

GORTANIA - Atti Museo Friul. di Storia Nat.	25 (2003)	95-108	Udine, 30.VI.2004	ISSN: 0391-5859
---	-----------	--------	-------------------	-----------------

M. CANTONATI

LE DIATOMEE DI TRE SORGENTI DEL PARCO NATURALE DELLE PREALPI GIULIE
(ITALIA NORD-ORIENTALE)

*DIATOMS FROM THREE SPRINGS OF THE NATURAL PARK OF THE JULIAN PRE-ALPS
(NORTH-EASTERN ITALY)*

Riassunto breve - È stata studiata la microflora a diatomee presente in tre sorgenti del Parco delle Prealpi Giulie, rappresentative di diverse tipologie su substrato carbonatico: reocrena, reocrena igropetrica e reo-elocrena. Sono stati complessivamente identificati 60 taxa. Solo due specie sono comuni alle tre scaturigini, ciascuna delle quali presenta un quadro caratteristico, con taxa reofili che identificano la reocrena tipica, taxa con una preferenza per i muschi o xerotolleranti che caratterizzano la reocrena igropetrica, e taxa xerotolleranti o associati al detrito che sono particolarmente comuni o esclusivi della reo-elocrena.

Parole chiave: Diatomee, Sorgenti, Substrato carbonatico, Reo-elocrena, Reocrena igropetrica, Reocrena.

Abstract - *The diatom assemblages of three springs of the Julian Pre-Alps Natural Park, representative of different typologies on carbonate substrate - rheocrene, hydropetric rheocrene and rheo-helocrene -, were investigated. Altogether 60 taxa were identified. Only two species were in common to the three springs, each one of which presents a characteristic situation, with rheophilous taxa that identify the typical rheocrene, taxa with a substrate preference for mosses or xerotolerant characterising the hydropetric rheocrene, and taxa xerotolerant and/or living on debris being most common or exclusive of the rheo-helocrene.*

Key words: *Diatoms, Springs, Carbonate substrate, Rheo-helocrene, Hydropetric rheocrene, Rheocrene.*

Introduzione

Le sorgenti sono habitat d'acqua dolce particolarmente rilevanti. In zone in cui la presenza di ghiacciai è ridotta o nulla esse costituiscono l'origine prevalente dei corsi d'acqua e rappresentano un importante ambiente di contatto (ecotone) tra le acque sotterranee e i reticoli idrografici superficiali. L'alimentazione diretta da parte delle falde conferisce alle sorgenti una notevole stabilità dei fattori fisico-chimici, che esibiscono quindi variazioni giornaliere e stagionali molto ridotte. Questa stabilità termica e degli altri fattori ambientali è il principale

elemento che differenzia le sorgenti dagli altri habitat d'acqua dolce e ha determinato la selezione di specie che presentano una forte specializzazione per questi ambienti all'interno di vari gruppi animali: per esempio gli acari acquatici, i molluschi gasteropodi idrobioidei e taluni gruppi di microcrostacei. La distribuzione di questi organismi è infatti condizionata fortemente da ragioni biogeografiche (barriere geografiche), limiti termici severi alla crescita e allo sviluppo e altri fattori. Per la microflora - e per le diatomee in particolare - paiono invece essere primariamente le condizioni ecologiche (livello di mineralizzazione e di trofismo, stabilità della portata, velocità di corrente, ecc.) a selezionare il tipo di flora presente. Si trovano così specie strettamente associate a certe tipologie di ambiente in sorgenti con caratteristiche fisiche e chimiche del tutto particolari, come per esempio quelle in cui un'intensa precipitazione di carbonati porta alla formazione di strutture travertinose (vedi per esempio REICHARDT, 1995). La presenza di specie rare di diatomee in sorgenti di montagna con temperature e livelli di mineralizzazione comuni (escludendo cioè le sorgenti termali, quelle ferruginose, solforose, ecc.) è invece probabilmente da imputarsi principalmente al fatto che questi habitat sono spesso tra gli ultimi ambienti acquatici scarsamente contaminati. In aree densamente antropizzate certe specie si possono rinvenire solo nelle sorgenti, perché sono gli unici ambienti acquatici che non subiscono impatti antropici pesanti. In questi casi, secondo BOTOSANEANU (1995), queste specie sono da considerarsi veri e propri relitti geografici.

Gli studi faunistici (Steinmann ripreso da THIENEMANN, 1922) - e in particolare quelli sugli idracari (SCHWOERBEL, 1959; GERECKE, 1991) - hanno portato alla definizione di precise tipologie ambientali di sorgenti (reocrena, elocrena, limnocrena; reocrena igropetrica, reo-elocrena), per le quali è possibile definire specifiche faune associate. Recenti ricerche hanno mostrato come interessanti differenze siano riscontrabili anche per quanto riguarda le associazioni di diatomee (CANTONATI, 1998a).

Le classificazioni delle sorgenti citate fanno riferimento soprattutto alla morfologia al punto di venuta a giorno dell'acqua e alle condizioni di velocità di corrente. Per quanto concerne le tipologie riscontrate in questa indagine, per reocrena si intende una scaturigine che assume fin dal luogo di emersione l'aspetto di un ruscello con velocità di corrente relativamente elevata, per reocrena igropetrica (o velo igropetrico) una sorgente - spesso con portata esigua - che emerge su una parete rocciosa, generando una zona costantemente inumidita, spesso riccamente colonizzata da muschi ai bordi, e per reo-elocrena una sorgente che emerge in maniera diffusa su un pendio generando una zona paludosa, a valle della quale le acque si incanalano ben presto in un ruscello.

Nonostante questi elementi di interesse, una rassegna della letteratura idrobiologica porta a individuare solo pochi esempi di studi dedicati alle diatomee di sorgenti carbonatiche con condizioni fisico-chimiche comuni: per esempio HUSTEDT (1945), ROUND (1957), REICHARDT (1981). Solo in anni recenti hanno avuto luogo ricerche che hanno preso in considerazione un

numero considerevole di sorgenti di distretti montuosi che comprendono anche zone con substrato carbonatico: Pirenei (SABATER & ROCA, 1990; 1992), Alpi meridionali (CANTONATI, 1998a; 1998b) e Germania centrale (WERUM, 2001). Sorgenti su substrato carbonatico in un Parco naturale delle Alpi settentrionali sono state considerate da CANTONATI (Parco Naturale di Berchtesgaden; dati non pubblicati). Secondo SABATER & ROCA (1992) le sorgenti su substrato carbonatico ospitano una microflora di diatomee maggiormente ricca di elementi reofili cosmopoliti rispetto a quelle silicee.

