

# Pregled dosadašnjih istraživanja perifitonskih dijatomeja i dinoflagelata u Jadranskom moru

---

**Linardić, Marina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2012**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:406333>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-07**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA  
PERIFITONSKIH DIJATOMEJA I DINOFLAGELATA U  
JADRANSKOM MORU

OVERVIEW OF THE RESEARCH DONE ON  
PERIPHYTIC DIATOMS AND DINOFLAGELLATES IN  
THE ADRIATIC SEA

SEMINARSKI RAD

Marina Linardi  
Preddiplomski studij biologije  
(Undergraduate Study of Biology)  
Mentor: doc. dr. sc. Zrinka Ljubešić

Zagreb, 2012.

# SADRŽAJ:

UVOD .....	3
PERIFITON .....	3
ALGE KREMENJAŠICE (DIJATOMEJE).....	4
DINOFLAGELATI .....	5
PERIFITONSKA ISTRAŽIVANJA JADRANSKOG MORA.....	6
SJEVERNI JADRAN .....	6
SREDNJI JADRAN .....	11
JUŽNI JADRAN .....	13
ZAKLJUČAK .....	13
SUMMARY .....	14
LITERATURA.....	15

## UVOD

Proteklih desetljeća mnogo se pažnje pridaje proučavanju morskih mikrofitobentoskih zajednica (epipelon, episamon) u različitim područjima (Cahoon & Cooke 1992, Barranguet i sur. 1996, Welker i sur. 2002, Totti 2003). S druge strane jako malo se zna o morskim epilitskim zajednicama. Dostupno je mnogo literature o perifitonu slatkovodnih staništa (Hoagland 1983, Korte i Blinn 1983, Hamilton i Duthie 1984, Bothwell i sur. 1989, Sabater i sur. 1998, Wellnitz i Ward 1998, Greenwood i sur. 1999, Tuji 2000a,b, Kahlert i sur. 2002, Hameed 2003, Liboriussen 2003, Soininen i sur. 2004), no što se tiče onih morskih, radovi rađeni na tom području uglavnom nisu vezani za sam Mediteran, pa tako ni za Jadransko more. (Houdon i Bourget 1981, Snoeijs i Prentice 1989, Hillebrand i Sommer 1997, 2000, Hillebrand i sur. 2000, Busse 2002, Siqueiros-Beltrones i sur. 2005).

U Jadranskom moru rađena su istraživanja ponajviše epifitskih dijatomeja u sjevernom Jadranu (Totti i sur. 2007, Munda 2005), dok se u srednjem Jadranu istraživanja se baziraju na ekologiji i taksonomiji perifitonskih dijatomeja estuarija krških rijeka poput Zrmanje (Caput i sur. 2008, 2005, Burić i sur. 2004). Istraživanja u Južnom Jadranu su tek započeta, te još nema objavljenih rezultata.

## PERIFITON

Perifiton su biljni i životinjski organizmi pričvršćeni na različitim tipovima supstrata potopljenih u vodi, a koji pritom ne prodiru u podlogu (Cover i Harrel 1978). Bentičke mikroalge predstavljaju važnu komponentu morskih ekosistema, a u plitkim obalnim područjima mogu pridonijeti ukupnoj primarnoj proizvodnji koja se često pripisuje samo fitoplanktonu (MacIntyre et al. 1996).

Prisustvo biofilma građeno od mikrofitobentosa te ekstracelularnih polimera (eng. Extracellular polymeric substances, EPS) koje on izlučuje, povećava stabilnost sedimenta (Rietmuller i sur. 1998, Consalvey 2002) te također utječe na transformacije nutrijenata unutar sedimenta (nitrifikacija, denitrifikacija) i izmjenu nutrijenata preko granice sediment-voda (Thornton i sur. 1999, Rysgaard-Petersen 2003, Dong i sur. 2000). Veći dio te pričvršćene zajednice sastoji se od sluzavog, neživog materijala (Wetzel 2001),

mukopolisaharida iji sastav i tekstura variraju ovisno o okolišu te vrsti i fiziološkom stanju organizama koji ih izlučuju (Sutherland 1985, Hoagland i sur. 1993).

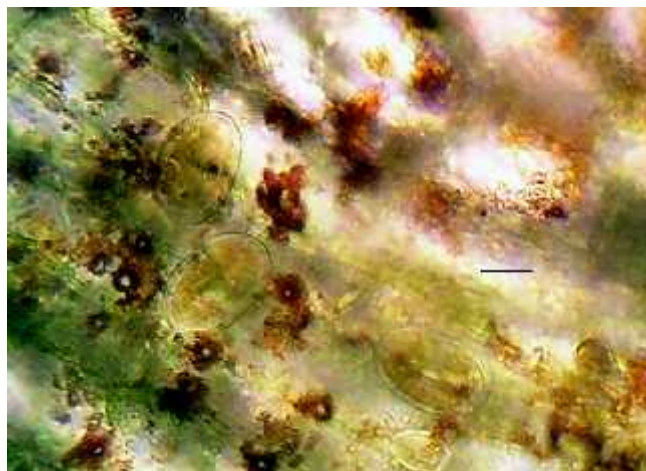
Mikrofitobentoske zajednice uključuju sljedeće: epizoon (organizmi na životinjama), epidendron (organizmi na drveću), epiliton (organizmi na kamenju), epipelon (organizmi na mulju), epipsamon (organizmi na pijesku), epifiton (organizmi na drugim biljnim organizmima) i epiholon (organizmi na različitim supstratima) (Round 1971, Šramek-Hušek 1946, Campbell 1977).

## ALGE KREMENJAŠICE (DIJATOMEJE)

Dijatomeje su važna i često dominantna komponenta perifitona (Sullivan 1999).

Dijatomeje ili alge kremenjašice (*Baccillariophyceae*, sin. *Diatomeae*) su jednostanični autotrofni protisti koji uglavnom žive u planktonu ili pričvršćene za podlogu (perifiton) (Slika 1., 2). Prepoznatljive su po ljušturici (frustulum) od silicijevog dioksida – kremena ( $\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$ ) koja je modifikacija periplasta. Svi danas živeći oblici imaju kremenu ljušturicu izuzev onih u endosimbiontskih u foraminiferama (sekundarni gubitak) (Round i sur. 1996). Stanice nemaju stanišnu stijenku, a veličina im varira od 5 do 200  $\mu\text{m}$  (Jeffrey i Vesik 1997).

