

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Mojca KLEMENČIČ LIPOVEC

SELEKTIVNOST UMETNEGA SUBSTRATA PRI RAZVOJU
PERIFITONSKE ZDRUŽBE V REČNEM EKOSISTEMU

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

SUBSTRAT SELECTIVITY FOR DEVELOPMENT OF
PERIPHYTON IN RIVER ECOSYSTEM

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija biologije. Opravljeno je bilo na Katedri za ekologijo in varstvo okolja na Oddelku za biologijo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za biologijo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Mihaela J. Tomana.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. Gorazd Urbanič
Inštitut za vode republike Slovenije

Član: prof. dr. Mihael J. Toman
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Danijel Vrhovšek
Limnos, Podjetje za aplikativno ekologijo

Datum zagovora: 14. 05. 2010

Podpisana Mojca Klemenčič Lipovec se strinjam z objavo svoje diplomske naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Mojca Klemenčič Lipovec

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)

ŠK Dn
DK 504:582.25(479.4Idrijca)(043.2)=163.6
KG perifiton / diatomeje / umetni substrati / selektivnost / Idrijca
KK
AV Mojca KLEMENČIČ LIPOVEC (KLEMENČIČ)
SA prof. dr. J. Mihael TOMAN (mentor)
KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
LI 2010-05-14
IN SELEKTIVNOST UMETNEGA SUBSTRATA PRI RAZVOJU PERIFITONSKE
ZDRUŽBE
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP X, 67 str., 7 pregl., 47 sl., 4 pril., 57 vir.
IJ sl
JI sl/en

AI Spremljanje stanja kakovosti površinskih voda je že davno preseglo zgolj zanimanje za procese v teh ekosistemih. Postali so nuja, saj človek vedno bolj vpliva na okolje in je poznavanje rečnih ekosistemov nujno, če želimo ohraniti njihovo dobro stanje tudi za prihodnje rodove. Pri raziskavah perifitonske združbe, ki dobro odraža kakovostno stanje voda in se hitro odziva na spremembe fizikalno-kemijskih dejavnikov, se uporabljajo tudi umetni substrati. Umetni substrati imajo številne prednosti pred naravnimi, vendar ob tem se pojavlja vprašanje njihove inertnosti. Umetni substrati so iz različnih snovi, najpogosteje so to steklo, kamnite plošče, glinene plošče. Raziskovali smo perifiton reke Idrijce. Istočasno z našo raziskavo je potekala tudi raziskava metilacije živega srebra v Idrijci na enakih substratih, zato smo se osredotočili le na selektivnost stekla kot umetnega substrata v primerjavi z naravnim substratom – kamnom. Pet vzorčnih mest je bilo na reki Idrijci postavljenih na razdalji približno 42 km. Perifiton smo s ščetko postrgali s substratov in nato ločeno primerjali selektivnost združbe za diatomeje in ločeno za vse ostale alge. Drugih skupin organizmov perifitona nismo vključili v raziskavo. Ugotovili smo, da je umeten substrat selektiven za združbo perifitonskih alg v primerjavi z naravnim substratom. Na naravnih substratih je bila diverzitetna večja. Večjo stopnjo podobnosti so pokazali vzorci, v katerih smo spremljali le diatomeje kot v tistih z ostalimi skupinami alg. Obe skupini vzorcev, diatomeje in ostale alge, sta imeli več kot 80 % vzorcev s podobnostjo več kot 50 %, kar kaže na to, da so stekelca, kljub selektivnosti, primeren umeten substrat za raziskave perifitonske združbe.