Con l'intento di fornire un contributo alla conoscenza della microflora a diatomee delle sorgenti montane su substrato carbonatico - con particolare attenzione alle eventuali differenze tra le varie tipologie - è quindi stato intrapreso lo studio delle diatomee raccolte in tre sorgenti del Parco delle Prealpi Giulie (Alpi orientali).

Metodi

I campioni analizzati per il presente contributo sono stati raccolti dal dott. Fabio Stoch il 26 ottobre 2001. Le tre sorgenti considerate sono rappresentative delle tipologie più comunemente riscontrate nell'area di studio: reocrena (sorgente T. Uceca - Sella Carnizza), reocrena igropetrica (sorgente riva sinistra T. Uceca - Casere Tanatinoff) e reo-elocrena (sorgente riva destra T. Uceca - ponte S.S. 646) (per la localizzazione dei siti si veda STOCH, in pubbl. in questo stesso volume: 245-260). Per comodità, di seguito ci si riferirà a queste tre scaturigini come a "reocrena", "igropetrica" e "reo-elocrena". Il materiale, ottenuto spazzolando sassi e strizzando muschi (dei quali venivano prelevate anche parti vecchie di piantine), è stato riunito in un unico campione. In laboratorio si è quindi proceduto alla preparazione, rimuovendo eventuali particelle calcaree con l'aggiunta di acido cloridrico. La sostanza organica è stata asportata con acqua ossigenata 35% (KRAMMER & LANGE-BERTALOT, 1986).

I reagenti usati per la preparazione venivano eliminati con numerosi lavaggi in acqua distillata e successive centrifugazioni. Si otteneva in questo modo una sospensione di frustoli di diatomee alla quale si aggiungeva qualche goccia di formalina per prevenire attacchi da parte di funghi. Tutto il materiale è stato depositato nelle collezioni del Museo Tridentino di Scienze Naturali di Trento e catalogato tramite il software (piattaforma operativa) Mouseia[®], utilizzando un'apposita scheda specialistica "sinecologica" (CANTONATI et al., 2004). I numeri di inventario attribuiti ai campioni sono i seguenti: 1 - codici Mouseia: 31956, 32016, 32027; 2 - inventario di Sezione: L&A DIAT 83-85). Per ogni campione sono stati realizzati tre preparati permanenti facendo seccare una goccia della sospensione su coprioggetti rigorosamente puliti e includendo quindi le valve silicee nel Naphrax[®] (attualmente acquistabile presso la Phycotech Inc.), una resina con elevato indice di rifrazione (1.69). Le specie sono quindi state identificate e contate al microscopio Leitz

Laborlux 12 a 1000 ingrandimenti su transetti verticali partendo dal centro ed evitando la zona più periferica dei tre coprioggetti. Al fine di determinare l'importanza percentuale di ciascuna specie, per ogni campione sono state contate almeno 400 valve. Per l'identificazione ci si è attenuti ai volumi della "Süßwasserflora von Mitteleuropa" (KRAMMER & LANGE-BERTALOT, 1986-1991), completandola soprattutto con i seguenti volumi: LANGE-BERTALOT (1993), LANGE-BERTALOT & METZELTIN (1996) e KRAMMER (1997a; 1997b).

Le informazioni sulle caratteristiche autoecologiche dei singoli taxa sono state desunte dalla lista contenuta in VAN DAM et al. (1994), mentre quelle sullo status nella lista rossa delle diatomee della Germania derivano da LANGE-BERTALOT & STEINDORF (1997).

La scheda sinecologica di Mouseia provvede automaticamente a calcolare evenness, indici di diversità e dominanza. Vengono riportati nella tab. I i risultati relativi all'indice di diversità di Shannon-Wiener (sono stati impostati logaritmi in base 2) (SHANNON & WEAVER, 1949), all'"evenness" e all'indice di dominanza di Simpson.

Risultati e discussione

Nelle tre sorgenti sono stati complessivamente identificati 60 taxa (tab. I). I generi più comuni - in termini di numeri di specie - sono *Navicula* s.l. (include, oltre a *Navicula* s.s., *Adlafia*, *Diadsmis*, *Fallacia*, *Luticola*) con 14 taxa, *Cymbella* s.l. (include, oltre a *Cymbella* s.s., *Encyonema*, *Encyonopsis* e *Reimeria*) con 12 taxa, *Achnanthes* (7 taxa), *Gomphonema* e *Nitzschia* (6 taxa), *Caloneis* e *Diploneis* (3 taxa). Solo due taxa - *Achnanthes minutissima* Kütz. e *Achnanthes biasolettiana* Grunow var. *biasolettiana* - raggiungono abbondanze relative appena inferiori o superiori al 50%; di nuovo 2 taxa - *Cocconeis placentula* var. *euglypta* Ehrenb. e *Nitzschia palea* (Kütz.) Smith - presentano abbondanze relative massime comprese tra 21 e 24%; tre taxa - *Adlafia bryophila* (Petersen) Lange-Bert., *Amphora pediculus* (Kütz.) Grunow, *Gomphonema pumilum* var. *elegans* E. Reichardt & Lange-Bert. - infine presentano abbondanze relative massime comprese tra il 6 e il 9%.

Solo 2 specie (*Achnanthes minutissima* e *Denticula tenuis* Kütz.) su 60 sono comuni alle tre scaturigini, ciascuna delle quali presenta un quadro caratteristico.

La reocrena è dominata da *Achnanthes biasolettiana* var. *biasolettiana* e da *Achnanthes minutissima*, che sono specie reofile, e da *Nitzschia palea*, una diatomea assai comune in ambienti ricchi di nutrienti (per es. KRAMMER & LANGE-BERTALOT, 1986-1991) (tab. I). La presenza di quantità significative di *N. palea* in questa sorgente carsica potrebbe essere riferibile a episodi di contaminazione organica, forse da ricondursi al pascolo di bestiame nel bacino di alimentazione.

