

# Procedure di calcolo dello stato ecologico dei corsi d'acqua e di rappresentazione grafica delle informazioni

Roberto Spaggiari<sup>1</sup>, Silvia Franceschini<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> ARPA Emilia-Romagna, Sezione provinciale di Reggio Emilia, via Amendola 2, 42100 RE

\* Autore referente per la corrispondenza (fax 0522 330546; e-mail sfranceschini@re.arpa.emr.it)

Pervenuto l'8.10.2000, accettato il 7.11.2000

## Riassunto

L'applicazione preliminare della nuova metodologia di classificazione della qualità delle acque superficiali introdotta dal D. Lgs. 152/99 ha permesso di effettuare le prime osservazioni e di rilevare alcune criticità che caratterizzano le procedure di calcolo. Si propongono quindi alcune considerazioni ed integrazioni al metodo, alcune delle quali già recepite dal successivo D. Lgs. 258/00, nel tentativo di facilitarne l'utilizzo e la corretta applicazione da parte degli operatori e di contribuire ad una standardizzazione che consenta di ottenere risultati congruenti e confrontabili.

PAROLE CHIAVE: classificazione delle acque / Livello Inquinamento Macrodescrittori / Indice Biotico Esteso / Stato Ecologico

## Abstract

### Procedures of calculation of Streams Ecological State and representation of informations

The preliminary application of the new methodology of surface fresh water classification introduced by the D. Lgs. 152/99 has brought to the first considerations and to notice some difficulties in calculation procedures. The aim of this work is to suggest some directions and integrations in order to make use easier for operators and to get to a standardized method producing comparable results.

KEY WORDS: freshwater classification / Pollution Level Indicators / Extended Biotic Index / Ecological State

## PREMESSA

Per la prima volta in una normativa italiana di settore, il Decreto Legislativo 152/99 sulla "Tutela delle acque dall'inquinamento" come modificato dal D.Lgs. 258/2000, è stato introdotto il concetto di *stato ecologico* dei corpi idrici superficiali inteso come "L'espressione della complessità degli ecosistemi acquatici, e della natura fisica e chimica delle acque e dei sedimenti, delle caratteristiche del flusso idrico e della struttura fisica del corpo idrico, considerando comunque prioritario lo stato degli elementi biotici dell'ecosistema" (punto 2.1.1 dell'Allegato1). Per la definizione dello stato ecologico, a sua volta necessario per caratterizzare lo stato di qualità ambientale di un corpo idrico, la normativa prende in considerazione i parametri chimici e fisici di base relativi al bilancio dell'ossigeno ed allo stato trofico e l'utilizzo dell'indice biotico esteso (I.B.E.). Al fine di una valutazione più completa dello stato ecologico, la stessa normativa prevede la necessità di

utilizzare metodi per la rilevazione e la valutazione della qualità degli elementi biologici e morfologici dei corpi idrici, che dovranno essere definiti con apposito decreto ministeriale su proposta dell'ANPA.

La combinazione quindi di diversi indicatori di stato, parametri chimico-fisici e microbiologici e composizione della comunità macrobentonica delle acque correnti, consente di calcolare indici sintetici come il Livello di Inquinamento dei Macrodescrittori (LIM) e l'Indice Biotico Esteso (IBE) dal cui raffronto si esprime il giudizio di qualità sotto forma di Classe dello Stato Ecologico.

Il livello quali-quantitativo dei dati raccolti nel monitoraggio dei corsi d'acqua emiliano-romagnoli ha consentito di sperimentare l'applicazione del sistema di calcolo previsto dalla norma per saggiarne l'affidabilità e la rispondenza dei risultati alla realtà locale tenuto conto che, al nostro interno, era già maturato, *ante*

*legem*, un concetto ecosistemico di valutazione dei corsi d'acqua.

Al primo approccio è seguita una serie di affinamenti ed accorgimenti nella manipolazione dei dati che consentono oggi di promuovere una prima riflessione sulle procedure di trattamento dei dati.