KEY WORD DOCUMENTATION (KWD)

ND Dn
DC 504:582.25(479.4Idrijca)(043.2)=163.6
CX periphyton / diatoms / artificial substrates / selectivity / Idrijca river
CC
AU Mojca KLEMENČIČ LIPOVEC (KLEMENČIČ)
AA prof. dr. J. Mihael TOMAN (supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
BP University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Dep. of biology
PY 2010-05-14
TI SUBSTRAT SELECTIVITY FOR DEVELOPEMENT OF PERIPHYTON IN RIVER
ECOSYSTEM
DT Graduation thesis (University studies)
NO X, 67 p., 7 tab., 47 fig., 4 ann., 57 ref.
LA sl
AL sl/en

AB Monitoring the quality of surface water has long surpassed interesese in processes in these ecosystems. Monitoring has become a must because man's increasingly impacting on the enviroment, therefor understanding of the river ecosystems is essential if we are to maintain their good condition for future generations. Artificial subbstrates are used in research of periphyton communities, which clearly reflects the state of water quality and respond rapidly to changes in physico-chemical factors. Artificial substrates are made of different materials, most often as glass, stone, clay tiles, and they have many advantages over natural substrates, but the question is how inert are they indeed. We studied Idrijca river periphyton. Simultaneous with our research a survey of mercury methylation in Idrijca river on the same substrates, so we focused only on the selectivity of the glass as an artificial substrate, compared with the natural substrate - rocks. Five sampling points along the river Idrijca was selected, at a distance about 42 km. We brushed periphyton off the substrate and separately compared selectivity of the communities for the diatoms and the rest of algae. Other groups of periphyton organisms were not included in the study. Results showed that in comparison with the natural substrate, the artificial substrate is selective substrate for periphyton community. On natural substrates, the diversity is greater. Higher degree of similarity was shown among samples in which only diatoms were monitored as in those with other groups of algae. Both groups of samples, diatoms and other algae, had more than 80% of the samples with similarity of more than 50 %, which indicates that the glass, despite the selectivity, is suitable artificial substrate for periphyton organization research.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)	III
KEY WORD DOCUMENTATION (KWD)	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VII
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO PRILOG	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	X
1 UVOD	1
1.1 CILJI RAZISKOVANJA	1
1.2 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 POJEM IN OSNOVNA EKOLOŠKA DELITEV ALG	3
2.2 PERIFITON	4
2.2.1 Definicija perifitona	4
2.2.2 Struktura perifitonske združbe in zonacija alg	5
2.3 DEJAVNIKI, KI URAVNAVAJO STRUKTURO IN FUNKCIJO ZDRUŽB ALG	7
2.3.1 Fizikalni dejavniki	7
2.3.1.1 Vodni tok	7
2.3.1.2 Svetloba	7
2.3.1.3 Temperatura	8
2.3.1.4 Podlaga	9
2.3.2 Kemijski dejavniki	10
2.3.2.1 pH	10
2.3.2.2 Kisik	10
2.3.2.3 Hranilna snovi in druge raztopljene snovi	11
2.3.3 Biotski dejavniki	12
2.3.3.1 Plenilstvo – herbivorija	12
2.3.3.2 Kompeticija	12
2.4 UPORABA PERIFITONA ZA OCENJEVANJE KAKOVOSTI VODA	13
2.5 SELEKTIVNOST SUBSTRATA ZA POSELITEV S PERIFITONOM	13
3 MATERIALI IN METODE DELA	18
3.1 MESTA RAZISKAV	18
3.1.1 Vzorčno mesto 1 – Nad izlivom Belce	18
3.1.2 Vzorčno mesto 2 – Idrija, Kolektor	19
3.1.3 Vzorčno mesto 3 – Pred Spodnjo Idrijo	19
3.1.4 Vzorčno mesto 4 – Kozarska grapa	20
3.1.5 Vzorčno mesto 5 – Bača pri Modreju	21
3.2 ČAS VZORČEVANJA	22
3.3 FIZIKALNE MERITVE IN KEMIJSKE ANALIZE	22
3.4 BIOLOŠKE ANALIZE	23
3.4.1 Vzorčevalnik za perifiton	23
3.4.2 Načini vzorčenja	23
3.4.3 Priprava vzorcev za pregledovanje	24
3.4.4 Statistične analize	25
3.4.4.1 Relativna abundanca	25
3.4.4.2 Shannon-Wienerjev diverzitetni koeficient	25
3.4.4.3 Bray-Curtisov indeks podobnosti	26
4 REZULTATI	26