La reocrena igropetrica è dominata dall'ubiquitaria *Achnanthes minutissima* e da

Cocconeis placentula var. *euglypta*. Quest'ultimo taxon presenta un'ampia diffusione, in particolare nel corso medio dei fiumi, e colonizza i vari substrati presenti (sia sassi che muschi); viene favorito da concentrazioni di nitrati superiori alla media (JONES, 1978). Sebbene siano presenti con quantità relative decisamente inferiori, sono, tuttavia, alcune specie caratteristiche a rivelare la natura di ambiente igropetrico di questa sorgente: *Adlafia bryophila*, *Caloneis fontinalis* Lange-Bert. & E. Reichardt, *Cymbella cantonatii* Lange-Bert., *Encyonema alpinum* Grunow, *Encyonopsis minuta* (Grunow) Krammer, *Eunotia arcubus* Nörpel-Schempp & Lange-Bert., *Gomphonema pumilum* var. *elegans* E. Reichardt & Lange-Bert.. Questi taxa fanno infatti in modo che l'associazione descritta presenti significative affinità con quella riscontrata in una tipica reocrena igropetrica del Gruppo di Brenta (M.ga Ceda Bassa) da CANTONATI (1998a).

La reo-elocrena presenta forse la situazione più interessante. Al di là della dominanza di *Achnanthes minutissima* e di percentuali significative di *Amphora pediculus* e di *Cocconeis placentula* var. *euglypta* - entrambe specie che possono essere favorite da valori relativamente elevati di nitrati -, è infatti presente una serie di taxa, che paiono meglio caratterizzare questo habitat (elencati in ordine di abbondanza relativa decrescente): *Adlafia bryophila*, *Diploneis minuta* Petersen, *Nitzschia* nov. spec. N. 2 Mittersee (LANGE-BERTALOT & METZELTIN, 1996), *Caloneis tenuis* (Gregory) Krammer, *Fallacia lenzii* (Hust.) Mann, *Navicula(dicta) gerloffii* Schimanski, *Amphipleura pellucida* (Kütz.) Kütz., *Cymbella diminuta* (Grunow) Reichardt, *Diadsmis gallica* var. *perpusilla* (Grunow) Mann. Si tratta prevalentemente di taxa xerotolleranti o che si trovano preferenzialmente associati al detrito.

Per quanto riguarda la maggiore o minore tolleranza di periodi di disseccamento dell'ambiente, per il 62% dei taxa rinvenuti erano disponibili informazioni nella lista con caratteristiche autoecologiche fornita da VAN DAM et al. (1994). Il 58% di questi si rinviene regolarmente in luoghi umidi, oltre che all'interno di corpi d'acqua (categorie 3 e 4 in tab. I), mentre il 13% sono taxa diffusi quasi esclusivamente al di fuori di corpi d'acqua (per esempio, *Adlafia bryophila*, *Diploneis minuta*, *Encyonema alpinum*).

In riferimento al trofismo, in VAN DAM et al. (1994) erano disponibili informazioni per il 58% dei taxa. Il 31% di questi è caratteristico di condizioni di oligo.-mesotrofia (categorie 1 e 2 in tab. I), il 49% predilige condizioni di meso-eutrofia (cat. 3, 4, 5 in tab. I); una sola specie (*Nitzschia palea*) viene classificata come relativa ad ambienti ipereutrofi, mentre 6 taxa (17%) sono tolleranti.

Per quanto riguarda le preferenze per il pH dell'ambiente (disponibili per il 68% dei taxa in VAN DAM et al., 1994), osservando la tab. I si nota immediatamente che sono state rinvenute quasi esclusivamente specie circumneutrali (34%) o alcalifile (61%), coerentemente con la natura litologica dell'area studiata.

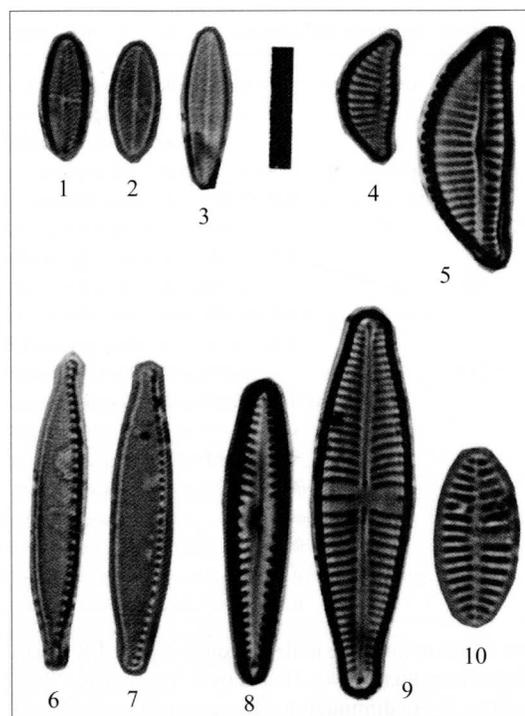
L'83% delle diatomee rinvenute è presente nella lista rossa delle diatomee della Germania.

