

Diatomee nei corsi d'acqua mediterranei: prelievo dove devo?

Sabrina Mossino*, Elena Piano, Francesca Bona, Elisa Falasco

Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi, Università degli studi di Torino, via Accademia Albertina, 13 – 10123 Torino

* Referente per la corrispondenza: sabrina.mossino@gmail.com

Pervenuto il 25.3.2015; accettato il 24.4.2015

Riassunto

I corsi d'acqua mediterranei sono caratterizzati da una marcata stagionalità della portata, con eventi di piena in primavera e autunno e periodi di secca estivi, con conseguenti variazioni idromorfologiche, creazione di microhabitat temporanei e ripercussioni sui popolamenti biologici. Per monitorare gli effetti a breve e medio termine, il presente lavoro ha previsto campagne di prelievo ravvicinate nel corso del 2014. Sono qui analizzati i risultati relativi alla prima campagna di prelievo (aprile 2014), con l'obiettivo di valutare la diversificazione della comunità diatomica tra microhabitat e determinare differenze nella produzione primaria delle diatomee. Sono stati campionati 10 corsi d'acqua e in ognuno sono state selezionate 2 stazioni di campionamento: una a monte non soggetta a variazioni di portata stagionali estreme e una a valle contraddistinta da temporaneità del regime idrico. In ciascuna stazione sono stati raccolti 6 campioni di diatomee: uno secondo il protocollo di campionamento standardizzato e 5 campioni provenienti da microhabitat il più possibile differenziati tra loro. I dati di comunità ottenuti sono stati analizzati mediante NMDS. I risultati mostrano differenze significative sia tra corsi d'acqua, sia tra monte e valle. In particolare, a livello di comunità all'interno di una stessa stazione, non solo si osservano notevoli scostamenti tra microhabitat e transetto, ma il transetto stesso non sembra sempre rappresentativo di tutti i microhabitat campionati. Risulta quindi importante effettuare i campionamenti lungo transetti che siano il più possibile eterogenei, per avere la migliore rappresentatività della comunità. Vengono infine esaminate le potenziali ripercussioni sugli indici diatomici (IPS, TI) e sulla produzione primaria.

PAROLE CHIAVE: clorofilla-*a* / diatomee / fiumi temporanei / indici diatomici / microhabitat / protocollo di campionamento

Diatoms in mediterranean watercourses: do I collect where I should?

Mediterranean watercourses are characterized with a marked seasonality, with floods in spring and autumn and dry periods in summer. As a consequence, hydromorphological changes, like creation of microhabitats, are responsible of impacts on biological populations. In order to detect the effects in the short and medium term, this work provided frequent sampling campaigns during 2014. In this paper, the results of the first sampling campaign (April 2014) are analysed, with the aim of assessing the diversification of diatomic communities between microhabitats and determining differences in the primary production of diatoms. We selected ten study streams, in which we identified two sampling stations: one upstream station, not subject to extreme seasonal variations in flow, and one downstream station, characterized with intermittence of water regime. In each station we collected 6 samples of diatoms: the first one according to the standard protocol, while 5 samples were collected from differentiated microhabitats. The community data were analysed with the NMDS. The results showed significant differences between rivers, and between upstream and downstream sites. In particular, communities of microhabitat were found significantly different within the same sampling station between microhabitats and the standard sample, which is not representative of all microhabitats. It is therefore important to carry out sampling activities in differentiated microhabitats to obtain the best representation of the community. We finally examined the potential impacts on diatomic indices (IPS, TI) and on primary production.

KEYWORDS: chlorophyll-*a* / diatoms / temporary rivers / diatomic indices / microhabitats / sampling protocol

INTRODUZIONE

Gli ambienti mediterranei sono caratterizzati da estati calde e secche, con forte irraggiamento solare, e inverni miti e piovosi. Questo clima determina, nei corsi d'acqua, un regime idrologico caratterizzato da elevata stagionalità, con piene e inondazioni nel periodo

invernale, alternati a periodi di secca estivi. Questi corsi d'acqua sono definiti "temporanei" o "intermittenti" per via della portata discontinua a seconda delle stagioni (Lake, 2003).

Queste fluttuazioni estreme del regime idrologico si

traducono in un disturbo fisico che influenza profondamente i processi chimico-fisici e biologici e ha pertanto un ruolo chiave nel determinare la struttura delle comunità acquatiche presenti (Gasith e Resh, 1999). Tali effetti possono essere esasperati dalla concomitanza di attività antropiche che prevedono il prelievo idrico o la modificazione dell'alveo.

A causa dell'estrema instabilità idrogeologica, i corsi d'acqua mediterranei si contraddistinguono per un'evidente eterogeneità ambientale, che si traduce in una variabilità delle comunità biologiche a livello di microhabitat (Lake, 2000). Questa peculiarità potrebbe rendere inadatta l'applicazione rigorosa dei metodi standard di prelievo dei campioni biologici che tendono a concentrarsi sulla scelta di un transetto rappresentativo del sito più che sulla variabilità dei microhabitat del tratto fluviale campionato. Questo rischio è particolarmente elevato per le diatomee, che sono uno degli indicatori biologici maggiormente influenzati dai fattori microambientali (Tornés e Sabater, 2010).

Gli effetti dell'eterogeneità ambientale si ripercuotono anche sulla produzione primaria che, soprattutto nei corsi d'acqua mediterranei, è fortemente influenzata dalle variazioni in termini di disponibilità dei nutrienti, portata e temperatura del corso d'acqua (Sabater *et al.*, 2006). Il presente lavoro intende quindi indagare le differenze in termini di comunità diatomica e produzione primaria tra i microhabitat individuati nei corsi d'acqua mediterranei della Liguria soggetti a secche stagionali, con l'obiettivo di:

- valutare la diversificazione delle comunità all'interno di ogni stazione di campionamento;
- verificare l'importanza della scelta dei microhabitat nella valutazione dei corpi idrici mediterranei;
- determinare eventuali differenze in termini di produzione primaria delle diatomee tra i diversi microhabitat.

I risultati di questo lavoro potranno quindi indirizzare la messa a punto di un metodo di campionamento specifico, che tenga conto delle peculiarità dei torrenti di ambiente mediterraneo.

Questo studio preliminare si inserisce nell'ambito di un progetto più esteso che si propone di valutare le variazioni della comunità diatomica e della produzione primaria nel corso della stagione secca.