4.1	FIZIKALNI IN KEMIJSKI PARAMETRI	26
4.1.1	<i>Temperatura</i>	26
4.1.2	<i>pH</i>	27
4.1.3	<i>Kisik</i>	28
4.1.4	<i>Prevodnost</i>	29
4.1.5	<i>Nitrati</i>	30
4.1.6	<i>Fosfati</i>	30
4.1.7	<i>Sušina</i>	31
4.2	STATISTIČNE ANALIZE	32
4.2.1	<i>RELATIVNA ABUNDANCA</i>	32
4.2.1.1	<i>Diatomeje</i>	32
4.2.1.2	<i>Ostale alge</i>	35
4.2.2	<i>SHANNON-WIENERJEV DIVERZITETNI INDEKS (H')</i>	42
4.2.2.1	<i>Diatomeje</i>	42
4.2.2.2	<i>Ostale alge</i>	43
4.2.3	<i>BRAY-COURTISOV INDEKS PODOBNOSTI</i>	44
4.2.3.1	<i>Diatomeje</i>	44
4.2.3.2	<i>Ostale alge</i>	46
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	49
5.1	<i>RAZPRAVA</i>	49
5.2	<i>SKLEPI</i>	57
6	POVZETEK	58
7	VIRI	59
8	ZAHVALA	i
9	PRILOGE	ii

KAZALO SLIK

Slika 1: Spreminjanje fizikalnih dejavnikov vzdolž vodotoka.....	4
Slika 2: Trofične povezave v potoku.....	5
Slika 3: Sekvence v procesu kolonizacije perifitona.....	6
Slika 4: Vzorčna mesta na reki Idrijci.....	18
Slika 5 in 6: Vzorčno mesto 1 – Nad izlivom Belce.....	19
Slika 7 in 8: Vzorčno mesto 2 – Idrija, Kolektor.....	19
Slika 9: Merilno mesto 3 – Pred Spodnjo Idrijo.....	20
Slika 10 in 11: Vzorčno mesto 4 – Kozarska grapa.....	21
Slika 12 in 13: Vzorčno mesto 5 – Bača pri Modreju.....	21
Slika 14 in 15: Vzorčevalnik s stekelci.....	23
Slika 16 in 17: Perifiton na stekelcu in odvzem vzorca.....	24
Slika 18: Izmerjena temperatura.....	27
Slika 19: Izmerjene vrednosti pH.....	27
Slika 20: Izmerjene vsebnosti kisika.....	28
Slika 21: Izmerjene vrednosti nasičenosti s kisikom.....	29
Slika 22: Izmerjene vrednosti prevodnosti.....	29
Slika 23: Vsebnost nitratov v vzorcih vode.....	30
Slika 24: Vsebnost fosfatov v vzorcih vode.....	31
Slika 25: Vsebnost suhe snovi v vzorcih vode.....	31
Slika 26: Povprečno število vrst diatomej v vzorcih po vzorčnih mestih.....	32
Slika 27: Povprečno število vrst diatomej v vzorcih po letnih časih.....	33
Slika 28: Povprečno število vrst ostalih alg v vzorcih po vzorčnih mestih.....	35
Slika 29: Povprečno število vrst ostalih alg v vzorcih po letnih časih.....	36
Slika 30 in 31: Struktura združbe na taksonomskem nivoju debel, poletje 1.....	40
Slika 32 in 33: Struktura združbe na taksonomskem nivoju debel, poletje 2.....	40
Slika 34 in 35: Struktura združbe na taksonomskem nivoju debel, jesen.....	41
Slika 36 in 37: Struktura združbe na taksonomskem nivoju debel, zima.....	41
Slika 38 in 39: Struktura združbe na taksonomskem nivoju debel, pomlad.....	42
Slika 40 in 41: Diverzitetni indeks H' , primerjava med dvema tipoma substratov.....	42
Slika 42 in 43: Diverzitetni indeks H' , primerjava po vzorčnih mestih in letnih časih.....	43
Slika 44 in 45: Diverzitetni indeks H' , primerjava med dvema tipoma substratov.....	43
Slika 46 in 47: Diverzitetni indeks H' , primerjava po vzorčnih mestih in letnih časih.....	44

