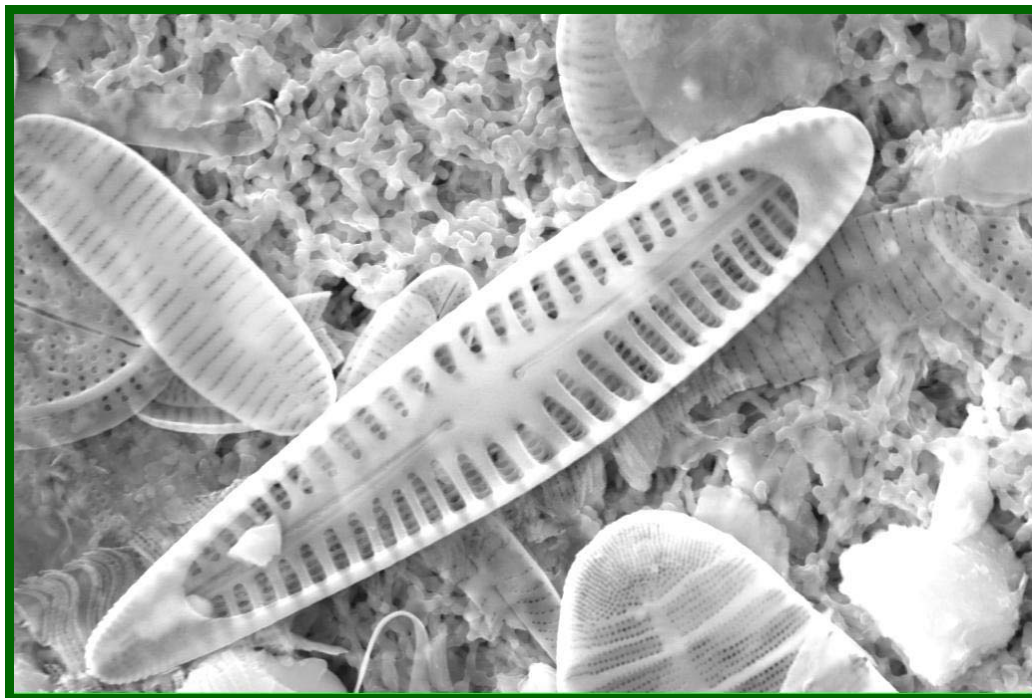


# MONITORAGGIO BIOLOGICO DEI PRINCIPALI CORSI D'ACQUA DELLA PROVINCIA DI VERONA NELL'ANNO 2008



## PREMESSA

Il Servizio Laboratori di Verona – U.O. di Biologia di Base, Dipartimento Regionale Laboratori ARPAV, ha programmato con la Provincia di Verona un'attività di monitoraggio dei principali corsi d'acqua nel territorio di Verona per l'anno 2008. L'attività di monitoraggio ha previsto l'analisi della comunità di macroinvertebrati mediante l'applicazione del metodo IBE (40 campionamenti) in stazioni per lo più già campionate nelle precedenti campagne di monitoraggio (Progetti Provinciali 2004-2005 e 2005-2006) e l'analisi della comunità diatomea in 14 stazioni (28 campionamenti) scelte come rappresentative della realtà delle tipologie fluviali nella Provincia di Verona. In questo lavoro sono riportati i risultati delle stazioni nelle quali sono state analizzate le comunità di diatomee per lo più in contemporaneamente con le comunità di macroinvertebrati.

## MONITORAGGIO DEI CORPI IDRICI: EVOLUZIONE NORMATIVA

A partire dal D.Lgs.152/99 è stata introdotta una importante evoluzione normativa del monitoraggio dei corsi d'acqua. Sono stati infatti individuati gli indicatori di qualità per la definizione dello Stato di Qualità Ambientale dei corpi idrici superficiali. Per tale valutazione il Decreto Legislativo ha indicato i parametri chimico-fisici, l'*Escherichia coli* tra i parametri microbiologici e l'Indice Biotico Esteso (I.B.E.) quali parametri per la valutazione degli impatti antropici sulle comunità animali dei corsi d'acqua. I valori degli indicatori chimico-fisici e microbiologici definivano il Livello di Inquinamento da Macrodescrittori (L.I.M.) integrato poi con il valore di I.B.E. per fornire lo Stato Ecologico del corso d'acqua. L'analisi chimico-fisica e microbiologica non permette più da sola una visione integrata del corso d'acqua: con il D.Lgs.152/99 viene introdotto per la prima volta un parametro di tipo biologico per l'esame complessivo dell'ecosistema fluviale.

Il D.Lgs.152/99 normava, inoltre, un aspetto di grande novità: la fissazione di obiettivi di qualità da attuarsi attraverso dei piani di tutela che consentano di proteggere e migliorare tutti i corpi idrici.

L'analisi integrata degli ecosistemi acquatici e gli obiettivi di qualità sono due importanti aspetti che si ritrovano nella Direttiva Acque 2000/60/CE, Water Framework Directive (WFD), quadro di riferimento per la politica comunitaria in materia di acque.

Principali obiettivi della Direttiva sono così riassunti:

- prevenire l'ulteriore degrado e migliorare lo stato degli ecosistemi acquatici
- promuovere un utilizzo sostenibile dell'acqua basato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili
- ridurre e minimizzare l'inquinamento e l'emissione di inquinanti nell'ambiente acquatico superficiale e sotterraneo
- contribuire a mitigare gli effetti delle inondazioni e della siccità

La novità della WFD, considerata una vera rivoluzione culturale, riguarda l'approccio di indagine. La Direttiva fornisce per i corpi idrici superficiali una descrizione generale di 5 classi di stato ecologico : elevato, buono, sufficiente, scarso, cattivo.

Lo stato di qualità dei corpi idrici viene definito come rapporto di qualità ecologica (Ecological Quality Ratio, EQR) e viene calcolato rapportando "i valori dei parametri biologici riscontrati in un dato corpo idrico superficiale a quelli constatabili nelle condizioni di riferimento applicabili al medesimo corpo idrico. Il rapporto è espresso come valore numerico compreso tra 0 e 1: i valori prossimi a 1 tendono allo stato ecologico elevato, quelli prossimi a 0 allo stato ecologico cattivo" (WFD, Allegato V, 1.4)

La Direttiva si preoccupa quindi dell'individuazione delle "condizioni di riferimento" attraverso le quali è possibile valutare quanto pesano gli effetti delle attività antropiche sugli ecosistemi acquatici attraverso un confronto con un ecosistema acquatico di riferimento, al quale viene riconosciuto un impatto umano assente o molto lieve. E' quindi poi possibile utilizzare i metodi di monitoraggio biologici eseguiti sui corpi idrici monitorati per verificare quanto le condizioni ecologiche riscontrate si discostano dalle condizioni di riferimento e definirne quindi lo stato ecologico.