MATERIALI E METODI

L'area di studio è situata nella Riviera Ligure di Ponente compresa tra le province di Imperia e di Savona (Fig. 1). Secondo la classificazione del D.M. 131/2008, che raggruppa gli ecosistemi di acqua dolce secondo le loro caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche, l'area in analisi appartiene all'Idroecoregione 9 "Alpi mediterranee" (HER 9), contraddistinta dalla presenza

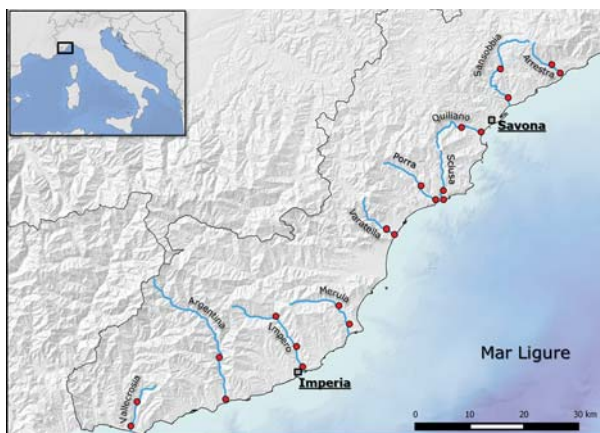


Fig. 1. Siti di campionamento.

di rocce sedimentarie ricche di calcari e da un clima tipicamente mediterraneo con estati caldo-secche e inverni miti.

Sono stati valutati 10 corpi idrici caratterizzati da un regime tipicamente mediterraneo, con portata massima in primavera e in autunno, secche estive e di stato ecologico da "buono" a "elevato" (fonte: ARPA Liguria 2008-2013).

La raccolta dei campioni è avvenuta tra il 15 e il 18 aprile 2014. Per ciascun corso d'acqua sono stati selezionati due siti di campionamento: uno di riferimento a monte, caratterizzato dal grado di naturalità più elevato possibile e non soggetto a secca stagionale, e uno a valle che presenta variazioni stagionali estreme della portata idrica, alveo alterato e importante urbanizzazione del territorio circostante. La tabella I riporta i nomi dei corsi d'acqua, i codici delle stazioni di prelievo e la loro ubicazione.

Per ogni stazione di campionamento sono stati misurati in situ una serie di parametri chimici (temperatura, pH, conducibilità, ossigeno disciolto e torbidità) tramite la sonda HYDROLAB QUANTA, e parametri morfologici, quali l'ampiezza dell'alveo bagnato e di piena mediante telemetro, la copertura vegetazionale dell'alveo, le classi granulometriche presenti, la presenza di muschi, igrofiti e idrofiti in alveo e il grado di naturalità dell'area circostante mediante valutazione sul campo.

Per ciascuna stazione di campionamento sono stati prelevati 6 campioni di diatomee epilittiche: uno secondo il protocollo standard UNI EN 13946:2005 e altri 5 provenienti da microhabitat il più possibile differenziati tra loro in termini di profondità, velocità della corrente, ombreggiamento e presenza di macrofite, per un totale di 120 campioni. Per ottenere dati di portata puntuale sia per il transetto che per i microhabitat sono state misurate la profondità con rotella metrica e la velocità della corrente con mulinello idrometrico HYDROBIOS KIEL. Per ogni sito sono inoltre stati raccolti i campioni d'acqua per una successiva analisi di nutrienti

Tab. I. Siti e codici di campionamento.

CORSO D'ACQUA	CODICE_sito	TIPOLOGIA	LOCALITÀ	PROVINCIA
VALLECROSA	VLVL01M	monte	Soldano	IM
	VLVL01	valle	Piani di Vallecrosia	IM
ARGENTINA	AGAG02	monte	Badalucco	IM
	AGAG04	valle	Arma di Taggia	IM
IMPERO	IMIM02	monte	Pontedassio	IM
	IMIM03	valle	Imperia	IM
MERULA	MEME01	monte	San Bartolomeo	SV
	MEME02	valle	San Lazzaro	SV
VARATELLA	VRVR01	monte	Toirano	SV
	VRVR02	valle	Borghetto Santo Spirito	SV
PORRA	PAPA01M	monte	Cipressi	SV
	PAPA02	valle	Finale Ligure	SV
SCIUSA	SISI01	monte	Finale Ligure	SV
	SISI03	valle	Finale Ligure	SV
QUILIANO	QUQU01	monte	Vadoni	SV
	QUQU02	valle	Valleggia	SV
SANSOBBIA	SASA01M	monte	Collareta	SV
	SASA02	valle	Grana	SV
ARRESTRA	ARAR01	monte	Cogoleto	SV
	ARAR02	valle	Campo sportivo	SV

e di solidi sospesi.

Prima di prelevare i campioni di diatomee dai ciottoli raccolti, è stata misurata la produzione primaria tramite BENTHOTORCH, un fluorimetro portatile che consente di misurare la concentrazione di clorofilla-*a* di diatomee, cianobatteri e alghe verdi direttamente in campo. Questo strumento, appoggiato sulla superficie del ciottolo, emette impulsi luminosi a 4 differenti lunghezze d'onda (470, 525, 610, 700 nm) e registra la fluorescenza emessa dai pigmenti accessori dei 3 gruppi fotosintetici considerati. Grazie ad un algoritmo, la fluorescenza è convertita in concentrazione di clorofilla-*a* ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), restituendo quindi la misura della produzione primaria per ciascun gruppo (Kahlert e Mckie, 2014).

In laboratorio sono stati analizzati alcuni parametri chimico-fisici: i nitrati (N-NO_3 kit di analisi LCK 339) e i fosfati (P-PO_4) con spettrofotometro Lange LASA 100, e la quantità di solidi sospesi per via gravimetrica (IRSA, 1994).

La preparazione dei campioni di diatomee è avvenuta in base al protocollo standard (UNI EN 13946, 2005) con il metodo del perossido d'idrogeno a caldo: H_2O_2 (30%) per la digestione della sostanza organica presente e successiva aggiunta di acido cloridrico (1N) per la dissoluzione dei carbonati.