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Opis usedlin glede na hitrost toka.....	10
Preglednica 2: Odvzeti vzorci.....	22
Preglednica 3: Kakovost vode in diverzitetni indeks	25
Preglednica 4: Relativna abundanca diatomej v vzorcih.....	34
Preglednica 5: Relativna abundanca ostalih alg v vzorcih	37
Preglednica 6: Bray-Courtisov indeks podobnosti – diatomeje	45
Preglednica 7: Bray-Courtisov indeks podobnosti – ostale alge	47

KAZALO PRILOG

Priloga A: Izmerjeni fizikalni in kemijski parametri

Priloga B: Diatomeje – prešteti osebki

Priloga C: Ostale alge – povprečje pogostosti petih podvzorcev

Priloga D: Število vrst v vzorcih

Priloga E: Diverzitetni indeksi vzorcev

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

A – relativna abundanca/pogostost

B – število osebkov v vzorcu

H' – diverziteteta

N – skupno število osebkov v podvzorcu/vzorcu

n_i – število osebkov i -te vrste

p_i – delež taksona i v vzorcu

S_{BC} – Bray-Courtisov koeficient

w – število skupnih osebkov v obeh vzorcih

y_{ij} – število osebkov vrste i vrste j v vzorcu

y_{ik} – število osebkov vrste i vrste k v vzorcu

1 UVOD

1.1 CILJI RAZISKOVANJA

Vodni ekosistemi so bili od nekdaj zelo pomembni za človeka. Velike civilizacije so se razvile ob velikih rekah, ki so zagotavljale vodo in hrano. Tudi v današnjem času je večina prebivalstva skoncentriranega ob obalah rek in tudi morij.

Ljudje, ki so živeli ob rekah, so tekom generacij nabrali znanje o pojavih, ki so se ciklično pojavljali (poplave, življenjski ciklusi vodnih organizmov ...) in izkoriščali znanje, da so lažje preživel. Prve prave raziskave življenja v rekah so si lahko privoščili le premožnejši in vznesenjaki, ki so imeli zagotovljeno finančno podporo sponzorjev. V 16. stoletju se je začel razvoj mikroskopa s Hansom in z Zachariasom Janssenom, ki sta v tulec namestila dve leči in tako naredila prvi mikroskop. Odkritje mikroskopa je omogočilo vpogled v življenje najmanjših organizmov in raziskovanje življenja na čisto drugem nivoju.

Industrijska revolucija v 18. in 19. stoletju je močno poslabšala stanje rek, saj so le-te postale transportni sistem za odvajanje industrijskih odpadnih vod. Poleg industrije so na slabšanje stanja kakovosti površinskih vodotokov začele vplivati tudi vedno večje aglomeracije ob rekah. Reke so postajale vedno bolj onesnažene, prihajalo je do poginov rib, voda je zaudarjala itd.. Zato je bilo potrebno poiskati rešitve za izboljšanje stanja, saj so bile umazane vode razlog številnih bolezni in okužb. In tako so se začele ciljne raziskave na rečnih ekosistemih.

Antony van Leeuwenhoek (1632–1723) je leta 1674 opisal *Spirogyro*, ki jo je našel v jezerski vodi. F. O. Bower je leta 1908 pri algah opisal lastnosti, po katerih so bile podobne kopenskim rastlinam. Alge je kot rastline prvi klasificiral nemški biolog Ferdinand Julius Cohn (1828 – 1898). Friedrich Hustedt (1886 –1968) se je prvi posvetil sistematiki diatomej, ustvaril je največjo zasebno zbirko alg z vsega sveta v tistem času.