Dijatomeje se na dva načina pričvršćuju za supstrat. Mogu se čvrsto cijelom duljinom valve priljubiti za supstrat (npr. rod *Cocconeis*) ili se za supstrat prihvaćaju ponašajući se kao pločice (kao u roda *Achnantes*) ili pločice (eng. pads) (rod *Cymbella*) te često tvore kolonije (Round i sur. 1996) ili su u galertastim tokovima.



**Slika 1.** *Cocconeis* sp. na podlozi

Slika preuzeta sa: <http://www.zierfischforum.at/artikel/gruenalge.html>



**Slika 2.** Achnantes sp. na zelenoj algi Cladophora

Slika preuzeta sa: <http://craticula.ncl.ac.uk/EADiatomKey/html/taxon13160100.html>

## DINOFLAGELATI

U perifitonu se tako er mogu prona i i dinoflagelati koji nisu vrsto vezani za sam supstrat nego se slobodno kre u u njemu.

Dinoflagelati su jednostani ni protisti koji nastanjuju pretežitomorska, ali i slatkovodna staništa. Naj eš e ih nalazimo kao dio fitoplanktona, no postoje i vrste koje naseljavaju bentos ili kao dio perifitona. Uglavnom su oklopljeni celuloznim okloptom ili tekom (tekatni), no ima i onih koji to nemaju (atekatni). Karakteriziraju ih dva bi a – jedan transverzalni koji okružuje tijelo ( esto u udubini nazvanoj cingulum) te drugi longitudinalni (Slika 3.).

Orijentacija tih bi eva utje e na njihov specifi an na in kretanja. Postoje i autotrofni i heterotrofni dinoflagelati. Neke vrste imaju tako er svojstvo bioluminiscencije. Dinoflagelati su važni zbog mogu nosti brzog razmnožavanja za vrijeme toplijih mjeseci te cvjetanja (*eng. bloom*) pri emu voda poprima crvenu boju, pa se takva cvjetanja nazivaju još i crvene plime (*eng. red tide*). Kada se takvo što dogodi, dolazi do velikih ošte enja drugih vodenih organizama, s obzirom da dinoflagelati izlu uju neurotoksine koji utje u na miši nu funkciju zaraženih organizama.



**Slika 3.** Dinoflagelat roda *Ceratium*

Slika preuzeta sa: [http://www.biologycorner.com/bio1/notes\\_plantlikeprotists.html](http://www.biologycorner.com/bio1/notes_plantlikeprotists.html)

## PERIFITONSKA ISTRAŽIVANJA JADRANSKOG MORA

Jadransko more je sjeverni izdanak Sredozemnog mora (Mediterana), a čini samo 4,6% od ukupne površine. (Riđanovići i sur. 1999).

Jadransko more je pretežno plitko. Sjeverno od Pule mu dubina ne prelazi 50 m, a sjeverno od Zadra 100 m. Najdublji dio Jadrana je Južnojadranska kotlina čija je dubina veća od 200m, a dostiže 1243 m. Jadran je tako i relativno toplo more - temperatura mu ne pada ispod 11°C.

### SJEVERNI JADRAN

Sjeverni Jadran je relativno plitko more te njegova dubina ne prelazi 50 metara. Ta karakteristika omogućuje da se zajednice algi razvijaju i na samom dnu budu i je cijelo more u eufotičkoj zoni (svjetlost dopire do samog dna).

Rijeka Po naj snažniji je izvor slatke vode i nutrijenata u sjevernom dijelu Sredozemlja (Pettine i sur. 1998). Povećana koncentracija nutrijenata u sjevernom Jadranu izaziva pojačan razvoj fitoplanktona (Revelante i Gilmartin 1976a, Chiaudani i sur. 1980, N. i T. Tegaccia 1983, Gilmartin i sur. 1990, Giordani i sur. 1997). Dominiraju diatomeje, ali je i est razvoj toksičnih vrsta (Honsel i sur. 1992). Morske struje određuju raspodjelu fizikalno-

kemijskih te bioloških svojstava u sjevernom Jadranu. Tako se npr. more uz istarsku obalu u proljeće i ljeto zagrijava brže nego što se hladi u jesen, a to je povezano sa širenjem vode rijeke Po (Supić i Orlić 1992).

## PROUČAVANJE PERIFITONSKIH DIJATOMEJA U SJEVERNOM JADRANSKOM MORU

Istraživanja rađena u sjevernom Jadranu su prvi podaci o distribuciji mikrofitobentosa ne samo u Jadranskom moru, već i u cijelom Mediteranu. U nekoliko istraživanja pokazalo se da se kolonizacija na umjetnim podlogama razlikuje od one na prirodnim (Hamilton i Duthie 1984, Sabater i sur. 1998). Pokazalo se da ne postoji bitna razlika u strukturi zajednica na različitim umjetnim podlogama, već da se slične zajednice mogu promatrati na različitim supstratima.

Epilitske zajednice u sjevernom Jadranu sastojale su se pretežito od dijatomeja koje su pokazale izrazitu sezonsku varijabilnost (Totti i sur., 2007). Najveća abundancija i biomasa bila je uočena u periodu između veljače i listopada ( $557,156 \pm 82,602$  stanica/cm<sup>2</sup>), dok je u periodu između siječnja i veljače abundancija i biomasa bila mnogo niža ( $365 \pm 407$  stanica/cm<sup>2</sup>) (Totti i sur., 2007). Podaci su uskladu s istraživanjima koje je proveo Round (1972, 1985) koji je otkrio da je najveći broj vrsti dijatomeja upravo u periodu najveće insolacije i temperature. Rezultati su također u korelaciji s podacima o sezonskoj varijabilnosti planktonskih zajednica istog područja (Totti i sur. 2000, Bernardy-Aubry i sur. 2004). Nagli porast broja dijatomeja pripisuje se duljini danjeg svijetla te također naglom porastu nutrijenata nakon zimskog miješanja (Marini i sur. 2002).