I campioni sono quindi stati montati con l'ausilio della resina Naphrax[®], ad alto potere di rifrazione (i.r.= 1,74), poi osservati con microscopio ottico con obiettivo 100x ad immersione in olio di cedro. Le dia-

tomee presenti in ciascun vetrino sono state identificate a livello di specie (Blanco *et al.*, 2010; Hofmann *et al.*, 2011; Krammer, 1997a, 1997b, 2000, 2002, 2003; Krammer e Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, 1991b; Lange-Bertalot, 2001; Lange-Bertalot e Metzeltin, 1996; Lavoie *et al.*, 2008; Reichardt, 1999; Werum e Lange-Bertalot, 2004) e successivamente per ogni campione sono state conteggiate fino a 400 valve. I principali indici diatomici e di diversità sono stati calcolati utilizzando il software OMNIDIA 7.3 (Lecoite *et al.*, 1993) con database aggiornato al 2014. Ai fini di questo lavoro sono stati considerati IPS (Cemagref, 1982) e TI/4 (Rott *et al.*, 1999), due degli indici di qualità più utilizzati in Europa e da cui è derivato l'indice ICM (Mancini e Sollazzo, 2009; Falasco *et al.*, 2012), attualmente adottato in Italia.

Per analizzare i dati di comunità sono state selezionate le specie presenti in almeno il 50% dei campioni e con abbondanza maggiore al 2% per ciascuna stazione e successivamente è stato applicato il Non-Metric multiDimensional Scaling (NMDS) che permette di rilevare le differenze tra corsi d'acqua e tra transetti e microhabitat.

È stato poi applicato il test di Kolmogorov-Smirnov per valutare lo scostamento della produzione primaria delle diatomee da una distribuzione uniforme all'interno dei microhabitat di ogni singolo transetto.

Le analisi statistiche sono state svolte con il software R[®] (R Core Team, 2014) tramite il pacchetto *vegan* (Oksanen, 2015).

RISULTATI

I principali parametri chimico-fisici rilevati sono riassunti in tabella II, dove i corsi d'acqua sono ordinati da ovest verso est.

La concentrazione dei nutrienti e la quantità di solidi in sospensione mostrano valori mediamente bassi, fatta eccezione per la stazione a valle del Varatella (VRVR02) dove i 31 mg/L di solidi sospesi sono però giustificati dalla presenza di significativi scarichi di inerti poco più a monte. I valori medi comunque sottolineano la buona qualità dei corsi d'acqua selezionati (Van Dam *et al.*, 1994), come anche l'alta percentuale di O₂ disciolto; i valori superiori al 100% di saturazione di quest'ultimo potrebbero essere ricondotti alla presenza di bloom algali tipici del periodo primaverile.

Nonostante il pH si mantenga alcalino, in accordo con la natura calcarea delle rocce che caratterizzano il Ponente ligure (rocce sedimentarie, ofioliti e calcari), è possibile che ci sia una variazione nella composizione minerale delle rocce che comporta un gradiente tendenzialmente decrescente di conducibilità da ovest verso est.

La temperatura ha valori relativamente costanti in accordo con i valori medi primaverili.

Nei 120 campioni sono stati determinati in tutto 185 taxa di diatomee (allegato I); di questi, 47 (appartenenti a 19 generi) sono stati utilizzati per le analisi di comunità secondo quanto riportato nei materiali e metodi. I generi più

frequenti e abbondanti sono *Achnanthisdium* e *Nitzschia*, con prevalenza di taxa solitari mono o bi-rafidei.

I risultati dell'NMDS hanno rilevato differenze significative tra torrenti (Fig. 2) e tra le diverse tipologie di punto di prelievo (transetto/microhabitat) all'interno di uno stesso sito di campionamento. (Fig. 3).

In particolare, in molti casi, all'interno di una stessa stazione, non solo si osservano notevoli scostamenti tra i microhabitat e il transetto, ma il transetto stesso non sembra essere sempre rappresentativo di tutti i microhabitat campionati: infatti, come è possibile osservare in figura 3, il fatto che la comunità del transetto non occupi una posizione centrale nei poligoni significa che non rappresenta una media dei diversi microhabitat e perciò nemmeno del tratto fluviale considerato.

Queste differenze sembrano ripercuotersi anche sugli indici diatomici, che spesso attribuiscono ai vari microhabitat classi di qualità diverse all'interno dello stesso sito. Per quanto riguarda l'indice diatomico IPS (Tab. III), la maggior parte dei valori ricade nella prima classe (valori da 20 a 17), o al massimo nella seconda, confermando la buona qualità di questi corsi d'acqua. L'indice TI/4 (Tab. IV) mostra valori mediamente compresi tra "oligo-mesotrofico" e "meso-eutrofico", ma, considerando la severità di questo indice, anche questi risultati sono un'ulteriore conferma della buona qualità dei corsi d'acqua scelti nel regime idrologico di morbida.

Tab. II. principali parametri chimico-fisici rilevati: CODICE_sito= codice del sito, COND= conducibilità, O₂= ossigeno disciolto, O₂%= ossigeno percentuale, pH, T= temperatura, TSS= solidi sospesi totali, SRP= fosforo solubile reattivo, N-NO₃= nitrati.

Corso d'acqua	CODICE_sito	COND (μS/cm)	O ₂ (mg/L)	O ₂ %	pH	T °C	TSS (mg/L)	SRP (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)
VALLECROSA	VLVL01M**	509	9,82	99,10	8,81	15,77	1,40	0,01	0,91
	VLVL01**	500	11,21	129,60	9,21	22,55	6,73	0,03	1,40
ARGENTINA	AGAG02**	278	9,94	99,10	9,13	15,24	3,30	0,02	0,17
	AGAG04**	364	9,08	92,50	8,66	15,94	0,40	0,01	1,77
IMPERO	IMIM01**	411	11,76	102,80	9,00	9,39	0,98	0,02	0,43
	IMIM02**	506	10,88	101,20	8,79	12,16	1,89	0,02	0,88
	IMIM03**	530	11,25	111,40	8,96	14,84	1,72	0,00	1,01
MERULA	MEME01	436	9,67	97,40	8,71	15,76	0,00	0,03	0,55
	MEME02	504	9,80	105,70	8,68	19,12	0,00	0,03	1,12
VARATELLA	VRVR01**	383	10,79	105,80	9,20	14,33	0,70	0,03	0,65
	VRVR02**	398	10,38	108,50	9,37	10,52	31,26	0,03	0,69
PORRA	PAPA01M**	163	9,71	94,30	8,94	13,97	1,17	0,05	0,95
	PAPA02**	216	10,52	105,00	9,08	15,30	8,54	0,01	1,06
SCIUSA	SISI01**	385	11,85	111,70	9,21	14,59	0,83	0,06	1,12
	SISI03	447	10,32	107,60	8,95	17,21	8,09	0,02	0,64
QUILIANO	QUQU01**	127	11,07	99,80	8,52	10,70	0,00	0,01	0,98
	QUQU02**	165	10,03	91,90	8,44	11,57	0,00	0,00	0,93
SANSOBBIA	SASA01M**	218	10,98	101,60	9,44	11,83	9,32	0,07	0,69
	SASA02**	233	10,46	101,90	9,03	14,15	0,65	0,05	0,46
ARRESTRA	ARAR01	179	9,98	93,50	8,82	12,41	0,00	0,09	0,87
	ARAR02	166	10,62	101,70	9,08	13,34	1,08	0,01	0,52

(**): siti che presentano significatività in base al test Kolmogorov-Smirnov, ovvero presentano differenze statisticamente significative in termini di produzione primaria tra microhabitat.

