

# Biodiversità algale in Sicilia: diatomee rare o notevoli del bacino idrografico del fiume Simeto

MARTA FINOCCHIARO\*, MARIACRISTINA TORRISI\*\*,  
ANNALISA FERLITO\*, ANTONIO DELL'UOMO\*\*, LUC ECTOR\*\*\*

\* *A.R.P.A. Sicilia, Dipartimento Provinciale di Catania,  
via C. Ardizzone 35, 95100 Catania (Italy); e-mail: mfinocchiaro@arpa.sicilia.it*

\*\* *Dipartimento di Scienze Ambientali, Sezione di Botanica ed Ecologia,  
Università di Camerino, via Pontoni 5, 62032 Camerino (MC) (Italy);  
e-mail: mariacristina.torrisci@unicam.it; antonio.delluomo@unicam.it*

\*\*\* *Public Research Centre - Gabriel Lippmann,  
Department of Environment and Agro-biotechnologies, 41, rue du Brill,  
L-4422 Belvaux (Grand-Duchy of Luxembourg); e-mail: ector@lippmann.lu*

Key words: algal biodiversity, diatoms, halophilous taxa, Simeto river, Sicily.

## SUMMARY

The diatom community of the hydrographic basin of the Simeto river was studied for the first time during the years 2005-2007. In the course of this investigation 185 taxa of diatoms were observed, many of them common throughout the Italian territory, others rarely reported or very interesting from the ecological and biogeographical point of view. Among these, *Caloneis* aff. *pseudocleveii* Cholnoky deserves particular attention because it resulted to be one of the rare records in Europe. This taxon was recorded and described for the first time in South Africa, in alkaline and rather degraded water bodies. Numerous and abundant are the halophilous species, their presence is justified by the high mineralization of the water of the Simeto river, which does not seem due to anthropogenic causes, but to natural causes, mainly to the lithology of the substrate. The information obtained by this research resulted to be useful to widen the knowledge of the ecology of diatoms observed in Italian watercourses.

## INTRODUZIONE

Nel corso di ricerche svolte nel bacino idrografico del fiume Simeto allo scopo di valutarne la qualità biologica tramite indicatori algali sono state osservate numerose specie di diatomee particolarmente interessanti dal punto di vista ecologico e biogeografico. La Direttiva quadro europea WFD/60/2000 (Council of the European Union, 2000) impone infatti l'utilizzo degli indicatori biologici appartenenti ai vari livelli trofici in aggiunta alla valutazione della com-

ponente abiotica. Se tra gli elementi necessari alla classificazione dello stato ecologico delle acque interne la suddetta normativa indica la “composizione e l’abbondanza della flora acquatica”, sono senza dubbio le alghe che, in questo contesto, svolgono un ruolo fondamentale, in quanto completamente immerse in acqua con il loro tallo e molto sensibili alle variazioni delle caratteristiche chimiche e fisiche del corpo idrico. Tra le diverse classi di alghe, tuttavia, quella delle Bacillariophyceae o diatomee si rivela la più idonea al biomonitoraggio, come testimoniato da molti Simposi tenutesi in vari paesi europei (tra altri: Whitton et al., 1991; Whitton e Rott, 1996; Prygiel et al., 1999; Ector et al., 2004; Ács et al., 2007). In Italia sono numerosi i dati raccolti nell’arco di un ventennio nell’idrocoregione dell’Appennino centrale (Dell’Uomo, 1981; Dell’Uomo e Masi, 1986; Dell’Uomo 1991, 1996; Dell’Uomo et al., 1999; Dell’Uomo, 2003; Torrisi e Dell’Uomo, 2006); tuttavia anche in altre realtà territoriali sono state avviate di recente attività sistematiche volte al biomonitoraggio delle acque correnti tramite diatomee (Battezzatore et al., 2004; Ciutti et al., 2003; Zorza et al., 2005; Della Bella et al., 2006; Bona et al., 2007).

Scopo di questo lavoro, svolto nell’area centro-orientale della Sicilia, è pertanto quello di dare risalto a numerose specie di diatomee che sono risultate rare o di nuova segnalazione per il territorio italiano o comunque notevoli per quanto riguarda la loro distribuzione geografica e le loro esigenze ecologiche. Tutte le informazioni che ne sono scaturite si sono rivelate utili, tra l’altro, per l’inserimento di queste diatomee nella lista delle specie già osservate nel reticolo idrografico italiano e attualmente utilizzate nel biomonitoraggio fluviale (Dell’Uomo, 2004).

## AREA DI STUDIO

Il Simeto è il maggiore fiume siciliano per ampiezza di bacino idrografico (4186 km<sup>2</sup>). Quest’ultimo si estende su gran parte dei rilievi montuosi della Sicilia orientale interessando le province di Catania, Enna e Messina. Il Simeto ha origine, a valle del centro abitato di Maniace, dalla confluenza di tre torrenti, il Cutò, il Martello e il Saracena che forniscono il più importante contributo idrico in quanto raccolgono le acque dai monti Nebrodi, situati nell’area più piovosa dell’isola; dopo un percorso di circa 116 km il Simeto sfocia nel Golfo di Catania.

Lungo il suo corso il fiume riceve diversi affluenti lungo la sponda destra. Procedendo da monte verso valle il primo importante tributario è il fiume Troina, che si origina dai monti Nebrodi e che, nei pressi di Bronte, sbocca nel Simeto subito a valle delle strette Gole della Cantera. Il secondo affluente di rilievo è il fiume Salso che sfocia nel Simeto a valle dell’abitato di Adrano, mentre il fiume Dittaino, il cui bacino occupa una parte delle colline della Sicilia cen-



trale, in aree quasi del tutto disboscate, vi confluisce a livello della Piana di Catania. L'ultimo affluente del Simeto, nel suo tratto prefociale, è il fiume Gornalunga.

I bacini dei fiumi Salso, Dittaino e Gornalunga si estendono in gran parte su affioramenti evaporitici della serie gessoso-solfifera che conferiscono alle acque un'elevata concentrazione salina.

Le portate dei corsi d'acqua si sono drasticamente ridotte negli ultimi decenni per la realizzazione di grandi opere di presa pubbliche, realizzate a partire dagli anni '50, che ne hanno alterato il regime naturale. Sugli affluenti Troina, Salso, Dittaino, Gornalunga sono stati realizzati dei grossi invasi, rispettivamente i laghi di Ancipa, Pozzillo, Nicoletti, Ogliastro, sbarrando le aste fluviali con delle dighe. Le acque dell'Ancipa, dopo opportuno trattamento sono prevalentemente destinate all'uso potabile, mentre quelle immagazzinate negli altri invasi vengono utilizzate per scopi irrigui ed idroelettrici.

La maggior parte del territorio del versante sinistro invece, essendo ricoperto dagli espandimenti lavici del sistema vulcanico etneo, estremamente permeabili, non è in grado di supportare la formazione di un reticolo idrografico superficiale. Per questa ragione gli affluenti in sinistra idrografica sono pochi e hanno un brevissimo percorso; le acque meteoriche che si infiltrano nel sottosuolo, alimentando falde acquifere e sorgenti, contribuiscono comunque alla portata del fiume attraverso le manifestazioni sorgentizie.