Nemca Richard Kolkwitz (1873–1956) in Maximilian Marsson (1845–1909) sta na podlagi 300 rastlinskih in 500 živalskih bioindikatorskih vrst leta 1908 sestavila štiristopenjsko lestvico kvalitete vode – saprobne stopnje, ki jo z malo spremembami še danes uporabljamo v ekologiji za opisovanje biološkega stanja rečnih ekosistemov.

Zaradi določenih lastnosti naravni substrat v rekah ni vedno najbolj primeren za raziskave. Zato so za poskuse uporabljali različne umetne substrate. Vzorčevalniki z umetnimi substrati se večkrat uporabljajo pri raziskavah perifitonskih združb, vendar je lahko dejanska vrednost dobljenih podatkov manj uporabna, ker se lahko združbi na naravnem in umetnem substratu močno razlikujeta.

V reki Idrijci so začeli že v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja raziskovati kroženje živega srebra (Byne in Kosta, 1970; Kosta in sod., 1974, cit. po Žižek, 2009). Hkrati z raziskavo selektivnosti substrata za združbo diatomej je v reki Idrijci potekala tudi raziskava o metilaciji živega srebra.

Z raziskavo smo želeli primerjati zgradbo perifitonske združbe na naravnem in umetnem substratu in ugotoviti selektivnost substrata za poselitev perifitona, saj se isti umetni substrat uporablja tudi za raziskave procesov metilacije živega srebra in vloge perifitona pri procesu metilacije.

Če povzamemo, pričakujemo, da bodo največje razlike v strukturi združbe med letnimi časi. Večjo podobnost pričakujemo med združbami vzdolž toka v okviru enega letnega časa. Največjo podobnost pa pričakujemo med združbama na istem vzorčnem mestu, odvzetem na isti datum.

Umetni substrat so bile steklene ploščice. Naravni substrat so predstavljali kamni s podobno površino. Naravni substrat je bil odvzet tik ob vzorčevalniku s stekelci, zato da sta združbi imeli čim bolj podobne pogoje za rast. Perifiton smo postrgali s substrata in ga fiksirali že na mestu vzorčenja. Vzorce smo pregledali pod svetlobnim mikroskopom in določili vrstno sestavo vzorcev.

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Ker smo vzorce iz naravnega substrata odvzeli s kamnov tik ob vzorčevalniku s stekelci in sta obe združbi imeli zelo podobne razmere, smo predvidevali, da bosta združbi na naravnem substratu (kamnih) in na umetnem substratu (steklu) podobni. Podobnost naj bi se odražala v podobni vrstni sestavi vzorcev in podobnem deležu vrst alg. Ker naravni substrati nimajo popolnoma ravne površine kot stekelca, se na kamnih oblikujejo mikrookolja z gradienti parametrov, ki jih lahko poselijo alge z različnimi ekološkimi zahtevami. Zato pričakujemo, da bodo združbe na kamnih vrstno bolj pestre.

V okviru poskusa je bilo vzpostavljenih pet vzorčnih mest, ki so bila sicer neenakomerno razporejena od povirnega dela Idrije pa do Bače pri Modreju, vendar so bila tako izbrana namenoma. Mesta so bila izbrana že za potrebe preteklih raziskav na Idriji in sicer tako, da so zajeti vsi pomembnejši vplivi na reko (izvirni del, polucija zaradi komunalnih odpadnih vod, dotok vode iz komunalne čistilne naprave itd. Zaradi razlik v abiotskih in biotskih dejavnikih vzdolž toka smo pričakovali razlike v strukturi združbe dolvodno, vendar podobnost med substratoma znotraj enega vzorčnega mesta.

Vzorčevanje je bilo načrtovano tako, da so bili zajeti vsi štirje letni časi. Vpliv letnih časov na strukturo perifitona je od dolžine dneva, jakosti sončnega obsevanja do temperature... Zaradi sprememb abiotskih dejavnikov smo pričakovali spremembe v vrstni sestavi perifitona med letnimi časi (sezonska dinamika) in vzdolž toka pri obeh tipih substratov.