Taxon	Reocrena	Igropetrica	Reo-elocrena	LR	U	T	pH	Figg.
<i>Achnanthes biasolettiana</i> Grunow var. <i>biasolettiana</i>	49.6			**	-	3	4	1-3
<i>Achnanthes conspicua</i> A. Mayer	0.3			**	1	7	3	
<i>Achnanthes laevis</i> Østrup			0.3	*	3	1	3	
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Bréb.) Grunow ssp. <i>lanceolata</i>	2.1		2.8	**	3	5	4	
<i>Achnanthes lanceolata</i> ssp. <i>dubia</i> (Grunow) Lange-Bert.			1.8	*	-	-	-	
<i>Achnanthes minutissima</i> Kütz.	13.2	52.0	54.6	**	3	7	3	11
<i>Achnanthes oblongella</i> Østrup	0.3			V	3	1	3	10
<i>Adlafia bryophila</i> (Petersen) Lange-Bert.		1.2	7.0	V	5	3	3	23
<i>Adlafia minuscula</i> (Grunow) Lange-Bert. var. <i>minuscula</i>	0.3			*	4	1	4	
<i>Amphipleura pellucida</i> (Kütz.) Kütz.			1.3	*	2	2	4	28
<i>Amphora pediculus</i> (Kütz.) Grunow	0.8		6.2	**	3	5	4	
<i>Caloneis fontinalis</i> Lange-Bert. & E. Reichardt		1.2		-	-	-	-	15
<i>Caloneis</i> cf. <i>hyalina</i> Hust.			0.3	-	-	-	-	
<i>Caloneis tenuis</i> (Gregory) Krammer			1.8	G	4	3	3	
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> Ehrenb.		21.4	4.6	**	2	5	4	12-13
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>pseudolineata</i> Geitler		1.2	0.3	D	-	-	-	14
<i>Cymbella austriaca</i> Grunow var. <i>austriaca</i>			0.5	V	-	-	-	19, 29
<i>Cymbella austriaca</i> var. <i>erdoebenyiana</i> (Pantoc.) Krammer		0.6		G	-	-	-	
<i>Cymbella delicatula</i> Kütz.		0.6		G	3	1	4	18
<i>Cymbella diminuta</i> (Grunow) Reichardt			0.3	-	-	-	-	31
<i>Cymbella cantonatii</i> Lange-Bert.		0.3		-	-	-	-	
<i>Denticula tenuis</i> Kütz.	0.8	0.9	0.5	*	3	3	4	
<i>Diadsmis contenta</i> Grunow	0.3			**	4	7	4	
<i>Diadsmis gallica</i> var. <i>perpusilla</i> (Grunow) Mann			0.3	**	5	1	3	26
<i>Diatoma hyemalis</i> (Roth.) Heiberg	0.5	0.3		D	2	-	4	
<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenb.) Kütz.	0.8	0.3		*	2	3	3	
<i>Diploneis krammeri</i> Lange-Bert. & E. Reichardt			1.0	V	4	-	4	
<i>Diploneis oblongella</i> (Nägeli) Cleve-Euler			0.3	V	4	-	4	
<i>Diploneis minuta</i> Petersen			2.6	R	5	-	-	
<i>Encyonema alpiniforme</i> Krammer			0.3	G	5	1	4	
<i>Encyonema alpinum</i> Grunow		1.4		G	5	1	4	16-17
<i>Encyonema minutum</i> Hilse	3.6	0.3		*	-	-	3	4-5
<i>Encyonopsis falaisensis</i> (Grunow) Krammer			1.0	G	3	2	-	
<i>Encyonopsis minuta</i> (Grunow) Krammer		2.0		*	3	4	4	
<i>Encyonopsis tiroliana</i> Krammer & Lange-Bert.		0.9	0.5	-	-	-	-	
<i>Eunotia arcubus</i> Nörpel-Schempp & Lange-Bert.		0.3		G	-	-	-	20
<i>Fallacia insociabilis</i> (Krass.) Mann			0.5	*	4	3	3	
<i>Fallacia lenzii</i> (Hust.) Mann			1.8	3	-	-	4	
<i>Fragilaria parasitica</i> (W. Smith) Grunow var. <i>parasitica</i>			0.3	**	2	4	4	
<i>Gomphonema acuminatum</i> var. <i>brebissonii</i> (Kütz.) Grunow			0.8	-	2	5	4	30
<i>Gomphonema angustivalva</i> E. Reichardt		0.3		-	-	-	-	
<i>Gomphonema exilissimum</i> (Grunow) Lange-Bert. & E. Reichardt		0.3	0.3	V	-	1	3	
<i>Gomphonema micropus</i> Kütz.	0.3			*	3	5	4	9
<i>Gomphonema pumilum</i> var. <i>elegans</i> E. Reichardt & Lange-Bert.	1.0	8.7		-	-	-	-	8, 21-22
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenb.			0.3	*	2	4	4	
<i>Luticula mutica</i> (Kütz.) Mann var. <i>mutica</i>	0.3			**	4	5	3	

Taxon	Reocrena	Igropetrica	Reo-elocrena	LR	U	T	pH	Figg.
<i>Meridion circulare</i> (Grev.) C. A. Agardh var. <i>circulare</i>	0.5			**	1	7	4	
<i>Navicula aquaedurae</i> Lange-Bert.		4.9		*	-	-	-	
<i>Navicula broetzii</i> Lange-Bert. & E. Reichardt			0.5	-	-	-	-	25
<i>Navicula</i> cf. <i>cryptocephala</i> Lange-Bert.	1.3		0.5	**	-	-	-	
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bert.			0.3	**	2	7	4	
<i>Navicula leistikowii</i> Lange-Bert.		0.3		G	-	-	-	
<i>Navicula(dicta) gerloffii</i> Schimanski			1.5	R	-	-	2	24
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kütz.) Grunow var. <i>dissipata</i>	0.3			**	3	4	4	
<i>Nitzschia dissipata</i> var. <i>media</i> (Hantzsch) Grunow			0.5	D	-	-	4	
<i>Nitzschia</i> nov. spec. N. 2 Mittersee			2.6	-	-	-	-	27
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) Smith	24.0			**	3	6	3	6-7
<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Perag.		0.9	1.0	*	3	2	2	
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch			0.5	**	1	7	4	
<i>Reimeria sinuata</i> (W. Greg.) Kociolek et Stoermer			0.5	**	3	3	3	
N. di taxa	19	22	36					
Indice di diversità di Shannon-Wiener	2.22	2.37	2.96					
Eveness	0.52	0.53	0.57					
Indice di Simpson (D)	0.32	0.33	0.31					

Tab. I - Elenco delle diatomee con le abbondanze relative rinvenute nelle singole sorgenti. LR = taxa inclusi nella lista rossa delle diatomee della Germania (LANGE-BERTALOT & STEINDORF, 1997): 1 = minacciato d'estinzione; 3 = minacciato; V = in diminuzione; R = estremamente raro; G = probabilmente minacciato; D = dati insufficienti; * = attualmente non considerato minacciato; ** = sicuramente non minacciato. Preferenze ecologiche secondo VAN DAM et al. (1994). U = preferenza per determinate condizioni di umidità ambientale: 1 = mai, o solo molto raramente rinvenibile al di fuori di corpi d'acqua; 2 = prevalentemente diffuso in corpi d'acqua, talora in luoghi umidi; 3 = prevalentemente diffuso in corpi d'acqua e anche - piuttosto regolarmente - in luoghi umidi; 4 = prevalentemente rinvenibile in luoghi umidi o in posti soggetti a temporaneo disseccamento; 5 = diffuso quasi esclusivamente al di fuori di corpi d'acqua. T = preferenza per un determinato stato trofico: 1 = oligotrofia; 2 = oligo-mesotrofia; 3 = mesotrofia; 4 = meso-eutrofia; 5 = eutrofia; 6 = ipereutrofia; 7 = da oligo-a eutrofia. pH = preferenze in base al pH: 2 = acidofilo (<7); 3 = circumneutrale (intorno a 7); 4 = alcalifilo (>7).

