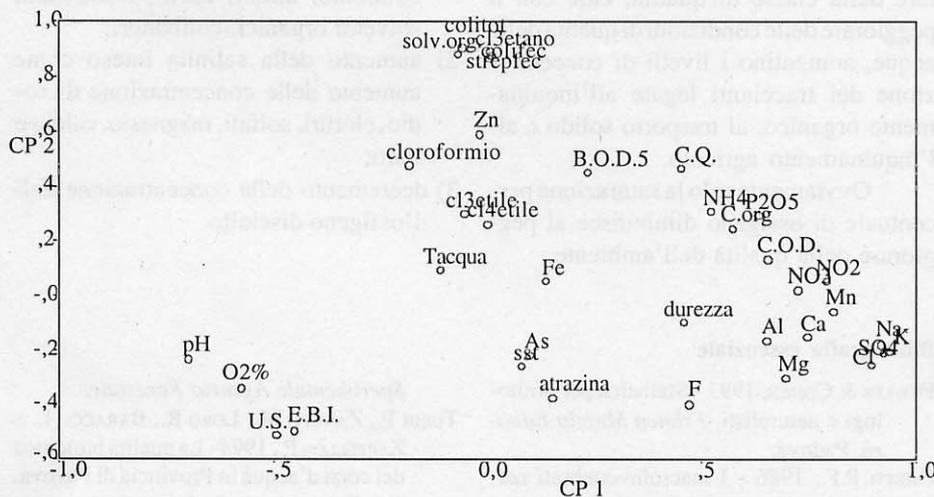


Fig. 3. Analisi delle C.P.. Pesì delle variabili chimico-fisiche, microbiologiche e biologiche sulle prime due componenti.

**Tab. II.** Valori medi rilevati nelle diverse classi di qualità. (N.B.: nessuna delle stazioni considerate risultava come una quinta classe).

CQ	Cloruri	COD	C.org	K. el.	O <sub>2</sub> %	Colifec	Colitot	Strpfec
1	6,6	4,1	2,15	317	96,7	1345	3892	246
2	11,7	7,0	3,19	382	86,2	3458	15790	482
3	39,9	9,5	3,65	499	84,9	5557	29239	818
4	65,2	15,0	4,03	620	78,8	19802	130277	4803
5	-	-	-	-	-	-	-	-

CQ	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S.S.T.	SO <sub>4</sub>	Solv.Org	Atraz.
1	0,09	0,08	8,86	0,07	19,0	22,6	0,38	0,058
2	0,22	0,18	11,10	0,28	25,5	29,0	0,55	0,078
3	0,52	0,25	12,93	0,26	28,4	45,9	0,98	0,084
4	1,18	0,33	13,28	0,43	76,7	66,5	1,36	0,082
5	-	-	-	-	-	-	-	-

### CARATTERIZZAZIONE DELLE CLASSI DI QUALITÀ

Per valutare la relazione fra qualità chimica e qualità biologica negli ambienti considerati, si è calcolata la media delle diverse variabili chimico-fisica e microbiologiche rilevate per ciascuna classe di qualità biologica.

I risultati più significativi sono riportati in Tab. II.

Interessante notare come all'aumentare della classe di qualità, cioè con il peggiorare delle condizioni di qualità delle acque, aumentino i livelli di concentrazione dei traccianti legate all'inquinamento organico, al trasporto solido e all'inquinamento agricolo.

Ovviamente solo la saturazione percentuale di ossigeno diminuisce al peggiorare della qualità dell'ambiente.

### CONCLUSIONI

Riassumendo quindi, sinteticamente, il livello qualità biologica delle acque è strettamente in relazione con il peggioramento di qualità chimico-fisica e microbiologica delle acque; in particolare tre fattori risultano limitanti per la qualità biologica delle acque:

- 1) aumento delle concentrazioni dei traccianti di inquinamento di natura organica e/o industriale quali C.O.D., ammonio, nitrati, nitriti, ortofosfati, solventi organici, colibatteri;
- 2) aumento della salinità inteso come aumento delle concentrazioni di sodio, cloruri, solfati, magnesio, calcio e boro;
- 3) decremento della concentrazione dell'ossigeno disciolto.

### Bibliografia essenziale

- FOWLER & COHEN, 1993 - Statistica per ornitologi e naturalisti. *Franco Muzzio Editore*, Padova.
- GHETTI P.F., 1986 - I macroinvertebrati nell'analisi di qualità dei corsi d'acqua. *Ed. Provincia Autonoma di Trento. Stazione*

- Sperimentale Agraria Forestale.*
- TURIN P., ZANETTI M., LORO R., BARACCO L. E ZARPELLON P., 1994 - La qualità biologica dei corsi d'acqua in Provincia di Padova. *Ed. Provincia di Padova - Assessorato Tutela Ambiente.*