Podobnost združb na naravnih in umetnih substratih bi morala biti vsaj 50-odstotna, da bi bila združba z umetnih substratov dovolj reprezentativna združbi na naravnih substratih, saj bi na podlagi tega lahko sklepali na podobnost procesov med obema tipoma substratov.

2 PREGLED OBJAV

2.1 POJEM IN OSNOVNA EKOLOŠKA DELITEV ALG

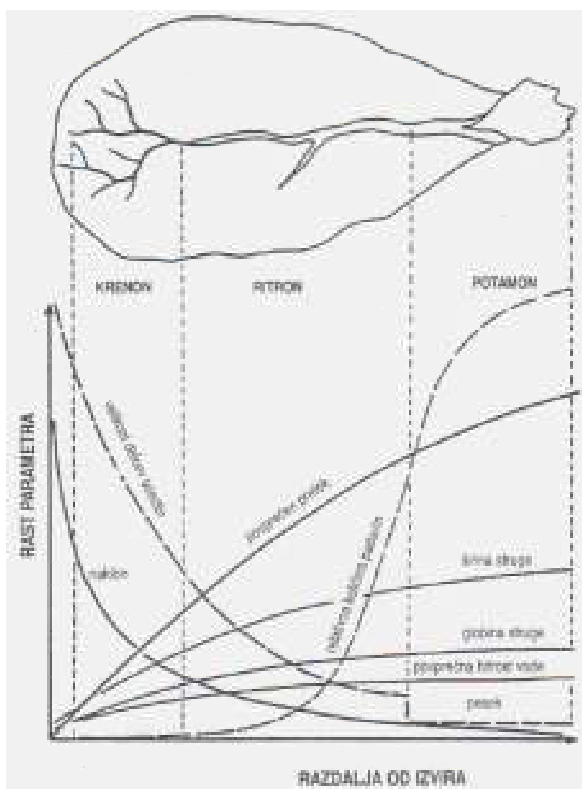
Lotični ekosistemi so ekosistemi tekočih voda. Za razliko od lentičnih ekosistemov (stoječe vode) so veliko bolj dinamični; gre za prostorsko in časovno heterogenost. Vodni tok je usmerjen, pojavljajo se turbulence, erozija. Na vse to morajo biti prilagojeni organizmi. Življenjske združbe v vodotokih so hierarhično urejene in med vodotoki precej različne, saj množica dejavnikov ustvarja zelo različne življenjske pogoje. Variabilnost med vodotoki je velika.

Vodotok v grobem delimo na tri dele; in sicer glede na naklon terena, velikost substrata, povprečen pretok, širino in globino struge in povprečno hitrost vodnega toka.

- Del najbližji izviru imenujemo krenon. Substrat tvorijo veliki delci, zaradi strmega naklona se pojavljajo brzice in tolmeni. Struga je plitva in ozka, pretok vode je majhen. Vodni tok tu najbolj definira združbo, ki je tu običajno vrstno zelo pestra, vendar je predstavnikov iste vrste malo. Za ta predel struge so značilni tolmeni in brzice.
- Krenonu sledi ritron. Naklon tal je tu manjši, povprečna hitrost vodnega toka naraste, povečata se širina in globina struge, povprečen pretok naraste. Zaradi erozijskih procesov in manjše sile toka se tu nahaja bolj droben substrat.
- Zadnji, spodnji del struge reke imenujemo potamon. Zaradi seštevka vode vseh pritokov je tu povprečni pretok največji. Maksimalni so tudi širina struge in globina struge ter povprečna hitrost vode. Vodni tok izgubi večji del moči, zato nosi s seboj le zelo majhne delce. Substrat je zelo droben, pojavlja se mulj. Reka tu meandrira – tok ima obliko meandrov, velikih zavojev, kjer se na eni strani zavoja odlaga material, na nasprotni strani pa rečni tok erodira brežino. Obrežja so močno porasla z vegetacijo. Življenjska združba v strugi je po biomasi organizmov praviloma večja, a vrstno manj pestra.