DISCUSSIONE

I corsi d'acqua mediterranei sono caratterizzati da ampie fluttuazioni di portata che si ripercuotono sulle componenti biologiche. In particolare la spiccata eterogeneità ambientale che li caratterizza si riflette sulle comunità diatomee (Tornés e Sabater, 2010). Nel presente lavoro è stato dimostrato che queste comunità, in corsi d'acqua mediterranei all'interno di una stessa HER e con concentrazione dei nutrienti paragonabili,

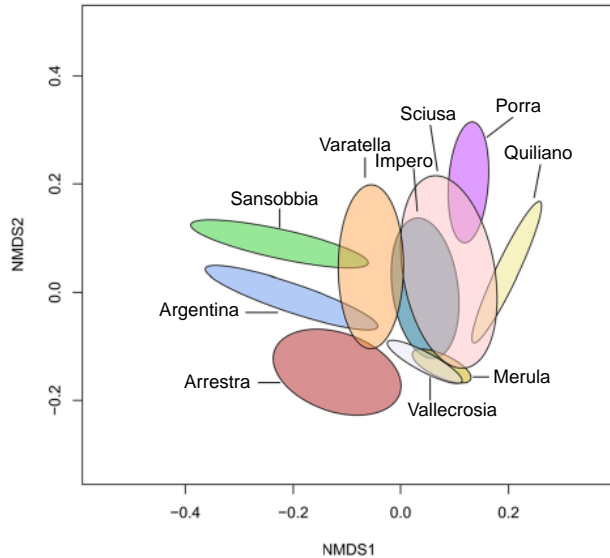


Fig. 2. Risultato dell'NMDS dove si evidenziano le differenze tra i 10 torrenti analizzati.

si differenziano non solo tra corsi d'acqua differenti ma anche tra i microhabitat presenti all'interno dei siti di campionamento stessi.

La variabilità nelle comunità riscontrata nei diversi campioni riflette la diversificazione spaziale che contraddistingue i corsi d'acqua mediterranei (Tornés e Ruhi, 2013), provocata dall'intermittenza che li caratterizza (Boix *et al.*, 2010). L'elevata differenziazione spaziale è destinata ad aumentare durante la stagione estiva, considerando che la riduzione della portata comporta la formazione di pozze isolate e l'aumento della vegetazione in alveo. In particolare, la scelta di un microhabitat piuttosto che di un altro, può comportare variazioni anche in termini di indici di qualità, con classificazione non corretta dei corpi idrici. Pertanto risulta importante impostare un protocollo di campionamento apposito per i corsi d'acqua mediterranei, in quanto, in questo caso, il protocollo standard non è risultato sufficientemente indicativo della reale variabilità che caratterizza i tratti fluviali considerati.

Per avere una buona rappresentatività del campione è quindi necessario monitorare il maggior numero di microhabitat possibili (Dallas, 2013). Sarebbe preferibile non raccogliere i ciottoli seguendo un transetto lineare, ma piuttosto prelevarli in zone che siano il più diversificate possibile in termini di ombreggiatura, profondità, velocità della corrente e macrofite. Questo approccio risulta particolarmente adatto non solo in periodi di morbida, ma anche durante la stagione estiva caratterizzata dalla formazione di

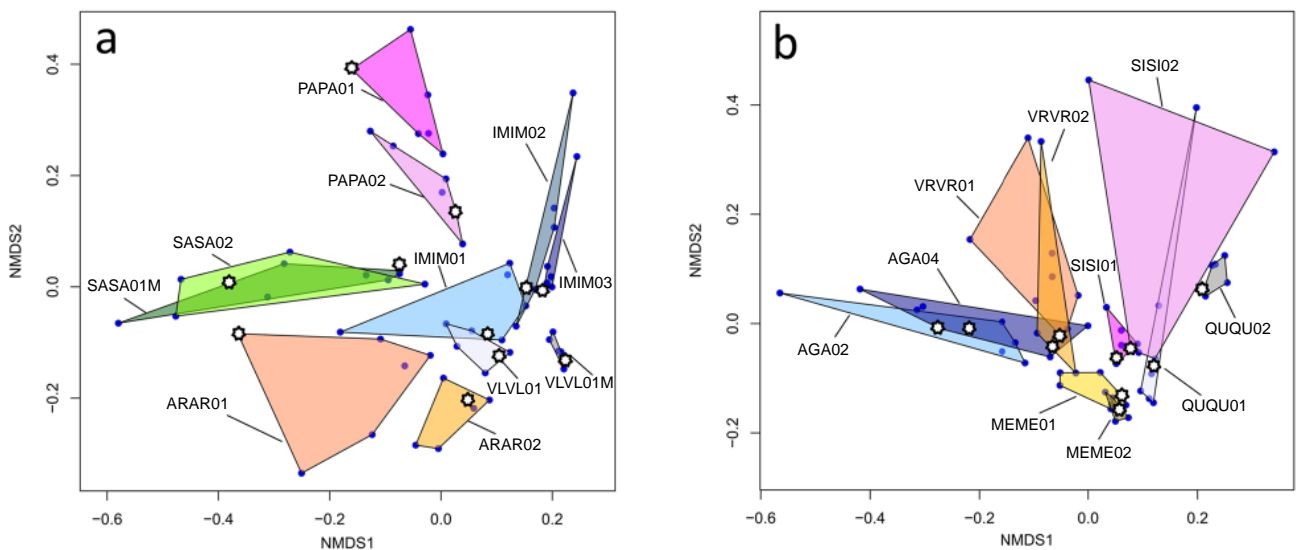


Fig. 3. Risultati dell'NMDS in cui si evidenziano le differenze tra le stazioni selezionate suddivisi in due grafici per facilità di lettura: in fig. 3a sono riportate le stazioni relative a Arrestra, Impero, Porra, Sansobbia e Vallecrosia; in fig. 3b sono invece riportate le stazioni di Argentina, Merula, Quiliano, Sciusa e Varatella. I pallini bianchi rappresentano i campioni prelevati seguendo la procedura standard (transetti), quelli scuri i campioni provenienti dai microhabitat.

microhabitat isolati.