### **CALCOLO DEL LIVELLO DI INQUINAMENTO MACRODESCRITTORI (LIM)**

Il livello di qualità relativa ai Macrodescrittori viene attribuito utilizzando la tabella 7 e le relative linee guida dell'Allegato 1 al D.Lgs. 152/99 seguendo il procedimento di seguito descritto:

- sull'insieme dei risultati ottenuti dalla fase analitica bisogna calcolare, per ciascuno dei parametri riportati in tabella, il 75° percentile della serie annua;
- si individua la colonna in cui ricade il risultato ottenuto e si determina così il punteggio da attribuire a ciascun parametro;
- si ripete tale operazione di calcolo per ciascun parametro della tabella e si sommano tutti i punteggi ottenuti;
- si individua il Livello di Inquinamento espresso dai Macrodescrittori (LIM) in base all'intervallo in cui ricade il valore della somma dei punteggi ottenuti dai diversi parametri, come indicato nell'ultima riga della tabella 7.

Ai fini della classificazione deve essere disponibile almeno il 75% dei risultati delle misure da eseguire nel periodo considerato.

La procedura sopra descritta è quella prevista dalla norma, mentre di seguito si riportano gli accorgimenti introdotti per agevolare l'ottenimento di un corretto risultato finale. La prima operazione, una volta validati i risultati del monitoraggio, è quella di:

- per il parametro OD, calcolare il valore assoluto della differenza ( $100 - O_2$ ) per ogni misura disponibile nell'anno considerato, accertandosi di non includere eventuali dati mancanti che produrrebbero una differenza pari a 100; solo dopo questa fase, calcolare il 75° percentile della serie ottenuta;
- utilizzare convenzionalmente, dove le misure ottenute risultassero inferiori al limite di rilevabilità, la metà del limite stesso;
- per il calcolo del LIM in riferimento agli anni passati, ove disponibili tutti i parametri, occorre prestare attenzione, ove necessario, alla trasformazione dei valori di Azoto nitrico  $NO_3$  ed Ammoniacale  $NH_4$  in  $N-NO_3$  e  $N-NH_4$ ; mentre se non è disponibile la misura di *E. coli* si può ipotizzare di utilizzare convenzionalmente un valore pari al 90% dei Coliformi Fecali.

Quindi si procede al calcolo del 75° percentile della serie dei dati. È importante però specificare che:

1) Esistono diversi algoritmi (almeno 3) per il calcolo del 75° percentile, che non risulta dunque un valore univocamente definito ma dipende dal programma di calcolo utilizzato. Per esempio Excel fornisce risultati diversi da SPSS per Windows; non essendo a priori possibile definire quale possa essere il metodo migliore, la scelta risulta arbitraria.

Considerando però che Excel è un programma universalmente utilizzato dagli utenti di PC e che l'algoritmo da esso utilizzato è lo stesso adottato da pacchetti statistici ampiamente condivisi come S-Plus, si propone l'utilizzo standard di questa procedura di calcolo al fine di ottenere risultati confrontabili tra le diverse sorgenti di informazioni.

2) La tabella 7 dell'Allegato 1 al D.Lgs. 152/99 è stata, su nostra segnalazione, modificata dal D.Lgs. 18 agosto 2000 n.258 "Disposizioni correttive e integrative del D.Lgs. 152/99 in materia di tutela delle acque dall'inquinamento a norma dell'art. 1, comma 4, della Legge 24 aprile 1998 n.128" pubblicato sul S.O. G.U. n.218 del 18 settembre 2000, in quanto la stesura precedente non definiva un univoco numero di decimali da considerare per ogni parametro.

In realtà nella prima fase di applicazione del metodo è emerso che il grado di approssimazione (ad uno o due decimali, ecc.) con cui valutare il valore di soglia tra un livello e il successivo assume un ruolo fondamentale nel processo di classificazione della qualità delle acque. Ad esempio: il parametro azoto ammoniacale presentava un primo valore soglia di 0,03 mg/L ed un secondo di 0,1 mg/L. Supponendo di dover classificare un valore di 0,14 mg/L, il punteggio da attribuire risultava pari a 40 (2° livello) considerando una approssimazione ad un solo decimale, mentre due decimali comportavano il superamento della soglia di 0,10 mg/L riducendo il punteggio a 20 (3° livello).