Le classi di qualità definite dalla direttiva (WFD, Allegato V, Tab.1.2) sono di seguito riportate:

<u>Stato elevato</u>	<u>Stato buono</u>	<u>Stato sufficiente</u>
<p><i>Nessuna alterazione antropica, o alterazioni antropiche poco rilevanti, dei valori degli elementi di qualità fisico-chimica e idromorfologica del tipo di corpo idrico superficiale rispetto a quelli di norma associati a tale tipo inalterato</i></p> <p><i>I valori degli elementi di qualità biologica del corpo idrico superficiale rispecchiano quelli di norma associati a tale tipo inalterato e non evidenziano nessuna distorsione, o distorsioni poco rilevanti. Si tratta di condizioni e comunità tipiche specifiche</i></p>	<p><i>I valori degli elementi di qualità biologica del tipo di corpo idrico superficiale presentano livelli poco elevati di distorsione dovuti all'attività umana, ma si discostano solo lievemente da quelli di norma associati al tipo di corpo idrico superficiale inalterato</i></p>	<p><i>I valori degli elementi di qualità biologica del tipo di corpo idrico superficiale si discostano moderatamente da quelli di norma associati al tipo di corpo idrico superficiale inalterato. I valori presentano segno moderati di distorsione dovuti all'attività umana e alterazioni significativamente maggiori rispetto alle condizioni dello stato buono</i></p>

*“Le acque aventi uno stato inferiore al sufficiente sono classificate come aventi stato scarso o cattivo. Le acque che presentano alterazioni considerevoli dei valori degli elementi di qualità biologica del tipo di corpo idrico superficiale e nelle quali le comunità biologiche interessate si discostano sostanzialmente da quelle di norma associate al tipo di corpo idrico superficiale inalterato, sono classificate come aventi stato scarso. Le acque che presentano gravi alterazioni dei valori degli elementi di qualità biologica del tipo di corpo idrico superficiale e nelle quali mancano ampie porzioni di comunità biologiche interessate di norma associate al tipo di corpo idrico superficiale inalterato, sono classificate come aventi stato cattivo.” (WFD, Allegato V, Tab.1.2)*

Per la classificazione dello stato ecologico sono individuati degli elementi qualitativi che sono divisi in tre categorie: **elementi biologici**, **elementi idrobiologici** e **elementi chimico-fisici**. Gli aspetti idromorfologici e chimico-fisici sono considerati come elementi “a sostegno degli elementi biologici”.

Per i fiumi tali elementi sono così individuati (WFD, Allegato V, 1.1.1.):

Elementi biologici	Elementi idromorfologici	Elementi chimico-fisici
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Composizione e abbondanza della flora acquatica (fitoplancton, macrofite, fitobentos)</li> <li>• Composizione e abbondanza dei macroinvertebrati bentonici</li> <li>• Composizione, abbondanza e struttura d'età della fauna ittica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regime ideologico: massa e dinamica del flusso idrico, connessione con il corpo idrico sotterraneo, continuità fluviale</li> <li>• Condizioni morfologiche: variazione della profondità e della larghezza del fiume, struttura e substrato dell'alveo, struttura della zona ripariale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementi generali: temperatura, ossigeno, salinità, ph, nutrienti, inquinanti specifici</li> </ul>

I parametri da considerare per la definizione dello stato ecologico sono più numerosi rispetto il D.Lgs.152/99. Gli elementi biologici risultano essere determinanti ed essi non comprendono solo il macrobenthos ma anche la flora acquatica ed i pesci.

La classificazione dello stato ecologico di un corso d'acqua, divisa in 5 classi, è determinata dal valore più basso tra i risultati del monitoraggio biologico e fisico-chimico.

La Direttiva WFD, approvata nel 2000, avrebbe dovuto essere recepita da tutti gli stati europei entro il 2003. L'Italia ha recepito le disposizioni della Direttiva con il D.Lgs. n.152/2006, Testo Unico Ambientale.

La parte terza del D.Lgs. n.152/2006 si occupa di “Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche”.

Nell'allegato 1 alla parte terza il decreto riporta i criteri di monitoraggio e di classificazione delle acque in funzione degli obiettivi di qualità ambientale per lo stato ecologico delle acque e descrive le caratteristiche ecologiche delle acque superficiali, con particolare riferimento agli elementi di qualità ecologica.

Il monitoraggio biologico dei fiumi va' attuato conformemente al D.Lgs. n.152/2006, e prevede l'analisi delle seguenti componenti riferite a tutti i livelli trofici della catena alimentare:

- Composizione e abbondanza della flora acquatica (macrofite e fitobentos)
- Composizione e abbondanza dei macroinvertebrati bentonici
- Composizione, abbondanza e struttura di età della fauna ittica

## INDICATORI, INDICI BIOLOGICI E DIRETTIVA 2000/60

La valutazione della qualità delle acque attraverso l'utilizzo di indicatori biologici è sempre più un tema di grande attualità. Un indicatore biologico può essere una specie o un insieme di specie animali o vegetali con particolari esigenze rispetto ad un insieme di variabili fisiche, chimiche e idromorfologiche.

Un buon bioindicatore deve presentare i seguenti requisiti:

- Relativa facilità di identificazione
- Ristretto range di tollerabilità
- Distribuzione cosmopolita
- Elevata densità nell'area di indagine
- Mobilità limitata
- Ciclo vitale relativamente lungo

L'uso degli indicatori biologici permette di evidenziare gli effetti sinergici di più fonti di stress, di registrare eventi di inquinamento anche intermittenti e soprattutto a lungo termine.

All'opposto le analisi chimico-fisiche e microbiologiche sono in grado di spiegare i tipi di inquinamento e descriverne la provenienza in relazione però ad un orizzonte temporale limitato.

Entrambi i due tipi di analisi risultano importanti per una conoscenza integrata degli ecosistemi: il controllo fisico-chimico individua analiticamente le singole cause del processo di alterazione dell'acqua, il monitoraggio biologico verifica gli effetti d'insieme prodotti dal complesso delle cause inquinanti.

Gli indici sono strumenti di sintesi: traducono le informazioni rilevate da un indicatore, in una scala di valori, per rappresentare lo stato del sistema in esame. Alcuni indici derivano dalla combinazione di parametri quali abbondanza, biomassa, diversità specifica (indici di diversità); altri indici integrati ponderano la presenza di specie indicatrici a cui vengono assegnati differenti livelli di sensibilità o tolleranza a determinate tipologie di disturbo (inquinamento organico, inquinamento minerale, inquinamento da nutrienti..), altri ancora analizzano la struttura dell'intera comunità valutando sia il numero totale di taxa presenti sia la presenza di gruppi considerati particolarmente sensibili all'inquinamento (indici biotici, es. vedi IBE).

