

GORTANIA - Atti Museo Friul. di Storia Nat.	30 (2008)	73-88	Udine, 31.VII.2009	ISSN: 0391-5859
---	-----------	-------	--------------------	-----------------

R. ZORZA, G. HONSELL

STUDIO SULLE DIATOMEES BENTONICHE DEL FIUME NATISONE (ITALIA NORD-ORIENTALE)

BENTHIC DIATOMS OF NATISONE RIVER (NORTH-EASTERN ITALY)

Riassunto breve - In questo lavoro vengono riportati i risultati di uno studio di biomonitoraggio condotto tramite l'analisi delle diatomee bentoniche, utilizzate come bioindicatori dello stato di inquinamento ed eutrofizzazione del Fiume Natisone (Friuli Venezia Giulia). Lo studio è stato eseguito attraverso l'applicazione dell'indice EPI-D (Eutrophication/Pollution Index - Diatom based) (DELL'UOMO, 2004). L'analisi della qualità delle acque è stata eseguita su 10 stazioni lungo il corso del fiume attraverso due campagne di rilevamento (una estiva ed una autunnale) nel 2005. La qualità delle acque è risultata sempre ottima/buona tranne che per la parte finale del corso inferiore del fiume.

Parole chiave: Acque correnti, Diatomee, Qualità delle acque, Indici biologici, Natisone.

Abstract - *The results of a biomonitoring study carried out by the analysis of benthic diatoms, used as bioindicators of pollution and eutrophication in the Natisone River (North-eastern Italy), are reported. The EPI-D index (Eutrophication/Pollution Index - Diatom based) (DELL'UOMO, 2004) was applied. Benthic diatoms were sampled in ten stations along the river in summer and autumn 2005. The water quality resulted very good for almost all stations.*

Key words: *Running waters, Benthic diatoms, Water quality, Biotic indices, Natisone River.*

1. Introduzione

La Direttiva Europea WFD/60/2000/EC⁽¹⁾ prevede nell'allegato V che nella valutazione dello stato ecologico dei fiumi venga tenuta in considerazione la composizione specifica e l'abbondanza di diversi indicatori biologici tra cui i macroinvertebrati bentonici, la fauna ittica e la flora acquatica costituita essenzialmente da alghe, briofite e idrofite fanerogamiche.

Le alghe ed in particolare le diatomee, sono particolarmente sensibili alle caratteristiche chimiche e fisiche di un corpo idrico in quanto completamente immerse con il loro corpo vegetativo o tallo e ben fisse al substrato. Per questo motivo sono considerate degli ottimi

(1) Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of the 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal L 327, 22 Dec. 2000.

bioindicatori e si rivelano le più idonee al monitoraggio delle acque correnti, essendo presenti con una notevole diversità in tutti i fiumi ed essendo dotate di un'elevata reattività al variare delle condizioni ambientali. Le diatomee delle acque correnti sono ben conosciute sia dal punto di vista sistematico che ecologico in quanto importanti componenti nel fitobenthos.

L'analisi della composizione specifica e della diversità delle comunità di diatomee fornisce utili indicazioni sulla qualità biologica dei corsi d'acqua in cui esse vivono e risulta un elemento fondamentale in quanto permette di valutare l'influenza diretta dei fattori di eutrofizzazione e inquinamento sulle comunità fluviali. Un'alta diversità tassonomica delle diatomee corrisponde in genere ad uno stato ecologico elevato di un corpo idrico. Sono stati sviluppati a questo proposito diversi indici basati sulle diatomee bentoniche.

Il monitoraggio tramite diatomee è ormai largamente utilizzato, nelle sue varianti nazionali, in quasi tutti i paesi d'Europa, dove risulta già istituzionalizzato, in Austria (WHITTON et al., 1991; WHITTON & ROTT, 1996; ROTT et al., 1997), in Francia con l'IBD (Indice Biologique Diatomées) (PRYGIEL & COSTE, 2000), in Gran Bretagna con il Trophic Diatom Index (TDI) (KELLY & WHITTON, 1995), mentre in Italia è ancora in fase di definizione la metodica ufficiale da utilizzare.

In Italia, per la zona centro-appenninica, è stato sviluppato l'indice EPI-D (Eutrophication/Pollution Index - Diatom based, DELL'UOMO, 2004), che si basa sulla sensibilità delle diatomee nei confronti della sostanza organica, dei sali nutritivi e della mineralizzazione dell'acqua, con particolare riferimento ai cloruri, individuando specie di diatomee tipiche di ambiente non inquinato, di ambiente moderatamente inquinato e di ambienti fortemente inquinati. Questo indice esprime pertanto una valutazione sulla qualità globale del corpo idrico, con riferimento al suo stato trofico ed ai fenomeni di inquinamento organico e minerale.

Attualmente in Italia questo è l'unico indice che è stato applicato attraverso studi sperimentali anche in Trentino Alto Adige (CIUTTI et al., 2000; CIUTTI, 2005) e in Piemonte (BONA et al., 2005; FALASCO et al., 2005). Pochi sono gli studi condotti finora in Friuli Venezia Giulia (CANTONATI, 2004; MIANI et al., 2006; FRANCHI et al., 2007).

Per questo motivo è iniziato uno studio sui fiumi del Friuli Venezia Giulia con l'intenzione di fornire un contributo alla conoscenza della microflora a diatomee e sperimentare l'applicazione dell'indice EPI-D per la valutazione dello stato di qualità delle acque. I primi dati sulle diatomee bentoniche del Fiume Natisone, al margine orientale delle Prealpi Giulie, sono presentati in questo studio.

1.1 Il Fiume Natisone

L'indagine è stata condotta sulla parte del bacino del Fiume Natisone (Provincia di Udine) compresa in territorio italiano dal confine di stato di Stupizza fino alla confluenza con il Torre nei pressi di Trivignano Udinese. Questo tratto corrisponde con il corso medio ed inferiore del Fiume Natisone e presenta una lunghezza totale di circa 40 Km (MOSETTI et al., 1983). Il Fiume Natisone nasce da un

gruppo di piccole sorgenti alle falde sudorientali del Monte Maggiore vicino a Cornappo. La zona in cui nasce si trova in terreno calcareo-dolomitico ma, subito a valle, il collettore della sorgente denominata Rio Bianco, che incide profondamente le valli, si inforra prima nei calcari marnosi e poi nelle marne e nelle arenarie eoceniche. Il Fiume Natisone fa parte del sistema idrografico dell'Isonzo che è a sua volta incluso, assieme ad altri otto bacini, nella rete idrografica della regione Friuli Venezia Giulia (fig. 1). Il bacino dell'Isonzo comprende il Torre con affluente il Malina, il Natisone con gli affluenti Alberone, Cosizza ed Erbezzo ed infine lo Judrio con gli affluenti Como e Versa. Particolarità del sistema idrografico dell'Isonzo è la mancanza di continuità idraulica superficiale tra Torre e Natisone, continuità che è, in generale, scarsa per tutto il sistema Torre, Natisone e Isonzo. Il Natisone si unisce al Torre a SE di Trivignano Udinese da qui quest'ultimo continua verso l'Isonzo, che incontra all'altezza dell'allineamento Villa Vicentina-Pieris, dopo aver ricevuto il contributo dello Judrio a SE di Topoglian. Dopo la confluenza con il sistema Torre-Natisone-Judrio, l'Isonzo si dirige verso il mare per raggiungerlo nei pressi di Punta Sdobba dove presenta un ampio apparato deltizio, essenziale per la formazione della Baia di Panzano.