## MATERIALI E METODI

Tra l'autunno 2005 e l'estate 2007 sono state prese in considerazione dieci stazioni ubicate nel bacino idrografico del fiume Simeto (Fig. 1): tre situate lungo l'asse principale e le rimanenti sette sugli affluenti sopra citati (una sul Troina, una sul Salso, due sul Dittaino, due sul Gornalunga ed una su un affluente di quest'ultimo, il fiume Monaci). In ogni stazione sono stati prelevati diversi campioni di diatomee eccetto che nella Stazione 9 in cui, a causa della scarsa accessibilità del sito, ne è stato raccolto solamente uno (Tab. I); in totale sono stati prelevati ed esaminati 62 campioni. Contestualmente è stato anche effettuato il monitoraggio chimico utile alla conoscenza del comportamento ecologico delle diatomee.

Sono state raccolte prevalentemente diatomee epilitiche mentre, in assenza di substrati duri, nelle stazioni a lento deflusso e su substrati fini con presenza di macrofite acquatiche, sono state prelevate diatomee epifitiche, seguendo la metodica riportata nella Normativa Europea EN 13946 (CEN, 2003). I campioni sono stati trattati con perossido di idrogeno a freddo e i frustuli ben puliti sono stati montati su vetrini permanenti con resina ad elevato indice di rifrazione (Naphrax®). Le determinazioni dei taxa sono state eseguite in accordo

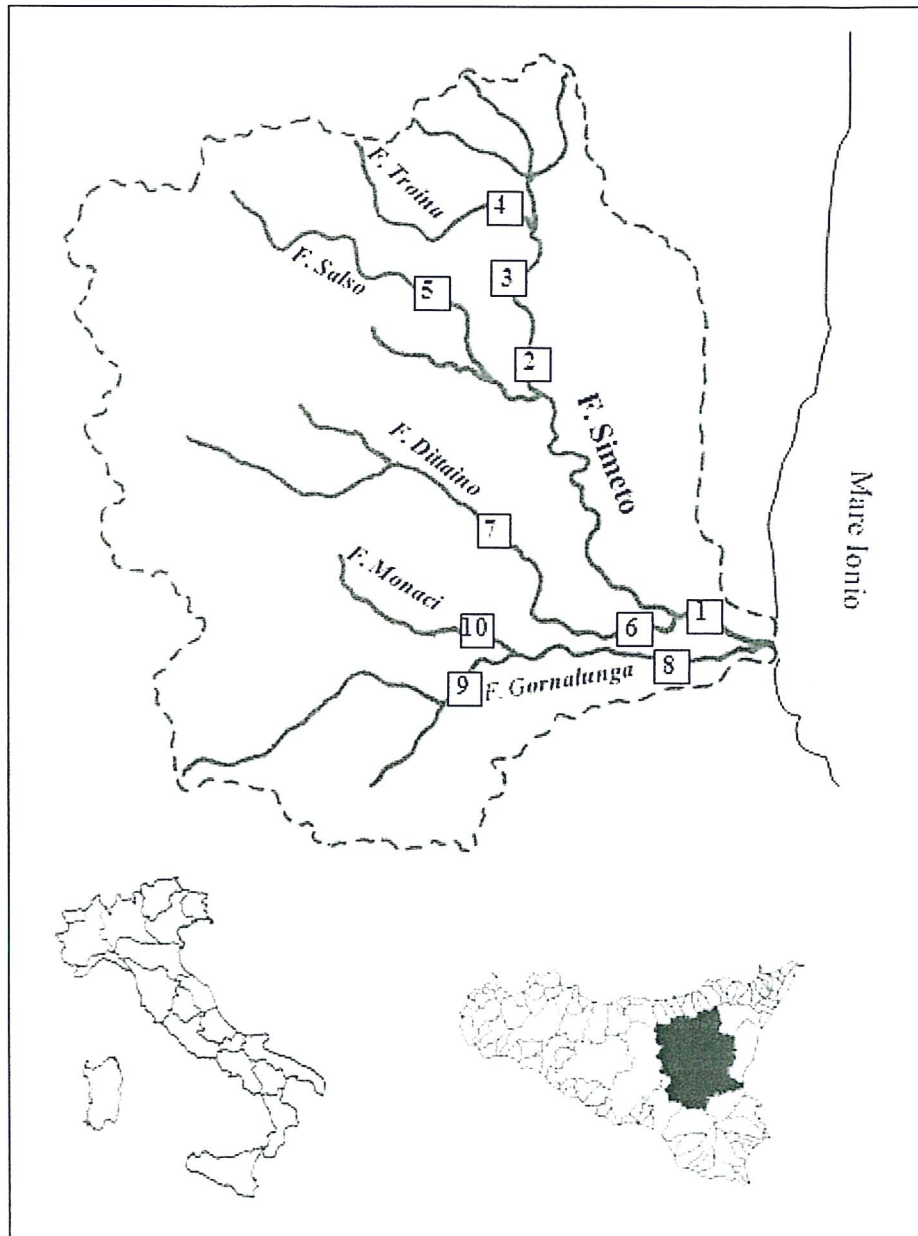


Fig. 1 - Ubicazione delle dieci stazioni considerate nel bacino idrografico del fiume Simeto; nel riquadro in basso a destra la sua localizzazione nella regione Sicilia.

essenzialmente con la monografia di Krammer e Lange-Bertalot (1986-1991a, b), la guida metodologica dell'indice diatamico IBD (Prygiel e Coste, 2000) e l'atlante iconografico delle diatomee dell'Africa del Sud (Taylor et al., 2006).

## RISULTATI

Nell'area in esame, è stata riscontrata un'elevata biodiversità algale, infatti sono stati osservati in totale 185 taxa di diatomee, un numero molto alto in relazione alla superficie dell'area indagata ed alla scarsa eterogeneità dell'ambien-



Tab. I - Elenco delle specie più interessanti dal punto di vista biogeografico ed ecologico osservate nelle dieci stazioni del bacino idrografico del fiume Simeto. Vengono riportati: n° = numero di campioni totali per ogni stazione; P = numero di campioni in cui la specie è stata osservata; Q% = abbondanza relativa della specie presente nei campioni delle corrispondenti stazioni (valori minimi e massimi); St. 1, St. 2, St. 3 = fiume Simeto; St. 4 = fiume Troina; St. 5 = fiume Salso; St. 6, St. 7 = fiume Dittaino; St. 8, St. 9 = fiume Gornalunga; St. 10 = fiume Monaci.