Il recepimento della Direttiva europea 2000/60 Direttiva Acque 2000/60/CE, Water Framework Directive (WFD), quadro di riferimento per la politica comunitaria in materia di acque impone un nuovo approccio di studio delle comunità biotiche: ciò che viene richiesto è l'analisi dell'alterazione della comunità rispetto a quella attesa in siti privi di impatti antropici.

Quindi oltre l'analisi delle comunità biotiche, la valutazione delle abbondanze e della diversità, viene richiesta l'identificazione delle condizioni di riferimento e la quantificazione del grado di scostamento da esse.

Sono stati recentemente pubblicati in Italia i protocolli analitici redatti da APAT, su commissione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, in collaborazione con Enti di ricerca ed esperti che lavorano presso strutture ARPA. Tali protocolli descrivono i campionamenti per il monitoraggio degli elementi biologici dei corpi idrici e si basano su Norme europee standardizzate per il monitoraggio della qualità delle acque. Essi però non entrano nello specifico dell'applicazione di eventuali indici.

Il D.Lgs 152/2006 "Norme in materia ambientale", pur avendo recepito la WFD, non ha fornito gli strumenti tecnici necessari per l'effettiva attuazione e implementazione di quanto previsto dalla direttiva comunitaria. Recentemente per le acque superficiali la direttiva si è concretizzata con l'emanazione del Decreto 16 giugno 2008 n. 131 e del Decreto 14 aprile 2009 n. 56, rispettivamente per la caratterizzazione e il monitoraggio dei corpi idrici.

E' attualmente in fase conclusiva l'iter per l'emanazione del decreto sulla classificazione delle acque superficiali, che dovrà indicare le tipologie e le modalità di applicazione degli indici di qualità per i singoli EQB, indici che dovranno essere utilizzati per il calcolo del Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) rispetto al sito di riferimento.

## MONITORAGGIO 2008

Per quanto riguarda il lavoro qui di seguito presentato, verranno illustrati i risultati del monitoraggio dei corpi idrici nella provincia di Verona eseguiti nel 2008 su due elementi biologici indicati nella WFD:

- Macroinvertebrati bentonici
- Diatomee (principali componenti del fitobentos fluviale)

Per il monitoraggio dei corsi d'acqua tramite macroinvertebrati si è scelto di mantenere l'applicazione dell'Indice Biotico Esteso (IBE), indice già applicato con il D.Lgs. n.152/99. La presenza di dati pregressi espressi come valore di IBE ha indirizzato alla scelta di mantenere tale indice per una interpretazione legata ai dati storici, introducendo al contempo le diatomee come indicatore biologico così come richiesto dalla Direttiva.

Per il monitoraggio della componente vegetale dei corsi d'acqua, costituita essenzialmente da alghe, briofite e idrofite fanerogame, si è scelto di sviluppare e approfondire lo studio delle diatomee che, tra tutte le alghe, si rilevano le più idonee al monitoraggio delle acque correnti.

Per il campionamento, la determinazione ed il conteggio delle diatomee è stato utilizzato il protocollo proposto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare basato sulle Norme europee standardizzate sul campionamento, trattamento e analisi delle diatomee bentoniche nei corsi d'acqua (European Standard EN 13946 e EN 14407).

I risultati sono espressi in liste floristiche che possono essere considerati dei veri e propri inventari di biodiversità del fitobentos fluviale e che rappresentano la base per l'applicazione dei futuri indici standardizzati di applicazione. All'elenco dei taxa ottenuti sono stati applicati due indici diatomici non normati, sviluppati in aree geograficamente limitrofe: l'Eutrophication Pollution Index (EPI) (Dell'Uomo, 2004) messo a punto nella realtà appenninica e l'Indice Trofico (TI) (Rott, 1999) applicato per la valutazione delle acque correnti austriache.

Tutti i risultati, comprese liste floristiche elaborate, sono disponibili presso il Laboratorio di Biologia di ARPAV e presso la Provincia che ha commissionato il lavoro.

## MACROINVERTEBRATI BENTONICI

I macroinvertebrati sono organismi animali privi di vertebre con dimensioni comprese tra un millimetro e pochi centimetri, facilmente visibili ad occhio nudo.

Ad essi appartengono i seguenti gruppi:

- Insetti
- Crostacei
- Molluschi
- Oligocheti
- Irudinei
- Tricladi

Sono organismi bentonici che vivono almeno parte della loro vita a contatto diretto col substrato (fondo, sponde, piante acquatiche...).

I macroinvertebrati sono considerati gli organismi più adatti a rilevare la qualità biologica dei corsi d'acqua per i seguenti aspetti:

- rappresentano una comunità composta da numerose popolazioni con diversi livelli di sensibilità alle modificazioni ambientali
- hanno una elevata capacità di rispondere tempestivamente alle alterazioni ambientali
- hanno dimensioni sufficientemente elevate
- sono incapaci di compiere significative migrazioni
- sono quindi facilmente campionabili

La comunità dei macroinvertebrati si modifica al variare del tasso di inquinamento e delle alterazioni ambientali secondo un determinato succedersi di eventi:

1. decremento delle abbondanze relative fino alla scomparsa dei taxa (i vari organismi alle diverse determinazioni tassonomiche) più sensibili
  2. diminuzione del numero totale dei taxa presenti
  3. aumento delle abbondanze dei taxa più tolleranti
-

Il metodo tiene conto della diversa sensibilità agli inquinanti dei diversi gruppi faunistici e della ricchezza in specie.

Il valore di I.B.E. esprime lo stato di qualità di un determinato tratto di corso d'acqua con un valore numerico convenzionale.