L'area di studio è situata al margine orientale delle Prealpi Giulie ed appartiene al territorio delle Valli del Natisone e del Cividalese. Il clima di riferimento per le Valli del Natisone è quello temperato umido dell'intera regione friulana, contrassegnato da inverni non



Fig. 1 - Area di studio.
- Study area.

eccessivamente freddi e da estati che non raggiungono temperature particolarmente elevate. Sono in generale vallate ripide e assai brevi ed il loro orientamento, da NE a SO, facilita il passaggio della bora.

La temperatura media annua è compresa tra gli 8°C, nelle ristrettissime plaghe montuose, e i 12°C, ai piedi delle colline più basse, meglio esposte al sole e riparate dalla bora. Questa zona è ancora nettamente prealpina nelle sue precipitazioni abbondanti, tra i 2000 mm e i 3000 mm annui, prevalentemente nei mesi primaverili (GENTILI, 1964).

Le caratteristiche chimico-fisiche (tab. I) ed idromorfologiche (tab. II) del Fiume Natisone non sono omogenee lungo il percorso da monte a valle.

L'area del bacino imbrifero chiuso di Cividale è di circa 285 km² e la portata media ideale per il Natisone è pari a 13.05 m³/s a cui c'è da aggiungere il sistema di affluenti in riva sinistra (Alberone, Cosizza, Erbezzo e Lesa) di circa 5 m³/s. La portata massima media, sempre a Cividale, invece è pari a 150,8 m³/s (MOSETTI & MOSETTI, 1997).

1.2 Materiali e Metodi

L'analisi delle diatomee e della qualità delle acque è stata eseguita seguendo la metodica dell'indice EPI-D (DELL'UOMO, 2004)⁽²⁾. Sono state prelevate le diatomee epilittiche in 10 stazioni lungo il corso del Fiume Natisone (fig. 1) in due periodi stagionali (27 e 30 Giugno 2005 e 14 Ottobre 2005). Il prelievo è stato effettuato per ogni stazione su almeno 5 massi o ciottoli, lungo il profilo trasversale dell'alveo escludendo le zone a corrente lenta (pozze laterali o lanche) che favoriscono il proliferare di alghe filamentose. Le diatomee sono state raschiate dalla superficie dei ciottoli o dei massi per una superficie variabile tra 100 cm² e 500 cm² a seconda della densità dello strato algale, con uno spazzolino che è stato poi sciacquato in una provetta di plastica da 50 ml contenente acqua prelevata dalla stazione campionata. Una volta terminato il prelievo il campione è stato fissato con formaldeide neutralizzata nella proporzione del 4%. L'identificazione delle diatomee si basa sulla morfologia del frustulo ed è quindi stato necessario eliminare la sostanza organica per permettere la visione di tutti i dettagli dello stesso al microscopio ottico. I frustuli sono stati puliti mediante trattamento con perossido di idrogeno a 110-130 volumi a caldo (DELL'UOMO, 2004). Le diatomee pulite sono state montate su vetrini portaoggetti impiegando una resina ad elevato indice di rifrazione (Naphrax, i.r.=1,74). Le osservazioni sono state effettuate al microscopio ottico ad un ingrandimento finale di 1000x. Per l'identificazione e la denominazione dei generi e delle specie sono state usate le monografie di KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986;

(2) Indice EPI-D: $EPI-D = \sum (a_j \times r_j \times i_j) / \sum (a_j \times r_j)$, dove

- a_j = abbondanza della specie j ; si parlerà più avanti delle modalità per attribuire i valori di abbondanza;
- r_j = affidabilità (dall'inglese "reliability") della specie j , inversamente proporzionale al suo "range" ecologico; valori utilizzati: 5 per un indicatore ottimo, 3 per un indicatore buono, 1 per un indicatore solo sufficiente;
- i_j = indice integrato ponderato di sensibilità della specie j ; i valori attribuiti vanno da 0 (per un specie che indica un ambiente di ottima qualità) a 4 (specie che indica un corpo idrico completamente degradato).

Zona	T (°C)	O ₂ (mg/l)	Alcalinità (mg/l)	Durezza (mg/l)	pH	Conducibilità (μS/cm)
Dal confine di stato alla confluenza con l'Alberone	10,6	11,5	105	123	7,8	249
Dalla confluenza con l'Alberone a Cividale del Friuli	11,3	11,0	150	160	7,6	253
Da Cividale del Friuli a Manzano	11,4	11,0	171	181	7,5	251

Tab. I - Elenco dei valori medi per le variabili chimico-fisiche delle principali zone lungo il corso del Natisone (STOCH et al., 1992).

- *List of mean values for the chemical-physical variables of the major areas along the course of Natisone river (STOCH et al., 1992).*

Località	Largh. tot. alveo (m)	Largh. alveo bagnato (m)	Profondità media (m)	Vel. Media sup. (m/s)	Tipologia del fondale	Copertura vegetale (%)
Stupizza (Pulfero)	25	15,5	0,50	0,15	m,c,g	30 (a.v.f.)
Linder (Pulfero)	30	16,0	0,30	0,15	m,c,g	5 (a.v.f.)
Perovizza (Pulfero)	45	40,0	0,15	0,30	m,c,g	50 (a.v.f.)
Oculus (S. Pietro al Nat.)	28	18,0	0,25	0,35	m,c,g	5 (a.v.f.)
Sottocastello (S. Pietro al Nat.)	35	11,0	0,60	0,30	m,c,g	5 (a.v.f.)
Borgo Brossana (Cividale del Friuli)	50	25,0	0,70	0,35	r,m,c,g	0
Depuratore di S. Giorgio (Cividale del Friuli)	35	16,0	0,60	0,15	r,m,c,g	5 (a.v.f., mu.)
Ponte Romano (Premariacco)	100	6,0	0,25	0,50	m,c,g	5 (a.v.f.)
Ponte Orsaria (Premariacco)	40	13,5	0,15	0,30	m,c,g,s	60 (a.v.f.)
Manzano Località Case	50	11,0	0,20	0,30	m,c,g	10 (a.v.f.)