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10
	n°	7	8	6	6	8	7	4	1	7
<i>Achnanthidium thermale</i>	P	-	-	-	4	1	-	-	-	1
Rabenhorst 1864	Q%	-	-	-	3,7-4,6	0,5	-	-	-	0,2
<i>Entomoneis paludosa v. subsalina</i>	P	-	-	-	1	2	2	-	1	2
(Cleve) Kramer 1986	Q%	-	-	-	0,7	0,2-0,4	0,2	-	0,2	0,2-0,4
<i>Amphora holsatica</i>	P	5	-	-	3	-	-	-	-	-
Hustedt 1930	Q%	0,2-0,5	-	-	0,4-0,8	-	-	-	-	-
<i>Caloneis aff. pseudoclevevi</i>	P	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Cholnoky 1953	Q%	-	-	-	-	-	2,0-3,2	-	-	-
<i>Caloneis thermalis</i>	P	-	-	-	-	1	-	-	-	-
(Grunow) Kramer 1985	Q%	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-
<i>Campylodiscus bicostatus</i>	P	1	-	-	-	2	-	-	1	-
W. Smith 1854	Q%	0,2	-	-	-	0,2-0,4	-	-	1,5	-
<i>Craticula halophila</i>	P	-	-	-	-	-	-	-	-	1
(Grunow ex Van Heurck) Mann 1990	Q%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2
<i>Entomoneis costata</i>	P	1	-	-	1	-	1	-	-	-
(Hustedt) Reimer 1975	Q%	0,2	-	-	0,2	-	0,4	-	-	-
<i>Epithemia sorex</i>	P	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Kützing 1844	Q%	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria pulchella</i>	P	2	-	1	-	4	6	-	-	1
(Ralfs ex Kützing) Lange-Bertalot 1980	Q%	0,2-0,3	-	0,7	-	0,4-1,8	0,5-36,6	-	-	0,2

Continua

	St. 1		St. 2		St. 3		St. 4		St. 5		St. 6		St. 7		St. 8		St. 9		St. 10		
	n°	7	8	8	8	8	6	6	6	6	8	8	7	7	4	4	1	1	7	7	
<i>Frustulia spicula</i>	P	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amosse 1932	Q%	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema italicum</i>	P	1	1	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kützing 1844	Q%	0,2	0,2	0,7-1,4	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema olivaceum</i> v. <i>salinum</i>	P	-	-	-	-	5	-	-	5	-	3	-	3	-	-	-	1	-	-	-	
Grunow 1878	Q%	-	-	-	-	0,2-4,7	-	-	5,9-7,4	-	-	-	-	-	-	-	1,5	-	-	-	
<i>Gyrosigma eximium</i>	P	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	
(Twaithes) Boyer 1927	Q%	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Haslea spicula</i>	P	1	-	-	-	-	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	-	-	-	1	
(Hickie) Bukthiyarova 1995	Q%	0,3	-	-	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	-	-	-	0,2	
<i>Navicula duerrenbergiana</i>	P	1	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Hustedt 1934	Q%	0,3	-	-	-	-	0,4-3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Navicula erifuga</i>	P	5	-	3	-	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	1	-	-	4	
Lange-Bertalot 1985	Q%	0,2-7,8	-	0,2-0,7	-	2,1-2,2	0,2-10,7	0,2-4,7	0,2-4,7	3,2-15,9	3,7	1,2-13,1	1,2-13,1	1,2-13,1	1,2-13,1	1,2-13,1	1,2-13,1	1,2-13,1	1,2-13,1	1,2-13,1	
<i>Navicula germainii</i>	P	2	-	-	-	-	1	-	2	-	2	-	2	-	1	-	-	-	-	4	
Wallace 1960	Q%	0,4-0,9	-	-	-	0,2	-	-	1,2-2,4	0,2	-	1,2-2,4	0,2	-	1,3-13,1	-	-	-	-	-	
<i>Navicula margalithii</i>	P	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
Lange-Bertalot 1985	Q%	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	
<i>Navicula symmetrica</i>	P	4	1	2	2	4	5	2	3	5	2	3	2	3	3	3	-	-	-	3	
Patrick 1966	Q%	0,3-6,1	0,2	1,4-3,1	0,2	0,2-2,3	0,2-3,0	0,7-2,3	0,2-5,4	0,2-5,4	0,2-5,4	0,2-5,4	0,2-5,4	0,2-5,4	0,2-5,4	0,2-5,4	-	-	-	0,4-2,1	
<i>Nitzschia amplexens</i>	P	-	-	-	-	-	3	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	
Hustedt 1957	Q%	-	-	-	-	-	0,4-11,6	-	10,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Nitzschia bulnheimiana</i>	P	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	
(Rabenhorst) H.L. Smith 1862	Q%	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	



	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10
	n°	8	8	6	6	8	7	4	1	7
<i>Nitzschia dissipata</i> v. <i>media</i> (Hantzsch) Grunow 1862	P	-	-	-	-	3	1	-	-	-
	Q%	-	-	-	0,2-4,9	1,3	-	-	-	-
<i>Nitzschia filiformis</i> (W. Smith) Van Heurck 1896	P	6	-	1	3	8	4	4	1	2
	Q%	0,4-4,0	-	0,2	0,2-0,5	0,2-10,8	0,7-3,9	1,2-7,8	0,7	0,2-0,6
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow 1880	P	7	5	7	4	5	7	4	-	7
	Q%	0,3-36,0	0,2-4,4	0,2-11,4	0,3-14,6	0,3-12,9	0,2-71,7	0,2-0,8	1,2-11,8	0,6-22,0
<i>Nitzschia linearis</i> v. <i>subtilis</i> (Grunow) Hustedt 1923	P	-	-	-	-	-	1	-	-	-
	Q%	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-
<i>Nitzschia obtusa</i> W.M. Smith 1853	P	-	-	-	-	-	1	-	-	-
	Q%	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-
<i>Nitzschia reversa</i> W.M. Smith 1853	P	1	-	-	-	-	-	1	-	-
	Q%	0,2	-	-	-	-	-	0,2	-	-
<i>Nitzschia scalpelliformis</i> Grunow 1880	P	-	1	-	-	1	1	-	-	-
	Q%	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	-	-
<i>Nitzschia thermaloides</i> Hustedt 1955	P	1	-	-	1	-	1	-	-	-
	Q%	0,3	-	-	0,2	-	1,6	-	-	-
<i>Nitzschia vitrea</i> v. <i>salinarum</i> Grunow 1862	P	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	Q%	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith 1852	P	2	-	-	1	-	1	1	-	1
	Q%	0,2-0,5	-	-	0,5	-	0,2	0,2	-	0,2
<i>Reimeria uniseriata</i> Sala, Guerrero et Ferrario 1993	P	-	3	4	3	1	-	2	-	-
	Q%	-	0,2-3,6	0,2-3,6	0,7-6,2	0,2	-	0,2-1,4	-	-
<i>Seminavis strigosa</i> (Hust.) Daniélidis et Economou-Amilli	P	4	-	-	-	5	2	1	-	1
	Q%	0,4-17,8	-	-	-	0,5-15,6	0,7-3,1	1,7-5,2	1,5	0,2

Continua

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10
n°	7	8	8	6	6	8	7	4	1	7
<i>Surirella brebissonii</i> v. <i>kuetzingii</i>	-	1	-	1	-	1	1	-	-	-
Krammer et Lange-Bertalot 1987	-	0,2	-	0,2	-	0,2	3,5	-	-	-
<i>Surirella peisonis</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Pantocsek 1902	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-
<i>Thalassiosira bramaputrae</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(Ehrenberg) Håkansson 1981	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tryblionella navicularis</i>	3	-	-	-	-	7	-	1	-	-
(Brébisson ex Kützing) Ralfs 1861	0,2-0,3	-	-	-	-	0,2-1,6	-	0,2	-	-

te. Tuttavia, vengono qui riportate esclusivamente le specie che si sono rivelate, come precisato in precedenza, di particolare interesse per la “flora” diatomologica della Sicilia e che, rispetto al restante territorio italiano, costituiscono delle novità degne di menzione (Tab. I). Queste costituiscono il 20,5% del totale e per la maggior parte mostrano predilezione, secondo Van Dam et al. (1994), per acque oligosalmastre (500-1000 mg/l di Cl<sup>-</sup>) o decisamente salmastre (1000-5000 mg/l di Cl<sup>-</sup>).