Nella tabella I è riportata la tab. 7 modificata con un univoco numero di decimali per parametro.

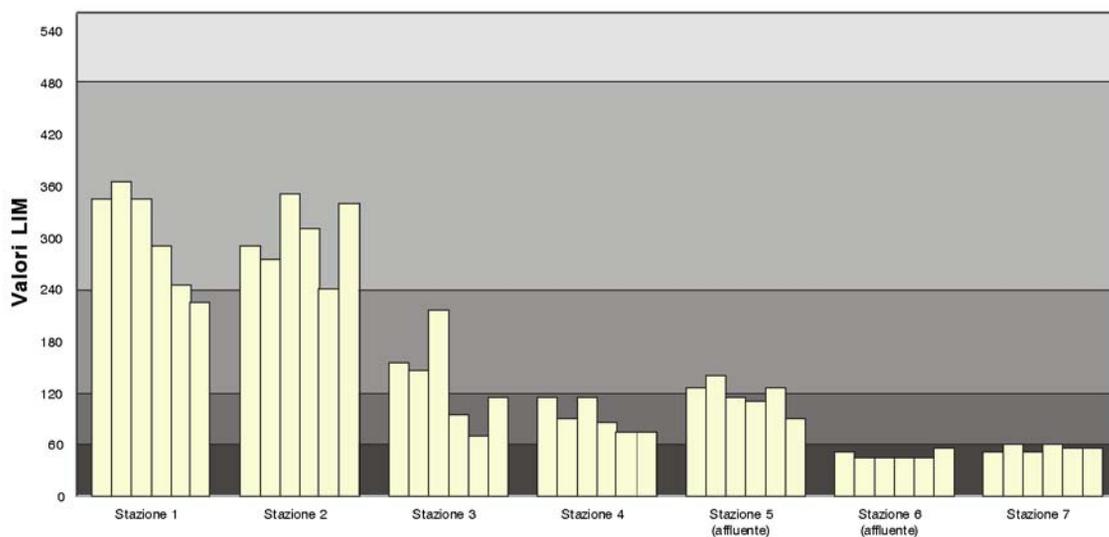
3. Si propone infine l'adozione di un modello di rappresentazione grafica dei valori di LIM (Fig. 1) che rispecchi, oltre al livello complessivamente ottenuto, le differenze relative tra i punti di campionamento e la loro prossimità al raggiungimento dell'obiettivo. L'associazione di colori alle classi di qualità è riportata nella Direttiva del Consiglio della Unione Europea sul "Quadro per la politica comunitaria in materia di acque" in fase di pubblicazione.

### **CALCOLO DELLA MEDIA DEI VALORI DI INDICE BIOTICO ESTESO (IBE)**

Per il calcolo del valore di IBE da inserire nella tabella di intersezione con il LIM, il decreto prevede di effettuare la media dei singoli valori rilevati durante

Tab. I. Tab. 7 dell'Allegato 1 del D. Lgs. 258/2000 (modificata)

Parametro	<i>Livello 1</i>	<i>Livello 2</i>	<i>Livello 3</i>	<i>Livello 4</i>	<i>Livello 5</i>
100-OD (% sat.)	$\leq / 10 /$	$\leq / 20 /$	$\leq / 30 /$	$\leq / 50 /$	$> / 50 /$
BOD <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> mg/L)	$< 2,5$	$\leq 4$	$\leq 8$	$\leq 15$	$> 15$
COD (O <sub>2</sub> mg/L)	$< 5$	$\leq 10$	$\leq 15$	$\leq 25$	$> 25$
NH <sub>4</sub> (N mg/L)	$< 0,03$	$\leq 0,10$	$\leq 0,50$	$\leq 1,50$	$> 1,50$
NO <sub>3</sub> (N mg/L)	$< 0,3$	$\leq 1,5$	$\leq 5,0$	$\leq 10,0$	$> 10,0$
Fosforo t. (P mg/L)	$< 0,07$	$\leq 0,15$	$\leq 0,30$	$\leq 0,60$	$> 0,60$
<i>E.coli</i> (UFC/100 mL)	$< 100$	$\leq 1.000$	$\leq 5.000$	$\leq 20.000$	$> 20.000$
<b>Punteggio</b>	<b>80</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>5</b>
<b>L.I.M.</b>	<b>480 – 560</b>	<b>240 – 475</b>	<b>120 – 235</b>	<b>60 – 115</b>	<b>&lt; 60</b>



