

Diatomee come indicatori della qualità biologica dei corsi d'acqua. EPI-D ed altri metodi europei a confronto: il caso studio del fiume Tevere

**Cristina Cappelletti^{1*}, Francesca Ciutti¹, Alessandra Crippa¹,
Laura Mancini², Maria Elena Beltrami², Elio Pierdominici², Antonio Dell'Uomo³**

1 Istituto Agrario di San Michele all'Adige - Via E. Mach, 1 - 38010 San Michele all'Adige (TN)

2 Istituto Superiore di Sanità - Viale Regina Elena, 299 - 00161 Roma

3 Università di Camerino, Dipartimento di Botanica ed Ecologia, Via Pontoni, 5 - 62032 Camerino (MC)

** Referente per la corrispondenza (Fax 0461 650956; cristina.cappelletti@iasma.it)*

Riassunto

L'analisi della comunità delle diatomee epilithiche è utilizzata in molti paesi europei ed extraeuropei come strumento di valutazione della qualità biologica delle acque correnti.

Scopo del presente lavoro è verificare l'applicabilità dell'Indice Diatomico di Eutrofizzazione/Polluzione (EPI-D) sul fiume Tevere e su un suo tributario (Aniene) e valutare la correlazione con i principali indici diatomici europei. A tal fine il calcolo degli indici è stato effettuato attraverso l'impiego del software Omnidia 3.2.

Lo studio ha permesso di identificare un elevato numero di taxa ed ha rilevato una scadente qualità dei corsi d'acqua oggetto dell'indagine. L'EPI-D ha evidenziato una correlazione significativa con tutti gli indici considerati, ad eccezione di %PT e di IDG.

PAROLE CHIAVE: Diatomee epilithiche / indici diatomici / EPI-D / Direttiva 2000/60/CE / Tevere

Diatoms as indicators of biological quality of rivers. A comparison among EPI-D and other European methods: a case study of Tiber river

Epilithic diatoms are used for biological quality assessment in running waters in many European countries. This study represents a first attempt to apply EPI-D diatom index to the Tiber and Aniene rivers. Other European diatom indices have been also calculated using OMNIDIA 3.2 software and a correlation among indices has been estimated.

124 diatom species have been identified. EPI-D values showed a bad quality in almost all sampling stations. EPI-D revealed a significant correlation with all considered indices, except for %PT and IDG.

KEY WORDS: Epilithic diatoms / diatom index / EPI-D / Water Framework Directive 2000/60/EC / Tevere

INTRODUZIONE

La Direttiva 2000/60/CE (UNIONE EUROPEA, 2000) individua tra gli elementi biologici necessari per la classificazione dello stato ecologico dei corsi d'acqua, la "composizione e abbondanza della flora acquatica". In questo contesto le Diatomee, organismi acquatici tra i più sensibili nella definizione della qualità biologica dei fiumi e già utilizzati in molti paesi europei ed extraeuropei (WHITTON *et al.*, 1991; WHITTON e ROTT, 1996; PRYGIEL *et al.*, 1999), possono essere elette come rappresentanti della comunità algale.

In Italia, a seguito di studi svolti su corsi d'acqua di tipologia appenninica, è stato sviluppato un indice diatomico -EPI-D, Indice di Eutrofizzazione/Polluzione- basato sulla sensibilità delle Diatomee nei confronti

della sostanza organica, dei sali nutritivi e della mineralizzazione dell'acqua, più specificatamente dei cloruri (DELL'UOMO, 1996; DELL'UOMO e TANTUCCI, 1996; GRANDONI e DELL'UOMO, 1996; DELL'UOMO e GRANDONI, 1997; DELL'UOMO, 1999; DELL'UOMO *et al.*, 1999; TORRISI e DELL'UOMO, 2001; DELL'UOMO, 2004). Tale indice è stato applicato sporadicamente anche in realtà differenti, come, ad esempio, quelle dei corsi d'acqua alpini (CIUTTI *et al.*, 2000; CAPPELLETTI *et al.*, 2003; CIUTTI *et al.*, 2004).

Il presente lavoro è parte integrante di un più ampio progetto di ricerca dell'Istituto Superiore di Sanità dal titolo "Indicatori di sostenibilità per la valutazione integrata degli impatti antropici sulle acque superficiali e

strategie di protezione delle risorse idriche per le popolazioni: il caso di studio del bacino idrografico del fiume Tevere”, condotto nel corso del 2002 e del 2003. Scopo del lavoro è valutare l’efficacia dell’EPI-D nella definizione della qualità di acque mediamente-pesantemente impattate e confrontarlo con gli altri indici europei.