In effetti, come confermano i dati chimici (Tabb. II-IV), le acque dei siti studiati sono fortemente mineralizzate per cause naturali riferibili alla geologia del bacino, dove sono ampiamente presenti evaporiti fossili sia in affioramento che in profondità. La conducibilità elettrica, le concentrazioni dei cloruri e dei solfati tendono ad aumentare dopo i periodi di pioggia, in conseguenza del notevole apporto salino dato sia dall’acqua di dilavamento che da quella proveniente dagli acquiferi circostanti. Nelle suddette tabelle vengono espressi i valori minimi, massimi ed il 75° percentile dei principali parametri determinati nell’arco del biennio considerato. Da questi dati si evince che le stazioni esaminate non presentano mai un’elevata qualità chimica.

Per le diatomee non ancora incluse nella lista riportata da Dell’Uomo (2004), vengono proposti in Tab. V, alla luce della loro correlazione con le caratteristiche chimico-fisiche registrate nei luoghi di ritrovamento, i valori dei parametri “i” ed “r” necessari per il calcolo dell’indice diatomico di eutrofizzazione e/o inquinazione



Tab. II - Parametri chimici e fisici del fiume Simeto.

Parametri chimici	Fiume Simeto								
	Stazione 1			Stazione 2			Stazione 3		
	75°percentile	MAX	MIN	75°percentile	MAX	MIN	75°percentile	MAX	MIN
Conducibilità ( $\mu\text{S}/\text{cm } 20^\circ\text{C}$ )	2210	2540	1010	1206	1478	341	655	896	278
BOD <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> mg/l)	5,0	6,8	1,6	2,0	6,2	0,8	2,2	3,5	1,1
COD (O <sub>2</sub> mg/l)	13,9	17,0	3,8	4,6	13,8	1,8	4,2	6,9	2,4
Ortofosfati (P mg/l)	0,150	0,320	0,010	0,178	0,210	0,040	0,100	0,220	0,011
Azoto nitrico (N mg/l)	5,38	7,20	0,40	2,19	3,43	0,82	2,31	5,13	0,39
Cloruri (Cl <sup>-</sup> mg/l)	297,2	437,0	108,9	103,2	122,9	18,7	37,3	59,4	14,8
Solfati (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l)	465,3	744,5	199,4	150,8	955,0	40,4	91,7	133,6	10,3

Tab. III - Parametri chimici e fisici dei fiumi Troina, Salso e Dittaino (affluenti del fiume Simeto).

Parametri chimici	Fiume Troina			Fiume Salso			Fiume Dittaino					
	Stazione 4			Stazione 5			Stazione 6			Stazione 7		
	75°percentile	MAX	MIN	75°percentile	MAX	MIN	75°percentile	MAX	MIN	75°percentile	MAX	MIN
Conducibilità ( $\mu\text{S}/\text{cm } 20^\circ\text{C}$ )	797	1083	379	4560	7710	929	4415	5425	1534	3150	8610	1670
BOD <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> mg/l)	2,6	8,9	0,9	5	6	1	6,3	14,2	1,2	5,8	14	0,8
COD (O <sub>2</sub> mg/l)	5,3	26,0	1,7	45,5	111	10,0	15,2	26,7	4,2	55,5	113	1,5
Ortofosfati (P mg/l)	0,060	0,980	0,02	<0,03	<0,03	<0,03	0,070	0,130	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Azoto nitrico (N mg/l)	0,50	2,17	0,07	7,78	12,2	0,01	5,34	9,80	0,39	6,12	7,45	0,46
Cloruri (Cl <sup>-</sup> mg/l)	48,2	78,4	13,9	853	2048	136	845,5	1046	221	311	1883	149
Solfati (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l)	185,8	2939	49,3	794	1555	175	1445	1725	324	939	1578	353

Tab. IV - Parametri chimici e fisici dei fiumi Gornalunga e Monaci (affluenti del fiume Simeto).

Parametri chimici	Fiume Gornalunga						Fiume Monaci		
	Stazione 8			Stazione 9			Stazione 10		
	75°percentile	MAX	MIN	75°percentile	MAX	MIN	75°percentile	MAX	MIN
Conducibilità ( $\mu\text{S}/\text{cm } 20^\circ\text{C}$ )	3345	3530	2120	5713	6190	1876	3345	3530	2120
BOD <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> mg/l)	7,2	96,0	2,9	14,7	18,0	3,3	7,2	96,0	2,9
COD (O <sub>2</sub> mg/l)	18,3	136,0	9,6	31,5	40,0	8,4	18,3	136,0	9,6
Ortofosfati (P mg/l)	0,120	0,390	0,024	0,165	0,510	0,040	0,120	0,390	0,024
Azoto nitrico (N mg/l)	14,08	17,30	3,74	14,00	16,06	1,68	14,08	17,30	3,74
Cloruri (Cl <sup>-</sup> mg/l)	547	616	308	1124	1289	293	547	616	308
Solfati (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l)	1026	1136	474	1804	2079	420	1026	1136	474

Tab. V - Valori dei parametri “i” ed “r” delle specie che risultano di nuova segnalazione rispetto alle diatomee riportate nella lista EPI-D (Dell’Uomo, 2004) considerate per la valutazione della qualità biologica dei corsi d’acqua italiani. “i” = sensibilità/tolleranza della specie nei confronti dei fenomeni di eutrofizzazione e/o inquinazione; “r” rappresenta l’affidabilità della specie come indicatore, ed è inversamente proporzionale al suo *range* ecologico (per l’interpretazione dei valori si rimanda a Dell’Uomo, 2004).

TAXA	i	r	TAXA	i	r
<i>Achnanthis thermale</i>	2,0	1	<i>Navicula germainii</i>	2,2	5
<i>Entomoneis paludosa</i> v. <i>subsalina</i>	3,5	3	<i>Navicula marginalithii</i>	2,5	3
<i>Amphora holsatica</i>	3,5	3	<i>Navicula symmetrica</i>	2,5	3
<i>Caloneis</i> aff. <i>pseudocleveii</i>	-	-	<i>Nitzschia amplexans</i>	2,8	5
<i>Campylodiscus bicostatus</i>	2,3	3	<i>Nitzschia bulnheimiana</i>	3,0	1
<i>Entomoneis costata</i>	4,0	5	<i>Nitzschia dissipata</i> v. <i>media</i>	2,0	1
<i>Epithemia sorex</i>	1,5	3	<i>Nitzschia linearis</i> v. <i>subtilis</i>	2,5	3
<i>Fragilaria pulchella</i>	2,7	3	<i>Nitzschia obtusa</i>	3,2	5
<i>Frustulia spicula</i>	0,8	5	<i>Nitzschia scalpelliformis</i>	3,0	5
<i>Gomphonema italicum</i>	1,0	5	<i>Nitzschia vitrea</i> v. <i>salinarum</i>	3,5	3
<i>Gomphonema olivaceum</i> v. <i>salinum</i>	2,0	1	<i>Pleurosigma elongatum</i>	3,5	3
<i>Gyrosigma eximium</i>	3,0	5	<i>Reimeria uni seriata</i>	1,3	3
<i>Haslea spicula</i>	3,0	5	<i>Seminavis strigosa</i>	3,2	5
<i>Navicula duerrenbergiana</i>	3,5	3	<i>Thalassiosira bramaputrae</i>	2,0	5
<i>Navicula erifuga</i>	3,0	5	<i>Tryblionella navicularis</i>	2,0	5

Tab. VI - Confronto tra i dati morfometrici di *Caloneis pseudocleveii* Cholnoky 1953 e *Caloneis* aff. *pseudocleveii*, osservato nella Stazione 7 del fiume Dittaino (bacino idrografico del Simeto).