Naši vzorci so bili vsi vzeti iz območja krenona.

Spreminjanje fizikalnih dejavnikov vzdolž vodotoka in različni deli vodotoka so prikazani na sliki 1.



Slika 1: Spreminjanje fizikalnih dejavnikov vzdolž vodotoka (vir: Toman, 1995, Osnove ekologije celinskih voda).

Za organizme je najpomembnejši dejavnik vodni tok. V različnih predelih struge je tok različno hiter, zato so se prvi organizmi morali prilagoditi na različne načine. Organizmi se trajno pritrdijo na podlago, lahko pa se je samo oprimejo. Ob prekinitvi stika s podlago pride do pojava plavljenja, ki je lahko posledica katastrofičnega dogodka (napad plenilca, udarec ob drug kamen ...) ali pa normalni del vedenja osebkov – predvsem živali

Pri algah tako najdemo elastične steljke (npr. *Cladophora*), imajo bazalno celico, preoblikovano v rizoidalno (npr. *Lemanea*), ali pa so prevlečene s skupno galerto (npr. *Nostoc*). Pritrjujejo se tudi s peclji (*Cocconeis*), želatinastimi peclji (npr. *Cymbella*, *Achnanthes*, *Gomphonema*) ali pa imajo sploščenim talus, ki se tesno prilega podlagi. Nekaj prednosti imajo vrste, ki imajo sposobnost premikanja (npr. *Navicula*, *Cymatopleura*, *Phormidium*). Kljub majhnim razdaljam, ki so jih sposobne premagati, si lahko poiščejo boljše življenjske razmere.

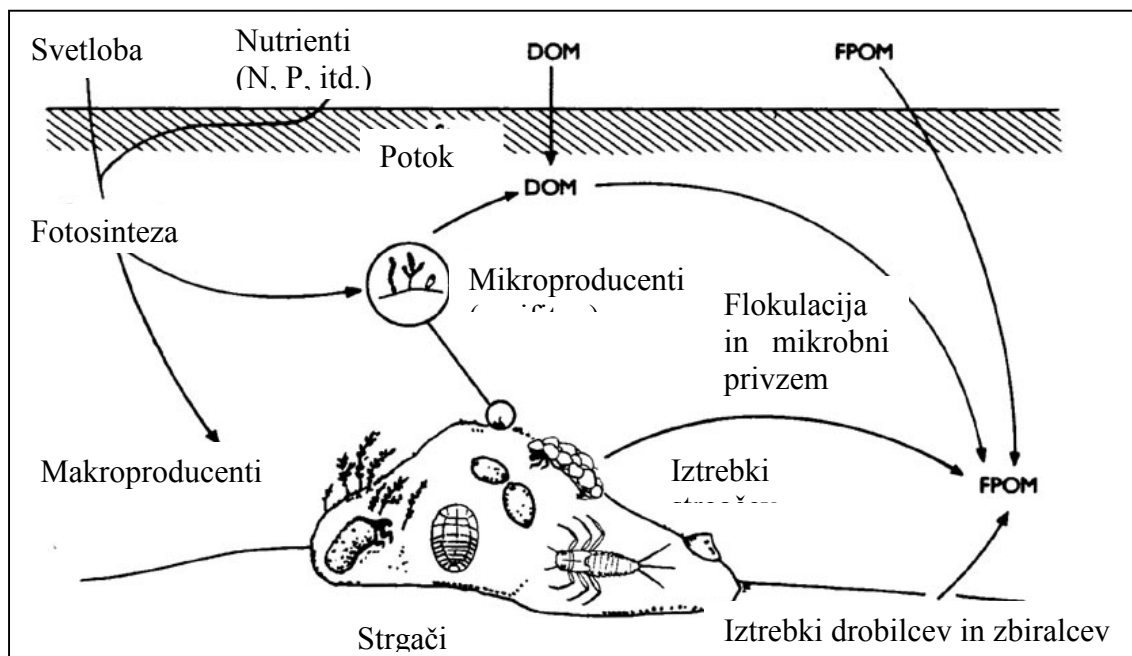
2.2 PERIFITON

2.2.1 Definicija perifitona

Perifiton imenujemo tudi združba obrasti. Gre za zelo pestro združbo organizmov, sestavljeno iz primarnih producentov (cianobakterije in alge), sekundarnih producentov (Protozoa, meiofauna) in razkrojevalcev (heterotrofni saprofiti in patogeni (v obremenjenih vodah)).