## DEFINIZIONE DEL VALORE DI I.B.E.

La definizione del valore di indice I.B.E. da assegnare ad una data sezione del corso d'acqua si basa su una tabella a due entrate (tabella 1):

- **ingresso orizzontale:** sono riportati alcuni gruppi di macroinvertebrati che, dall'alto verso il basso, riflettono una sempre minore sensibilità agli effetti di alterazione della qualità dell'ambiente
- **ingresso verticale:** sono riportati degli intervalli numerici che fanno riferimento al numero totale di Unità Sistematiche (taxa al livello di classificazione previsto) rinvenute nella stazione di campionamento

Tabella 1: tabella per il calcolo del valore di I.B.E. (APAT-IRSA/CNR 2003 Metodi analitici per le acque. Volume III- sezione 9000- Indicatori Biologici, aggiornato 5/04/2004)

Gruppi faunistici che determinano con la loro presenza l'ingresso orizzontale in tabella (ingresso orizzontale)		Numero totale delle Unità Sistematiche costituenti la comunità (ingresso verticale)								
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-..
Plecoteri presenti ( <i>Leuctra</i> °)	Più di una U.S.	-	-	8	9	10	11	12	13*	14*
	Una sola U.S.	-	-	7	8	9	10	11	12	13*
Efemeroteri presenti °° (Escludere Baetidae e Caenidae)	Più di una U.S.	-	-	7	8	9	10	11	12	-
	Una sola U.S.	-	-	6	7	8	9	10	11	-
Tricotteri presenti (Comprendere Baetidae e Caenidae)	Più di una U.S.	-	5	6	7	8	9	10	11	-
	Una sola U.S.	-	4	5	6	7	8	9	10	-
Gammaridi e/o Atiidi e/o Palemonidi presenti	Tutte le U.S. sopra assenti	-	4	5	6	7	8	9	10	-
Asellidi e/o Nifargidi presenti	Tutte le U.S. sopra assenti	-	3	4	5	6	7	8	9	-
Oligocheti o Chironomidi	Tutte le U.S. sopra assenti	1	2	3	4	5	-	-	-	-
Altri organismi	Tutte le U.S. sopra assenti	0	1-	2-	3-	-	-	-	-	-

**Legenda:**  
 °: nelle comunità in cui *Leuctra* è presente come unico "taxon" di Plecotteri e sono assenti gli Efemeroteri (tranne eventualmente generi delle famiglie di Baetidae e Caenidae), *Leuctra* deve essere considerata al livello dei Tricotteri per definire l'entrata orizzontale in tabella;  
 °°: per la definizione dell'ingresso orizzontale in tabella ogni genere delle famiglie Baetidae e Caenidae va considerato a livello dei Tricotteri;  
 -: giudizio dubbio, per errore di campionamento, per presenza di organismi di "drift" erroneamente considerati nel computo, per ambiente non colonizzato adeguatamente, per tipologia non valutabile con l'I.B.E. (es. sorgenti, acque di scioglimento di nevai, acque ferme, zone delizie, salmastre);  
 \*: questi valori di indice vengono raggiunti raramente negli ecosistemi di acqua corrente italiani per cui occorre prestare attenzione, sia nell'evitare la somma di biotipologie (incremento artificioso del numero di "taxa"), che nel valutare eventuali effetti prodotti dall'inquinamento, trattandosi di ambienti con elevata ricchezza in "taxa".

Il valore di I.B.E. è dato dal valore corrispondente alla casella che si trova all'incrocio della riga di entrata orizzontale con la colonna di entrata verticale.

I valori di I.B.E. sono suddivisi in cinque Classi di Qualità delle acque (tabella 2).

Ad ogni Classe corrisponde un giudizio di qualità e un determinato colore per la redazione di una mappa della qualità delle acque.






Classi di qualità	Valori di I.B.E.	Giudizio di qualità	Colore e/o retinatura relativi 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	0-1-2-3	Ambiente fortemente degradato	Rosso 

Tabella 2: tabella di conversione dei valori di I.B.E. in classi di qualità, con relativo giudizio e colore per la rappresentazione grafica. I valori intermedi tra due classi vanno rappresentati mediante punteggi con colori o retinature corrispondenti alle due classi (APAT-IRSA/CNR 2003 Metodi analitici per le acque. Volume III- sezione 9000- Indicatori Biologici, aggiornato 5/04/2004)

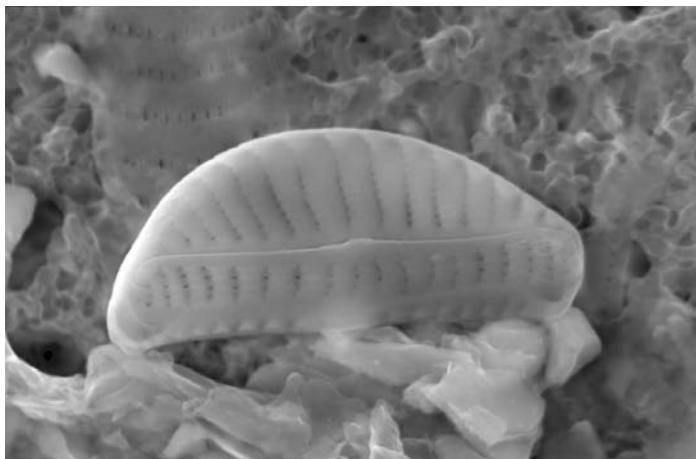
## DIATOMEE BENTONICHE

I corsi d'acqua sono popolati da alghe appartenenti a diverse classi; tra tutte le più idonee al monitoraggio delle acque correnti sono le diatomee.

Le diatomee bentoniche vengono suddivise a seconda del substrato che colonizzano in:

- epilittiche (su substrati duri naturali o artificiali quali ciottoli, sassi o pilastri);
- epifitiche (su macrofite, muschi, altre alghe);
- epipeliche (su detrito più fine quale limo o argilla),
- epipsammiche (su sabbia);
- epizoiche (su animali, es. copepodi).

Le diatomee (classe Bacillariophyceae) sono un gruppo estremamente numeroso di alghe microscopiche, ampiamente diffuse in quasi tutti gli ambienti acquatici. Anche se il numero di specie di diatomee esistenti non è ancora noto, spesso viene data una stima dell'ordine di 104 (Guillard & Killham, 1977), la quale potrebbe essere aumentata a 105 considerando la rapida evoluzione della tassonomia di questo gruppo di alghe negli ultimi anni (Mann & Droop, 1996). Tra le varie caratteristiche proprie delle diatomee, quella più rilevante ed esclusiva è rappresentata dalla parete cellulare di natura silicea, composto da due valve incastrate tra loro come una scatola ed il suo coperchio a formare il cosiddetto frustolo che racchiude la cellula. Dimensioni, forma e le complesse ornamentazioni del frustolo sono specie-specifiche, vale a dire che hanno elevato valore diagnostico per la determinazione delle diverse specie di diatomee.



Le diatomee bentoniche, che vivono ancorate a diversi substrati in laghi e fiumi, sono considerate degli ottimi indicatori biologici (es. Dixit et al., 1992), grazie ad alcune loro caratteristiche morfologiche e fisiologiche. Come già menzionato, le diatomee sono praticamente ubiquitarie, hanno una elevata diversità e la loro tassonomia è ben sviluppata e basata su caratteri morfologici robusti (frustolo). Alla diversità morfologica, corrisponde una diversità ecologica e fisiologica, vale a dire che le diverse specie di diatomee reagiscono in modo diverso a determinate perturbazioni ambientali di tipo fisico (es. condizioni climatiche e temperatura), chimico (grado di mineralizzazione, concentrazione di nutrienti algali) e biologiche (es. erbivoria da parte di diversi gruppi di macrozoobenthos).