- List of the diatoms found in the individual springs and relative abundances. LR = red list species (LANGE-BERTALOT & STEINDORF, 1997): 1 = menaced with extinction; 3 = endangered; V = on the decrease; R = extremely rare; G = supposed to be endangered; D = data scarce; * = at present not considered menaced; ** = surely not menaced. Ecological preferences according to VAN DAM et al. (1994). U = moisture preferences: 1 = never, or only very rarely, occurring outside water bodies; 2 = mainly occurring in water bodies, sometimes on wet places; 3 = mainly occurring in water bodies, also rather regularly on wet and moist places; 4 = mainly occurring on wet and moist or temporarily dry places; 5 = nearly exclusively occurring outside water bodies. T = trophic preferences: 1 = oligotraphentic; 2 = oligo.-mesotraphentic; 3 = mesotraphentic; 4 = meso.-eutraphentic; 5 = eutraphentic; 6 = hypereutraphentic; 7 oligo- to eutraphentic. pH = pH preferences: 2 = acidophilous (<7); 3 = circumneutral (about 7); 4 = alkaliphilous (>7).



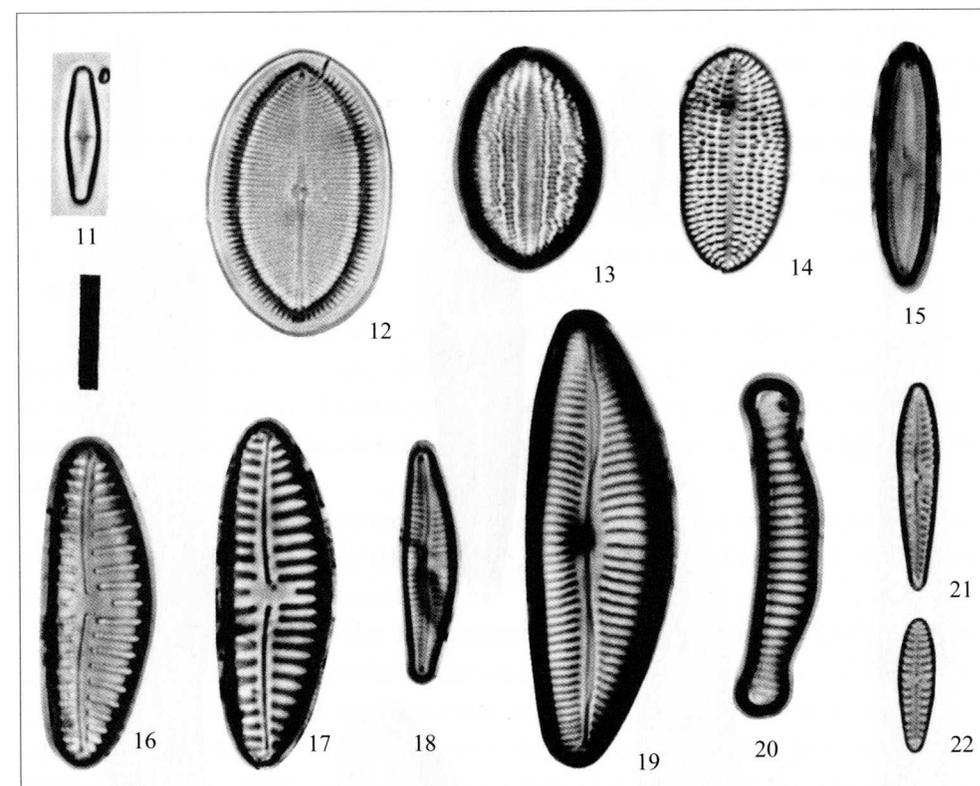
Tav. 1 - Le diatomee più abbondanti, o più interessanti per caratteristiche autoecologiche o rarità, rinvenute nella sorgente reocrena. 1500X, la barra rappresenta una lunghezza di 10 μm . 1-3: *Achnanthes biasolettiana* var. *biasolettiana* (1: valva con rafe, 2-3: valva senza rafe); 4-5: *Encyonema minutum*; 6-7: *Nitzschia palea*; 8: *Gomphonema pumilum* var. *elegans*; 9: *Gomphonema micropus*; 10: *Achnanthes oblongella*, valva senza rafe.

- The comparatively most abundant diatoms or those most interesting because of their autecological characteristics or rarity found in the rheocrene spring. 1500X, scale bar = 10 μm . 1-3: *Achnanthes biasolettiana* var. *biasolettiana* (1: raphe valve, 2-3: rapheless valve); 4-5: *Encyonema minutum*; 6-7: *Nitzschia palea*; 8: *Gomphonema pumilum* var. *elegans*; 9: *Gomphonema micropus*; 10: *Achnanthes oblongella*, rapheless valve.

Il 40% di queste risultano essere minacciate a vari livelli. Ai taxa rari evidenziati tramite la lista rossa ne andrebbero aggiunti altri, descritti solo di recente o che hanno da poco acquisito un nuovo status tassonomico. Tra questi molti sono sicuramente poco diffusi e minacciati (per esempio *Caloneis fontinalis*, *Cymbella diminuta*, *Cymbella cantonatii*, *Nitzschia* nov. spec. N. 2 Mittersee). Se si esegue quest'operazione, la percentuale di taxa minacciati/rari sale al 48%.

Alcuni dei taxa rinvenuti presentano caratteristiche distributive particolarmente interessanti. *Cymbella cantonatii* era stata rinvenuta come nuova specie in sorgenti delle Dolomiti di Brenta (CANTONATI, 1998a). In quel gruppo montuoso era particolarmente diffusa in sorgenti oligotrofe - tendenzialmente permanenti (salvo lievi variazioni nel punto di emergenza dell'acqua in relazione alle variazioni del livello della falda) - reocrene di dimensioni medio-piccole e in una reocrena igropetrica, con una chiara preferenza per i muschi come microhabitat su cui svilupparsi. Questa specie ha confermato la propria preferenza per queste tipologie nel presente studio, nel quale è stata rinvenuta unicamente nella reocrena igropetrica. La reocrena presenta probabilmente variazioni di portata e un carico di nutrienti troppo elevato per ospitarla.