MATERIALI E METODI

Area di studio

L’indagine è stata condotta nel corso del 2002 (febbraio, maggio e ottobre) sul bacino idrografico del fiume Tevere, su quattro stazioni dell’asta principale (Passo Corese - PC, Castel Giubileo - CG, Magliana - MA e Mezzocamino - ME) e su una stazione sita sul fiume Aniene a Ponte Mammolo (A) (Fig. 1).

La stazione Passo Corese è sita circa 20 Km a monte di Roma. Il territorio circostante è adibito a coltivazioni agricole e la vegetazione perfluviale è limitata ad una ristretta fascia arborea, spesso discontinua.

La prima stazione localizzata all’interno della città di Roma, Castel Giubileo, si trova a valle di uno sbarramento idroelettrico, i cui rilasci causano frequenti oscillazioni della portata e del livello dell’acqua. L’area circostante è caratterizzata da coltivazioni e sporadiche aree urbanizzate, mentre la fascia perfluviale presenta vegetazione riparia arborea discontinua. La stazione Magliana è localizzata a monte del depuratore ROMA SUD. L’area circostante è principalmente agricola con qualche insediamento urbano. La fascia di vegetazione riparia, arborea ed arbustiva, è molto stretta e discontinua. La stazione Mezzocamino è localizzata a valle del depuratore ROMA SUD in un’area principalmente agricola. La fascia di vegetazione perfluviale, stretta e spesso interrotta, è arborea. Il detrito è frequentemente anaerobico. Nelle stazioni indagate l’alveo è raddrizzato, la corrente è uniforme e i sedimenti sono sabbiosi o limosi. Il periphyton è generalmente sviluppato, mentre le macrofite acquatiche sono rare. La larghezza dell’alveo è stimata tra i 40 e i 60 metri.

La stazione Ponte Mammolo è invece situata sul fiume Aniene, affluente in riva sinistra del Tevere con confluenza all’interno della città di Roma. L’area circostante la stazione di campionamento è urbanizzata con sporadiche aree coltivate e presenta una fascia riparia arbustiva. I sedimenti sono sabbiosi e spesso il detrito è anaerobico. L’alveo, largo 8-10 metri, presenta una sezione naturale, mancano raschi e pozze, la corrente è uniforme.

Studio della comunità diatomica

Il campionamento è stato effettuato secondo metodiche standardizzate (KELLY *et al.*, 1998). Le Diatomee epilitiche sono state prelevate raschiando con uno

spazzolino i substrati duri presenti (ciottoli o, in talune stazioni, substrati verticali inerti, es. piloni di ponti). Il materiale raccolto è stato fissato in formalina al 4%. I campioni sono stati trattati in laboratorio con acqua ossigenata a 130 vol. fino a completa ossidazione della sostanza organica e con acido cloridrico per la dissoluzione del carbonato di calcio. I frustuli puliti sono stati quindi montati in vetrini permanenti utilizzando la resina sintetica Naphrax (indice di rifrazione 1.7) (EN 13946, 2003). La determinazione tassonomica è stata effettuata fino al livello di specie con osservazione al microscopio ottico a 1000 ingrandimenti e l’impiego di chiavi dicotomiche (KRAMMER e LANGE-BERTALOT, 1986-2000).

La valutazione dell’abbondanza relativa delle specie è stata compiuta attraverso il conteggio di 400 valve secondo procedure standardizzate (EN 14407, 2004). Tale metodo è stato preferito a quello dell’attribuzione

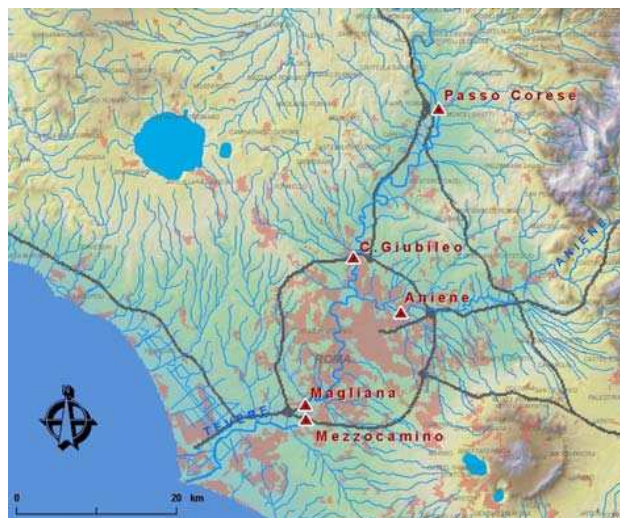


Fig. 1. Mappa delle stazioni (Passo Corese PC, Castel Giubileo CG, Magliana MA, Mezzocamino ME, Aniene A).