Questa eterogeneità si riflette anche a livello della produzione primaria (Dahm *et al.*, 2003): in questo caso risulta particolarmente utile affiancare al campionamento delle diatomee una misura diretta della clorofilla-*a* in modo da verificare, prima di prelevare

il campione, se è presente una produzione primaria significativa e quindi una buona presenza di individui vivi nel campione. Infatti, nei torrenti sottoposti a forti oscillazioni nella portata si possono accumulare quantità non trascurabili di frustoli morti che potrebbero falsare il risultato delle determinazioni,

Tab. III. Indice IPS per il transetto e per i 5 microhabitat (MH).

Corso d'acqua	CODICE_SITO	TRANSETTO	MH_A	MH_B	MH_C	MH_D	MH_E
VALLECROSA	VLVL01M	18,1	18,0	19,2	17,7	17,9	17,9
	VLVL01	18,1	17,3	16,9	17,7	18,6	17,8
ARGENTINA	AGAG02	17,3	16,4	16,7	16,7	18,4	16,7
	AGAG04	19,5	18,3	18,7	13,7	18,9	18,1
IMPERO	IMIM01	17,9	15,7	16,7	17,6	17,0	18,3
	IMIM02	16,2	14,1	15,6	16,2	18,1	17,1
	IMIM03	16,8	15,2	16,7	16,9	16,5	16,7
MERULA	MEME01	18,2	18,3	18,0	17,1	19,5	17,3
	MEME02	18,9	18,1	17,9	17,8	18,9	18,8
VARATELLA	VRVR01	17,4	14,5	17,3	17,1	17,4	16,2
	VRVR02	18,4	15,3	18,0	14,5	17,5	18,5
PORRA	PAPA01M	14,4	14,1	14,3	13,8	15,2	14,1
	PAPA02	14,2	15,1	15,1	16,0	15,6	15,5
SCIUSA	SISI01	17,0	17,3	16,7	16,3	16,3	16,5
	SISI03	16,7	16,1	15,9	15,2	14,6	13,2
QUILIANO	QUQU01	17,6	14,8	18,5	19,2	18,6	18,5
	QUQU02	14,5	13,8	14,2	14,4	14,6	14,5
SANSOBBIA	SASA01M	17,1	17,6	17,3	18,0	17,4	19,6
	SASA02	18,7	19,4	18,1	17,7	17,4	17,9
ARRESTRA	ARAR01	19,5	18,3	19,4	19,4	19,2	19,3
	ARAR02	16,9	19,1	16,3	17,0	19,0	19,3

Tab. IV. Indice TI/4 per il transetto e per i 5 microhabitat (MH).

Corso d'acqua	CODICE_SITO	TRANSETTO	MH_A	MH_B	MH_C	MH_D	MH_E
VALLECROSA	VLVL01M	1,48	1,51	1,27	1,58	1,48	1,55
	VLVL01	1,30	1,56	1,54	1,41	1,27	1,35
ARGENTINA	AGAG02	1,38	1,58	1,47	1,55	1,34	1,59
	AGAG04	1,28	1,41	1,30	2,51	1,35	1,30
IMPERO	IMIM01	1,59	1,99	1,93	1,47	1,82	1,43
	IMIM02	2,13	2,79	2,47	2,37	1,82	1,96
	IMIM03	1,96	2,31	1,96	2,02	1,94	1,91
MERULA	MEME01	1,84	1,41	1,40	1,58	1,29	1,43
	MEME02	1,24	1,45	1,48	1,45	1,51	1,27
VARATELLA	VRVR01	1,62	2,76	1,94	2,02	1,74	1,80
	VRVR02	1,53	2,02	1,56	2,54	1,91	1,44
PORRA	PAPA01M	2,70	2,99	2,77	3,09	2,80	2,76
	PAPA02	2,46	2,79	2,77	2,26	2,87	2,67
SCIUSA	SISI01	1,82	1,87	2,04	2,12	2,22	2,07
	SISI03	2,12	2,29	2,54	2,50	2,66	3,00
QUILIANO	QUQU01	1,97	3,00	2,06	1,61	1,86	1,62
	QUQU02	2,51	2,47	2,58	2,38	2,61	2,60
SANSOBBIA	SASA01M	1,85	1,58	1,82	1,63	1,74	1,32
	SASA02	1,62	1,40	1,69	2,07	1,76	1,92
ARRESTRA	ARAR01	1,35	1,56	1,33	0,80	1,45	0,85
	ARAR02	1,34	0,93	1,43	1,41	0,99	0,96

basate, come è noto, sull'esame del frustulo privato della sostanza organica. La misura della clorofilla-*a* sul perifiton è un accorgimento che può ovviare a questo inconveniente.

Inoltre la produzione diatomica, applicando il test Kolmogorov-Smirnov, mostra differenze statisticamente significative in termini di concentrazione di clorofilla-*a* tra i microhabitat in 16 delle 21 stazioni considerate (Tab. II).

Per quanto riguarda le specie più abbondanti, in quasi tutti i campioni sono risultate *Achnanthydium minutissimum*, *Achnanthydium pyrenaicum*, *Nitzschia dissipata*, *Nitzschia fonticola*, *Nitzschia inconspicua*, a prescindere dalla tipologia di microhabitat e dall'ubicazione monte o valle: si tratta di specie ad ampia diffusione in tutto il settore nord occidentale. Da notare che l'analisi NMDS ha evidenziato differenze a livello di composizione, ma, di contro, non sono state riscontrate specie caratterizzanti i microhabitat rispetto ai transesti.

Dei taxa determinati 32 specie sono risultate teratologiche, tra cui le più frequenti e abbondanti sono *A. minutissimum*, *A. pyrenaicum*, *Cocconeis placentula*, *N. fonticola*, *Ulnaria ulna*. I corsi d'acqua con una maggior presenza di queste specie sono Impero e Varatella e ciò è probabilmente dovuto a fattori come l'agricoltura intensiva o il significativo scarico di inerti che si riscontra nel Varatella già dal punto a monte, e agli importanti insediamenti di attività umane che decorrono lungo il corso del torrente Impero, tutte cause che potrebbero scatenare uno o più fattori considerati come i maggiori responsabili della formazione di frustuli anormali, quali, ad esempio, il disturbo meccanico o la presenza di metalli pesanti o altri componenti tossici (Falasco *et al.*, 2009).