Legenda: r = roccia, m = massi, c = ciottoli, g = ghiaie, a.v.f. = alghe verdi filamentose, mu. = muschi

Tab. II - Elenco di alcune località del Fiume Natisone e caratteristiche idro-morfologiche dei tratti corrispondenti (ZANOLIN & SPECCHI, 1997).

- *List of some places in the course of the Natisone river and their corresponding hydromorphological characteristics (ZANOLIN & SPECCHI, 1997).*

1988; 1991a; 1991b; 2000), l'atlante di HARTLEY et al. (1996) e la chiave interattiva di KELLY et al. (2005). Il conteggio è stato effettuato seguendo dei transetti lungo la lamella coprioggetto fino a raggiungere il numero di 400 frustuli totali.

Alcuni campioni sono stati preparati per il microscopio elettronico a scansione. I frustuli puliti, come descritto precedentemente, sono stati disidratati in una serie graduale di etanolo, essiccati con il metodo del punto critico in CO₂ liquida, metallizzati con oro e osservati mediante un microscopio elettronico a scansione Leica Stereoscan 430i.

2. Risultati

L'analisi dei campioni raccolti nelle 10 stazioni ha consentito l'identificazione di 98 taxa che vengono elencati in tabella III con il codice identificativo ed i parametri ecologici i ed r secondo DELL'UOMO (2004). Le microfotografie non in scala di 16 specie sono riportate nelle figure 2, 3 e 4.

La specie più frequente in tutte le stazioni analizzate risulta essere *Cocconeis pediculus*

Codice	Nome	i	r
ABIA	<i>Achnanthes biasolettiana</i> Grunow var. <i>biasolettiana</i>	0,5	3
AMIN	<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing var. <i>minutissima</i>	0,5	3
AOVA	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	1,5	3
APED	<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	1,2	1
AVEN	<i>Amphora veneta</i> Kützing	3,5	3
CPED	<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	2	1
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>placentula</i>	1	1
CPLE	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Grunow	1	1
CPLI	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck	1	1
CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	2,8	5
CELL	<i>Cymatopleura elliptica</i> (Brebisson) W. Smith var. <i>elliptica</i>	1,5	3
CSOL	<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith	2,2	5
CAFF	<i>Cymbella affinis</i> Kützing	1	5
CCAE	<i>Cymbella caespitosa</i> (Kützing) Brun	2	1
CCIS	<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner	1,3	3
CCYM	<i>Cymbella cymbiformis</i> Agardh	0,8	5
CGRA	<i>Cymbella gracilis</i> (Ehrenberg) Kützing	0	5
CHEL	<i>Cymbella helvetica</i> Kützing	0,2	5
CLAN	<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehrenberg) Van Heurck	1,3	3
CMIC	<i>Cymbella microcephala</i> Grunow	1	1
CMIN	<i>Cymbella minuta</i> Hilse ex Rabenhorst	1	1
CNAV	<i>Cymbella naviculiformis</i> Auerswald	1,3	3
CPRO	<i>Cymbella prostrata</i> (Berkeley) Grunow	1,5	3
CRHE	<i>Cymbella reinhardtii</i> Grunow	0,3	3
CSLE	<i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch	1,8	1
DHER	<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kützing	1,3	3
DHIE	<i>Diatoma hyemalis</i> (Roth) Heiberg	0	5
DMES	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	0,5	3
DITE	<i>Diatoma tenuis</i> Agardh	2,3	3
DVUL	<i>Diatoma vulgaris</i> Bory	1,8	1
DGEM	<i>Didymosphenia geminata</i> (Lyngbye) M. Schmidt	1,5	1
DELL	<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve	0,5	3
DOVA	<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve	0,5	3
EADN	<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson	0,7	3
EARC	<i>Eunotia arcus</i> Ehrenberg	0,5	3
ECUR	<i>Eunotia curvata</i> (Kützing) Lagerst.	0,5	3
EEXI	<i>Eunotia exigua</i> (Brebisson) Rabenhorst	0,5	3
EETE	<i>Eunotia exigua</i> (Brebisson) Rabenhorst var. <i>tenella</i> (Grunow) Nörpel et Alles	0,5	3
FBRE	<i>Fragilaria (Pseudostaurosira) brevistriata</i> Grunow	1,8	1
FCAP	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazieres var. <i>capucina</i>	1	5
FCVA	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazieres var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	2	1
FCRO	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	1,3	3
FLEP	<i>Fragilaria leptostauron</i> (Ehrenberg) Hustedt var. <i>leptostauron</i>	0,8	1
FVIR	<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs	0,2	5
GACU	<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	1,5	3
GANG	<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	1,5	3
GCLA	<i>Gomphonema clavatum</i> Ehrenberg	1	1
GGRA	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	1	1
GOLI	<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson var. <i>olivaceum</i>	1	5
GTER	<i>Gomphonema tergestinum</i> Fricke	1,3	3
GTRU	<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	1,5	3

Codice	Nome	i	r
GSCA	<i>Gyrosigma scalpoides</i> (Rabenhorst) Cleve	2,5	3
MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh	1,8	1
NAPH	<i>Navicula amphibola</i> Cleve	0,2	5
NCPR	<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	2,5	3
NCLE	<i>Navicula clementis</i> Grunow	1,5	3
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	2,3	3
NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	1,2	1
NCUS	<i>Navicula cuspidata</i> Kützing	2,5	3
NLAN	<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	2,3	3
NMEN	<i>Navicula menisculus</i> Schumann var. <i>menisculus</i>	2,3	3
NOBL	<i>Navicula oblonga</i> Kützing	1,2	5
NPHY	<i>Navicula phyllepta</i> Kützing	3,3	3
NPRO	<i>Navicula protracta</i> (Grunow) Cleve	3	5
NRAD	<i>Navicula radiosa</i> Kützing	0,7	3
NRHY	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	2	5
NSEM	<i>Navicula seminum</i> Grunow	3,5	3
NSPD	<i>Navicula splendida</i> Van Landingham	1	5
NSBM	<i>Navicula subminiscula</i> Manguin	3,5	3
NTPT	<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.M.) Bory	0,8	1
NVEN	<i>Navicula veneta</i> Kützing	3,5	3
NVIR	<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	2,2	5
NBID	<i>Neidium binode</i> (Ehrenberg) Hustedt	1	5
NACI	<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W.M. Smith	3	5
NBRE	<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow	3,2	5
NCOT	<i>Nitzschia constricta</i> (Kützing) Ralfs	2,8	3
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow var. <i>dissipata</i>	2	1
NFIL	<i>Nitzschia filiformis</i> (W.M. Smith) Van Heurck	1,5	3
NFON	<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow in Cleve et Möller	1,5	3
NIFR	<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow var. <i>frustulum</i>	2,8	1
NHEU	<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow	1,2	1
NIHU	<i>Nitzschia hungarica</i> Grunow	3	5
NINC	<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	2,5	3
NLIN	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M. Smith	2,3	3
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	3	1
NPAE	<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow	2	1
NREC	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch	2	1
NSIO	<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W.M. Smith	2,5	3
NTRY	<i>Nitzschia tryblionella</i> Hantzsch	2,5	3
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory var. <i>subcapitata</i>	0,5	3
PVIR	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	2	1
RSIN	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	1,3	3
STAN	<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	0,7	3
SPHO	<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg	0,7	3
SANG	<i>Surirella angusta</i> Kützing	1,8	1
SBRE	<i>Surirella brebissonii</i> Krammer & Lange-Bertalot var. <i>brebissonii</i>	1,8	1
SLIN	<i>Surirella linearis</i> W.M. Smith	1	5
SULN	<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	2	1

Tab. III - Elenco floristico delle diatomee bentoniche rilevate nelle dieci stazioni lungo il Fiume Natisone nei due campionamenti.