Torrente .....	VALORI LIM					
	1994	1995	1996	1997	1998	1999
<b>Staz 1</b>	345	365	345	290	245	225
<b>Staz 2</b>	290	275	350	310	240	340
<b>Staz 3</b>	155	145	215	95	70	115
<b>Staz 4</b>	115	90	115	85	75	65
<b>Staz 5 (affluente)</b>	125	140	115	110	125	90
<b>Staz 6 (affluente)</b>	45	45	45	45	45	55
<b>Staz 7</b>	60	60	50	60	55	55

Fig. 1. Rappresentazione grafica spazio-temporale dei valori LIM (7 stazioni, ciascuna con 6 anni di controlli, riportati in altrettante colonne)

l'anno nelle quattro campagne di misura che, come buona prassi, possono essere distribuite stagionalmente o rapportate ai regimi idrologici più appropriati per il corso d'acqua indagato.

Pur condividendo la critica avanzata a questa metodologia da chi sostiene che, quando un singolo valore di IBE rileva la sofferenza del corpo idrico, il calcolo della media può mascherare il significato intrinseco della singola informazione, a nostro parere il valore biotico di sintesi introdotto dal D.Lgs. 152/99 tende ad esprimere una condizione media del corpo idrico significativo con un livello di approssimazione pari a quello espresso dalla elaborazione delle analisi chimiche. Crediamo invece nella necessità, caratterizzante di un attento approccio ecosistemico, di evidenziare la singola circostanza rilevata nel contesto di un commento complessivo ai dati.

Una possibile rappresentazione grafica dei dati IBE ottenuti dalle singole campagne di monitoraggio e della media da questi risultante è riportata in tabella II.

Per agevolare il compito di chi deve cimentarsi con l'elaborazione dei dati, nelle tabelle III e IV, si riportano gli elementi di transcodifica dei valori di IBE.

Il Decreto prevede che per classi intermedie (es. 8/9 o 9/8) si esegua il seguente procedimento:

- per la classe 10/9 si attribuisce il valore 9,6; per quella 9/10 il valore 9,4; per 9/8 il valore 8,6; per 8/9 il valore 8,4; ed a seguire per gli altri valori;
- per ritrasformare la media in valori di I.B.E. si procederà in modo contrario (tabella IV), avendo cura di assegnare la classe più bassa nel caso di frazione di 0,5: esempio  $8,5 = 8/9$ ,  $6,5 = 6/7$  ecc.

Resta inteso che frazioni da 8,0 a 8,3 e da 8,7 a 9,0 corrispondono rispettivamente a IBE di 8 e 9.

**Tab. III.** Transcodifica dei valori intermedi di IBE

IBE	Valore	IBE	Valore
12/11	11,6	6/7	6,4
11/12	11,4	6/5	5,6
11/10	10,6	5/6	5,4
10/11	10,4	5/4	4,6
10/9	9,6	4/5	4,4
9/10	9,4	4/3	3,6
9/8	8,6	3/4	3,4
8/9	8,4	3/2	2,6
8/7	7,6	2/3	2,4
7/8	7,4	2/1	1,6
7/6	6,6	1/2	1,4

Siccome i punteggi da inserire nelle classi di stato ecologico non prevedono valori di IBE intermedio, per convenzione si adotta il criterio di assumere come IBE il valore di sorgente:  $7/8 = 7$ ;  $8/7 = 8$ ; ecc.

Una commissione insediata dall'ANPA –alla quale hanno partecipato il prof. Pier Francesco Ghetti ed istruttori del CISBA che hanno collaborato all'originaria calibrazione del metodo– è stata investita del compito di riesaminare la metodologia IBE alla luce del D. Lgs., onde inserirla nella prossima edizione dei metodi di analisi per le acque coordinata da IRSA-CNR. In quel contesto, oltre che confermare il livello di definizione tassonomica previsto dal Manuale Ghetti 1997, è stato concordato di proporre una nuova declaratoria dei giudizi di qualità degli ambienti indagati –anticipata in questa sede in tabella V– ed una più coerente metodologia di rappresentazione grafica dei risultati.