Tab. I. Elenco dei generi e loro ricchezza in specie e varietà rilevate nella conta di 400 valve per campione.

Genere	n° sp. e var.	Genere	n° sp. e var.
<i>Achnanthes</i>	7	<i>Fragilaria</i>	7
<i>Amphipecta</i>	1	<i>Frustulia</i>	1
<i>Amphora</i>	6	<i>Gomphonema</i>	5
<i>Asterionella</i>	1	<i>Gyrosigma</i>	1
<i>Bacillaria</i>	1	<i>Melosira</i>	1
<i>Caloneis</i>	1	<i>Navicula</i>	31
<i>Cocconeis</i>	4	<i>Nitzschia</i>	33
<i>Cyclostephanos</i>	1	<i>Reimeria</i>	1
<i>Cyclotella</i>	9	<i>Rhoicosphenia</i>	1
<i>Cymbella</i>	3	<i>Stephanodiscus</i>	2
<i>Diatoma</i>	2	<i>Surirella</i>	4
<i>Diploneis</i>	1	Tot. specie e varietà	124

di classi di abbondanza –da 1, specie presente a 5, specie dominante– (DELL’UOMO *et al.*, 1999; DELL’UOMO, 2004), al fine di uniformare la procedura con quella già adottata da altri metodi europei (CIUTTI *et al.*, 2004).

Il calcolo degli indici che utilizzano le Diatomee, compreso l’EPI-D è stato effettuato attraverso l’impiego del software Omnidia 3.2 (LECOINTE *et al.*, 1993; LECOINTE *et al.*, 1999). I valori ottenuti sono standardizzati in scala 1 a 20, così da rendere più semplice ed immediato il confronto tra i diversi metodi. Gli altri indici calcolati sono: Indice di Polluzione Specifica - IPS (CEMAGREF, 1982), Indice di Sladeczek - SLA (SLADECEK, 1986), Indice di Descy - DES (DESCY, 1979), Indice di Leckerq e Maquet - L&M (LECKERQ e MAQUET, 1987), Indice di Steinberg e Schiefele - SHE (STEINBERG e SCHIEFELE, 1988, SCHIEFELE e SCHREINER, 1991), Indice di Watanabe - WAT (WATANABE, 1982, 1990), Indice Trofico Diatomico di Kelly e Whitton - TDI (KELLY e WHITTON, 1995; KELLY, 1998), Indice Saprobico di Rott - ROTT (ROTT *et al.*, 1997), Indice Diatomico Generico - IDG (COSTE e AYPHASSORHO, 1991), Indice di Descy e Coste - CEE (DESCY e COSTE, 1991) - Indice Biologico Diatomico - IBD (LENOIR e COSTE, 1996, PRYGIEL e COSTE, 2000), Indice Diatomico Artois-Picardie - IDAP (PRYGIEL *et al.*, 1996). L’analisi di correlazione fra gli indici (matrice di correlazione con $n=12$ e $p<0,05$) è stata effettuata utilizzando il software STATISTICA 4.0.

RISULTATI

L’analisi dei 15 campioni ha evidenziato, nel solo conteggio di 400 valve per campione, la presenza di un elevato numero di specie e varietà (124), appartenenti a 23 generi (Tab. I). Il maggior numero di taxa appartiene ai generi *Navicula* Bory sensu lato (31) e *Nitzschia* A. H. Hassall (33), tipicamente presenti nel tratto medio e terminale del corso d’acqua e in ambienti