- List of diatoms found in the ten stations along the Natisone River.

Ehrenberg. Molto comuni sono anche *Cymbella affinis* Kützing, *Achnanthes minutissima* Kützing var. *minutissima*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ehrenberg) Grunow e *Cocconeis placentula* Ehrenberg var. *lineata* (Ehrenberg) Van Heurck. Un particolare cenno va dato al ritrovamento di *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt, specie di notevole interesse tassonomico (fig. 5).

Da una prima analisi della flora diatomica è possibile fare alcune considerazioni di carattere ecologico sulle stazioni di campionamento. In particolare considerando i valori di sensibilità delle specie (DELL'UOMO, 2004) le stazioni 1 (Stupizza), 2 (Loch-Linder), 3 (Perovizza), 4 (Oculus), 5 (Sottocastello), posizionate nella zona a monte del tratto di fiume analizzato risultano caratterizzate nel campionamento estivo soprattutto dalla presenza di specie oligosaprobie, oligoalobie esigenti e tipiche di ambienti oligotrofici come *Cymbella prostrata* (Berkeley) Grunow, *Cymbella minuta* Hilse ex Rabenhorst ma anche da specie che tollerano una moderata presenza di sostanza organica

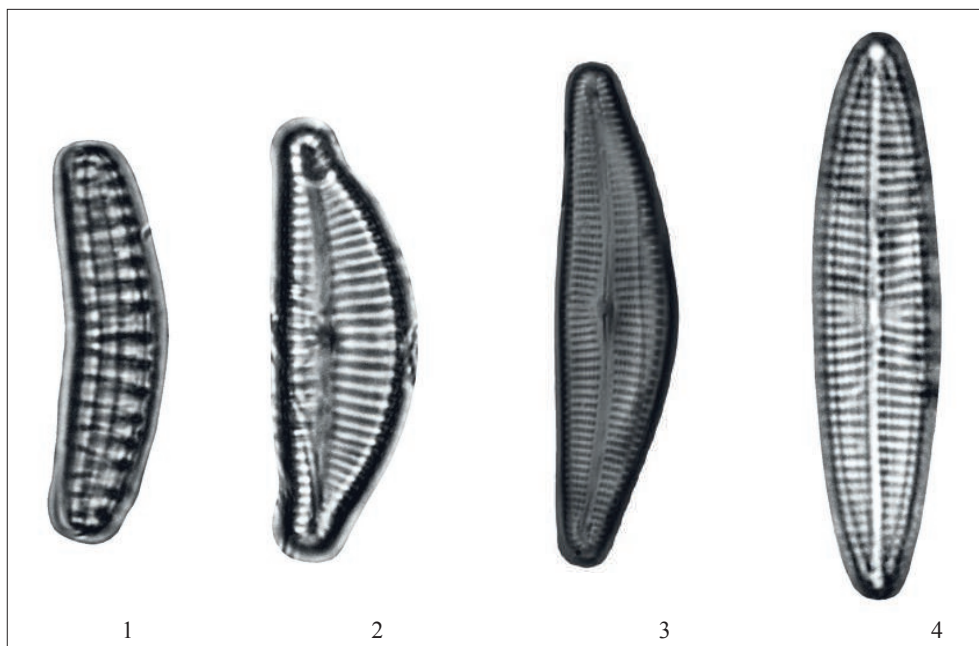


Fig. 2 - Microfotografie (non in scala) di diatomee considerate come indicatori eccellenti.

- Microphotographies (no in scale) of diatoms considered as excellent indicators.

1) *Epithemia adnata* (Kützing) Brébisson

L 15-150 μm , W 7-14 μm ; fibule 2-4 e striae 11-14 in 10 μm

2) *Cymbella affinis* (Gruppo) Kützing

L 20-50- (70) μm , W 7-12-(16) μm ; striae dorsali 9-14 in 10 μm

3) *Cymbella helvetica* (Gruppo) Kützing

L 22-170 μm , W 8-27 μm ; striae dorsali 8-12 in 10 μm

4) *Navicula tripunctata* (O.F.M.) Bory

L 30-70 μm , W 6-10 μm ; striae 9-12 in 10 μm

come *Amphora pediculus* (Kützing) Grunow e *Gomphonema olivaceum* (Hornemann) Brébisson var. *olivaceum*. Per quanto riguarda le stazioni 6 (Borgo Brossana) e 8 (Ponte Romano) abbiamo delle specie indicatrici di ottima qualità del corso d'acqua come *Cymbella helvetica* Kützing e *Diatoma hyemalis* (Roth) Heiberg che colonizzano ambienti ipotrofici, xenosaprobi e alofobi; oltre a queste, sono presenti specie come *Gomphonema angustatum* (Kützing) Rabenhorst, *Eunotia exigua* (Brébisson) Rabenhorst e *Stauroneis anceps* Ehrenberg che indicano un ambiente con qualità biologica buona.