BIBLIOGRAFIA

- Battegazzore M., Fenoglio S., Gallo L., Lucadamo L., Morisi A., 2005. Esperienze di studio della qualità biologica di corsi d'acqua italiani mediante l'uso delle diatomee. 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. *Biologia Ambientale*, **19** (1): 109-116.
- Blanco S., Cejudo-Figueiras C., Álvarez-Blanco I., Bécarea E., Hoffmann L., Ector L., 2010. *Atlas de las diatomeas de la cuenca del Duero*. Área de Publicaciones: Universidad de León: 386 pp.
- Boix D., García-Berthou E., Gascón S., Benejam L., Tornés E., Sala J., Benito J., Munné A., Solà C., Sabater S., 2010. Response of community structure to sustained drought in Mediterranean rivers. *Journal of Hydrology*, **383**: 135-146.
- Cemagref, 1982. *Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux*. Rapport Q. E. Lyon, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse-Cemagref, Pierre-Bénite: 218 pp.
- Dahm C.N., Baker M., Moore D., Thibault J.R., 2003. Coupled biogeochemical and hydrological responses of streams and rivers to drought. *Freshwater biology*, **48**: 1219-1231.
- Dallas H., 2013. Ecological status assessment in mediterranean rivers: complexities and challenges in developing tools for assessing ecological status and defining reference conditions. *Hydrobiologia*, **719**: 483-507.
- D.M. Ambiente, 16 giugno 2008, n°131. Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici e analisi delle pressioni).
- Falasco E., Bona F., Badino G., Hoffmann L., Ector L., 2009. Diatom teratological forms and environmental alteration: a review. *Hydrobiologia*, **623**: 1-35.

CONCLUSIONI

I corsi d'acqua mediterranei sono ecosistemi particolarmente fragili a causa della stagionalità delle portate: per questo motivo i cambiamenti climatici e lo sfruttamento delle risorse idriche rappresentano una minaccia i cui effetti potrebbero manifestarsi più rapidamente rispetto ad altri ecosistemi (Fenoglio e Bo, 2014). Questa prerogativa richiede una particolare attenzione e monitoraggi frequenti del loro stato di qualità.

Le diatomee rappresentano un importante indicatore per la classificazione ecologica dei corsi d'acqua e sembrano prestarsi particolarmente al monitoraggio dei fiumi temporanei, grazie alla loro capacità di rispondere velocemente anche a piccole variazioni dei parametri ambientali. Tuttavia, come già sottolineato da Battegazzore *et al.* (2005), il protocollo standard di campionamento delle diatomee dovrebbe essere migliorato per tener conto della risposta a variazioni ambientali di piccola scala (microhabitat). Quest'esigenza è particolarmente attuale, come dimostrato in questo studio, per i corsi d'acqua temporanei caratterizzati da una spiccata eterogeneità ambientale e variabilità idrologica, sempre più marcata e diffusa come conseguenza del cambiamento climatico globale e delle crescenti pressioni antropiche.

In questo contesto l'affiancamento di sistemi per misurare la produzione primaria della comunità diatomica potrebbe rappresentare un valido supporto per una corretta interpretazione dei dati.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano Anna Risso e Marco Bodon dell'ARPA Liguria per la loro preziosa e proficua collaborazione. Si ringrazia inoltre Davide Giuliano per la realizzazione della mappa.

- Falasco E., Mobili L., Risso A., Bona F., 2012. Considerazioni sull'applicazione dell'indice diatomico ICMi (Intercalibration Common Metric index) nell'Italia nord-occidentale. *Biologia Ambientale*, **26** (1): 1-8.
- Fenoglio S., Bo T., 2014. Possibili impatti del cambiamento climatico globale sulle entomocenosi dei sistemi fluviali di basso ordine. *Biologia Ambientale*, **28** (2): 1-8.
- Gasith A., Resh V.H., 1999. Streams in Mediterranean climate regions: abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **30**: 51-81.
- Hofmann G., Werum M., Lange-Bertalot H., 2011. *Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa*. Koeltz Scientific Books, Königstein: 908 pp.
- IRSA, 1994. *Metodi analitici per le acque*. Quaderni, 100. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma: 342 pp.
- Kahlert M., McKie B., 2014. Comparing new and conventional methods to estimate benthic algal biomass and composition in freshwaters. *Environ. Sci.: Processes & Impacts*, **16**: 2627-2634. DOI: 10.1039/c4em00326h
- Krammer K., 1997a. Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 1. Allgemeines und *Encyonema* Part. *Bibl. Diatomol.*, **36**: 1-382.
- Krammer K., 1997b. Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 2. *Encyonema* part, *Encyonopsis* and *Cymbelloopsis*. *Bibl. Diatomol.*, **37**: 1-469.
- Krammer K., 2000. *The genus Pinnularia*. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Diatoms of Europe. 1*. A.R.G. Gantner Verlag K.G., Rugell: 584 pp.
- Krammer K., 2002. *Cymbella*. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Diatoms of Europe. 3*. A.R.G. Gantner Verlag K. G., Rugell: 584 pp.
- Krammer K., 2003. *Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbelloopsis, Afrocybella*. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Diatoms of Europe. 4*. A.R.G. Gantner Verlag K.G., Rugell: 530 pp.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1986. *Bacillariophyceae Teil: Naviculaceae. 1*. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig and D. Mollenhauer (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa. 2*. Fischer Verlag, Stuttgart: 876 pp.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1988. *Bacillariophyceae Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. 2*. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig and D. Mollenhauer (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa. 2*. Fischer Verlag, Stuttgart: 610 pp.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1991a. *Bacillariophyceae Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. 3*. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig and D. Mollenhauer (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa. 2*. Fischer Verlag, Stuttgart: 598 pp.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1991b. *Bacillariophyceae Teil: Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. 4*. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig and D. Mollenhauer (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa. 2*. Fischer Verlag, Stuttgart: 437 pp.
- Lake P.S., 2000. Disturbance, patchiness and diversity in streams. *J. N. Amer. Benthol. Soc.*, **19** (4): 573-592.
- Lake P.S., 2003. Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshwater Biology*, **48**: 1161-1172.
- Lange-Bertalot H., 2001. *Navicula sensu stricto*, 10 Genera separated from *Navicula sensu lato*, *Frustulia*. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Diatoms of Europe. 2*. A.R.G. Gantner Verlag K.G., Rugell: 526 pp.
- Lange-Bertalot H., Metzeltin D., 1996. Indicators of Oligotrophy. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Iconographia Diatomologica. 2*. Koeltz, Koenigstein: 390 pp.
- Lavoie I., Hamilton P.B., Campeau S., Grenier M., Dillon P.J., 2008. *Guide d'identification des diatomées des rivières de l'Est du Canada* (Spiral-bound). Presses de l'Université du Québec, Boisbriand: 241 pp.
- Lecoince C., Coste M., Prygiel J., 1993. Omnidia: Software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiology*, **269/270**: 509-513.
- Mancini L., Sollazzo C., 2009. *Metodo per la valutazione dello stato ecologico delle acque correnti: comunità diatomiche*. Roma: Istituto Superiore di Sanità. (Rapporti ISTI-SAN 09/19).
- Oksanen J., Guillaume Blanchet F., Kindt R., Legendre P., Minchin P.R., O'Hara R.B., Simpson G.L., Solymos P., Stevens M.H.H., Wagner H., 2015. *vegan: Community Ecology Package. R package version 2.2-1*. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- R Development Core Team. 2014. *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.r-project.org>
- Reichardt E., 1999. Zur Revision der Gattung *Gomphonema*. Die Arten um *G. affine/insigne*, *G. angustum/micropus*, *G. acuminatum* sowie gomphonemoide Diatomeen aus dem Oberoligozän in Böhmen. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Iconographia Diatomologica. 8*. A.R.G. Gantner Verlag K. G., Rugell.
- Rott E., Binder N., Van Dam H., Ortler K., Pall K., Pfister P., Pipp E., 1999. Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 2. Trophieindikation und autökologische Anmerkungen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Wien, 248 pp.
- Sabater S., Guasch H., Muñoz I., Romani A., 2006. Hydrology, light and the use of organic and inorganic materials as structuring factors of biological communities in Mediterranean streams. *Limnetica*, **25** (1-2): 335-348.
- Tornés E., Ruhi A., 2013. Flow intermittency decreases nestedness and specialization of diatom communities in Mediterranean rivers. *Freshwater Biology*, **58**: 2555-2566.
- Tornés E., Sabater S., 2010. Variable discharge alters habitat suitability for benthic algae and cyanobacteria in a forested Mediterranean stream. *Marine and Freshwater Research*, **61**: 441-450.
- UNI. 2005. Qualità dell'acqua - Norma guida per il campionamento di routine ed il pretrattamento di diatomee bentoniche da fiumi. Norma EN 13946.
- Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J., 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* **28**: 117-133.
- Werum M., Lange-Bertalot H., 2004. Diatoms in Springs from Central Europe and elsewhere under the influence of hydrogeology and anthropogenic impacts. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Iconographia Diatomologica. 13*. Koeltz, Koenigstein: 417 pp.