	<i>Caloneis pseudocleveii</i> Cholnoky 1953 (materiale tipo del Sudafrica)	<i>Caloneis</i> aff. <i>pseudocleveii</i> Cholnoky (fiume Dittaino, bacino idrografico del Simeto, Sicilia)
Lunghezza µm	38,0 - 40,0	33,5 - 43,2
Larghezza µm	6,0 - 8,0	8,2 - 9,4
Strie in 10 µm	22,0 - 24,0	23,4 - 24,4
Lunghezza/larghezza µm	5,0 - 6,3	4,0 - 5,3

(EPI-D), elaborato per la valutazione della qualità ecologica dei corsi d’acqua italiani.

#### ECOLOGIA E COROLOGIA DELLE SPECIE PIÙ INTERESSANTI OSSERVATE NEL SIMETO

Molte delle diatomee osservate nel bacino idrografico del fiume Simeto mostrano un’elevata affinità per i sali minerali, soprattutto per i cloruri, cosa che si riscontra raramente in altri corsi d’acqua del territorio italiano. Vengono qui riportati, per i taxa più interessanti, che figurano in Tab. I, alcuni dati relativi alla loro ecologia e distribuzione geografica.

*Achnanthis thermale* Rabenhorst 1864 (Sinonimi: *Achnanthes thermalis* (Rabenhorst) Schönfeldt 1907, *Achnanthes grimmei* Krasske 1925), osservata nei fiumi Salso (stazione 5) e Dittaino (stazione 6) è una specie oligosaprobica



cosmopolita, che solitamente si trova in ambienti particolari come le sorgenti minerali e termali, tollera temperature fino a 65 °C (Hustedt, 1930, 1959). Questa specie è stata segnalata nell'America del nord (Krammer e Lange-Bertalot, 1991b), nel sud della Svezia (Håkansson, 1982; Snoeijs e Potapova, 1995), in altri stati dell'Europa settentrionale (Coste e Ector, 2000) e nell'Africa del nord (Baudrimont, 1974; Maiffi-Rassat, 1988). In Italia era stata precedentemente osservata nel lago di Nemi (Marchesoni, 1940).

Particolare è la presenza nei fiumi Simeto (Stazione 1) e fiume Dittaino (Stazione 6) di *Campylodiscus bicostatus* (Sinonimo: *Campylodiscus chypeus* var. *bicostatus* (W. Smith) Hustedt 1930) che frequentemente viene trovato nei depositi fossili della zona baltica (Snoeijs e Vilbaste, 1994) e più raramente fra le diatomee attuali, come in acque interne sia stagnanti che lentamente fluenti con elevato tenore in elettroliti, come il lago di Neusiedl in Austria (Krammer e Lange-Bertalot, 1988), nel nord-est del Sudan (Compère, 1984), nel Sinai (Hustedt, 1949), nel canale Ashar dalle acque molto inquinate e salmastre dell'estuario Shatt al-Arab in Iraq (Saad e Samir, 1983), molto comune anche nell'estuario di Estern Cape Province in Sud Africa (Giffen, 1963), nel lago Elementeita in Kenya (Mpawenayo e Mathooko, 2004).

È forse questa la prima segnalazione per le acque correnti del territorio italiano. Nel Mediterraneo questa specie è stata anche trovata in Marocco, nel Oued Dra, in Algeriae a Salah (Compère, 1967) e in alcuni corsi d'acqua dello Stato di Israele (Barinova et al., 2004; 2006).

*Fragilaria pulchella* è una specie cosmopolita molto abbondante soprattutto nel Dittaino (Stazione 7), è considerata un buon indicatore di acque fortemente mineralizzate, predilige anche elevate concentrazioni di sostanza organica ed è considerata specie  $\alpha$ -mesosaprobia. Tollera acque molto degradate come quelle di alcuni siti del fiume Vistola (Polonia) in cui è risultata fra le specie dominanti (Kwandrans et al., 1998). In Italia era già stata segnalata in varie regioni: Piemonte, Liguria, Veneto, Friuli, Lazio, Sardegna (Giaj-Levra e Abate, 1994) e in Sicilia, precisamente nelle sorgenti termali del fiume Caldo (Mannino, 2007).

Le notizie che riguardano *Gomphonema olivaceum* var. *salinarum* (Pantocsek 1889) sono ancora poche, anche perché sono necessarie ulteriori osservazioni per chiarire le relazioni di somiglianza all'interno di questo taxon; infatti sono molte le sinonimie che potrebbero riferirsi ad esso: *Gomphonema olivaceum* var. *staurophorum* Pantocsek 1889, *G. stauroneiforme* Grunow 1878, *G. salinarum* var. *staurophorum* (Pantocsek) Cleve 1894, *G. salinarum* (Pantocsek) Cleve 1894, *G. naviculaceum* Pantocsek 1902 e *G. staurophorum* (Pantocsek) Cleve-Euler 1955. La sua presenza in Sicilia nei fiumi Salso (Stazione 5), Dittaino (Stazione 7), e Gornalunga (Stazione 9) rappresenta la prima segnalazione per l'Italia.

*Haslea spicula* è una specie cosmopolita diffusa soprattutto lungo le coste marine e in ambienti salmastri. La sua distribuzione va dalle zone polari (Kram-



mer e Lange-Bertalot, 1986) fino in Sud Africa (Giffen, 1963; Horner e Schrader, 1982). È presente anche in acque interne molto mineralizzate, come in alcune sorgenti termali dello Stato di Israele (Krammer e Lange-Bertalot, 1986-1991). In Italia è stata segnalata in ambienti salmastri nella regione Lazio in prossimità della costa Tirrenica (Della Bella et al., 2006, 2007). Nel bacino idrografico del Simeto è ampiamente diffusa anche se presente sempre con pochi individui (Tab. I).

*Navicula erifuga* e *N. symmetrica* risultano fra le specie più abbondanti e frequenti nel bacino idrografico del Simeto (Tab. I). La prima è considerata una specie tipica di acque salmastre e biotopi interni ad elevata concentrazione di elettroliti, segnalata anche in ambienti particolari come le sorgenti dei deserti asiatici (Krammer e Lange-Bertalot, 1986). La seconda specie, invece, si trova in acque dolci con moderato contenuto in elettroliti. La sua segnalazione nel bacino idrografico del Simeto, come quella in ambienti umidi salmastri del Lazio (Della Bella et al., 2007), è tra le poche riportate per il territorio italiano. La presenza di *N. symmetrica* probabilmente è molto più diffusa di quanto non appaia, poiché a volte questa specie può essere confusa con *Navicula schroeterii* Meister; quest'ultima invece si distingue da *N. symmetrica* per le maggiori dimensioni e per un numero inferiore di strie.