polluti. Il numero totale di taxa individuati nei singoli campioni varia da 16 a 56. Il numero minore di taxa (16) è stato rilevato nel campione di maggio nella stazione Castel Giubileo; il numero maggiore (56) nei campioni di maggio e di ottobre nella stazione Passo Corese. Delle 124 specie identificate, 15 non sono comprese nell’elenco delle specie di Omnidia 3.2 utili al fine del calcolo dell’EPI-D, poiché per esse mancano i valori di *i* (indice integrato ponderato di sensibilità della specie) ed *r* (affidabilità della specie come indicatore): risulta pertanto che una percentuale di valve variabile dallo 0,3 % al 15,6%, a seconda dei campioni, non viene considerata dal software per il calcolo dell’indice. I risultati del monitoraggio biologico effettuato attraverso l’analisi della comunità delle Diatomee epilittiche con il metodo EPI-D sono riportati nella tabella II. In generale si osserva una qualità scadente delle stazioni in tutte le campagne di indagine, ad eccezione della stazione Passo Corese nella data di febbraio, che presenta una II classe di qualità. Le sezioni indagate, sia sul Tevere sia sull’Aniene, infatti, evidenziano condizioni di marcato degrado e si collocano in ambienti di IV e V classe di qualità (8 dati su 12).

Il confronto fra gli indici è stato effettuato considerando la classificazione proposta da PRYGIEL *et al.* (1999), che distingue tre categorie principali di metodi: quelli che valutano la qualità generale dell’acqua e quelli che valutano il solo livello trofico o il solo livello saprobico (Tab. III). In particolare nella figura 2 sono riportati i valori degli indici che, come l’EPI-D, valutano la qualità generale dell’acqua, tutti rapportati alla scala 1-20. Non sono stati considerati gli indici saprobici e quelli trofici, che riguardano più specificatamente una delle componenti responsabili della qualità globale del corpo idrico. Si può notare che gli indici presentano un andamento abbastanza simile, a dimostrazione che tutti i metodi denotano una qualità scadente dell’ambiente in studio, ad esclusione di IDG ed

Tab. II. Valori di EPI-D (in scala 1-20 ed in scala 0-4), classi e giudizi di qualità delle stazioni indagate (Passo Corese PC, Castel Giubileo CG, Magliana MA, Mezzocamino ME, Aniene A) nei periodi febbraio (feb), maggio (mag) e ottobre (ott) 2002.

stazione	data	valori EPI-D scala 1-20	valori EPI-D scala 0-4	classe	qualità
PC	feb	13,4	1,39	II	buona
PC	mag	10,7	1,96	III	mediocre
PC	ott	9,4	2,23	III	mediocre
CG	feb	9,1	2,29	III/IV	mediocre/cattiva
CG	mag	8,1	2,51	IV	cattiva
CG	ott	7,2	2,69	IV	cattiva
MA	mag	5,5	3,05	V	pessima
MA	ott	5,2	3,12	V	pessima
ME	feb	8,7	2,38	IV	cattiva
ME	mag	5,9	2,97	IV/V	cattiva/pessima
ME	ott	7,3	2,67	IV	cattiva
A	mag	6,5	2,84	IV	cattiva

indice di Descy, che, in determinate stazioni, hanno un'evoluzione opposta a quella generale degli altri.

L'andamento comune degli indici trova conferma nell'analisi di correlazione (Tab. IV). L'EPI-D è infatti significativamente correlato con tutti gli indici, ad eccezione di IDG, che è l'unico, tra quelli considerati, a prevedere la determinazione delle Diatomee al livello di genere. L'altro indice che presenta bassa correlazione con l'EPI-D è %PT (% numerica -sulla conta delle valve- di individui tolleranti l'inquinamento), che non è propriamente un indice, ma un dato necessario ed ausiliario per l'interpretazione del TDI. La correlazione è buona, non solo con gli indici che valutano la qualità generale dell'acqua, ma anche con quelli che stimano il livello saprobico e quello trofico dell'acqua. Nella matrice di correlazione (Tab. IV) sono riportati anche i valori di correlazione significativa e altamente significativa per gli altri indici.

DISCUSSIONE

In generale tutti gli indici evidenziano la situazione di degrado ambientale del tratto di bacino indagato, in quanto le Diatomee (produttori primari) sono in grado di rilevare con puntualità l'impatto determinato dall'aumento dei fattori eutrofizzanti e inquinanti. I soli indici che, in situazioni puntuali, hanno evidenziato un andamento diverso rispetto agli altri sono l>IDG, per il quale già DELL'UOMO *et al.* (1999) avevano evidenziato una bassa correlazione con l'EPI-D e l'indice di Descy. Quest'ultimo è, peraltro, il primo indice diatamico sviluppato che, pur sensibile soprattutto al carico organico (DESCY, 1979), considera però un numero