Uočeno je više faza kolonizacije umjetnih podloga: u prvoj fazi na podlogu se smještaju bakterije te organski detritus, u sljedećoj fazi dolaze dijatomeje koje leže na supstratu te uspravne vrste koje tvore neku vrstu rozete, a tek u posljednjoj fazi javlja se nagli porast uspravnih dijatomeja koje tvore kompleksnu trodimenzionalnu zajednicu (Totti i sur., 2007). Također, uočena je sezonalna razlika u strukturi zajednica. Pokretne vrste predstavljale su glavnu komponentu perifitonske zajednice tijekom cijelog vremena trajanja istraživanja. Uspravne vrste povećale su svoj broj u proljeće te kasno proljeće. Adnatne dijatomeje u većem broju pojavile su se u ljeto, dok su "tube dwellers" svoj peak imale u proljeće. Plokon i planktonske vrste imale su zanemariv broj. Prisutnost planktonskih vrsta zimi povezano je za



klasi nim zimskim cvjetanjem fitoplanktona u sjevernom Jadranskom moru. Dominacija pokretnih vrsta može se povezati sa njihovom sposobnoš u da se slobodnije kre u u biofilmu, što ih ini superiornijim kompetitorima za nutrijente i svijetlost od ostalih (DeNicola i McIntyre 1990).

Me u najistaknutijim primarnim kolonizatorima su bile vrste iz rodova *Berkeleya*, *Achnantes* koji tvore guste epilitske populacije, a na supstrat se vežu stapkama. Tako er su se u ve em broju pojavljivali rodovi *Licmophora*, *Cocconeis*, *Striatella* te *Parallia*.

Važan imbenik koji može utjecati na strukturu cijele zajednice je i tzv. "eng. grazing effect" koji reducira vertikalnu strukturu mikrofitobentoskog sloja uklanjaju i uspravne forme dijatomeja (Hillebrand i sur. 2000, Wellnitz i Ward 2000). Iako se pažnja nije obra ala na taj efekt u istraživanjima Jadranskog mora, postoji mogućnost da je upravo zbog toga u ljeti došlo do smanjenog broja uspravnih dijatomeja. Epilitske zajednice prou avane u ovim istraživanjima imale su karakteristike sli ne onima koje su bile prou avane u drugim litoralnim područjima. Iako se podaci baziraju na umjetnim podlogama zaklju uje se da bi tako er vrlo sli ni rezultati bili kada bi se zajednica razvijala na onim prirodnim. Populacije koje bi se razvijale na prirodnim podlogama bile bi vrlo važna komponenta mikrofitobentoskih zajednica obalnih morskih staništa koje su u ovom trenutku potpuno zanemarene u Mediteranu.

## CVJETANJA TOKSI NIH VRSTA RODA *OSTREOPSIS* DUŽ OBALA SJEVERNOG JADRANA

Bentinski dinoflagelati koji pripadaju porodici *Ostreopsidaceae* su estri stanovnici bentinskih zajednica i u tropskim i u umjerenim područjima (Faust i sur., 1996). Njihova cvjetanja promatraju se u plitkim obalnim područjima blizu obale na samo par metara dubine. Pošto je ovaj rod prisutan u regijama diljem svijeta predstavlja veliku prijetnju ljudskoj populaciji. Pokretan život ovih organizama omogućuje im da naglo pove aju svoj broj bilo gdje i bilo kada, za visoki abundanciju potrebni su im odgovaraju i okolišni faktori. Ove karakteristike smanjuju vjerojatnost predvi anja takvih cvjetanja. Opasna cvjetanja (eng. HABs – Harmful Algae Blooms) uzrokovana dinoflagelatima utje u direktno na ljude na razne načine: promjene boje mora, truljenje organske tvari na rubovima obala, utjecaj na turizam i

ribarstvo, akumulacija toksina kroz prehrambeni lanac, te najgore, direktna otrovanost ljudi kroz dodir ili aerosol.

Vrsta *Ostreopsis cf. ovata* Fukuyo (Slika 4.) proučavana u studiji Pfannkuchen i sur. (2012) poznata je kao producent toksina pod nazivom palitoksin. Palitoksin je najpoznatiji neproteinski toksin, a djeluje primarno na Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATP-azu, a klinički simptomi su mišićne kontrakcije, krvarenje te na kraju i smrt. Visoke koncentracije *Ostreopsis ovata* pronađene su duž talijanske obale i to u: Ligurskom moru (Abbate i sur. 2007), Sardinijskom moru (Luglie.pers.comm.), Tirenskom moru (Sansoni i sur. 2003, Simoni i sur. 2004), Jonskom moru (Caroppo i sur. 2009), sjeveru Jadranskog mora (Monti i sur. 2007, Totti i sur. 2007a).

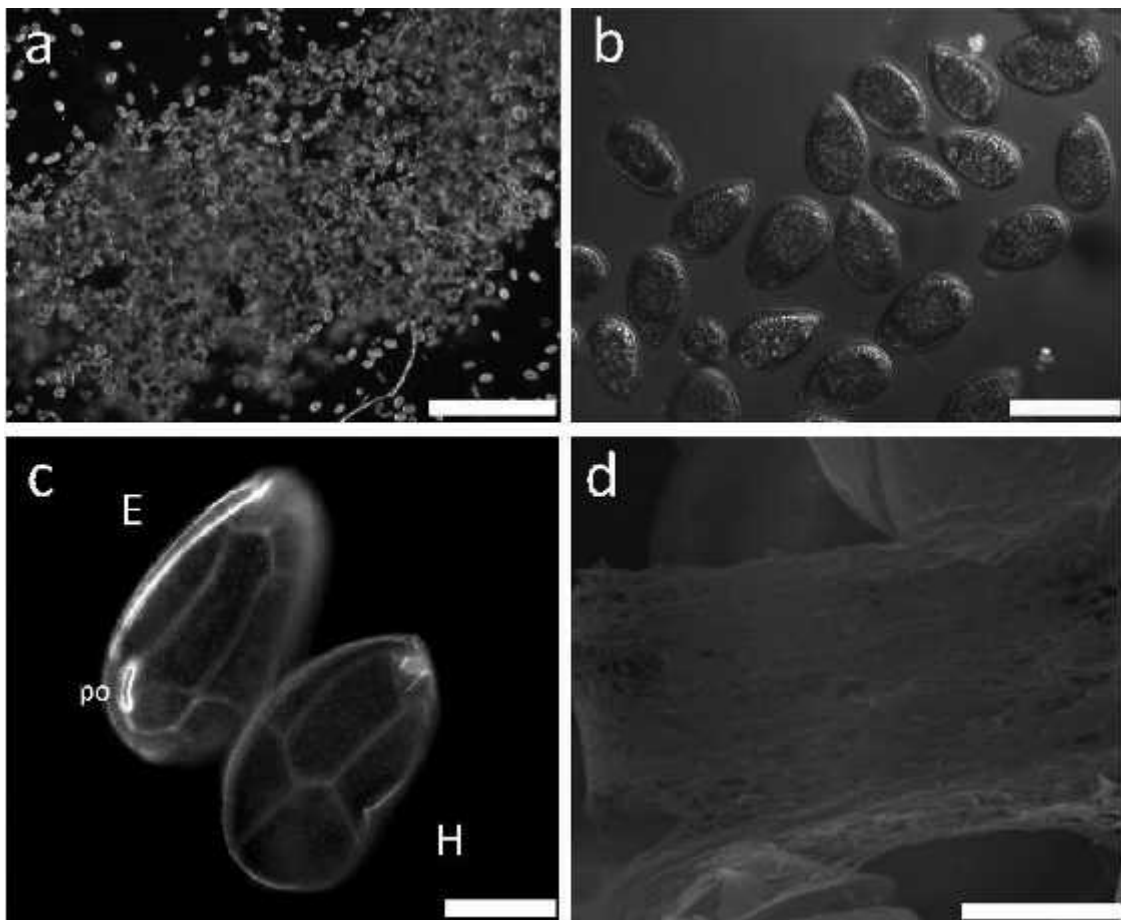
In situ promatranjem uočeno je da *Ostreopsis cf. ovata* tvori guste biofilmove smeđe boje koji se većinski sastoje od same vrste te mukoznog ekstracelularnog matriksa (Slika 4.). Najgušći i najstabilniji biofilmovi nađeni su na makroalgi *Cystoseira crinita* Duby (Pfannkuchen i sur. 2012). Manji biofilmovi i s nešto manjom gustoćom pronađeni su na stjenovitim područjima koja naseljavaju neke druge makroalge. *Ostreopsis ovata* je bentička vrsta koja se često opisuje kao epifitska (Bomber i sur. 1989, Vila i sur. 2001), iako je dokazano da naseljava različite vrste supstrata. Istraživanja rađena u Jadranskom moru pokazala su da se *O. ovata* može opisati i kao epifitska, epilitska te epizojska vrsta. Rezultati su pokazali da je puno veća abundancija bila na tvrdim supstratima, što ukazuje na to da ovaj dinoflagelat nije striktno epifit (Totti i sur. 2010).