Cymbella diminuta, rinvenuta in quest'occasione unicamente nella sorgente reo-

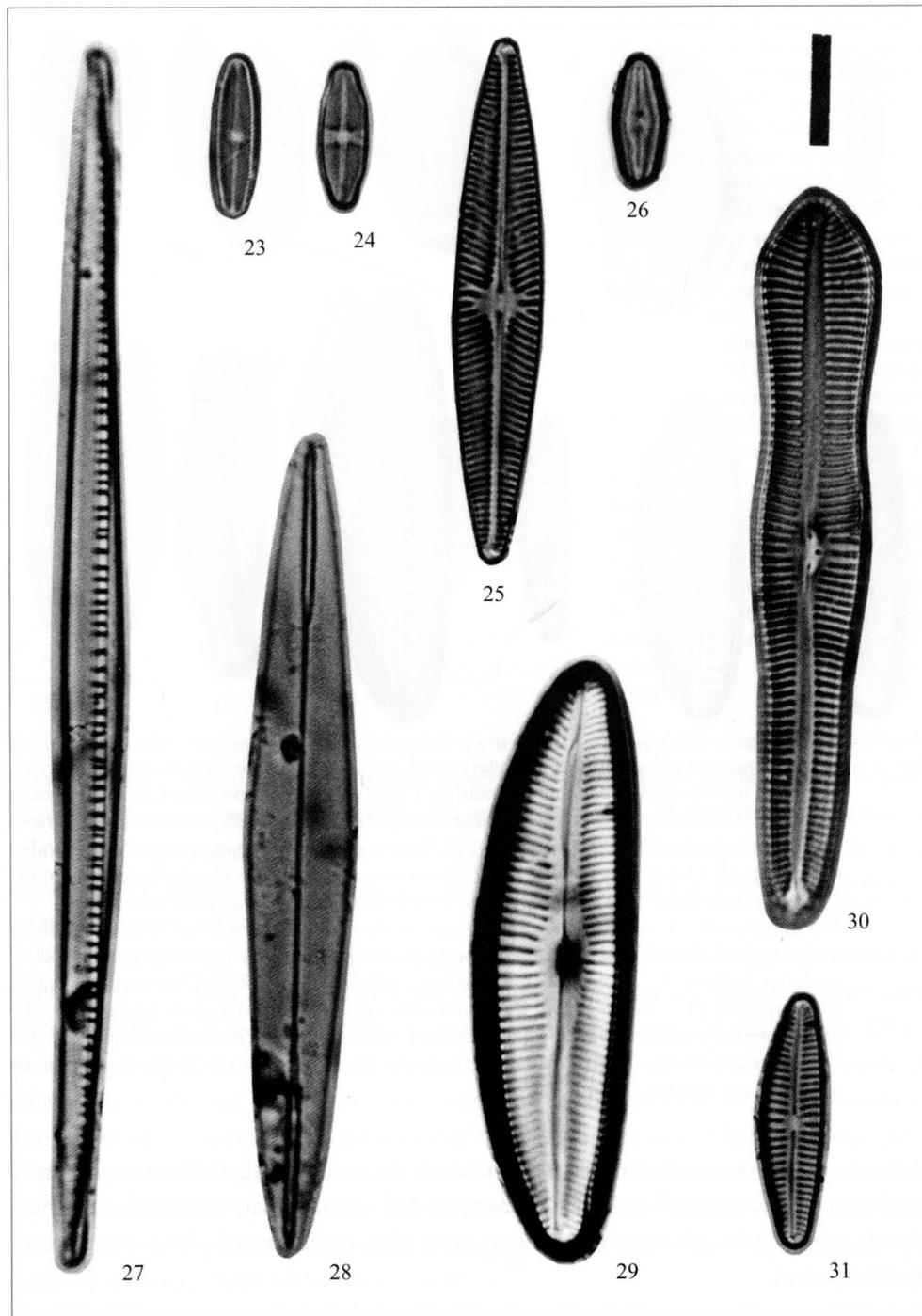


Tav. 2 - Le diatomee più abbondanti, o più interessanti per caratteristiche autoecologiche o rarità, rinvenute nella sorgente reocrena igropetrica. 1500X, la barra rappresenta una lunghezza di 10 μm . 11: *Achnanthes minutissima*, valva senza rafe; 12-13: *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (12: valva con rafe, 13: valva senza rafe); 14: *Cocconeis placentula* var. *pseudolineata*, valva senza rafe; 15: *Caloneis fontinalis*; 16-17: *Encyonema alpinum*; 18: *Cymbella delicatula*; 19: *Cymbella austriaca*; 20: *Eunotia arcubus*; 21-22: *Gomphonema pumilum* var. *elegans*.

- The comparatively most abundant diatoms or those most interesting because of their autecological characteristics or rarity found in the hygropetric rheocrene spring. 1500X, scale bar = 10 μm . 11: *Achnanthes minutissima*, rapheless valve; 12-13: *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (12: raphe valve, 13: rapheless valve); 14: *Cocconeis placentula* var. *pseudolineata*, rapheless valve; 15: *Caloneis fontinalis*; 16-17: *Encyonema alpinum*; 18: *Cymbella delicatula*; 19: *Cymbella austriaca*; 20: *Eunotia arcubus*; 21-22: *Gomphonema pumilum* var. *elegans*.

elocrena, è specie rara, precedentemente segnalata da REICHARDT (1982; 1994) in sorgenti nelle quali si ha precipitazione di carbonati, e rinvenuta da CANTONATI (dati non pubblicati) in una piccola reocrena su substrato carbonatico nelle Alpi settentrionali (Parco Naturale di Berchtesgaden).

Diploneis minuta è specie aerofila - cioè tollerante periodi di disseccamento dell'ambiente



- ed è classificata come specie molto rara nella lista rossa delle diatomee della Germania (tab. I). WERUM (2001) in uno studio sulle sorgenti dei rilievi della Germania centrale, che ha preso in considerazione sia ambienti in condizioni semi-naturali che scaturigini soggette a impatti antropici diretti (captazioni, ecc.), ha potuto rinvenire questa specie unicamente su substrati carbonatici e in scaturigini non interessate da influssi antropogenici. Per lungo tempo nota solo per l'Islanda, questa specie è stata rinvenuta da REICHARDT (1981; 1994) in sorgenti carbonatiche in Baviera, mentre non è stata osservata nel Gruppo di Brenta da CANTONATI (1998a).

Nitzschia nov. spec. N. 2 Mittersee è stata proposta come entità specifica autonoma con questo nome provvisorio da LANGE-BERTALOT & METZELTIN (1996), che l'avevano rinvenuta nel litorale di un lago oligotrofo delle Alpi austriache (Mittersee). CANTONATI (1998) ha trovato questa specie associata ai muschi e al detrito in una piccola sorgente reocrena (Genera) delle Dolomiti di Brenta.

Altre specie osservate assai raramente, talora note quasi unicamente per l'habitat tipico, sono le seguenti: *Fallacia lenzii* (Hust.) Mann, *Navicula broetzii* Lange-Bert. et Reichardt, *Navicula(dicta) gerloffii* Schimanski.