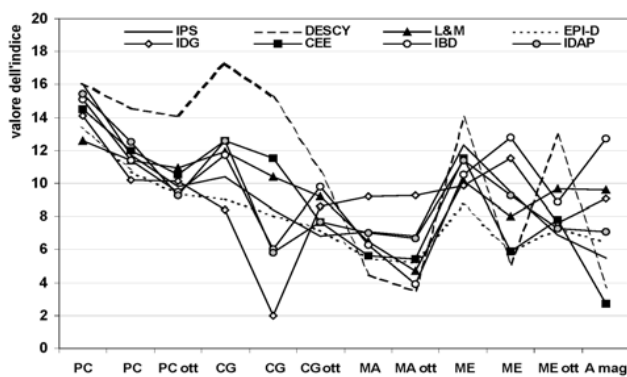


Fig. 2. Andamento degli indici che valutano la qualità generale dell'acqua (riportati all'intervallo 1-20) delle stazioni indagate (Passo Corese PC, Castel Giubileo CG, Magliana MA, Mezzocamino ME, Aniene A) nei periodi febbraio (feb), maggio (mag) e ottobre (ott) 2002.

esiguo di taxa (106 specie e varietà) e pertanto, non è in grado di descrivere in modo appropriato la situazione compromessa del Tevere. Si deve comunque tener presente che altre eventuali discordanze tra gli indici possono essere legate al fatto che metodi diversi si basano su liste specifiche non coincidenti e sviluppate in realtà differenti. Ad esempio, nell'ambiente in studio, sono state rinvenute quindici specie non comprese nell'elenco dei taxa considerati dall'EPI-D. Da qui emerge la necessità di avviare una raccolta di dati in diverse realtà italiane per procedere alla messa a punto di una metodica standardizzata che possa essere applicata correntemente in tutta la nazione. Si osserva comunque, che in ambienti inquinati, come quello ogget-

Tab. III. Classificazione degli indici basati sulle Diatomee proposta da PRYGIEL *et al.* (1999).

Metodi per la valutazione della qualità generale dell'acqua

Comprendono gli INDICI DIATOMICI, basati su abbondanza, sensibilità all'inquinamento, valore indicatore ed utilizzano la formula di ZELINKA e MARVAN (1961), che deriva dal sistema saprobico:

- DES - Indice di Descy (DESCY, 1979)
- IPS - Indice di Polluzione Specifico (Coste, in CEMAGREF, 1982)
- IDG: Indice Diatomico Generico (RUMEAU e COSTE, 1988)
- L&M : Indice di Leclercq e Maquet (LECLERCQ e MAQUET, 1987)
- IDAP: Indice Diatomico Artois Picardie (PRYGIEL *et al.*, 1996)
- IBD: Indice Biologico Diatomico (LENOIR e COSTE, 1996)
- EPI-D: Indice di Eutrofizzazione e Polluzione (DELL'UOMO, 1996)

Ed altri indici:

- CEE: Indice di Descy e Coste (DESCY e COSTE, 1990; 1991)
- Indice di Round (ROUND, 1993)

Metodi per la valutazione del livello saprobico

- SHE: Indice di Steinberg e Schiefele (STEINBERG e SCHIEFELE, 1988, SCHIEFELE e SCHREINER, 1991)
- SLA: Indice di Sládeček (SLÁDEČEK, 1986)
- WAT: Indice Saproibico di Watanabe (WATANABE, 1982 e 1990)

Metodi per la valutazione del livello trofico

- TDI: Indice Diatomico Trofico di Schiefele e Kohmann (SCHIEFELE e KOHMANN, 1993)
- KEL: Indice Diatomico Trofico di Kelly e Whitton (KELLY e WHITTON, 1995)

Tab. IV. Matrice di correlazione (programma STATISTICA) tra gli indici selezionati (*: correlazione significativa; **: correlazione altamente significativa).