Infine, le diatomee bentoniche sono relativamente facili da campionare e il loro habitus sedentario le rende rappresentative delle condizioni ambientali locali. La brevità del ciclo vitale delle diatomee non è vista come un ostacolo al loro utilizzo come indicatori ma, al contrario, permette il loro utilizzo come sistema di allarme precoce rispetto a improvvisi eventi di inquinamento (Rott, 1991). L'utilizzo delle diatomee come indicatori biologici ha una lunga tradizione, finalizzata soprattutto alla caratterizzazione dello stato ambientale di acque correnti (es. Kolkwitz & Marsson 1908, Zelinka & Marvan 1961, Van Dam et al. 1994, Rott 1991) dove le diatomee rappresentano una componente importante della biomassa e dove costituiscono l'elemento di collegamento tra i cicli biogeochimici e i livelli superiori della complessa rete trofica fluviale. Le risposte specie-specifiche delle diatomee al complesso delle condizioni ambientali si traducono in variazioni della biomassa, della composizione in specie e della biodiversità.



Per quanto riguarda le diatomee il campionamento di ambienti di acque correnti è stato eseguito seguendo il "Protocollo di campionamento e analisi delle diatomee bentoniche dei corsi d'acqua" Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Identificazione tassonomica e conteggi (almeno 450 valve per ciascun campione) sono stati condotti al microscopio ottico a 1000 ingrandimenti.

Trattandosi di un'indagine per la valutazione della biodiversità di ambienti acquatici si è scelto di condurre la fase di analisi e determinazione al microscopio ottico in maniera più approfondita. Oltre al conteggio effettivo delle valve di diatomee, per ogni campione si è dedicato un tempo ulteriore all'osservazione dei coprioggetti, per verificare la presenza di ulteriori taxa rari o poco frequenti che difficilmente sarebbero rientrati nel conteggio finale.

L'identificazione delle specie è stata effettuata attenendosi principalmente alla collana "Süßwasserflora von Mitteleuropa" (Krammer & Lange-Bertalot, 1986-1991) ed è stata completata utilizzando pubblicazioni monografiche su alcuni generi (Krammer 2002, Lange-Bertalot 2001, Reichardt 1997, Reichardt 1999). Dove necessario i nomi di generi e specie sono stati successivamente tradotti nel nuovo sistema di nomenclatura secondo Round et al. (1990).



### INDICE DI EUTROFIZZAZIONE/POLLUZIONE (EPI-D)

L'EPI-D, (Indice diatomico di Eutrofizzazione/Polluzione), elaborato da Dell'Uomo (Dell'Uomo, 2004) per i fiumi d'Italia dopo ricerche svolte nei corsi d'acqua dell'Appennino centrale, è un indice integrato basato sulla sensibilità (affinità/tolleranza) delle Diatomee ai nutrienti, alla sostanza organica ed al grado di mineralizzazione del corpo idrico, con particolare riferimento ai cloruri.

L'indice si basa, come la maggior parte degli indici diatomici utilizzati in Europa, sulla formula matematica di Zelinka e Marvan (1961):

$$EPI-D = \frac{\sum a_j * r_j * i_j}{\sum a_j * r_j}$$

EPI-D	indice globale di eutrofizzazione/polluzione della stazione considerata
$a_j$	abbondanza della specie j
$r_j$	affidabilità ("reliability") della specie j inversamente proporzionale al suo range ecologico; valori utilizzati: 5=indicatore ottimo; 3=indicatore buono; 1=indicatore sufficiente
$i_j$	indice integrato ponderato della specie j. I valori attribuiti da 0=specie di un ambiente di ottima qualità, a 4=specie che indica un ambiente degradato

La metodica seguita in questo lavoro è quella descritta nelle Linee Guida APAT del febbraio 2004, "L'indice diatomico di eutrofizzazione/polluzione (EPI-D) nel monitoraggio delle acque correnti" di Dell'Uomo. Le specie di diatomee considerate sono quelle indicate nell'allegato 1 delle stesse Linee Guida dove per ogni taxon viene riportato l'indice integrato ponderato di eutrofizzazione/polluzione "i" ed il valore di affidabilità "r". Il risultato del calcolo dell'indice fornisce un valore compreso tra 0 e 4. I valori vicini allo zero indicano acque pulite, mentre quelli più elevati sono da attribuire ad acque sempre più compromesse. L'interpretazione, elaborata inizialmente in otto classi di qualità, è stata successivamente fornita in 5 classi, come nella tabella che segue, per permettere una correlazione con l'Indice Biotico Estesio.

	EPI-D	
VALORE EPI-D	CLASSE	QUALITA'
0.0 < EPI-D < 1.0	I	Ottima
1.0 < EPI-D < 1.7	II	Buona



1.7<EPI-D<2.3	III	Mediocre
2.3<EPI-D<3.0	IV	Cattiva
3.0<EPI-D<4.0	V	Pessima

## INDICE TROFICO (TI)

L'Indice Trofico è stato sviluppato da Rott et al. (1999) per la valutazione delle acque correnti austriache ed utilizza le diatomee epilittiche ma prende in considerazione anche le altre alghe epilittiche del phytobentos. Per il calcolo dell'indice trofico si utilizza una formula derivata da quella per il calcolo degli indici saprobici (Kolkwitz & Marsson 1908, Zelinka & Marvan 1961), che combina l'abbondanza relativa dei singoli taxa con la rispettiva tolleranza per ambienti caratterizzati da diversa concentrazione di nutrienti.

$$TI_{DIAT} = \frac{\sum Tw_i * G_i * H_i}{\sum G_i * H_i}$$

TI	Indice Trofico
Tw <sub>i</sub>	Peso trofico (trophic weight) della specie i
G <sub>i</sub>	affidabilità ("reliability") della specie i
H <sub>i</sub>	Abbondanza della specie i

I valori dell'indice sono suddivisi in precisi intervalli, ognuno dei quali corrisponde ad un diverso livello trofia.