La stazione 7 (Depuratore San Giorgio) presenta tra le specie caratterizzanti *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith, che si sviluppa tipicamente in ambienti eutrofi e che segnala uno primo stato di compromissione della qualità del corpo idrico. Nelle stazioni finali 9 (Ponte Orsaria) e 10 (Manzano località Case), inserite in un contesto agricolo ed urbanizzato, cominciano a

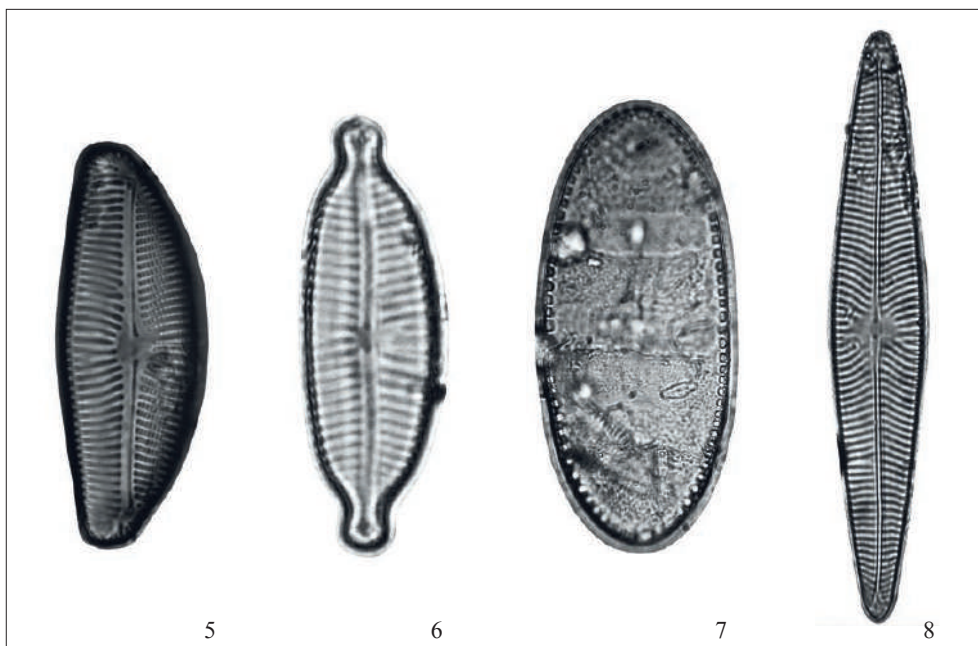


Fig. 3 - Microfotografie (non in scala) di diatomee considerate come indicatori buoni.

- Microphotographies (no in scale) of diatoms considered as good indicators.

5) *Cymbella prostrata* (Berkeley) Grunow

L 38-92 μm , W 16-31 μm ; striae dorsali 7-11 in 10 μm

6) *Cymbella naviculiformis* Auerswald

L 26-52 μm , W 9-16 μm ; striae dorsali 12-14 /10 μm

7) *Cymatopleura elliptica* (Brébisson) W. Smith

L 60-220 μm , W 30-90 μm ; fibule 2,5-6 e striae 15-20 in 10 μm

8) *Navicula radiosa* Kützing

L 40-120 μm , W 10-15 μm ; striae 10-12 in 10 μm

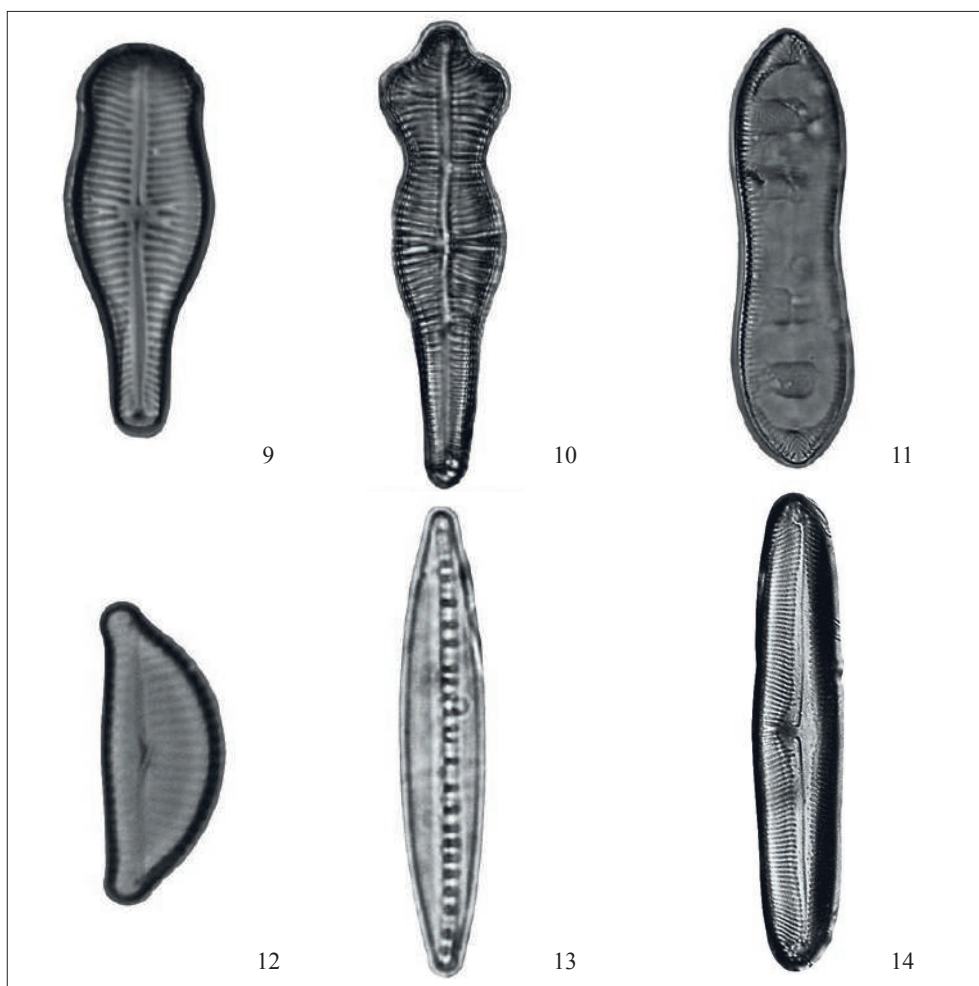


Fig. 4 - Microfotografie (non in scala) di diatomee considerate come indicatori sufficienti.

- Microphotographies (no in scale) of diatoms considered as sufficient indicators.

9) *Gomphonema truncatum* Ehrenberg

L 13-75 μm , W 7-17 μm ; striae 9-12 in 10 μm

10) *Gomphonema acuminatum* Ehrenberg

L 20-120 μm , W 5-17 μm ; striae 8-13 in 10 μm

11) *Cymatopleura solea* (Brébisson) W. Smith

L 30-300 μm , W 10-45 μm ; fibulae e striae 6-9 in 10 μm

12) *Cymbella minuta* (Gruppo) Hilse ex Rabenhorst

L 7-32 μm , W 4-7 μm ; fibulae e striae 10,5-20 / 10 μm

13) *Nitzschia media* (Kützing) Grunow

L (12,5)-15-70-(85) μm , W (3)-4-5-(6) μm ; (39)-39-50-(50) / 10 μm

14) *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehrenberg

L (40)-50-90-(170), W (9)-10-16-(30) μm ; fibulae e striae (7)-9-12 / 10 μm

comparire specie come *Navicula veneta* Kützing e *Cyclotella meneghiniana* Kützing che sono rispettivamente una ottima e l'altra buona indicatrice di acque tra l'eutrofico e l'ipertrofico cioè di uno stato di qualità del corpo idrico non buona, sicuramente dovuta allo scarico di alcuni depuratori presenti nei pressi degli abitati di Premariacco e Manzano. In questo modo si può osservare un gradiente di qualità decrescente da monte a valle del Fiume Natisone evidenziato anche da una variazione nella composizione specifica dei popolamenti a diatomee.