	IPS	SLA	DES	L_M	SHE	WAT	TDI	%PT	EPI_D	ROTT	IDG	CEE	IBD	IDAP
IPS	1	0,65340*	0,64447*	0,63892*	0,81289**	0,89782**	-0,49735	-0,01649	0,86734**	0,81161**	0,52986	0,83518**	0,57191	0,91320**
SLA		1	0,93403**	0,85227**	0,87962**	0,72709**	-0,59190*	0,24954	0,81871**	0,9086**	-0,19686	0,9192**	0,28905	0,54107
DES			1	0,85174**	0,94457**	0,65875*	-0,46992	0,07794	0,80438**	0,95093**	-0,11205	0,93364**	0,30182	0,58978
L_M				1	0,82278**	0,81473**	-0,47526	0,01696	0,86153**	0,85416**	0,09022	0,76458**	0,68360*	0,67366
SHE					1	0,75378**	-0,57586	-0,03718	0,91148**	0,95295**	0,15987	0,96470**	0,41165	0,75099**
WAT						1	-0,53872	0,01309	0,89896**	0,80623**	0,39844	0,76959**	0,69436*	0,85978**
TDI							1	0,24142	-0,74206**	-0,43263	-0,14748	-0,57337	-0,14411	-0,45587
%PT								1	-0,17066	0,14673	-0,50636	0,09666	-0,09586	-0,19161
EPI_D									1	0,85426**	0,35401	0,87194**	0,59255*	0,83644**
ROTT										1	0,08780	0,96296**	0,44225	0,74688**
IDG											1	0,07150	0,61245*	0,66193
CEE												1	0,30592	0,73153**
IBD													1	0,72782**
IDAP														1

to di indagine, il metodo EPI-D mostra una buona correlazione con gran parte degli indici europei.

Lo studio conferma inoltre, come osservato in un lavoro precedente (CIUTTI *et al.*, 2004,) che la metodica di assegnazione delle abbondanze attraverso il conteggio di un numero definito di valve (400) descrive in modo appropriato, sia pur nei suoi limiti intrinseci, la comunità diatomica. Essa rappresenta pertanto una valida modalità di assegnazione dell'abbondanza relativa da utilizzarsi in modo routinario e speditivo ai fini della sorveglianza ambientale.

CONCLUSIONI

In un ambiente con elevato grado di contaminazio-

ne, come quello in studio, l'EPI-D ha evidenziato una correlazione significativa con la maggior parte degli indici considerati. Tale risultato andrà confermato da ulteriori ricerche e verificato anche in realtà con diversa tipologia e grado di contaminazione. Le indicazioni ottenute possono costituire comunque, un supporto al processo di standardizzazione del metodo proposto per l'Italia, indispensabile per la predisposizione di una metodica d'indagine biologica che utilizzi i bioindicatori algali per la valutazione dello "stato ecologico" dei corsi d'acqua, come previsto dalla Water Framework Directive (CIUTTI, 2003). Il presente lavoro fornisce inoltre un contributo conoscitivo sulla presenza e distribuzione delle Diatomee epilittiche nei corsi d'acqua italiani.

BIBLIOGRAFIA

- CAPPELLETTI C., CIUTTI F., TORRISI M., 2003. Diatomee epilittiche e qualità biologica del torrente Noce (Trentino). In: Baldaccini G.N. e G. Sansoni (eds.), *Atti del Seminario di Studi "Nuovi orizzonti dell'ecologia"*. Trento, 18-19 aprile 2002. Provincia Auton. di Trento, APPA Trento, CISBA. Trento: 177-181.
- CEMAGREF, 1982. *Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux*. Rapport Q.E. Lyon-A.F. Bassin Rhône-Méditerranée-Corse, Lyon, France, 218 pp.
- CIUTTI F., 2003. Monitoraggio dei corsi d'acqua con indicatori algali (Diatomee). In: *Le acque superficiali e i sedimenti*. Ann. Ist. Super. Sanità 2004/1 (in stampa).
- CIUTTI F., CAPPELLETTI C., CORRADINI F., 2004. Applicazione dell'indice EPI-D a un corso d'acqua delle Alpi (Torrente Fersina): osservazioni sulla metodica di determinazione delle abbondanze relative. *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Biologica*, **80**: 97-102.
- CIUTTI F., CAPPELLETTI C., MONAUNI C., SILIGARDI M., DELL'UOMO A., 2000. Qualità biologica e funzionalità del torrente Fersina (Trentino). *Dendronatura*, **20** (2): 12-22.
- COSTE M., AYPHASSORHO H., 1991. *Etude de la qualité des eaux du bassin Artois-Picardie à l'aide des communautés de diatomées benthiques. Application des indices diatomiques au réseau*. Cemagref Bordeaux - Agence de l'Eau Artois-Picardie. Rapport Convention d'étude n. 90 X 3300 du 19 Juin 1990, 227 pp.
- DELL'UOMO A., 1996. Assessment of water quality of an apennine river as a pilot study for Diatom-based monitoring of italian watercourses. In: Whitton B.A., Rott E. (eds.), *Use of algae for monitoring rivers II*. Institut für Botanik, Universität Innsbruck: 65-72.
- DELL'UOMO A., 1999. Use of algae for monitoring rivers in Italy: current situation and perspectives. In: Prygiel J., Whitton B.A. & Bukowska J. (eds.), *Use of algae for monitoring rivers III*. Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai, France: 17-25.
- DELL'UOMO A., 2004. *L'indice diatomico di eutrofizzazione/polluzione (EPI-D) nel monitoraggio delle acque correnti*. APAT, CTN-AIM c/o ARPA Toscana, Firenze, 101 pp.
- DELL'UOMO A., GRANDONI P., 1997. Diatomee e qualità dell'acqua: biomonitoraggio del Fiume Sentino (bacino del Fiume Esino, Marche). In: *Atti dell'Ottavo Congresso Nazionale della S.It.E "Ecologia"*, Parma, 10-12 settembre 1997. S.It.E Atti, **18**: 445-448.
- DELL'UOMO A., PENSIERI A., CORRADETTI D., 1999. Diatomées épilithiques du fleuve Esino (Italie centrale) et leur utilisation pour l'évaluation de la qualité biologique de l'eau. *Cryptogamie, Algologie*, **20** (3): 253-269.
- DELL'UOMO A., TANTUCCI C., 1996. Impiego delle Diatomee nel monitoraggio biologico del Fiume Musone (Marche). In: *Atti del Settimo Congresso Nazionale della S.It.E "Ecologia"*,