*Nitzschia amplexans* e *N. bulhneimiana* sono diffuse tipicamente lungo le coste, tuttavia si possono trovare anche in acque interne dall'elevato contenuto in elettroliti. *Nitzschia amplexans* nel bacino idrografico del Simeto è stata osservata in particolare nel Dittaino (Stazione 6) e nel Gornalunga (Stazione 8); *N. bulhneimiana* che sembra prediligere soprattutto sorgenti minerali o acque che comunque siano nelle vicinanze di queste è meno abbondante rispetto alla prima, è presente solo nel Gornalunga. Altre segnalazioni in Italia riguardanti questi taxa sono state fatte nel Lazio, sempre lungo le coste del Tirreno (Della Bella et al., 2007).

*Pleurosigma elongatum*, *Seminavis strigosa* e *Tryblionella navicularis* sono specie essenzialmente marine che difficilmente si trovano in acque correnti. La loro presenza è strettamente dipendente dalle elevate concentrazioni di cloruri, come quelle che spesso si presentano nel fiume Simeto e nel suo affluente Dittaino. *Pleurosigma elongatum* e *Seminavis strigosa* sono già state segnalate in compresenza in ambienti stagnanti nei pressi della costa laziale (Della Bella et al., 2007).

Altre specie come *Epithemia sores*, *Nitzschia dissipata* var. *media*, *N. linearis* var. *subtilis*, *N. filiformis*, *N. frustulum*, *N. obtusa*, *N. thermaloides*, *N. vitrea* var. *salinarum* e *Surirella brebissonii* var. *kuetzingii* prediligono ambienti fortemente mineralizzati e sono frequenti in altri corpi idrici italiani (Lange-Bertalot et al., 2003; Della Bella et al., 2006, 2007; Torrìsi et al., 2008) con condizioni simili a quelle riscontrate nel bacino idrografico del Simeto: elevata conducibi-



lità, notevole concentrazione di cloruri e solfati, presenza di evaporiti fossili nel substrato d'alveo o nelle sue immediate vicinanze.

Altre specie che risultano segnalate per la prima volta nelle acque correnti della Sicilia e comunque rare per il reticolo idrografico italiano sono: *Amphora holsatica*, *Caloneis* aff. *pseudocleveii*, *C. thermalis*, *Entomoneis costata*, *E. paludosa* var. *subsalina*, *Gomphonema italicum*, *Gyrosigma eximium*, *Navicula duerenbergiana*, *N. germainii*, *N. marginalithii*, *Nitzschia aequorea*, *N. reversa*, *N. scalpelliformis*, *Reimeria uniseriata*, *Surirella peisonis* e *Thalassiosira bramaputrae*.

## DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Nel corso della ricerca volta alla valutazione della qualità biologica delle acque del bacino idrografico del fiume Simeto tramite bioindicatori algali è stata rilevata un'eccezionale ricchezza di diatomee. Tuttavia, in questa occasione, sono stati riportati solo 38 taxa tra i più interessanti dal punto di vista corologico ed ecologico. Questi taxa sono per la maggior parte alofili ed appaiono strettamente correlati alle caratteristiche chimico-fisiche delle acque che hanno un elevato contenuto in sali minerali e, in particolare, in cloruri; proprio questi sali sono tra i fattori che, insieme ai nutrienti ed alla sostanza organica in soluzione, condizionano maggiormente lo sviluppo e la distribuzione delle diatomee.

Durante questa ricerca sono emersi vari problemi di carattere sistematico, ma tra tutti merita particolare attenzione quello relativo a *Caloneis* aff. *pseudocleveii* Cholnoky (Fig. 2 a-g), specie molto rara e segnalata finora solo nei fiumi del Sud Africa (Cholnoky, 1953a, 1953b; Taylor et al., 2006, i quali hanno utilizzato la denominazione errata di *Caloneis aequatorialis* Hustedt), dove è stata sempre osservata in acque alcaline molto degradate e dall'elevato grado trofico. La sua presenza nel fiume Dittaino (Stazione 7) con un buon numero di esemplari è, insieme a quella riscontrata in alcuni corpi idrici dell'isola di Cipro (L. Ector, *oss. pers.*), e in molti corsi d'acqua dell'Albania (Miho et al., 2006) tra le prime segnalazioni per l'Europa. Sono attualmente in corso verifiche per appurare se il taxon osservato nell'area mediterranea e denominato *Caloneis* aff. *pseudocleveii* sia lo stesso descritto da Cholnoky nel 1953 (*C. pseudocleveii* Cholnoky) o se costituisca invece una nuova varietà o addirittura una nuova specie (Miho et al., 2006). I dati morfometrici riportati in Tab. VI lasciano la questione ancora aperta<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Al momento di andare in stampa gli Autori, a seguito di ulteriori ricerche bibliografiche, hanno potuto accertare la notevole somiglianza tra il taxon raffigurato in Fig. 2 a-g e *Navicula (Pinnularia) pseudo-stauropteroides* Fritsch & Rich (Fritsch & Rich, 1930, pag. 106, fig. 5H) descritta sempre per il Sud Africa. Verifiche in corso tendono a stabilire se il taxon in questione va attribuito al genere *Caloneis* o al genere *Pinnularia* (L. Ector, *oss. pers.*).



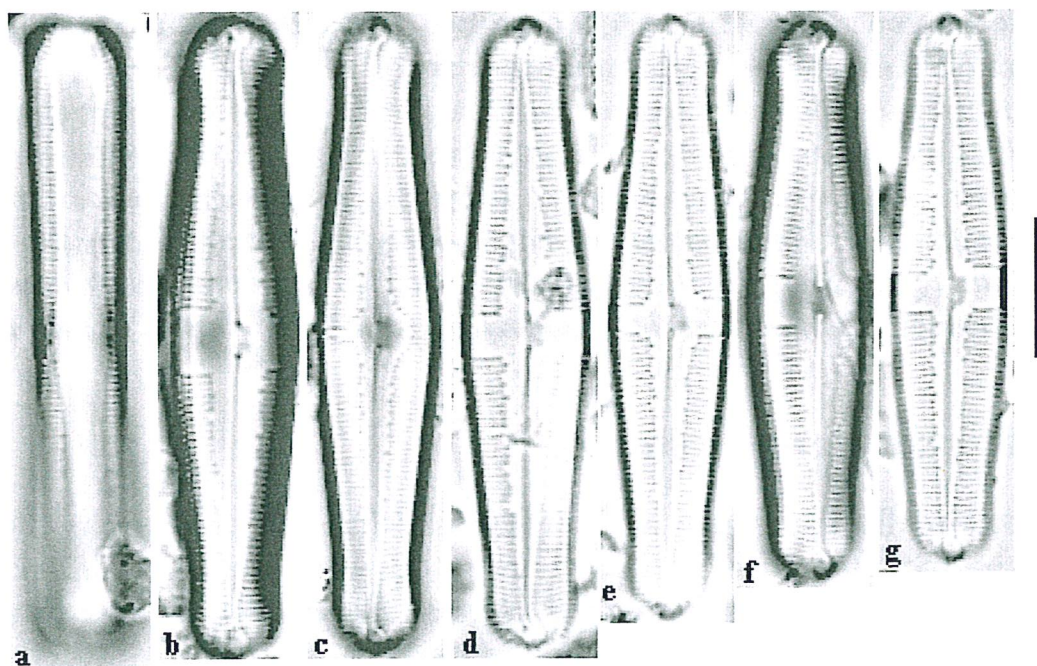


Fig. 2 a-g - Esempi di variazione morfologica all'interno della stessa popolazione di *Caloneis* aff. *pseudocleveii* osservato nel Dittaino (bacino idrografico del fiume Simeto). a) Vista connettivale; b-g) vista valvare. Il tratto nero rappresenta 10  $\mu$ m.