Također, in situ proučavanjima uočeno je da je umjetno doneseni pijesak spriječio naseljavanje *Ostreopsis ovata*. Temeljem ovog opažanja moguće je spriječiti cvjetanja na javnim plažama, unošenjem takvog pijeska na iste.

Vremenski uzorak cvjetanja *Ostreopsis ovata* u području Mediterana pokazuje da se ona najčešće događaju u srpnju i kolovožu, dok se u sjevernom Jadranu taj uzorak mijenja, najveća abundancija bila je u listopadu (Totti i sur. 2010). Proučavano cvjetanje trajalo je oko mjesec dana. Najviši pik postignut je sa 334306 stanica po gramu mokre težine makroalge *Cystoseira crinita*, dok se nakon toga ta brojnost lagano smanjivala (Pfannkuchen i sur. 2012).

Parametri koji utječu na takva cvjetanja su sljedeći: dubina, hidrodinamika, temperatura, salinitet. Brojnost jedinki pada sa dubinom, dok raste sa povećanjem saliniteta te temperaturom (Tognetto i sur. 1995, Sansoni i sur. 2003, Simoni i sur. 2003). Kontradiktorno tome, u sjevernom dijelu Jadranskog mora dokazano je da temperatura ne igra ulogu u cvjetanju ovih dinoflagelata budući je temperatura u tom razdoblju bila niža (Totti i sur.

2010). Mnoga istraživanja govore o značajnoj hidrodinamike u cvjetanju toksičnih dinoflagelata: veća je abundancija na područjima s niskim (Sansoni i sur. 2003, Simoni i sur. 2004, Congestri i sur. 2006, Zingone i sur. 2006) te umjerenim (Vila i sur. 2001) hidrodinamičkim uvjetima. Rezultati pokazuju da hidrodinamika uistinu veoma utječe na cvjetanja, pošto su uočene velike razlike u abundanciji na sakrivenim mjestima te onim eksponiranim gdje je abundancija bila manja (Totti i sur. 2010). Također, uz *Ostreopsis ovata* kao dominantnog dinoflagelata pojavile su se još neke vrste poput *Coolia monotis* Meunier te *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) F. Stein, no s puno manjom brojnošću.



**Slika 4.** (a) biofilm, (b) stanice *Ostreopsis ovata*, (c) uvećana mikrofotografija stanica koja pokazuje karakteristične ploče i pore na epiteci i hipoteci, (d) ekstracelularni matrix koji stabilizira strukturu biofilma.

Slika preuzeta iz rada: Pfannkuchen i sur. 2012.

## SREDNJI JADRAN

Biološka istraživanja perifitonskih dijatomeja u srednjem Jadranu do današnjeg dana bazirana su na područja poput estuarija hrvatskih krških rijeka. Većina ih je rađena na estuariju rijeke Zrmanje (Caput et al. 2008, 2005, Burić et al. 2004). Obalno more uz ušće rijeke Zrmanje položeno je između planinskog lanca Velebita sa sjeverne strane i prostrane sjevernodalmatinske zaravnine s južne i istočne strane (Friganović 1961). Područje je izrazito razvedeno i složen hidrogeomorfološki sustav (Fritz 1972) u kojem more ulazi duboko u kopno i pod snažnim je utjecajem oborinskih voda. Podaci pokazuju da oštra haloklina u estuariju Zrmanje dijeli vodeni stupac na bočni sloj iznad halokline i na morski sloj ispod halokline, po čemu se estuarij Zrmanje može klasificirati kao visokostratificirani sustav, u vrijeme pojačanog dotoka slatke vode (Vilić i sur. 1999).