**Tab. II.** Rappresentazione dei dati IBE

Torrente .....	Anno.....								
	Feb.		Mag.		Ago.		Nov.		MEDIA per SECA
	IBE	CQ	IBE	CQ	IBE	CQ	IBE	CQ	
1	7		6		7-8		7-8		7
2	8		6-7		9-8		10		8
3	5		3		6		7-8		5
4	7		5		6		6		6
5 affluente	4		5-4		7-6		6		5
6 affluente	7		7		7-8		7		7
7	2		3-2		6		2		3
AZZURRO	VERDE		GIALLO		ARANCIO		ROSSO		
classe I	classe II		classe III		classe IV		classe V		

**Tab. IV.** Riconversione delle frazioni decimali in valori di IBE

Valore	IBE	Valore	IBE	Valore	IBE
1,0÷1,3	1	4,6	5/4	8,4÷8,5	8/9
1,4÷1,5	1/2	4,7÷5,3	5	8,6	9/8
1,6	2/1	5,4÷5,5	5/6	8,7÷9,3	9
1,7÷2,3	2	5,6	6/5	9,4÷9,5	9/10
2,4÷2,5	2/3	5,7÷6,3	6	9,6	10/9
2,6	3/2	6,4÷6,5	6/7	9,7÷10,3	10
2,7÷3,3	3	6,6	7/6	10,4÷10,5	10/11
3,4÷3,5	3/4	6,7÷7,3	7	10,6	11/10
3,6	4/3	7,4÷7,5	7/8	10,7÷11,3	11
3,7÷4,3	4	7,6	8/7	11,4÷11,5	11/12
4,4÷4,5	4/5	7,7÷8,3	8	11,6	12/11

**Tab. V.** Conversione dei valori di I.B.E. in classi di qualità.

Classi di qualità	Valore di I.B.E.	Giudizio di qualità	Colore relativo alla classe di qualità	
Classe I	10-11-12- ...	Ambiente non alterato in modo sensibile	Azzurro	
Classe II	8-9	Ambiente con moderati sintomi di alterazione	Verde	
Classe III	6-7	Ambiente alterato	Giallo	
Classe IV	4-5	Ambiente molto alterato	Arancione	
Classe V	1-2-3	Ambiente fortemente degradato	Rosso	

**Tab. VI.** Stato ecologico dei corsi d'acqua (calcolo)

	CLASSE 1 (azzurro)	CLASSE 2 (verde)	CLASSE 3 (giallo)	CLASSE 4 (arancio)	CLASSE 5 (rosso)
I.B.E.	$\geq 10 \div 10/9$	8/7-8-8/9 9-9/10	6/5-6-6/7 7-7/8	4/3-4-4/5 5-5/6	1, 2, 3
L.I.M.	480 – 560	240 – 475	120 – 235	60 – 115	< 60

Tab. VII. Stato ecologico (rappresentazione)

Stazioni	LIM	IBE	SECA
1	325	7/8	Classe 3
2	360	8	Classe 2
3	145	6	Classe 3
4	85	4	Classe 4
5 (affluente)	115	6	Classe 4
6 (affluente)	45	4/3	Classe 5
7	55	4	Classe 5

Il metodo di rappresentazione dei dati proposto in figura 2 contempla l'assegnazione della classe di qualità, sia essa biologica, chimica o ecologica, relativamente ai singoli punti di campionamento e non all'intero tratto di asta fluviale sotteso ad ogni stazione di misura dal momento che il decreto, per il livello nazionale, prevede un numero di stazioni limitate per areale di bacino significativo. Solo nel caso in cui il numero di stazioni si dovesse elevare a tal punto da contemplare il continuum delle situazioni ambientali rilevabili sull'intera asta, sarà possibile ritornare alla stesura di mappe in cui l'informazione viene estesa all'intero tratto che separa due transetti.