Nessuna delle specie che figurano nel capitolo precedente è riportata nella lista delle diatomee (Dell'Uomo, 2004) considerate per il biomonitoraggio dei corsi d'acqua del territorio italiano tramite l'indice diatomico di eutrofizzazione e/o inquinazione (EPI-D). Le numerose osservazioni compiute sulle condizioni chimiche del bacino del Simeto hanno permesso di avanzare una prima proposta per attribuire a questi taxa i valori numerici dei parametri "i" ed "r" (Tab. V). Tali valori sono infatti indispensabili per il loro utilizzo nel monitoraggio fluviale mediante il suddetto indice che si basa sulla seguente formula:

$$\text{EPI-D} = \sum a.r.i / \sum a.r,$$

in cui "i" rappresenta la sensibilità/tolleranza di ciascuna specie nei confronti dei fenomeni di eutrofizzazione e inquinazione (organica e minerale), "r" riguarda l'affidabilità del bioindicatore ed è inversamente proporzionale al suo "range" ecologico, mentre "a" è l'abbondanza relativa del taxon.

È comunque necessario effettuare ulteriori indagini estendendo la ricerca ad altri corsi d'acqua italiani di simile tipologia al fine di valutare in maniera più approfondita il comportamento ecologico delle diatomee in oggetto e ottimizzare le metodiche di biomonitoraggio che se ne avvalgono. Ciò è indispensabile dato che anche l'Italia è obbligata, per le leggi WFD/60/2000 EC, D. Lgs. 152/99 e successivi aggiornamenti, ad utilizzare anche le diatomee, fra i vari indicatori, per valutare la qualità biologica delle acque correnti.



## RINGRAZIAMENTI

Gli Autori sono particolarmente grati alla Dott.ssa Daša Hlúbíková ricercatrice del Public Research Centre - Gabriel Lippmann, Department of Environment and Agro-biotechnologies of Luxembourg, per aver fornito il materiale fotografico utilizzato per questo lavoro.