### PROUČAVANJE PERIFITONSKIH DIJATOMEJA U SREDNJEM JADRANSKOM MORU (ESTUARIJ RIJEKE ZRMANJE)

Jasno razlučena stratifikacija rijeka ljeti koja je karakterizirana slabim dotokom slatke vode te visokom temperaturom pozitivno utječe na razvoj perifitonskih dijatomeja (Hillebrand i Sommer 1997, Roemer i sur. 1984). Razdoblje ljeta pokazao je veliku sukcesiju perifitonskih zajednica u rijekama Mediterana (Cazaubon i sur. 1995). Također, svjetlost može predstavljati limitirajući faktor rasta, što u rijeci Zrmanji nije slučaj, pošto se eufotički sloj pruža sve do dna (5m). Negativna korelacija saliniteta i nitrata te silikata pokazuje da je rijeka izvor ova dva nutrijenta (Burić i sur. 2007b), dok s druge strane fosfor i amonijak nisu u korelaciji sa salinitetom, što upućuje na to da su ova dva elementa proizašla iz regeneracije u estuarijskom sustavu (Burić i sur. 2007b). Dostupnost nutrijenata može utjecati na strukturu perifitonskih zajednica (Hillebrand i Sommer 2000). Dominantni rodovi dijatomeja koji su pronađeni bili su *Achnantes* te *Cymbella*. Dijatomeje roda *Achnantes* poznate su po tome što su indikatori voda sa smanjenom količinom nutrijenata. Također, *Cymbella* je pronađena kao dominantna vrsta i u drugim oligotrofnim rijekama, što upućuje na oligotrofne uvjete i u rijeci Zrmanji (Caput i sur., 2005).

Zrmanja, kao visoko stratificirana rijeka može biti podijeljena u tri sloja: gornji brakični (miješanja slane i slatke vode), haloklina te donji morski sloj. Ova karakteristika omogućuje detekciju perifitonskih zajednica koje naseljavaju različite vodene slojeve koji se razlikuju u

salinitetu, te se na taj način može utvrditi kakva je tolerancija određenih vrsta na promjenu saliniteta, ali i nutrijenata i različitim slojevima.

Studija Bruno i sur. (1993) pokazala je da je vrsta *Amphora coffeaeformis* dominirala u ljetnim cvjetanjima u Jadranskom moru, vrlo vjerojatno zbog više koncentracije nitrata naspram fosfata. Slični uvjeti u estuariju rijeke Zrmanje, pogotovo iznad halokline mogu objasniti dominaciju te vrste (Caputi i sur., 2008). Ova vrsta zaslužuje posebnu pažnju u daljnjim istraživanjima zbog mogućnosti stvaranja domojelne kiseline (ASP toksin; eng. *Amnesic Shellfish Poisoning*), te potencijalne toksičnosti (Campas i sur. 2007).

*Navicula veneta*, koja je također bila kodominantna vrsta, bila je prisutna u njezinom broju u samoj haloklini (Caputi i sur., 2008). Ovo potvrđuje njenu eurihalinu prirodu, s obzirom da se inače pojavljuje u slatkim vodama. Kao već gore navedeno, epizamički rod *Achnantes* najviše u abundanciju imao je u gornjem sloju, zoni smanjenom koncentracijom nutrijenata, pogotovo fosfata. Admiraal (1984) opisuje dijatomeje estuarijskih i obalnih područja kao poluplanktonske te polubentoske organizme: bentičke vrste su tijekom velikih miješanja ubačene u vodeni stupac, dok planktonske padaju na dno tijekom mirnijeg stadija kada je miješanje neznatno. U estuariju Zrmanje postoje takve vrste, a to su vrste roda *Cocconeis* te *Nitzschia longissima*. *Cocconeis scutellum* Ehrenberg koji je inače vrsto prisutan na podlogu, bio je čest u ljetnom planktonu (Burić i sur. 2004), dok je *Nitzschia longissima*, inače planktonska vrsta, u velikom postotku bila prisutna u uzorcima perifitona rijeke Zrmanje. Za razliku od sjevernog Jadrana gdje je rod *Licmophora* bio jedan od primarnih kolonizatora supstrata (Munda 2005), u slučaju rijeke Zrmanje on se pojavljivao tek u kasnijim fazama kolonizacije. *Licmophora gracilis* te *Licmophora gracilis var. anglica* (Kutzing) Peragalo su morske vrste (Witkowski i sur. 2000), no u estuariju Zrmanje oni su pronađeni u gornjem brakičnom sloju, iz čega se može zaključiti da imaju sposobnost adaptacije na promjene saliniteta (Snoeijs 1999). Kao takve, mogle bi se koristiti kao indikatori vodenih staništa s promijenjivim salinitetom. U istraživanjima perifitona estuarija rijeke Zrmanje proučavana je i količina pojedinih pigmenata. Najzastupljeniji bili su: fukoksantin, klorofil c1 i c2 te dijadinoksantin – u potpunosti reflektiraju dominaciju dijatomeja. U tragovima bili su također prisutni zeaksantin te lutein, koji ukazuju na prisutnost dinoflagelata, cijanobakterija te *Prasinophyta* u zajednici.

## JUŽNI JADRAN

U južnom Jadranu nažalost još nema značajnijih istraživanja mikrofitobentoskih organizama. U tijeku su istraživanja koja se fokusiraju na taksonomiju epifitskih dijatomeja na područjima zahvaćenim invazivnim vrstama makroalge iz roda *Caulerpa*. Zaključci koji će biti donešeni na temelju tih istraživanja pomoći će u daljnjem ispitivanju toksičnih svojstava te invazivne makroalge. (Car i sur.)

## ZAKLJUČAK

Istraživanjima pokazano je da dijatomeje imaju veliki značaj kao primarni kolonizatori prirodnih i umjetnih supstrata (Hendey 1951, Castenholtz 1963, Neushul i sur. 1976, Niell 1979, Santelices i sur. 1981, Hudon i Burget 1982, Edyvean i sur. 1985, Niell i Varela 1984, Delgarado 1989), te da imaju vrlo osjetljiv odgovor na kemijske, fizičke i biološke promjene u morskim staništima. Utvrđena je i njihova uloga u obliku određivanja zagađenja te promjene eutrofikacije staništa (Snoeijs 1991). Daljnim njihovim istraživanjem bit će moguće ustanoviti promjene u okolišu koje se događaju najviše zbog pretjeranog ljudskog utjecaja.

S druge strane, daljnja proučavanja dinoflagelata mogla bi nam pomoći u otkrivanju rješenja za sprečavanje velikih toksičnih cvjetanja ovih vrlo malih, ali opasnih organizama.

## SUMMARY

Periphyton altogether includes plant and animal species attached to the various types of substrates submerged in water, but which do not penetrate into the substrate (Cover i Harrel 1978). Diatoms are one of the most important and abundant component of this community (Sullivan 1999). They are recognized by the shell called frustulum which is made of quartz -  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  and it represents some kind of periplast modification. In the periphyton there can be found also different species of dinoflagellates which are not firmly attached to the substrate, but move freely through it. They are very important due to their ability to create massive blooms called "red tides" which affect not only marine species, but also human populations. They produce neurotoxins that affect muscular function of the infected organisms.