Il numero complessivo di taxa è minimo nella reocrena (19) e massimo nella reo-elocrena (36). Analogamente presentano i valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (tab. I). I valori medi dei numeri totali di taxa e dell'indice di diversità di Shannon ottenuti dai sassi e dai muschi per le sorgenti su substrato carbonatico nella ricerca sul Parco Naturale Adamello-Brenta (CANTONATI, 1998b) sono pari rispettivamente a 12, 1.5 e 17, 2.3. Tenendo conto che nel caso del presente contributo si tratta invece di campioni misti, si può concludere che i valori di diversità riscontrati nelle tre sorgenti studiate sono da considerarsi tendenzialmente sopra la media e decisamente elevati nel caso della reo-elocrena (si vedano anche i valori dell'indice di Shannon riportati in SABATER & ROCA, 1992, per un confronto). Va tuttavia considerato che tutte le sorgenti friulane, diversamente da quelle del Gruppo di Brenta, si trovano a quote modeste.

Tav. 3 - Le diatomee più abbondanti, o più interessanti per caratteristiche autoecologiche o rarità, rinvenute nella sorgente reoelocrena. 1500X, la barra rappresenta una lunghezza di 10 µm. 23: *Adlafia bryophila*; 24: *Navicula(dicta) gerloffii*; 25: *Navicula broetzii*; 26: *Diadesmis gallica* var. *perpusilla*; 27: *Nitzschia* nov. sp. N. 2 Mittersee; 28: *Amphipleura pellucida*; 29: *Cymbella austriaca*; 30: *Gomphonema acuminatum* var. *brebissonii*; 31: *Cymbella diminuta*.

- The comparatively most abundant diatoms or those most interesting because of their autecological characteristics or rarity found in the rheohelocrene spring. 1500X, scale bar = 10 µm. 23: *Adlafia bryophila*; 24: *Navicula(dicta) gerloffii*; 25: *Navicula broetzii*; 26: *Diadesmis gallica* var. *perpusilla*; 27: *Nitzschia* nov. sp. N. 2 Mittersee; 28: *Amphipleura pellucida*; 29: *Cymbella austriaca*; 30: *Gomphonema acuminatum* var. *brebissonii*; 31: *Cymbella diminuta*.

Anche se, come osservato da SABATER & ROCA (1992) per le sorgenti su substrato carbonatico dei Pirenei, elementi reofili e cosmopoliti sono effettivamente spesso presenti e talora dominanti nelle tre sorgenti studiate, pare tuttavia anche emergere dal confronto dei dati ottenuti nel presente contributo con quelli di ricerche su ambienti paragonabili (REICHARDT, 1994; 1995; CANTONATI 1998a; CANTONATI, dati inediti su sorgenti del Parco Naturale di Berchtesgaden), che esista una microflora a diatomee tipica di piccole sorgenti in condizioni pressoché naturali su substrato carbonatico.

In questa indagine sono tuttavia state riscontrate importanti differenze tra una tipologia di scaturigine e l'altra, con taxa reofili che identificano la reocrena tipica, taxa con una preferenza per i muschi o xerotolleranti che caratterizzano la reocrena igropetrica, e taxa xerotolleranti o associati al detrito che sono particolarmente comuni o esclusivi della reo-elocrena.

Sebbene la reocrena sia la tipologia più comune nelle Alpi (DI SABATINO et al., 1997), la diffusione di alcune particolari tipologie di sorgente non pare essere omogenea nell'arco alpino. La reo-elocrena su substrato carbonatico non era, infatti, stata rinvenuta nel corso delle ricerche su sorgenti del Gruppo di Brenta, che tuttavia hanno prestato particolare attenzione ad ambienti situati a quote medio-alte.

Anche le sorgenti carbonatiche - e in particolare alcune tipologie - dimostrano di poter ospitare una microflora a diatomee con elementi interessanti, rari, e quindi meritevoli di tutela. Pare quindi particolarmente opportuna la prosecuzione di ricerche sui popolamenti di diatomee di sorgenti di aree protette dell'arco alpino, per colmare lacune conoscitive su alcune aree geografiche da una parte, e dall'altra per fornire ai Parchi naturali elementi conoscitivi su questa importante componente della biodiversità a livello di organismi acquatici microscopici.

Manoscritto pervenuto il 27.VI.2003.

Ringraziamenti

Ringrazio Fabio Stoch per aver raccolto i campioni di diatomee e incoraggiato il loro studio, Nicola Angeli per aver realizzato i preparati permanenti, Ermanno Bertuzzi per la catalogazione e l'informatizzazione dei materiali e Carla Contessi per una rilettura del testo.

SUMMARY - The diatoms of three springs of the Julian Pre-Alps Natural Park (Eastern Italian Alps) were studied as representatives of different spring typologies on carbonate substrate: rheocrene, hydropetric rheocrene and rheo-helocrene. Altogether 60 taxa were identified. Only two - *Achnanthes minutissima* and *Achnanthes biasolettiana* var. *biasolettiana* - reached relative abundances just lower or larger than 50% and again only two species out of sixty (*Achnanthes minutissima* and *Denticula tenuis*) were in common to the three springs, each one of which shows a characteristic situation.

The rheocrene is dominated by *Achnanthes biasolettiana* var. *biasolettiana* and by *Achnanthes minutissima*, which are rheophilous species, and by *Nitzschia palea*, a diatom which is fairly common in nutrient enriched environments.

The hydropetric rheocrene is dominated by the ubiquitous *Achnanthes minutissima* and by *Cocconeis placentula* var. *euglypta* and by some species that, even if present with clearly lower proportions,

characterise this source as hydropetric environment: *Adlafia bryophila*, *Caloneis fontinalis*, *Cymbella cantonatii*, *Encyonema alpinum*, *Encyonopsis minuta*, *Eunotia arcubus*, *Gomphonema pumilum* var. *elegans*.

The rheo-helocrene shows, perhaps, the most interesting taxa composition. Even if with low relative abundances, a number of taxa, seemingly adapt for a characterization of this habitat, are indeed present (listed according to decreasing relative abundances): *Adlafia bryophila*, *Diploneis minuta*, *Nitzschia* nov. spec. N. 2 Mittersee, *Caloneis tenuis*, *Fallacia lenzii*, *Navicula(dicta) gerloffii*, *Amphipleura pellucida*, *Cymbella diminuta*, *Diademsis gallica* var. *perpusilla*. These are mainly xerotolerant or debris inhabiting taxa.