## BIBLIOGRAFIA

- ÁCS É., KISS K.T., PADISÁK J. (eds.) 2007 - Proceeding of 6th International Symposium on Use of algae for monitoring rivers. Archiv für Hydrobiologie Supplement Large Rivers, 17 (2): 265-550.
- APHA-AWWA/WEF. 1998 - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20<sup>th</sup> Edition. American Public Health Association, Washington DC, USA.
- BATTEGAZZORE M., MORISI A., GALLINO B., FENOGLIO S. 2004 - Environmental quality evaluation of alpine springs in NW Italy using benthic diatoms. Diatom Research, 19: 149-165.
- BARINOVA S.S., ANISSIMOVA O.V., NEVO E., JARYGIN M.M., WASSER S.P. 2004 - Diversity and ecology of algae from Nahal Quishon River, northern Israel. Plant Biosystems, 138 (3): 245-259.
- BARINOVA S.S., TAVASSI M., NEVO E. 2006 - Algal indicator system of environmental variables in the Hadera River basin, central Israel. Plant Biosystems, 140 (1): 65-79.
- BAUDRIMONT R. 1974 - Recherches sur les diatomées des eaux continentales de l'Algérie: écologie et paléoécologie. Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord., 12, 249 pp., 22 pls.
- BONA F., FALASCO E., FASSINA S., GRISELLI B., BADINO G. 2007 - Characterization of diatom assemblages in mid-altitude streams of NW Italy. Hydrobiologia, 583 (1): 265-274.
- CHOLNOKY B.J. 1953a - Diatomeenasoziationen aus dem Hennops-River bei Pretoria. Verhandlungen der Zool.-Bot. Ges. in Wien, 93: 134-149.
- CHOLNOKY B.J. 1953b - Studien zur Ökologie der Diatomeen eines eutrophen subtropischen Gewässers. Sonderabdruck aus den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 66 (9): 347-356.
- CIUTTI F., CAPPELLETTI C., CORRADINI F. 2003 - Applicazione dell'indice EPI-D a un corso d'acqua delle Alpi (Torrente Fersina): osservazioni sulla metodica di determinazione delle abbondanze relative. Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol., 80: 95-100.
- CEN 2003 - Water quality - Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers. EN 13946: 2003. Comité Européen de Normalisation, Geneva, 14 pp.
- CEN 2004 - Water quality - Guidance standard for the identification, enumeration and interpretation of benthic diatoms from rivers. European Committee for Standardization, Brussels, 12 pp.
- COMPÈRE P. 1967 - Algues du Sahara et de la région du lac Tchad. Bulletin du Jardin botanique national de Belgique, 37 (2): 109-288.
- COMPÈRE P. 1984 - Some algae from the Red Sea Hills in north-eastern Sudan. Hydrobiologia 110: 61-77.
- COSTE M., ECTOR L. 2000 - Diatomées invasives exotiques ou rares en France : principales observations effectuées au cours des dernières décennies. Syst. Geogr. Pl., 70: 373-400.
- COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION (CEU) 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. Off. J. Eur. Communities, L327: 1-72.
- DECRETO LEGISLATIVO 11 maggio 1999, n° 152 - "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole". Gazzetta Ufficiale n° 177 del 30 luglio 1999 - Supplemento ordinario n° 146.
- DECRETO LEGISLATIVO 3 aprile 2006, n° 152 - "Norme in materia ambientale". Gazzetta Ufficiale n° 88 del 14 aprile 2006 - Supplemento Ordinario n° 96.
- DELLA BELLA V., MARCHEGGIANI S., PUCCINELLI C., BATTISTI C., MANCINI L. 2006 - Contributo metodologico allo studio delle zone umide nell'ambito della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CEE: la componente diatomica. Società Italiana di Ecologia, Atti, 1-6.
- DELLA BELLA V., PUCCINELLI C., MARCHEGGIANI S., MANCINI L. 2007 - Benthic diatom communities and their relationship to water chemistry in wetlands of central Italy. Ann. Limnol. - Int. J. Lim., 43 (2): 88-89.
- 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: B.A. Whitton, E. Rott, G. Friedrich (eds.), Use of algae for monitoring rivers I: 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: B.A. Whitton, E. Rott (eds.), Use of algae for monitoring rivers II. Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Studia Student. Ges.m.b.H., Innsbruck: 65-72.
- 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, ARPAT, CTN\_AIM, Roma, Firenze, 101 pp.
- DELL'UOMO A., MASI M.A. 1986 - Aspetti ecologici e biogeografici del popolamento a Diatomee del Fiume Baisento (Basilicata). *Biogeographia: Lavori Soc. Ital. Biogeogr.*, 10: 51-65.
- 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: 253-269.
- ECTOR L., KINGSTON J.C., CHARLES D.F., DENYS L., DOUGLAS M.S.V., MANOYLOV K., MICHELUTTI N., RIMET F., SMOL J.P., STEVENSON R.J., WINTER J.G. 2004 - Workshop report freshwater diatoms and their role as ecological indicators. In: M. Poulin (ed.), *Proc. of the 17th Int. Diatom Symp. 2002*, Ottawa, Canada. Biopress Limited, Bristol: 469-480.
- FRICTSCH F.E., RICH F. 1930 - Contributions to our knowledge of the freshwater algae of Africa. 8. Bacillariales (Diatoms) from Griqualand West. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 18 (1-2): 93-123.
- GIFFEN M.H. 1963 - Contribution to the diatom flora of South Africa. I. Diatoms of the estuaries of the eastern Cape Province. *Hydrobiologia*, 21 (3-4): 201-265.
- GIAJ-LEVRA P., ABATE O. 1994 - Le diatomee d'acqua dolce in Italia. ENEA, Serie Studi Ambientali, 290 pp.
- HÅKANSSON H. 1982 - Taxonomical discussion on four diatom taxa from an ancient lagoon in Spjälkö, South Sweden. In: H. HÅKANSSON (ed.), *Rapport från diatomésymposium i Lund, maj 1981*. Department of Quaternary Geology, University of Lund, Report 22: 65-81.
- HORNER R., SCHRADER G.C. 1982 - Relative contribution of ice algae, phytoplankton, and benthic microalgae to primary production in nearshore regions of the Beaufort Sea. *Arctic*, 35 (4): 485-503.
- HUSTEDT F. 1930 - Bacillariophyta (Diatomeae). In: A. Pascher (ed.), *Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas*, Jena, Gustav Fischer, 10: 1-466.
- HUSTEDT F. 1949 - Diatomeen von der Sinai-Halbinsel und aus dem Libanon-Gebiet. *Hydrobiologia* 2: 24-55.
- HUSTEDT F. 1959 - Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. In: Dr. L. Rabenhorst's Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, Band 7, Teil 2, 845 pp.
- KRAMMER K., LANGE-BERTALOT H. 1986, 1988, 1991a, 1991b - Bacillariophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Fischer G, Stuttgart, 2 (1-4), 876+596+576+437 pp.
- KWANDRANS J., ELORANTA P., KAWECKA B., WOJTAN K. 1998 - Use of benthic diatom communities to evaluate water quality in rivers of southern Poland. *Journal of Applied Phycology*, 10: 193-201.
- LANGE-BERTALOT H., CAVACINI P., TAGLIAVENTI N., ALFINITO S. 2003 - Diatoms of Sardinia. *Iconographia Diatomologica*, 12, 438 pp.
- MANNINO A.M. 2007 - Diatoms from thermal-sulphur waters of "Fiume Caldo" (North-western Sicily). *Cryptogamie, Algologie*, 28 (4): 385-396.
- MAIFFI-RASSAT M. 1988 - La flore algale de l'Oued Tensift. Impact des eaux usées de la ville de Marrakech (Maroc). Les diatomées, indicateurs biologiques de la qualité des eaux. Thèse Doct. Univ. Paris VI, 234 pp., annexes, 26 pls.
- MARCHESONI V. 1940 - Il fitoplancton del Lago di Nemi prima e dopo l'abbassamento del suo livello (1923-1939). *Hydrobiologia*, 1 (1/4): 333-345.
- MIHO A., ÇULLAJ A., LAZO V., HASKO A., KUPE L., BACHOFEN R., BRANDL H., SCHANZ F. 2006 - Assessment of water quality of some Albanian rivers using diatom-based monitoring. *Albanian Journal of Natural and Technical Sciences*, 19 (20): 94-105.
- MPAWENAYO B., MATHOOKO J.M. 2004 - Diatom assemblages in the hot springs associated with Lakes Elmenteita and Baringo in Kenya. *African Journal of Ecology*, 42: 363-367.
- PANTOCSEK J. 1889 - Beiträge zur Kenntnis des Fossilen Bacillarien Ungarns. Teil II. Brackwasser Bacillarien. Anhang: Analyse de marine Depots von Bory, *Bremia*, Nagy-Kurtos in Ungarn; Ananio und Kusnetz in Russland. Nagy-Tapolcsány, Buchdruckerei von Julius Platzko, 123 pp., 30 pls.
- PRYGIEL J., COSTE M. 2000 - Guide méthodologique pour la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Diatomées. N° FT 90-354. Agence de l'Eau - Cemagref - Groupement de Bordeaux. Agence de l'eau, 134 pp.
- PRYGIEL J., WHITTON B.A., BUKOWSKA J. 1999 - Use of algae for monitoring rivers. III. Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai, France, 271 pp.
- SAAD M.A.H., SAMIR E. 1983 - Effect of pollution on phytoplankton in the Ashar Canal, a highly polluted canal of the Shatt al-Arab Estuary at Basrah, Iraq. *Hydrobiologia*, 99: 189-196.
- SNOEIJIS P., POTAPOVA M. (eds.) 1995 - Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea. Vol. 3, Uppsala, Opulus Press, 126 pp.
- SNOEIJIS P., VILBASTE S. (eds.) 1994 - Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea. Vol. 2, Uppsala, Opulus Press, 125 pp.
- TAYLOR J.C., ARCHIBALD C.G.M., HARDING W.R. 2006 - An Illustrated Guide to Some Common Diatom Species from South Africa. Report to the Water Research Commission by DH Environmental Consulting, 212 pp.
- TORRISI M., DELL'UOMO A. 2006 - Biological monitoring of some Apennine rivers (central Italy) using the diatom-based eutrophication/pollution index (EPI-D) compared to other European diatom indices. *Diatom Research*, 21: 159-174.



- TORRISI M., DELL'UOMO A., ECTOR L. 2008 - Évaluation de la qualité des rivières des Apennins (Italie) au moyen des indices diatomiques: le fleuve Foglia. *Cryptogamie, Algologie*, 29 (1): 45-61.
- VAN DAM H., MERTENS A., SINKELDAM J. 1994 - A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28: 117-133.
- WHITTON B.A., ROTT E. 1996 - Use of algae for monitoring rivers. II. Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Studia Student. Ges.m.b.H., Innsbruck, 196 pp.
- WHITTON B. A., ROTT E., FRIEDRICH G. 1991 - Use of Algae for Monitoring Rivers. Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Germany, Universität Innsbruck, 183 pp.
- ZORZA R., ORIOLO G., HONSELL G., BONFANTI P., SIGURA M. 2005 - Analisi multidisciplinare e multiscalare di un corso d'acqua: l'ambito fluviale del Natisone (Provincia di Udine). *Società Italiana di Ecologia, Atti*, 1-6.