Studies have already showed the importance of diatoms as primary colonizers on natural and artificial substrata (Hendey 1951, Castenholtz 1963, Neushul i sur. 1976, Niell 1979, Santelices i sur. 1981, Hudon i Burget 1982, Edyvean i sur. 1985, Niell i Varela 1984, Delgado 1989), and that they respond directly to chemical physical and biological changes in the marine environment. Their use in ecological interpretation of pollution and eutrophication induced changes is also very important (Snoeijs 1991).

Studies done in the Adriatic Sea are mostly based on the research of epiphytic diatoms in the northern Adriatic (Totti et al. 2007, Munda 2005) and on the ecology and taxonomy of periphytic diatoms of the karstic rivers in Croatia (Caput et al. 2008, 2005, Buri et al. 2004). Southern Adriatic is still being investigated, and no studies have yet been published.

On the other side, further studies of dinoflagellates can help us understand and prevent massive toxic blooms of these small unicellular, but harmful organisms.

## LITERATURA

1. Abbate, M., Bordone, A., Cerrati, G., Lisca, A., Peirano, A., 2007. Variabilita' della distribuzione e densita' di *Ostreopsis ovata* nel Golfo della Spezia. *Biol. Mar. Mediterr.* 14 (2), 286–287.
2. Admiraal W 1984. The ecology of estuarine sediment-inhabiting diatoms. *Prog Phycol Res* 3: 269-322.
3. Barranguet, C., Plante-Cuny, M.R. & Alivon, E., 1996. Microphytobenthos in the Gulf of Fos, French Mediterranean. *Hydrobiologia*, 333, 181-193.
4. Bernardi-Aubry, F., Berton, A., Bastianini, M., Socal, G. & Acri, F., 2004. Phytoplankton succession in a coastal area of the NW Adriatic, over a 10-year sampling period (1990-1999). *Continental Shelf Research*, 24, 97-115.
5. Bomber, J.W., Rubio, M.G., Norris, D.R., 1989. Epiphytism of dinoflagellates associated with the disease ciguatera: substrate specificity and nutrition. *Phycologia* 28, 360–368.
6. Bothwell, M.L., Suzuki, K.E., Bolin, M.K. & Hardy, F.J., 1989. Evidence of dark avoidance by phototrophic periphytic diatoms in lotic systems. *Journal of Phycology*, 25, 85-94.
7. Bruno M, Coccia A, Volterra L 1993. Ecology of mucilage production by *Amphora coffeaeformis* var. *perpusilla* blooms of Adriatic Sea. *Water Air Soil Poll* 69: 201-207.
8. Buri Z, Caput K, Vili i D 2004. Distribution of the diatom *Cocconeis scutellum* in the karstic estuary (Zrmanja, eastern Adriatic Sea). *Biologia* 59: 1-8.
9. Buri Z, Cetini I, Vili i D, Caput Mihali K, Cari M, Oluji G 2007b. Spatial and temporal distribution of phytoplankton in a highly stratified estuary (Zrmanja, Adriatic Sea). *Mar Ecol Prog Ser* 28: 169-177.
10. Busse, S., 2002. Benthic diatoms in the Gulf of Bothnia. Community analysis and diversity. PhD thesis, Acta Universitatis Upsaliensis Uppsala, Sweden.
11. Cahoon, L.B. & Cooke, J.E., 1992. Benthic microalgal production in Onslow Bay North Carolina USA. *Marine Ecology Progress Series*, 84, 185-196.



12. Càmpas M, Prieto-Simón B, Marty JL 2007. Biosensors to detect marine toxins: Assessing seafood safety. *Talanta* 72: 884-895.
13. Campbell R., 1977. Microbial ecology. U: Wilkinson, J. F. (ur.) *Basic Microbiology*. London and Edinburgh, Blackwell Scientific Publication, str 92-127.
14. Caroppo, C., Uva, J., Prato, E., Biandolino, F., 2009. Messa a punto di test biologici con crostacei per la valutazione della tossicità di *Ostreopsis ovata* (Dinophyceae). *Biol. Mar. Mediterr.* 16 (1), 380–381.
15. CASTEHHOLZ, R.W. 1963. An experimental study of the vertical distribution of littoral marine diatoms. *Limnol. Oceanogr.*, 8: 450-462.
16. Cazaubon A, Rolland T, Loudiki M 1995. Heterogeneity of periphyton in French Mediterranean rivers. *Hydrobiologia* 300/301: 105-114.
17. Chiaudani G., Marchetti R., Vighi M., 1980. Eutrophication in Emilia- Romagna coastal waters (North Adriatic Sea, Italy): a case history. *Prig. Wat. Tech.* 12: 185-192.
18. Congestri, R., Bianco, I., Sangiorgi, V., Penna, A., Zaottini, E., Albertano, P., 2006. *Ostreopsis ovata* in aggregati bentonici lungo il litorale pontino. In: 1018 Congresso della Società Botanica Italiana, Caserta, 27–29 settembre 2006.
19. Consalvey M., 2002. The structure and function of microphytobenthic biofilms. St. Andrews University, St. Andrews
20. Cover E. C., Harrel R. C., 1978. Sequences of colonization, diversity, biomass and productivity of macroinvertebrates on artificial substrates in freshwater canal. *Hydrobiologia* 59:81-95
21. De Nicola, D.M. & McIntire, C.D., 1990. Effects of substrate relief on the distribution in laboratory streams. I. Hydrology. *Journal of Phycology*, 26, 624-633.
22. DELGRADO, M. 1989. Abundance and distribution of microphytobenthos in the bays of Ebro Delta (Spain). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 29: 183-194.
23. Dong L. F., Thornton D. C. O., Nedwell D. B., Underwood G. J. C., 2000. Denitrification in sediments of the river Colne estuary, England. *Mar. ecol. Prog. Ser.* 203: 109-122.
24. EDYVEAN, R.G.J., G.A. RANDES & B.L. MOSS. 1985. A Comparison of Diatom Colonization on Natural and Artificial Substrata in Seawater. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 20: 233-238.
25. Faust, M.A., Morton, S.L., Quod, J.P., 1996. Further SEM study of marine dinoflagellates: the genus *Ostreopsis* (Dinophyceae). *J. Phycol.* 32, 1053–1065.