Nel campionamento autunnale risultano più simili tra di loro le stazioni numero 1 (Stupizza), 2 (Loch-Linder), 3 (Perovizza) e 4 (Oculus) che si differenziano dalle altre stazioni collocate nella parte del corso inferiore del Fiume Natisone. In questo caso gli indicatori che hanno più peso sono *Cymatopleura solea* (Brébisson) W. Smith, eccellente indicatrice di acque mesotrofiche e *Diatoma tenuis* Agardh, *Diatoma hyemalis* (Roth) Heiberg e *Cymbella silesiaca* Bleisch, tutte indicatrici di acque da oligotrofiche a eutrofiche con livelli medi di salinità e di saprobietà.

Nelle stazioni 5 (Sottocastello), 6 (Borgo Brossana), 7 (Depuratore San Giorgio) e 8 (Ponte Romano) troviamo specie considerate eccellenti/buoni indicatori di qualità del corpo idrico come *Navicula rhynchocephala* Kützing, *Eunotia exigua* (Brébisson) Rabenhorst e *Cymbella prostrata* (Berkeley) Grunow.

Nelle stazioni 9 (Ponte Orsaria) e 10 (Manzano località Case) infine caratterizzanti risultano *Cocconies pediculus* Ehrenberg, *Fragilaria capucina* Desmazieres var. *vaucheriae* (Kützing) Lange-Bertalot e *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg considerate indicatori sufficienti di acque mesotrofiche e quindi leggermente degradate.

È importante segnalare la presenza di *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt che è stata ritrovata abbondante in 4 stazioni (St. 2, 3, 6, 7) nel campionamento estivo e in una stazione in quello autunnale (St. 6). Dal punto di vista trofico il range ecologico di questa specie è piuttosto ampio e va da acque mesotrofiche ad eutrofiche ed in alcuni casi è una specie



Fig. 5 - *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt al microscopio elettronico a scansione.

- *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt by scanning electron microscope.

Stazione	Data	T (H ₂ O) °C	T (Aria) °C	EPI-D	Classe Qualità (1-5)	Totale U.S.
Stazione 1	27/06/2005	17,3	30	1,39	II (Buona)	26
Stazione 2	27/06/2005	19,2	30	0,97	I (Ottima)	23
Stazione 3	27/06/2005	23	25	1,12	II (Buona)	31
Stazione 4	30/06/2005	16	25	0,80	I (Ottima)	41
Stazione 5	30/06/2005	18	27,5	1,55	II (Buona)	35
Stazione 6	27/06/2005	24	29	1,32	II (Buona)	26
Stazione 7	30/06/2005	20	29	1,55	II (Buona)	55
Stazione 8	30/06/2005	19	29	1,02	I (Ottima)	35
Stazione 9	30/06/2005	21	31	1,53	II (Buona)	51
Stazione 10	30/06/2005	23,0	32	1,74	III (Mediocre)	47

Tab. IV- Valore dell'indice EPI-D e della relativa classe di qualità, della temperatura dell'acqua e dell'aria e del numero totale di unità sistematiche (U.S.) nelle 10 stazioni nel campionamento estivo.

- *Value of EPI-D index, quality class, water and air temperature, and total species number in the sampling stations in summer.*

Stazione	Data	T (H ₂ O) °C	T (Aria) °C	EPI-D	Classe Qualità (1-5)	Totale U.S.
Stazione 1	14/10/2005	9	11,5	1,39	II (Buona)	30
Stazione 2	14/10/2005	10	11	1,33	II (Buona)	40
Stazione 3	14/10/2005	10	13	1,22	II (Buona)	28
Stazione 4	14/10/2005	9	12	1,32	II (Buona)	45
Stazione 5	14/10/2005	10	11	1,50	II (Buona)	46
Stazione 6	14/10/2005	10	12	1,16	II (Buona)	21
Stazione 7	14/10/2005	12	13	1,39	II (Buona)	60
Stazione 8	14/10/2005	12	15	1,56	II (Buona)	43
Stazione 9	14/10/2005	12	16	1,36	II (Buona)	31
Stazione 10	14/10/2005	13	18	1,56	II (Buona)	31

Tab. V - Valore dell'indice EPI-D e della relativa classe di qualità, della temperatura dell'acqua e dell'aria e del numero totale di unità sistematiche (U.S.) nelle 10 stazioni nel campionamento autunnale.

- *Value of EPI-D index, quality class, water and air temperature, and total species number in the sampling stations in autumn.*

fortemente invasiva che provoca notevoli problemi (KAWECKA & SANECKI, 2003; KILROY, 2004; SUBAKOV-SIMIC & CVIJAN, 2004). Vista la sua scarsa abbondanza relativa nelle diverse stazioni del Fiume Natisone e non avendo ancora sviluppato forme di invasività evidenti non determina al momento attuale effetti negativi sull'ecosistema fluviale.

Dall'analisi dell'indice EPI-D, i cui valori sintetici (Sistema di classificazione a 5 classi) sono riportati in tabb. IV e V, si osserva un livello di qualità delle acque eccellente (I) o buono (II) quasi per tutto il corso d'acqua. La stazione numero 10 di Manzano è l'unica ad avere nel