- Napoli, 11-14 settembre 1996. S.It.E Atti, **17**: 499-502.
- DESCY J.P., 1979. A new approach to water quality estimation using diatoms. *Nova Hedwigia*, **64**: 305-323.
- DESCY J.P., COSTE M., 1990. *Utilisation des diatomées benthiques pour l'évaluation de la qualité des eaux courantes*. EEC contract B-71-23, final report. UNECED, FNNDP, Namur, Belgium - Cemagref, Bordeaux, 64 pp.
- DESCY J.P., COSTE M., 1991. A test of methods for assessing water quality based on diatoms. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung Für Theoretische und Angewandte Limnologie*, **24**: 2112-2116.
- EN 13946, 2003. *Water quality - Guidance Standard for the routine sampling and pre-treatment of benthic diatom samples from rivers*, 14 pp.
- EN 14407, 2004. *Water quality - Guidance Standard for the identification, enumeration and interpretation of benthic diatom samples from running waters*. European Committee for Standardization, Brussels, 12 pp.
- GRANDONI P., DELL'UOMO A., 1996. Biomonitoraggio dell'alto corso del Fiume Potenza (Marche) mediante impiego di Diatomee. *Riv. Idrobiol.*, **35**: 71-85.
- KELLY M.G., 1998. Use of the trophic diatom index to monitor eutrophication in rivers. *Water Research*, **36**: 236-242.
- 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., LINDSTRØM E.A., LEITAO M., MARVAN P., PADISÁK J., PIPP E., PRYGIEL J., ROTT E., SABATER S., VAN DAM H., VIZINET J., 1998. Recommendations for routine sampling of diatoms for water quality assessment in Europe. *J. Appl. Phycol.*, **10**: 215-224.
- KELLY M.G., WHITTON B.A., 1995. The Trophic Diatom Index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *J. Appl. Phycol.*, **7**: 433-444.
- KRAMMER K., LANGE-BERTALOT H., 1986, 1988, 1991a, 1991b, 2000. *Bacillariophyceae*. Susswasserflora von Mitteleuropa. 2(1-5), G Fischer, Stuttgart. 876 + 596 + 576 + 437 + 311 pp.
- LECLERCQ L., MAQUET B., 1987. *Deux nouveaux indices chimique et diatomique de qualité d'eau courante. Application au Samson et à ses affluents (Bassin de la Meuse Belge). Comparaison avec d'autres indices chimiques, biocénologiques et diatomiques*. Inst. Royal des Sc. Nat. de Belgique, Doc. de Travail, 38, 113 pp.
- LECOINTE C., COSTE M., PRYGIEL J., 1993. OMNIDIA software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia*, **269/270**: 509-513.
- LECOINTE C., COSTE M., PRYGIEL J., ECTOR L., 1999. Le logiciel Omnidia version 2, une puissante base de données pour les inventaires de diatomées et pour le calcul des indices diatomiques européens. *Cryptogamie, Algologie*, **20** (2): 132-134.
- LENOIR A., COSTE M., 1996. Development of a practical diatom index of overall water quality applicable to the French national water Board network. In: Whitton B.A., Rott E. (eds.), *Use of algae for monitoring rivers II*. Institut für Botanik, Universität Innsbruck: 29-43.
- PRYGIEL J., COSTE M., BUKOWSKA J., 1999. Review of major diatom - based techniques for the quality assessment of rivers - State of the art in Europe. In: Prygiel J., Whitton B.A. e Bukowska J. (eds.), *Use of algae for monitoring rivers III*. Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai, France: 224-238.