26. Firganovi M., 1961. Polja gornje Krke. Radovi Geogr. Inst. Sveu. Zagreb 1, 3., 1-164.
27. Fritz F., 1972. Razvitak gornjeg toka rijeke Zrmanje. Krš Jugoslavije 8, 1-16.
28. Gilmartin M., Degobbis D., Revelante N., Smodlaka N., 1990. The mechanism controlling plant nutrient concentrations in the northern Adriatic Sea. *Int. Revue. Ges. Hydrobiol.* 75: 425-445.
29. Giordani P., Miserocchi S., Balboni V., Malaguti A., Lorenzelli R., Honsel G., Poniz P., 1997. Factors controlling trophic conditions in the North- West Adriatic basin: seasonal variability. *Mar. chem.* 58: 351-360.
30. Greenwood, J.L., Clason, T.A., Lowe, R.L. & Belanger, S.E., 1999. Examination of endopelagic and epilithic algal community structure employing scanning electron microscopy. *Freshwater Biology*, 41, 821-828.
31. Hamilton, P.B. & Duthie, H.C., 1984. Periphyton colonization of rock surfaces in a boreal forest stream studied by scanning electron microscopy and track in autoradiography. *Journal of Phycology*, 20, 525-532
32. Hamilton, P.B. & Duthie, H.C., 1984. Periphyton colonization of rock surfaces in a boreal forest stream studied by scanning electron microscopy and track in autoradiography. *Journal of Phycology*, 20, 525- 532.
33. HENDEY, N.L. 1951. Littoral diatoms of Chichester harbour with special reference to fouling. *Roy. Micr. Soc.*, 71: 1-36.
34. Hillebrand H, Sommer U 1997. Response of epilithic microphytobenthos of the Western Baltic Sea to in situ experiments with nutrition enrichment. *Mar Ecol Prog Ser* 160: 35-46.
35. Hillebrand, H. & Sommer, U., 1997. Response of epilithic microphytobenthos of the Western Baltic sea to in situ experiments with nutrient enrichment. *Marine Ecology Progress Series*, 160, 35-46.
36. Hillebrand, H. & Sommer, U., 2000. Effect of continuous nutrient enrichment on microalgae colonizing hard substrates. *Hydrobiologia*, 426, 185-192.
37. Hillebrand, H., Worm, B. & Lotze, H.K., 2000. Marine microbenthic community structure regulated by nitrogen loading and grazing pressure. *Marine Ecology Progress Series*, 204, 27-38.

38. Hoagland K. D., Rosowski J. R., Gretz M. R., Roemer S. C., 1993. Diatom extracellular polymeric substances: Function, fine structure, chemistry and physiology. *J. phycol.* 29: 537-566.
39. Hoagland, K.D., 1983. Short-term standing crop and diversity of periphytic diatoms in a eutrophic reservoir. *Journal of Phycology*, 19, 30-38.
40. Honsell G., Boni L., Cabrini M., Pompei M., 1992. Toxic or potentially toxic dinoflagellates from the Northern Adriatic Sea. *Sci. Tot. Environ. (Suppl.)*, 107-114.
41. HUDON, C. & E. BURGET. 1983. The effect of light on the vertical structure of an epibenthic diatom community. *Bot. Mar.*, 26: 317-330.
42. Jeffrey S. W., Vesik M., 1997. Introduction to marine phytoplankton and their pigment signatures. U: Jeffrey, S. W., Mantoura, R. F. c., Wright, S. W. (ur.) *Monographs on Oceanographic Methodology 10: Phytoplankton pigments in oceanography*. Paris, UNESCO Publishing, str. 37-84.
43. Korte, V.L. & Blinn, D.W., 1983. Diatom colonization on artificial substrates in pool and ričje zones studied by light and scanning electron microscopy. *Journal of Phycology*, 19, 332-341.
44. MacIntyre, H.L., Geider, R.J. & Miller, D.C., 1996. Microphytobenthos: the ecological role of the secret garden of unvegetated, shallow-water marine habitats. I. Distribution, abundance and primary production. *Estuaries*, 19, 186-201.
45. Marini, M., Fornasiero, P. & Artegiani, A., 2002. Variations of hydrochemical features in the coastal waters of Monte Conero: 1982-1990. *P.S.Z.N.: Marine Ecology*, 23, Suppl. 1, 258-271.
46. Monti, M., Minocci, M., Beran, A., Ivesća, L., 2007. First record of *Ostreopsis* cf. *Ovate* on macroalgae in the Northern Adriatic Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 54, 598-601.
47. Munda I 2005. Seasonal fouling by diatoms on artificial substrata at different depths near Piran (Gulf of Trieste, Northern Adriatic). *Acta Adriat* 46: 1337-157.
48. NEUSHUL, M., M.S. FOSTER, D.A. COON, J.W. WOESNER & B.W. HARGER. 1976. An in situ study of recruitment, growth and survival of subtidal marine algae. Technique and preliminary results. *Journ. Phycol.*, 12: 397-408.
49. NIELL, F.X. & M. VARELA. 1984. Initial colonization stages on rocky coastal substrata. *Mar. Ecol.*, 5: 45-56.
50. NIELL, F.X. 1979. Structure and succession in rocky algal communities of a temperate intertidal system. *J. Exper. Mar. Biol. Ecol.*, 36: 184-200.

51. Pettine M., Patrolecco L., Camusso M., Crescenzo S., 1998. Transport of carbon and nitrogen to the northern Adriatic Sea by the Po river. *Estuar. Coast. Shelf sci.* 46, 127-142.
52. Revelante N., Gilmartin M., 1976. The effect of Ro river discharge on the phytoplankton dynamics of the northern Adriatic Sea. *Mar. boil.* 34: 259-271.
53. Ri anovi J., RENDULI I., Šimunovi V., 1999. Hrvatski Jadran u slkopu novog teritorijalnog ustroja. *Zbornik radova 2. Hrvatske Konferencije o vodama, Dubrovnik*, str. 269-276.
54. Rietmuller R., Hakvoort J. H. M., Heineke M., Heymann K., Kuhl H., Witte G., 1998. Relating erosion shear stress to tidal flat surface colour. U: Black, K. S., Patterson, D. M., Cramp, A. (ur.) *Sedimentary Processes in the Intertidal Zone. Geological Society Special Publication No. 139.* London, Geological society, str. 283-293.
55. Roemer SC, Hoagland KD, Rosowski JR 1984. Development of the freshwater periphyton community as influenced by diatom mucilage. *Can J Bot* 62: 1799-1813.
56. Round F. E., Crawford R. M., Mann D. G., 1996. *The Diatoms. Biology and Morphology of the Genera.* Cambridge University Press, Cambridge.
57. Round, F.E., 1971. Benthic marine diatoms. *Oceanography and Marine Biology. Annual Review*, 9, 83-139.
58. Rysgaard-Petersen N., 2003. Coupled nitrification-denitrification in autotrophic and heterotrophic estuarine sediments: on the influence of benthic macroalgae. *Limnol. Oceanogr.* 48: 93-105.
59. Sabater, S., Gregory, S.V. & Sedell, J.R., 1998. Community dynamics and metabolism of benthic algae colonizing wood and rock substrates in a forest stream. *Journal of Phycology*, 34, 561-567.
60. Sabater, S., Gregory, S.V. & Sedell, J.R., 1998. Community dynamics and metabolism of benthic algae colonizing wood and rock substrates in a forest stream. *Journal of Phycology*, 34, 561-567.
61. Sansoni, G., Borghini, B., Camici, G., Casotti, M., Righini, P., Rustighi, C., 2003. Fioriture algali di *Ostreopsis ovata* (Gonyaulacales, Dinophyceae): un problema emergente. *Biol. Amb.* 17 (1), 17-23.
62. SANTELICES, B., S. MONTALVA & P. OLIGER. 1981. Competitive algal community organization in exposed intertidal habitats from southern Chile. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 6: 267-276.