TI	CLASSIFICAZIONE TROFICA
INDICE TROFICO	
≤1.0	Ultraoligotrofia
1.1-1.3	Oligotrofia
1.4-1.5	Oligo-mesotrofia
1.6-1.8	Mesotrofia
1.9-2.2	Meso-eutrofia
2.3-2.6	Eutrofia
2.7-3.1	Eu-politrofia
3.2-3.4	Politrofia
>3.4	Poli-ipertrofia

## RISULTATI DEL BIOMONITORAGGIO

### FIUME ADIGE BRENTINO BELLUNO COD. 615

#### MONITORAGGIO DIATOMICO

SUBSTRATO DATA	MACROFITE 01/07/2008	SASSI 22/10/2008
n. specie presenti	65	35
EPI-D	1,2	0,8
TI	2,4	1,9



### FIUME ADIGE CHIEVO - VERONA COD. PP2

#### MONITORAGGIO DIATOMICO

SUBSTRATO DATA	SASSI 05/03/2008	SASSI 02/10/2008
n. specie presenti	44	37
EPI-D	1,6	0,8
TI	2,4	1,9



#### MONITORAGGIO IBE

DATA	05/03/2008	02/10/2008
Totale U.S.	7	12
I.B.E.	5	7
Classe di Qualità	IV	III

### FIUME ADIGE BOSCO BURI - VERONA COD. 90 (SIRAV 23000130)

#### MONITORAGGIO DIATOMICO

SUBSTRATO DATA	SASSI 05/03/2008	SASSI 02/10/2008
n. specie presenti	33	42
EPI-D	1,1	1,5
TI	2,3	2,7



#### MONITORAGGIO IBE

DATA	05/03/2008	02/10/2008
Totale U.S.	4	5
I.B.E.	2	4-5
Classe di Qualità	V	IV

**FIUME ADIGE  
ALBAREDO D'ADIGE - PONTE  
COD. 443**

**MONITORAGGIO DIATOMICO**

SUBSTRATO DATA	SASSI 01/02/2008	SASSI 15/10/2008
n. specie presenti	56	45
EPI-D	1,7	1,8
TI	2,7	2,8



**TORRENTE ALPONE  
S.GIOVANNI ILARIONE  
COD.444**

**MONITORAGGIO DIATOMICO**

SUBSTRATO DATA	SASSI 24/06/2008	SASSI 10/10/2008
n. specie presenti	24	26
EPI-D	1,1	2,3
TI	2,4	3,2



**MONITORAGGIO IBE**

DATA	24/06/2008	10/10/2008
Totale U.S.	10	15
I.B.E.	7-8	7-8
Classe di Qualità	II-I	II-I

**TORRENTE ALPONE  
MONUMENTO DI ARCOLE - ARCOLE  
COD.159**

**MONITORAGGIO DIATOMICO**

SUBSTRATO DATA	SASSI 24/06/2008	SASSI 10/10/2008
n. specie presenti	51	29
EPI-D	2,3	2,7
TI	2,8	3



**MONITORAGGIO IBE**

DATA	24/06/2008	10/10/2008
Totale U.S.	5	9
I.B.E.	4-5	3
Classe di Qualità	IV	V

**TORRENTE FIBBIO**  
**FERRAZZE - S.MARTINO BUONALBERGO**  
**COD. VP7**

## MONITORAGGIO DIATOMICO

SUBSTRATO	SASSI	SASSI
DATA	07/05/2008	24/10/2008
n. specie presenti	27	26
EPI-D	0,9	2,3
TI	2	2,7



## MONITORAGGIO IBE

DATA	07/05/2008	24/10/2008
Totale U.S.	12	14
I.B.E.	7	7
Classe di Qualità	III	III

**TORRENTE FIBBIO**  
**LOC.GIARE ERIZZO - ZEVIO**  
**COD. 156**

## MONITORAGGIO DIATOMICO

SUBSTRATO	SASSI	MACROFITE
DATA	07/05/2008	24/10/2008
n. specie presenti	28	40
EPI-D	1	1,1
TI	2,4	2,6



## MONITORAGGIO IBE

DATA	07/05/2008	24/10/2008
Totale U.S.	14	13
I.B.E.	6	6
Classe di Qualità	III	III

**FIUME TOGNA  
ZIMELLA-PONTE S.STEFANO  
COD. 165**

MONITORAGGIO DIATOMICO

SUBSTRATO DATA	MACROFITE 09/04/2008	MACROFITE 25/09/2008
n. specie presenti	46	46
EPI-D	1,3	2
TI	2,5	2,8

MONITORAGGIO IBE

DATA	09/04/2008	25/09/2008
Totale U.S.	8	6
I.B.E.	5	5-4
Classe di Qualità	IV	IV



**FIUME FRATTA  
VIA PREDICALE - COLOGNA VENETA  
COD. 442**

MONITORAGGIO DIATOMICO

SUBSTRATO DATA	SASSI 14/03/2008	SASSI 18/09/2008
n. specie presenti	51	54
EPI-D	2,2	1,8
TI	2,9	2,7

MONITORAGGIO IBE

DATA	14/03/2008	18/09/2008
Totale U.S.	4	5
I.B.E.	4	4-5
Classe di Qualità	IV	IV



**FIUME GUA'  
ZIMELLA-ZIMELLA  
COD. 440**

MONITORAGGIO DIATOMICO

SUBSTRATO DATA	MACROFITE 09/04/2008	SASSI 25/09/2008
n. specie presenti	56	24
EPI-D	1,9	2,5
TI	3	2,9



MONITORAGGIO IBE

DATA	09/04/2008	25/09/2008
Totale U.S.	10	4
I.B.E.	5-6	2
Classe di Qualità	IV-III	V

**FIUME TARTARO  
GAZZO VERONESE - GAZZO VERONESE  
COD. 187**

MONITORAGGIO DIATOMICO

SUBSTRATO DATA	SASSI 24/06/2008	SASSI 04/12/2008
n. specie presenti	40	47
EPI-D	2,7	2,4
TI	2,9	2,9



MONITORAGGIO IBE

DATA	24/06/2008	04/12/2008
Totale U.S.	5	7
I.B.E.	4-5	5
Classe di Qualità	IV	IV

**RIO BAGATEL**  
**LOC. CORTE MENOTTI - VESTENANOVA**  
**COD. VP6**

MONITORAGGIO DIATOMICO

SUBSTRATO DATA	SASSI 16/04/2008	SASSI 20/11/2008
n. specie presenti	39	31
EPI-D	1,2	1,4
TI	2,5	2,6

MONITORAGGIO IBE

DATA	16/04/2008	20/11/2008
Totale U.S.	14	15
I.B.E.	7	8-9
Classe di Qualità	III	II



**CANALE BUSSE'**  
**LEGNAGO - LOC.TORRETTA**  
**COD.192**

MONITORAGGIO DIATOMICO

SUBSTRATO DATA	MACROFITE 26/06/2008	MACROFITE 27/11/2008
n. specie presenti	64	74
EPI-D	2,2	2
TI	2,9	3,1