ALLEGATO I

Elenco delle specie identificate; in grassetto le specie selezionate per le analisi di comunità

Achnanthydium subatomus* (Hustedt) Lange-BertalotAchnanthydium subatomus* (Hustedt) Lange-Bertalot f. anormale*Achnanthydium affine* (Grunow) Czarnecki*Achnanthydium atomoides* Monnier, Lange-Bertalot & Ector*Achnanthydium eutrophilum* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot***Achnanthydium exile* (Kützing) Bukhtiyarova*****Achnanthydium gracillimum* (Meister) Lange-Bertalot*****Achnanthydium lineare* W. Smith***Achnanthydium minutissimum* (Kützing) Czarnecki f. anormale***Achnanthydium minutissimum* (Kützing) Czarnecki*****Achnanthydium pyrenaicum* (Hustedt) Kobayasi***Achnanthydium pyrenaicum* (Hustedt) Kobayasi f. anormale*Achnanthydium rivulare* Potapova & Ponader*Achnanthydium straubianum* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot*Achnanthydium thienemannii* (Hustedt) Lange-Bertalot***Adlafia minuscula* (Grunow) Lange-Bertalot***Amphipleura pellucida* Kützing*Amphora copulata* (Kützing) Schoeman & Archibald*Amphora ovalis* (Kützing) Kützing*Amphora pediculus* (Kützing) Grunow*Amphora pediculus* (Kützing) Grunow f. anormale*Aulacoseira* sp. Thwaites*Brachysira neoexilis* Lange-Bertalot*Brachysira neoexilis* Lange-Bertalot f. anormale*Brachysira procera* Lange-Bertalot & Moser*Caloneis lancettula* (Schulz) Lange-Bertalot & Witkowski*Cavinula cocconeiformis* (Gregory ex Greville) Mann & Stickle***Cocconeis euglypta* Ehrenberg emended Romero & Jahn*****Cocconeis lineata* Ehrenberg***Cocconeis pediculus* Ehrenberg*Cocconeis placentula* Ehrenberg*Cocconeis placentula* Ehrenberg f. anormale*Cocconeis pseudolineata* (Geitler) Lange-Bertalot*Ctenophora pulchella* (Ralfs ex Kützing) Williams et Round*Cyclotella meneghiniana* Kützing*Cymbella affinis* Kützing*Cymbella affinis* Kützing f. anormale*Cymbella compacta* Østrup***Cymbella excisa* Kützing***Cymbella excisa* Kützing f. anormale*Cymbella excisiformis* Krammer*Cymbella lancettula* (Krammer) Krammer***Cymbella parva* (W. Smith) Kirchner***Cymbella perparva* Krammer***Cymbella subtruncata* Krammer***Delicata delicatula* (Kützing) Krammer*Denticula tenuis* Kützing*Diademsis contenta* (Grunow) Mann***Diatoma ehrenbergii* Kützing***Diatoma ehrenbergii* Kützing f. anormale*Diatoma mesodon* (Ehrenberg) Kützing***Diatoma moniliformis* Kützing***Diatoma moniliformis* Kützing f. anormale*Diatoma vulgaris* Bory*Diatoma vulgaris* Bory f. anormale*Didymosphenia geminata* (Lyngbye) Schmidt*Diploneis fontanella* Lange-Bertalot*Diploneis separanda* Lange-Bertalot*Encyonema caespitosum* Kützing*Encyonema lange-bertalotii* Krammer***Encyonema minutum* (Hilse) Mann***Encyonema minutum* (Hilse) Mann f. anormale*Encyonema prostratum* (Berkeley) Kützing***Encyonema silesiacum* (Bleisch) Mann*****Encyonema ventricosum* (Agardh) Grunow***Encyonopsis cesatii* (Rabenhorst) Krammer***Encyonopsis minuta* Krammer & Reichardt***Encyonopsis subminuta* Krammer & Reichardt*Eolimna minima* (Grunow) Lange-Bertalot*Eolimna minima* (Grunow) Lange-Bertalot f. anormale*Epithemia* sp. Kützing*Eucoconeis flexella* (Kützing) Meister*Eucoconeis laevis* (Oestrup) Lange-Bertalot*Eumotia* sp. Ehrenberg*Fallacia insociabilis* (Krasske) Mann*Fallacia subhamulata* (Grunow) Mann*Fistulifera pelliculosa* (Brébisson) Lange-Bertalot***Fistulifera saphophila* (Lange-Bertalot & Bonik) Lange-Bertalot***Fragilaria amphicephaloides* Lange-Bertalot*Fragilaria arcus* (Ehrenberg) Cleve*Fragilaria arcus* (Ehrenberg) Cleve f. anormale*Fragilaria austriaca* (Grunow) Lange-Bertalot*Fragilaria capucina* Desmazières var. *capitellata* (Grunow) Lange-Bertalot f. anormale*Fragilaria gracilis* Østrup*Fragilaria perminuta* (Grunow) Lange-Bertalot***Fragilaria recapitellata* Lange-Bertalot & Metzeltin*****Fragilaria rumpens* (Kützing) Carlson***Fragilaria vaucheriae* (Kützing) Petersen*Frustulia vulgaris* (Thwaites) De Toni***Geissleria acceptata* (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin***Geissleria decussis* (Østrup) Lange-Bertalot & Metzeltin