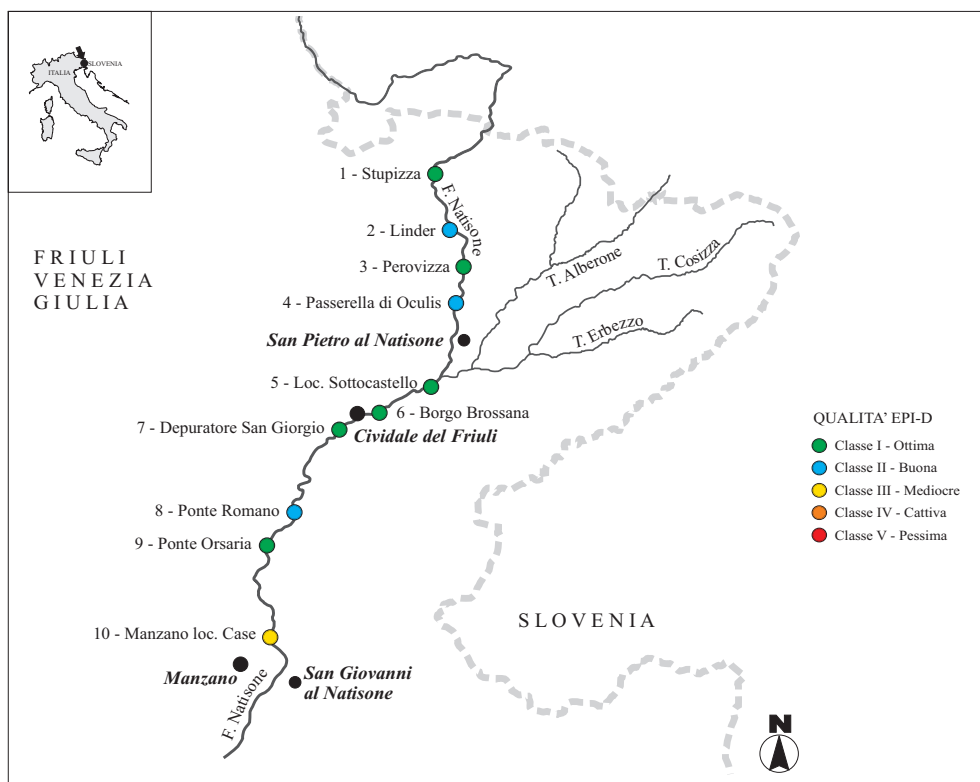


Fig. 6 - Mappe della qualità delle acque del Fiume Natisone secondo l'indice EPI-D nel campionamento estivo.

- *Water quality map of Natisone River based on EPI-D index in the summer sampling.*

campionamento estivo un valore di qualità mediocre (III), probabilmente legato al periodo di magra estivo che impedisce uno sviluppo completo dei popolamenti bentonici di diatomee e all'aumento dello stress da attività antropiche riscontrabile a questo livello del fiume.

Dai valori ottenuti dall'indice EPI-D è stata elaborata una carta in relazione al giudizio di qualità attribuito ai punti di campionamento del Fiume Natisone nella stagione estiva (fig. 6).

3. Discussione

Lo studio delle diatomee bentoniche e l'applicazione dell'indice EPI-D al Fiume Natisone ha evidenziato un valore di qualità ottimo/buono quasi in tutte le 10 stazioni analizzate. Il dato sull'indice EPI-D inoltre non presenta notevoli differenze rispetto ai dati raccolti nelle stazioni di Stupizza e Premariacco presso il ponte di Orsaria recentemente pubblicati (FRANCHI et al., 2007).

Il valore di qualità è inoltre confermato anche da dati bibliografici relativi ad alcuni studi sui macroinvertebrati bentonici attraverso l'utilizzo dell'Extended Biotic Index (I.B.E.) (ZANOLIN & SPECCHI, 1997; FRANCHI et al., 2007) che evidenziano una qualità delle acque buona o comunque accettabile (I o II Classe) nel tratto che va dal confine di Stupizza fino alla zona a Nord dell'abitato di Cividale del Friuli; mentre a Sud di Cividale (a valle di Borgo Brossana) abbiamo un leggero peggioramento con un modesto ma sensibile inquinamento ambientale (II Classe) per arrivare nei pressi di Manzano dove abbiamo uno stato di qualità mediocre (III Classe).

La lista composta da 98 specie di diatomee rappresenta un elemento che arricchisce la descrizione del Fiume Natisone in termini di biodiversità. È importante sottolineare che l'EPI-D è attualmente un sistema di biomonitoraggio non ancora standardizzato e quindi poco utilizzato in Italia anche se l'analisi della componente algale è contemplata dalla Direttiva Quadro 2000/60. La caratterizzazione della flora a diatomee del Fiume Natisone rappresenta un passo verso la creazione di un database floristico per un'area geografica, il Friuli, non ancora molto indagata sotto questo profilo e risulterà utile per una calibrazione di questo indice a livello regionale dato che esso è stato costruito e strutturato sull'ecologia delle diatomee presenti nei fiumi dell'Appennino (DELL'UOMO, 2004).

Di notevole importanza è anche la segnalazione di una specie recentemente molto studiata a livello europeo ed internazionale per la sua invasività, *Didymosphenia geminata*, la cui presenza è stata riportata per la prima volta nel Friuli Venezia Giulia da ZORZA et al., 2006.

Manoscritto pervenuto il 13.X.2008 e approvato il 16.XII.2008.

Ringraziamenti

Un ringraziamento particolare va al Prof. Luc Ector (Centre de Recherche Public Gabriel Lippmann, Luxembourg) per la revisione tassonomica del materiale fotografico sulle diatomee.

Bibliografia

- AFNOR, 2000 - Norme française NF T 90-354. Qualité de l'eau. Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD). *Ass. Française de Normalisation*, Paris, pp. 63.
- BONA F., FALASCO E., FENOGLIO S. & BADINO G., 2005 - Monitoraggio biologico dei sistemi fluviali in alta quota: un'esperienza nel gruppo del Monte Bianco. In: COMOGLIO C., COMINO E. & BONA F. (a cura di) - Ecologia. Atti del XV Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia, Torino, 12-14 settembre 2005. *Soc. Ital. Ecol.*, 1: 106-107.
- BOURRELLY P., 1981 - Les algues d'eau douce. II. Les algues jaunes et brunes. *Soc. Nouv. Ed. Boubée*, pp. 517, Paris.
- CANTONATI M., 2004 - Le diatomee di tre sorgenti del Parco Naturale delle Prealpi Giulie (Italia nord-orientale). *Gortania - Atti Mus. Friul. St. Nat.*, 25: 95-108.
- CIRF, 2006 - La riqualificazione fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio. *Collezione CIRF, Centro Ital. Riquil. Fluv.*, Mazzanti Ed., pp. 834.
- CIUTTI F., 2005 - Monitoraggio dei corsi d'acqua con indicatori algali (Diatomee). In: Le acque superficiali e i sedimenti. *Ann. Ist. Sup. della Sanità*, 41 (3): 393-397.