- PRYGIEL J., COSTE M., 2000. *Guide méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées*. NF T 90-354. Agences de l'eau - Cemagref, Douai, 134 pp.
- PRYGIEL J., LÉVEQUE L., ISERENTANT R., 1996. Un nouveau indice diatomique pratique pour l'évaluation de la qualité des eaux en réseau de surveillance. *Rev. Sci. Eau*, **1**: 97-113.
- PRYGIEL J., WHITTON B.A., BUKOWSKA J., 1999. *Use of algae for monitoring rivers III*. Proc. International Symposium, Douai, France 29 september-1 october 1997, Agence de l'Eau Artois-Picardie, 271 pp.
- ROTT E., HOFMANN G., PALL K., PFISTER P., PIPP E., 1997. *Indikationslisten für Aufwuchsalgen in österreichischen Fließgewässern. Teil I: Saprobien Indikation (Indicator species lists for periphyton in Austrian rivers. Part 1: Saprobic indication)*. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium f. Land - und Forstwirtschaft, Wien, 73 pp.
- ROUND F.E., 1993. *A review and methods for the use of epilithic diatoms for detecting and monitoring changes in river water quality*. Methods for the examination of water and associated materials. HMSO, London, 63 pp.
- RUMEAU A., COSTE M., 1988. Initiation à la systématique des Diatomées d'eau douce. *Bull. Fr. Peche Piscic.*, **309**: 1-69.
- SCHIEFELE S., KOHMANN F., 1993. *Bioindikation der Trophie in Fließgewässern*. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Forschungsbericht Nr. 102 01 504.
- SCHIEFELE S., SCHREINER C., 1991. Use of diatoms for monitoring nutrient enrichment, acidification and impact of salt in rivers in Germany and Austria. In: Whitton B.A., Rott E., Friedrich G. (eds), *Use of algae for monitoring rivers*. Düsseldorf, Germany. Institut für Botanik Universität Innsbruck, Studia Student. G.m.b.H., Innsbruck: 103-110.
- SLÁDEČEK V., 1986. Diatoms as indicators of organic pollution. *Acta Hydrochimica Hydrobiologica*, **14**: 555-566.
- STEINBERG C., SCHIEFELE S., 1988. Biological indication of trophy and pollution of running waters. *Z. Wasser-Abwasser-Forsch.*, **21**: 227-234.
- TORRISI M., DELL'UOMO A., 2001. Les diatomées benthiques des parties rithrales et potamales des cours d'eau de l'Apennin central (Italie) et leurs significations écologiques. *Algological Studies*, **102**: 35-47.
- UNIONE EUROPEA, 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities* L327, 73 pp.
- WATANABE T., 1982. Numerical assessment of river pollution based on the water quality chart. *Research report on Environmental Science*, B121-R-12-10, 92-95.
- WATANABE T., 1990. Numerical simulation of organic pollution in flowing waters. In: *Encyclopedia of Environmental Technology*, Vol. 4. Hazardous Waste Containment and Treatment. Gulf Publishing Company, Houston, Texas: 251-281.
- WHITTON B.A., ROTT E., FRIEDRICH G., 1991. *Use of algae for monitoring rivers*. Proc. International Symposium, Düsseldorf, Germany 26-28 May 1991. Institut für Botanik, Univ. Innsbruck, 193 pp.
- WHITTON B.A., ROTT E., 1996. *Use of algae for monitoring rivers II*. Proc. International Symposium, Innsbruck, Austria 17-19 September 1995, Inst. für Botanik, Univ. Innsbruck, 196 pp.
- ZELINKA M., MARVAN P., 1961. Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. *Arch. Hydrobiol.*, **57**: 389-407.