- Gomphonema* sp. Ehrenberg
Gomphonema angustum Agardh
Gomphonema calcifugum Lange-Bertalot & Reichardt
Gomphonema capitatum Ehrenberg
***Gomphonema cybelliclinum* Reichardt & Lange-Bertalot**
***Gomphonema elegantissimum* Reichardt & Lange-Bertalot**
Gomphonema lateripunctatum Reichardt & Lange-Bertalot
Gomphonema micropumilum Reichardt
Gomphonema micropus Kützing
Gomphonema micropus Kützing f. anormale
Gomphonema minutum (Agardh) Agardh
***Gomphonema olivaceum* (Hornemann) Brébisson**
Gomphonema olivaceum (Hornemann) Brébisson f. anormale
Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing
Gomphonema rhombicum Fricke
Gomphonema subclavatum Grunow
***Gomphonema tergestinum* (Grunow) Schmidt**
Gomphonema tergestinum Fricke f. anormale
Halamphora montana (Krasske) Levkov
Halamphora veneta (Kützing) Levkov
Hippodonta hungarica (Grunow) Lange-Bertalot Metzeltin & Witkowski
Hippodonta pseudacceptata (Kobayasi) Lange-Bertalot Metzeltin & Witkowski
Karayevia clevei (Grunow) Bukhtiyarova var. *clevei*
Luticola ventriconfusa Lange-Bertalot
Mayamaea excelsa (Krasske) Lange-Bertalot
***Mayamaea permitis* (Hustedt) Bruder & Medlin**
***Melosira varians* Agardh**
Meridion circulare (Greville) Agardh var. *constrictum* (Ralfs) Van Heurck
Meridion circulare (Greville) Agardh var. *circulare*
***Navicula antonii* Lange-Bertalot**
Navicula capitatoradiata Germain
Navicula caterva Hohn & Hellerman
Navicula cryptocephala Kützing
***Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot**
Navicula cryptotenella Lange-Bertalot f. anormale
Navicula cryptotenelloides Lange-Bertalot
***Navicula gregaria* Donkin**
Navicula gregaria Donkin f. anormale
***Navicula lanceolata* (Agardh) Ehrenberg**
Navicula lundii Reichardt
Navicula novaesiberica Lange-Bertalot
Navicula radiosa Kützing
***Navicula reichardtiana* Lange-Bertalot**
Navicula reichardtiana Lange-Bertalot f. anormale
Navicula rostellata Kützing
Navicula seibigiana Lange-Bertalot
Navicula splendicula Van Landingham
Navicula tripunctata (Müller) Bory
Navicula tripunctata (Müller) Bory f. anormale
Navicula veneta Kützing
Nitzschia acicularis (Kützing) W.M. Smith
Nitzschia amphibia Grunow
***Nitzschia archibaldii* Lange-Bertalot**
Nitzschia archibaldii Lange-Bertalot f. anormale
Nitzschia dissipata* (Kützing) Grunow ssp. *dissipata
Nitzschia dissipata (Kützing) Grunow f. anormale
Nitzschia dissipata (Kützing) Grunow var. *media* (Hantzsch) Grunow
***Nitzschia fonticola* Grunow**
Nitzschia fonticola Grunow f. anormale
Nitzschia frustulum (Kützing) Grunow var. *frustulum*
Nitzschia heufferiana Grunow
***Nitzschia inconspicua* Grunow**
Nitzschia inconspicua Grunow f. anormale
Nitzschia lacuum Lange-Bertalot
Nitzschia linearis* (Agardh) W.M. Smith var. *linearis
Nitzschia microcephala Grunow
Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith var. *palea
Nitzschia palea (Kützing) W. Smith var. *debilis* (Kützing) Grunow
Nitzschia perminuta (Grunow) Peragallo
Nitzschia pusilla (Kützing) Grunow emended Lange-Bertalot
Nitzschia recta Hantzsch
Nitzschia sigmoidea (Nitzsch) W. Smith
Nitzschia species f. anormale
***Planothidium frequentissimum* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot**
Planothidium frequentissimum (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot f. anormale
***Planothidium lanceolatum* (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot**
Psammothidium bioretii (Germain) Bukhtiyarova et Round
Psammothidium chlidanos (Hohn & Hellerman) Lange-Bertalot
***Reimeria sinuata* (Gregory) Kociolek & Stoermer**
Reimeria sinuata (Gregory) Kociolek & Stoermer f. anormale
Reimeria uniseriata Sala Guerrero & Ferrario
Rhoicosphenia abbreviata (Agardh) Lange-Bertalot
Sellaphora bacillum (Ehrenberg) Mann
Sellaphora pupula (Kützing) Mereschkowksy
Sellaphora seminulum (Grunow) Mann
Sellaphora ventraloides (Hustedt) Falasco & Ector
Surirella angusta Kützing
Surirella brebissonii var. *kuetzingii* Krammer et Lange-Bertalot
Surirella sp. Turpin
***Synedra acus* Kützing**
Tabularia fasciculata (Agardh) Williams et Round
Ulnaria biceps (Kützing) Compère
***Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère**
Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère f. anormale