63. Simoni, F., Di Paolo, C., Gori, L., Lepri, L., 2004. Further investigation on blooms of *Ostreopsis ovata*, *Coolia monotis*, *Prorocentrum lima*, on the macroalgae of artificial and natural reefs in the Northern Tyrrhenian Sea. *Harmful Algae News* 26, 5–7.
64. Simoni, F., Gaddi, A., Di Paolo, C., Lepri, L., 2003. Harmful epiphytic dinoflagellate on Tyrrhenian Sea reefs. *Harmful Algae News* 24, 13–14.
65. Siqueiros-Beltrones, D.A., Guzmán Del Prado, S. & Serviere-Zaragoza, E., 2005. Main diatom taxa in the natural diet of juvenile *Haliotis fulgens* and *H. corrugata* (Mollusca: Gastropoda) in Bahía Tortugas and Bahía Asuncion, B. C. S., Mexico. *Pacific Sciences*, 59, 581-592.
66. Snoeijs P 1999. Diatoms and environmental change in brackish waters. *In* The Diatoms: Applications to the Environmental and Earth Sciences, Stoermer EF, Smol JP eds, Cambridge University Press: 298-333.
67. SNOEIJIS, P. 1991. Monitoring pollution effects by diatom community composition. A comparison of methods. *Archiv fur Hydrobiologie*, 121: 497-510.
68. Snoeijs, P.J.M. & Prentice, I.C., 1989. Effects of cooling water discharge on the structure and dynamic of epilithic algal communities in the northern Baltic. *Hydrobiologia*, 184, 99-123.
69. Soininen, J., Paavola, R. & Muotka, T., 2004. Benthic diatom communities in boreal streams: community structure in relation to environmental and spatial gradients. *Ecography*, 27, 330-342.
70. Šrámek- Hušek R., 1946. On the uniform classification of animal and plant communities in our waters. *Sbornik MAP*. 20/3: 213-234.
71. Supić N., Orlić M., 1992. Annual cycle of sea surface temperature along the east Adriatic coast. *Geofizika* 9, 79-97.
72. Sutherland I. W.. 1985. Biosynthesis and composition of Gram negative bacterial extracellular and wall polysaccharides. *Ann. Rev. microbial.* 39: 243-270.
73. Tegaccia N., Tegaccia T., 1983. Chronological series of hydrological data on the northern and central Adriatic Sea. *FAO Fish. Rep.* 290: 69-80.
74. Thornton D. C. O., Underwood G. J. C., Nedwell D. B., 1999. Effect of illumination and emersion period of the exchange of ammonium across the estuarine sediment-water interface. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 184: 11-20.

75. Tognetto, L., Bellato, S., Moro, I., Andreoli, C., 1995. Occurrence of *Ostreopsis ovata* (Dinophyceae) in the Tyrrhenian Sea during summer 1994. *Bot. Mar.* 38, 291–295.
76. Totti, C., 2003. Influence of the plume of the River Po on the distribution of subtidal microphytobenthos in the northern Adriatic Sea. *Botanica Marina*, 46, 161-178.
77. Totti, C., Civitarese, G., Acri, F., Barletta, D., Candelari, G., Paschini, E. & Solazzi, A., 2000. Seasonal variability of phytoplankton populations in the middle Adriatic sub-basin. *Journal of Plankton Research*, 22, 1735-1756.
78. Totti, C., Cucchiari, E., Romagnoli, T., Penna, A., 2007a. Bloom of *Ostreopsis ovata* in the Conero Riviera (NW Adriatic Sea). *Harmful Algae News* 33, 12–13.
79. Vila, M., Garcés, E., Masó, M., 2001. Potentially toxic epiphytic dinoflagellate assemblages on macroalgae in NW Mediterranean. *Aquat. Microb. Ecol.* 26, 51–60.
80. Vilić D., Orlić M., Burić Z., Carić M., Jasprica N., Kršinić F., Smirnov A., Gržetić Z., 1999. Patchy distribution of phytoplankton in a highly stratified estuary (the Zrmanja estuary, October, 1998.). *Acta Botanica Croatica* 58; 105-125.
81. Welker, C., Sdrigotti, E., Covelli, S. & Faganeli, J., 2002. Microphytobenthos in the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea); relationship with labile sedimentary organic matter and nutrients. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences*, 55, 259-273.
82. Wellnitz, T.A. & Ward, V., 2000. Herbivory and irradiance shape periphytic architecture in a Swiss alpine stream. *Limnology and Oceanography*, 45, 64-75.
83. Wetzel R.G., 2001. *Limnology: lake and river ecosystems*. Academic Press, San Diego.
84. Witkowski AD, Lange-Bertalot H, Metzeltin D 2000. Diatom flora of marine coasts. *In: Inconographia Diatomologica, Annotated Diatom Micrographs 7, Diversity Taxonomy- Identification*, Lange-Beratlot H ed, A.R.G. Gantner Verlag, Ruggell.
85. Zingone, A., Siano, R., D'Alelio, D., Sarno, D., 2006. Potentially toxic and harmful microalgae from coastal waters of the Campania region (Tyrrhenian Sea, Mediterranean Sea). *Harmful Algae* 5, 321–337.