83% of the diatoms found are included in the Red List for Germany. Of these 40% are menaced to different degrees. If one considers also a certain number of taxa which have been only recently described or which changed taxonomic status, the percentage of menaced / rare taxa raises to 48%. Some of the taxa found are particularly interesting because of their distribution: *Cymbella cantonatii*, *Cymbella diminuta*, *Diploneis minuta*, *Nitzschia* nov. spec. N. 2 Mittersee. The total number of taxa shows a minimum in the rheocrene (19) and a maximum in the rheo-helocrene (36). A similar situation is found for the Shannon diversity index.

Bibliografia

- BOTOSANEANU L., 1995 - Springs as refugia for geographic relicts. *Crunoecia*, 4: 5-9.
- CANTONATI M., 1998a - 2. La microflora. In: CANTONATI M. (ed.) - Le sorgenti del Parco Adamello-Brenta. *Parco Adamello-Brenta, Parco Documenti*, 1: 55-101, Strembo (Trento).
- CANTONATI M., 1998b - Diatom communities of springs in the Southern Alps. *Diatom Res.*, 13 (2): 201-220.
- CANTONATI M., BERTUZZI E., ANGELI N. & PAROLA E., 2004 - Mouseia®, a museum relational database application for the management of diatom collections. In: POULIN M. (ed.) - Seventeenth International Diatom Symposium, 2002, Ottawa, Canada. *Biopress Limited*: 27-34, Bristol.
- DAM H. VAN, MERTENS A. & SINKELDAM J., 1994 - A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Nether. J. Aqu. Ecol.*, 28 (1): 117-133.
- DI SABATINO A., GERECKE R., D'ALFONSO S. & CICOLANI B., 1997 - Prime considerazioni sulla biodiversità delle sorgenti italiane: la taxocenosi ad acari acquatici (Acari, Actinedida, Hydrachnidia). *Atti Soc. It. Ent.*, 18: 171-174.
- GERECKE R., 1991 - Taxonomische, faunistische und ökologische Untersuchungen an Wassermilben (Acari, Actinedida) aus Sizilien unter Berücksichtigung anderer aquatischer Invertebraten. *Lauterbornia*, 7: 1-303.
- HUSTEDT F., 1945 - Diatomeen aus Seen und Quellgebieten der Balkan Halbinsel. *Arch. Hydrobiol.*, 40 (4): 867-973.
- JONES J.G., 1978 - Spatial variation in epilithic algae in a stony stream (Wilfin Beck) with particular reference to *Cocconeis placentula*. *Freshwater Biol.*, 8: 539-546.
- KRAMMER K., 1997a - Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 1. Allgemeines und *Encyonema* Part.. *Bibliot. Diatomol.*, 36, pp. 382.
- KRAMMER K., 1997b - Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 2. *Encyonema* part., *Encyonopsis* and *Cymbellopsis*. *Bibliot. Diatomol.*, 37, pp. 469.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 1986-1991 - *Bacillariophyceae. Naviculaceae. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Achnanthaceae*. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D. (eds) - Süßwasserflora von Mitteleuropa. *G. Fischer*, 2/1, pp. 876; 2/2, pp. 596; 2/3, pp. 576; 2/4, pp. 437, Stuttgart, New York.

- LANGE-BERTALOT H., 1993 - 85 neue Taxa und über 100 weitere neu definierte Taxa ergänzend zur Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/1-4. *Bibl. Diatom.*, 27, pp. 454, J. Cramer, Berlin, Stuttgart.
- LANGE-BERTALOT H. & METZELTIN D., 1996 - Indicators of Oligotrophy. In: LANGE-BERTALOT H. (ed.) - *Iconographia Diatom. Koeltz*, 2, pp. 390, Koenigstein.
- LANGE-BERTALOT H. & STEINDORF A., 1996 - Rote Liste der limnischen Kieselalgen (*Bacillariophyceae*) Deutschlands. *Schr.-R. f. Vegetationskde*, 28: 633-677.
- REICHARDT E., 1981 - Die Diatomeenflora quelliger und sumpfiger Standorte in der Umgebung von Treuchtlingen. *Nova Hedwigia*, 34: 487-519.
- REICHARDT E., 1982 - Zur Diatomeenflora der "Steinernen Rinnen" in Mittelfranken. *Ber. Bayer. Bot. Gesell.*, 53: 97-112.
- REICHARDT E., 1994 - Zur Diatomeenflora (*Bacillariophyceae*) tuffabscheidender Quellen und Bäche im Südlichen Frankenjura. *Ber. Bayer. Bot. Gesell.*, 64: 119-133.
- REICHARDT E., 1995 - Die Kieselalgenflora (*Bacillariophyceae*) des wachsenden Steins von Usterling. *Ber. Bayer. Bot. Gesell.*, 65: 87-92.
- ROUND F.E., 1957 - A note on some diatom communities in calcareous springs and streams. *Jour. Linnean Soc. of London, Bot.*, 55: 662-668.
- SABATER S. & ROCA J.R., 1990 - Some factors affecting distribution of diatom assemblages in Pyrenean springs. *Freshwat. Biol.*, 24: 493-507.
- SABATER S. & ROCA J.R., 1992 - Ecological and biogeographical aspects of diatom distribution in Pyrenean springs. *Br. Phycol. J.*, 27: 203-213.
- SHANNON C.E. & WEAVER W., 1949 - The mathematical theory of communication. *University of Illinois Press*, Urbana, pp. 117.
- SCHWOERBEL J., 1959 - Ökologische und tiergeographische Untersuchungen über die Milben (Acari, Hydracnellae) der Quellen und Bäche des südlichen Schwarzwaldes. *Arch. Hydrobiol.*, Suppl., 24: 385-546.
- STOCH F., 2004 - Indagini ecologiche e faunistiche sulla Meiofauna (Acari e Crostacei) di alcune sorgenti del Parco Naturale delle Prealpi Giulie (Italia nord-orientale). *Gortania-Atti Mus. Friul. St. Nat.*, 25 (2003): 245-260.
- THIENEMANN A., 1922 - Hydrobiologische Untersuchungen an Quellen. *Arch. Hydrobiol.*, 14: 151-190.
- WERUM M., 2001 - Die Kieselalgenesellschaften in Quellen. Abhängigkeit von Geologie und anthropogener Beeinflussung in Hessen (Bundesrepublik Deutschland). *Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie*, pp. 273, Wiesbaden.