**CALCOLO DELLO STATO ECOLOGICO**

Per definire lo Stato Ecologico di un corpo idrico superficiale (SECA) si utilizza la tabella VI; il risultato peggiore tra quelli di LIM e di IBE determina la classe di stato ecologico.

Una possibile rappresentazione schematica è mostrata nella tabella VII, nella quale il dato di sintesi SECA è arricchito dai valori sorgente dei due indici LIM e IBE.

**CONCLUSIONI**

Si auspica che la presentazione di queste brevi note possa, da un lato, facilitare il compito degli operatori nelle pratiche di calcolo dei nuovi indici ambientali perseguendo, dall'altro, il principale obiettivo di armonizzazione della metodologia per la rappresentazione dei dati che, seppur schematica e non rappresentativa dell'intero universo fiume, si presenta ad un tempo ricca di informazioni per gli addetti ai lavori e di immediata comprensione per il mondo dei non esperti.

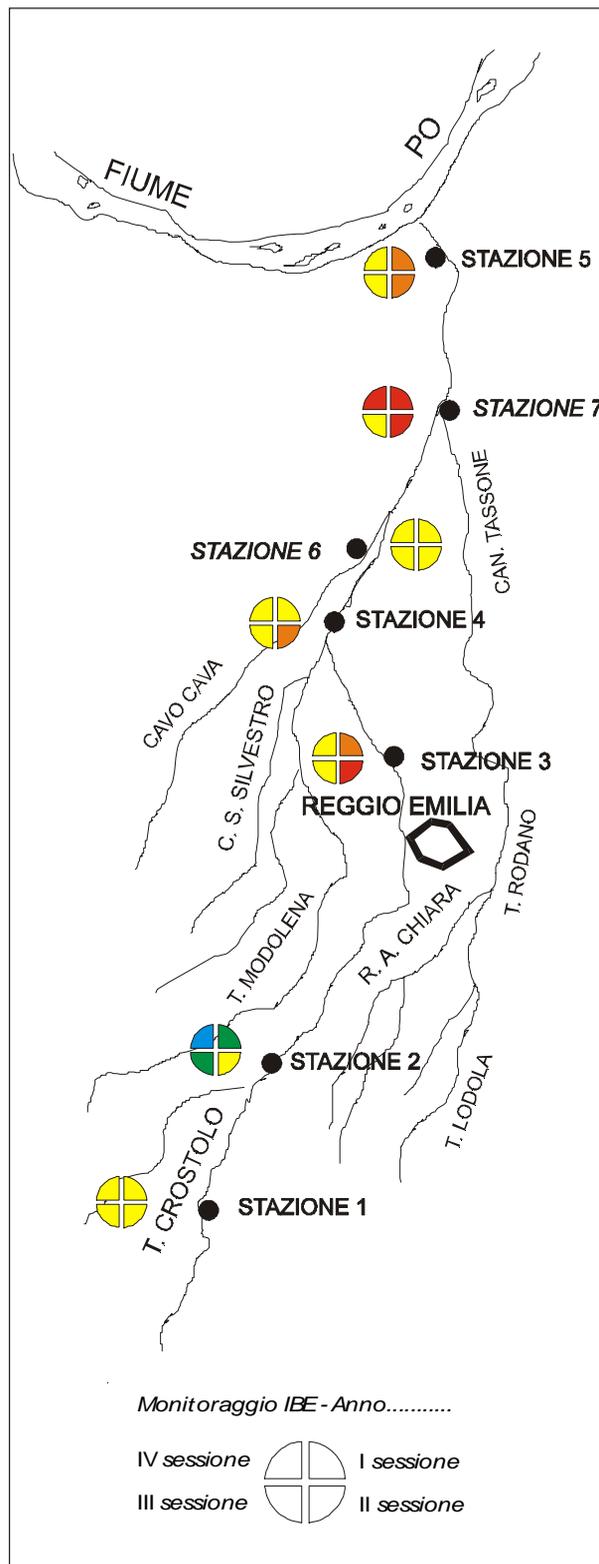


Fig. 2. Rappresentazione spazio-temporale dei dati di IBE.