MONITORAGGIO IBE

DATA	26/06/2008	27/11/2008
Totale U.S.	7	5
I.B.E.	5	4-5
Classe di Qualità	IV	IV

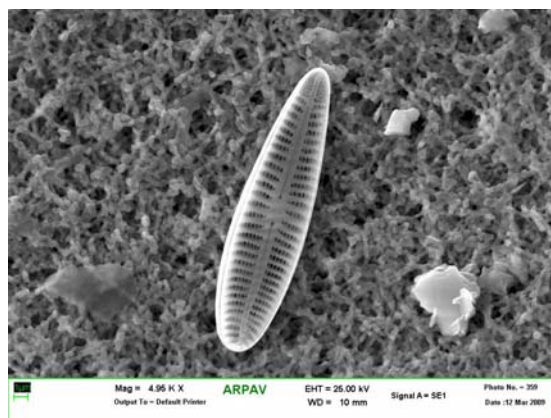
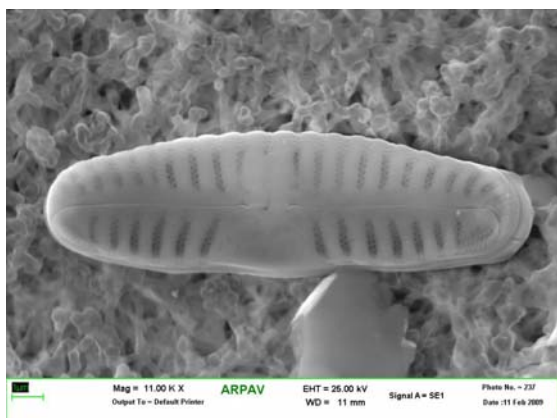




## COMMENTO

L'art.76 del D.Lgs.152/2006 prevede che entro il 2015 ogni corpo idrico significativo raggiunga il buono stato di qualità ambientale che è definito in base alla capacità del corpo idrico di mantenere i processi naturali di autodepurazione e di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate.

I dati ottenuti dal monitoraggio delle diatomee confermano lo stato di alterazione dei corpi idrici oggetto del presente studio. A differenza dell'IBE, siamo di fronte al primo risultato di campionamento, determinazione e analisi della comunità del fitobentos fluviale a livello provinciale così come indicato dalla Direttiva Quadro europea. Questo primo lavoro ha permesso di ottenere un elenco floristico dettagliato delle specie presenti nei principali corsi d'acqua della Provincia di Verona portando al riconoscimento di ben 182 specie di diatomee. A corredo e supporto di tale sforzo di riconoscimento e analisi sono state raccolte centinaia di immagini al microscopio ottico e, grazie alla disponibilità del Centro Regionale Amianto di ARPAV DAP di Verona, al microscopio elettronico a scansione che documentano la biodiversità delle comunità diatomiche fluviali delle stazioni indagate.



*Rhoicosphaenia abbreviata* (SEM)

Tale lavoro fornisce così una solida base di conoscenze per implementare e proseguire il monitoraggio con le diatomee anche negli anni futuri. A partire dalla base di dati ottenuta si è scelto di applicare due indici per una prima valutazione sperimentale dello stato di qualità delle acque. Entrambi gli indici mostrano un generale stato di alterazione ambientale: in particolare se confrontato con i risultati dell'IBE, l'EPI-D sembra sottostimare tale stato di alterazione mentre l'indice trofico (TI) mostra chiaramente il generale elevato tenore in nutrienti dei corsi idrici portando a classificarli quasi tutti in uno stato eutrofico o tendente all'eutrofico.

La scadente qualità biologica dei corsi d'acqua è sicuramente influenzata da una gestione ambientale non correttamente pianificata. La maggior parte dei tratti analizzati presenta una cattiva gestione di quegli elementi idro-morfologici, messi in rilievo e considerati fondamentali nella realizzazione degli obiettivi di qualità delle acque dalla più recente normativa europea. La conservazione e l'attenzione verso tali elementi può favorire l'aumento della capacità autodepurativa dei corsi d'acqua stessi.

La maggior parte dei tratti analizzati scorre in superfici ad alta attività agricola e questo incide sulla qualità chimica delle acque che si arricchiscono di sostanze nutritive provenienti dalle coltivazioni, e quindi dalle concimazioni e fertilizzazioni delle stesse (eutrofizzazione).

Spesso i Consorzi di Bonifica, lungo le aste dei corsi d'acqua di propria competenza, praticano il disboscamento di alberi e arbusti lungo le rive e lo sfalcio totale della vegetazione in alveo.

Queste attività sono mirate alla pulizia dei tratti fluviali per rendere più veloce lo scorrimento delle acque anche in caso di piena. Tali pratiche, pur mirando alla salvaguardia idraulica, ottengono però l'effetto di ridurre drasticamente la funzionalità fluviale dei corsi d'acqua e di conseguenza di peggiorarne lo stato di qualità.