- CIUTTI F., CAPPELLETTI C., MONAUNI C., SILIGARDI M. & DELL'UOMO A., 2000 - Qualità biologica e funzionalità del torrente Fersina (Trentino). *Dendronatura*, 2: 12-22.
- DELL'UOMO A., 1981 - Alghe di acqua corrente e loro impiego come bioindicatori. *Giorn. Bot. Ital.*, 115: 327-342.
- DELL'UOMO A., 1991 - Use of benthic macroalgae for monitoring rivers in Italy. In: WHITTON B.A., ROTT E. & FRIEDRICH G. (eds) - Use of algae for monitoring rivers. I. *Univ. Innsbruck, Inst. für Bot.*: 129-137.
- 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) - Proceedings of International Symposium "Use of algae for monitoring rivers II". *Univ. Innsbruck, Inst. für Bot.*: 65-72, Innsbruck.
- 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*: 17-25, Douai.
- DELL'UOMO A., 2003 - Les algues des milieux lotiques de l'Italie et leur importance dans l'évaluation de la qualité des cours d'eau. *Boccone*, 16 (1): 367-377.
- DELL'UOMO A., 2004 - L'indice diatomico di Eutrofizzazione/Polluzione (EPI-D) nel monitoraggio delle acque correnti. *Linee guida APAT*, pp. 102, Roma.
- 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.
- FALASCO E., BONA F. & FASSINA S., 2005 - Le Diatomee "sentinelle" del carico organico fluviale. In: COMOGGIO C., COMINO E. & BONA F. (a cura di) - Ecologia. Atti del XV Congresso, Torino, 12-14 settembre 2005. *Soc. It. Ecol.*: 12-14, Torino.
- FRANCHI M., DE MAGLIO G. & MIANI N., 2007 - Studio sulla qualità biologica del fiume Natisone e dei suoi principali affluenti (Italia Nord-Orientale). *Gortania - Atti Mus. Friul. St. Nat.*, 29: 203-226.
- GENTILI J., 1964 - Il Friuli. I climi. Udine.
- HARTLEY B., BARBER H.G. & CARTER J.R., 1996 - An Atlas of British Diatoms. *Edited by Sims*.
- KAWECKA B. & SANECKI J., 2003 - *Didymosphenia geminata* in running waters of southern Poland: Symptoms of change in water quality? *Hydrobiologia*, 495: 193-201.
- 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.
- KELLY M.G., BENNION H., COX E.J., GOLDSMITH B., JAMIESON J., JUGGINS S. MANN D.G. & TELFORD R.J., 2005 - Common freshwater diatoms of Britain and Ireland: an interactive key. *Environment Agency*, Bristol.
- KELLY M.G., CAZAUBON A., CORING E., DELL'UOMO A., ECOR L., GOLDSMITH B., GUASCH H., HÜLRINAMM J., JARLMAN A., KAWECKA B., KWADRANS J., LAGAUSTE R., LINDSTRÖM E.A., LEITAO M., MARVAN P., PADISAK 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.*, 1998 (10): 215-224.
- KILROY C., 2004 - A new alien diatom, *Didymosphenia geminata* (Lyngby) Schmidt: its biology, distribution, effects and potential risks for New Zealand fresh waters. *NIWA Client Report*, CHC2004-128.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 1986 - Bacillariophyceae. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2/1. *G. Fischer Verlag*, pp. 876, Stuttgart, New York.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 1988 - Bacillariophyceae. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2/2. *G. Fischer Verlag*, pp. 596, Stuttgart, New York.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 1991a - Bacillariophyceae. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2/3. *G. Fischer Verlag*, pp. 576, Stuttgart, Jena.

- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 1991b - Bacillariophyceae. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2/4. G. Fischer Verlag, pp. 437, Stuttgart, Jena.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 2000 - Bacillariophyceae. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2/5: English and French translation of the keys. *Spektrum Akademischer Verlag*, pp. 310, Heidelberg, Berlin.
- LANGE-BERTALOT H., 1979 - Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. *Nova Hedwigia*, 64: 285-304.
- LECOINTE C., COSTE M. & PRYGIEL J., 1993 - "OMNIDIA" software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia*, 269 (70): 509-513.
- MIANI N., SKERT N. & GRAHONJA R. (a cura di), 2006 - Valutazione dello stato ecologico dei corpi idrici superficiali 2006. Dati riassuntivi EPI-D e classi di qualità. *ARPA Friuli Venezia Giulia, Prov. di Trieste*.
- MOSETTI F., 1983 - Sintesi dell'idrologia del Friuli-Venezia Giulia. *Quaderni E.T.P., Ente Tutela Pesca Friuli Venezia Giulia*, 6, pp. 295, Udine.
- MOSETTI P. & MOSETTI F., 1997 - Idrologia del fiume Natisone. *Quaderni E.T.P., Ente Tutela Pesca Friuli Venezia Giulia*, 26: 39-45, Udine.
- PRYGIEL J. & COSTE M., 2000 - Guide méthodologique pour la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Diatomées (IBD). In: Norme Française NF T 90-354. *Ass. Française de Normalisation*, France.
- ROTT E., HOFMANN G., PALL K., PFISTER P. & PIPP E., 1997 - Indikationslisten für Aufwuchsalgen in österreichischen Fließgewässern. Teil 1: Saprobielle Indikation. *Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaftskataster*, pp. 77, Wien.
- ROUND F.E., 1981 - The ecology of algae. *Cambridge University Press*, pp. 653.
- ROUND F.E., CRAWFORD R.M. & MANN D.G., 1990 - The diatoms: biology & morphology of the genera. *Cambridge University Press*, pp. 747.
- STOCH F., PARADISI S. & BUDA DANCEVICH M., 1992 - Carta ittica del Friuli Venezia Giulia. *Quaderni E.T.P., Ente Tutela Pesca Friuli Venezia Giulia*, pp. 286, Udine.
- SUBAKOV-SIMIĆ G. & CVIJAN M., 2004 - *Didymosphenia geminata* (Lyngby) Schmidt (Bacillariophyta) from the Tisa river (Serbia): its distribution and specific morphological and ecological characteristics. *Algol. Stud.*, 114: 53-66.
- VAN DAM H., MERTENS A. & SINKELDAM J., 1994 - A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherl. J. Aquat. Ecol.*, 28: 117-133.
- WHITTON B.A. & ROTT E. (eds), 1996 - Use of algae for monitoring rivers II. In: Proceedings of International Symposium, Innsbruck, 17-19 September 1995. *Univ. Innsbruck, Inst. für Bot.*, pp. 196.
- WHITTON B.A., ROTT E. & FRIEDRICH G. (eds), 1991 - Use of algae for monitoring rivers. Proceedings of International Symposium, Düsseldorf, Germany, 26-28 May 1991. *Univ. Innsbruck, Inst. für Bot.*, Innsbruck, pp. 193.
- ZANOLIN B. & SPECCHI M., 1997 - I macroinvertebrati bentonici e la qualità biologica delle acque del bacino del fiume Natisone (Italia Nord-Est). *Quaderni E.T.P., Ente Tutela Pesca Friuli Venezia Giulia*, 26: 47-57, Udine.
- ZORZA R., ORIOLO G., HONSELL G., BONEFANTI P. & SIGURA M., 2006 - Analisi multidisciplinare e multiscale di un corso d'acqua: l'ambito fluviale del Natisone (Provincia di Udine). In: COMOGGIO C., COMINO E. & BONA F. (a cura di) - Ecologia. Atti del XV Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia, Torino, 12-14 settembre 2005. *Soc. It. Ecol.*, 1: 1-6.

Indirizzo dell'Autore - Author's address:

- dott. ssa Raffaella ZORZA
- Fraz. Merso di Sopra 30, I-33040 SAN LEONARDO (UD)
- prof. Giorgio HONSELL
- Dipartimento di Biologia e Protezione delle Piant
- dell'Università degli Studi di Udine
- Via delle Scienze 91/93, I-33100 UDINE