**BIBLIOGRAFIA**

- AA. VV. *Biologia Ambientale*, 19 (1): 39-46. Atti del Seminario: Classificazione ecologica delle acque interne. Applicabilità della Direttiva 2000/60/CE. Trento, 12-13 febbraio 2004. G.N. Baldaccini e G. Sansoni (eds.). Ed. APAT, APPA Trento, CISBA. Trento, 2005.
  - APAT-IRSA/CNR, 2003: Metodi analitici per le acque. Volume III- sezione 9000- Indicatori Biologici, aggiornato 5/04/2004
  - ARPAV, 2004: "Rapporto sullo stato dell'ambiente della Provincia di Verona".ARPAV-Provincia di Verona
  - BESSE-LOTOTSKAYA A., VERDONSCHOT P.F.M., VAN DEN HOORN M. & J. A. SINKELDAM, 2006. Evaluation of European diatom indices. 19th International Diatom Symposium, Irkutsk 28/08-03/9, Book of abstracts, p. 18.
  - CAMPAGNOLI S. et al., 1994: "Manuale per il riconoscimento dei Macroinvertebrati delle acque dolci italiane" VOL.I. Provincia Autonoma di Trento
  - CAMPAGNOLI S. et al., 1999: "Manuale per il riconoscimento dei Macroinvertebrati delle acque dolci italiane" VOL.II. Provincia Autonoma di Trento
  - CONFORTINI I. et al., 1997: "Qualità delle acque superficiali. Monitoraggio dei corsi d'acqua principali della provincia di Verona". Provincia di Verona, PMP Verona, Regione Veneto, ULSS20,21,22
  - CORING E., 1996. Use of diatoms for monitoring acidification in small mountain rivers in Germany with special emphasis on "Diatom Assemblage Type Analysis" (DATA). In Whitton, B. A. & E. Rott (eds), Use of algae for monitoring rivers II: 7-16.
  - D.Lgs. 152/2006 "Norme in materia ambientale"
  - D.Lgs.130/92 "Attuazione della Direttiva 78/659/CEE sulla qualità delle acque che richiedono protezione o miglioramento per la vita dei pesci"
  - D.Lgs.152/1999, "Testo Unico sulle Acque, disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della Direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole" aggiornato nel 2000 dal D.Lgs.258
  - DELL'UOMO A., 2004: L'indice diatamico di eutrofizzazione/polluzione (EPI-D) nel monitoraggio delle acque correnti-Linee Guida – APAT Febbraio 2004
  - Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 Ottobre 2000: quadro per l'azione comunitaria in materia di acque
  - DIXIT S. S., J. P. SMOL, J. C. KINGSTON & D. F. CHARLES, 1992. Diatoms: powerful indicators for environmental change. *Env. Sc. and Technol.* 26: 22-33.
  - EN 13946, 2003. Water quality – Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers: 1-18.
  - EN 14407, 2004. Water quality – Guidance standard for the identification, enumeration and counting of benthic diatom samples from running waters: 1-13.
  - 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-APPA
  - GOLO D., 2002: "Qualità delle acque superficiali. Monitoraggio biologico. Principali corsi d'acqua della Provincia di Verona". Rapporto annuale 2001-2002
  - GUILLARD R. R. L. & P. KILLHAM, 1977. Technology of marine planktonic diatoms. In: Werner D. (Ed.), *The Biology of diatoms*. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 372-469.
  - [http://www.apat.gov.it/site/\\_files/Pubblicazioni/Metodi\\_bio\\_acque/fiumi\\_diatomee.pdf](http://www.apat.gov.it/site/_files/Pubblicazioni/Metodi_bio_acque/fiumi_diatomee.pdf) (vedere se è ultima versione)
  - [http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Acqua/Direttiva\\_quadro\\_sulle\\_acque\\_2000-60-CE/Caratterizzazione\\_dei\\_corpi\\_idrici\\_significativi/](http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Acqua/Direttiva_quadro_sulle_acque_2000-60-CE/Caratterizzazione_dei_corpi_idrici_significativi/)
-

- [http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Acqua/Direttiva\\_quadro\\_sulle\\_acque\\_2000-60-CE/Programmi\\_di\\_monitoraggio/](http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Acqua/Direttiva_quadro_sulle_acque_2000-60-CE/Programmi_di_monitoraggio/)
  - KELLY M.G., CAZAUBON A., CORING E., DELL'UOMO A., ECTOR L., GOLDSMITH B., GUASCH H., HÜRLIMANN J., JARLMAN A., KAWECKA B., KWANDRANS J., LAUGASTE R., LINDSTRÖM E.-A., LEITAO M., MARVAN P., PADISÁK J., PIPP E., PRYGIEL J., ROTT E., SABATER S., VAN DAM H., VIZINET J., 1998. Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. *Journal of Applied Phycology* 10: 215–224
  - KOLKWITZ R. & M. MARSSON, 1908. Ökologie der pflanzlichen Saprobien. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaften* 26: 505-519.
  - KRAMMER & LANGE-BERTALOT, 1986-1991. Süßwasserflora von Mitteleuropa (H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer, eds), Bacillariophyceae. Naviculaceae, 2/1, 1-876; Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, 2/2, 1-596; Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae, 2/3, 1-576; Achnantiaceae, 2/4, 1-437. G. Fisher, Stuttgart. New York.
  - KRAMMER K., 2002. *Cymbella*. Diatoms of Europe. *Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats* 3. A. R. G. Gartner Verlag, Ruggell, 584 pp.
  - MANN D. G. & J. M. Droop, 1996. Biodiversity, biogeographic and conservation of diatoms. *Hydrobiologia*, 336: 19-32.
  - Metodologie analitiche della componente vegetazionale negli ambienti di acque correnti (Macrofite). TK 04.04.04a. APPA Trento, ARPA Toscana, ARPA Lombardia, Istituto Superiore di Sanità, ENEA
  - Progetto BIO. Attività propedeutiche all'implementazione della Direttiva 2000/60/CE. Relazione finale. Area Tecnico Scientifica-Servizio Acque Interne. (Anno 2007-2008)
  - Rapporti ISTISAN 06/37. Comunità animali e vegetali e qualità delle acque: un contributo all'attuazione della Direttiva 2000/60/CE in Italia. Anna Testi (a), Giuliano Fanelli (a), Sara Bisceglie (a), Giorgio Pace (b), Laura Mancini (b)
  - REICHARDT E., 1997. Taxonomische Revision des Artenkomplexes um *Gomphonema pumilum* (Bacillariophyceae). *Nova Hedwigia* 65 (1-4): 99-129.
  - ROTT E., 1991. Methodological aspects and perspectives in the use of periphyton for monitoring and protecting rivers. In: B.A. Whitton, E. Rott, and G. Friedrich (eds). *Use of algae for monitoring rivers*. Institut für Botanik, University of Innsbruck, Austria, 9-16.
  - ROTT E., PIPP E. & P. PFISTER 2003. Diatom methods developed for river quality assessment in Austria and a cross-check against numerical trophic indication methods used in Europe. *Algological studies* 110: 91-115.
  - ROTT E., PFISTER P., PIPP E., PALL K., BINDER N. & K. ORTLER, 1999. Projekt BMLF: Indikationslisten für Aufwuchsalgen in Fließgewässern Österreichs, Teil 2: Trophieindikation und autökologischen Anmerkungen - WWK, Bundesministerium Land- und Forstwirtschaft, Wien. 248 pp.
  - SANSONI G., 1992: "Atlante per il riconoscimento dei Macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani". Provincia Autonoma di Trento
  - SCHAUMBURG J., SCHRANZ C., FÖRSTER J., GUTOWSKI A., HOFMANN G., MEILINGER P., SCHNEIDER S. & U. SCHMEDITJE, 2004. Ecological classification of macrophytes and phytobenthos for rivers in Germany according to the Water Framework Directive. *Limnologica*, 34: 283-301.
  - SCHAUMBURG J., SCHMEDITJE U., SCHRANZ C., KÖPF B., SCHNEIDER S., MEILINGER P., HOFMANN G., GUTOWSKI A. & J. FÖRSTER, 2005. Instruction protocol for the ecological assessment of running waters for implementation of the EU Water Framework Directive: macrophytes and phytobenthos. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Deutschland, 89 pp.
  - SILIGARDI M. et al. 2000: "I.F.F. Indice di Funzionalità Fluviale". Manuale ANPA/2000
  - VAN DAM H., MERTENS A., & J. SINKELDAM, 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28 (1): 117-133.
  - ZELINKA M. & P. MARWAN, 1961. Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. *Arch. Hydrobiol.* 57: 389-407.
-