Združba perifitona je iz več različnih plasti, v katerih so zelo različne svetlobne razmere, dostopnost kisika in hranil, vpliv toka vode itd.. Alge v perifitonski združbi so glavni producenti zlasti v zgornjih delih rek.

Trofični nivoji v potoku in povezanost z ostalimi ekosistemi so prikazani na sliki 2.



Slika 2: Trofične povezave v potoku (Cummins in Klug, 1979).

Perifiton ima kar nekaj lastnosti, ki jih morajo imeti indikatorski organizmi:

- je kozmopolitska skupina organizmov,
- v večini vodnih ekosistemov ima velik ekološki pomen,
- je občutljiv na širok spekter stresnih dejavnikov,
- se hitro odziva na spremembe v okolju,
- je cenovno ugodno orodje za ugotavljanje kakovosti stanja voda.

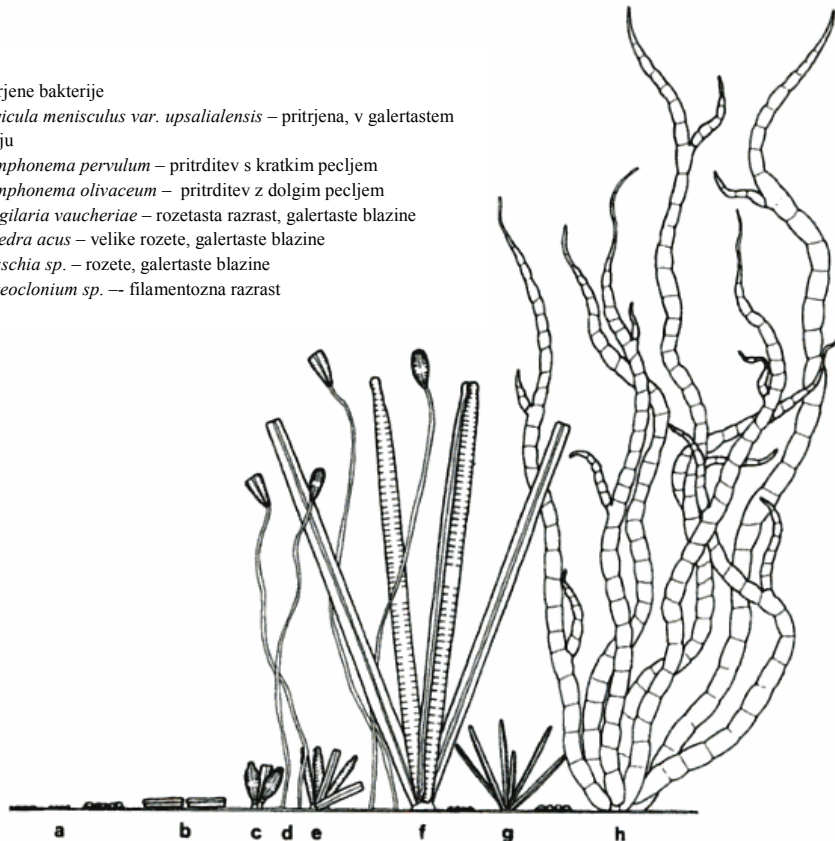
2.2.2 Struktura perifitonske združbe in zonacija alg

Perifiton je pritrjena združba.

Sukcesijske stopnje pri razvoju perifitona so prikazane na sliki 3.

Legenda:

- a) pritrjene bakterije
- b) *Navicula menisculus* var. *upsalialensis* – pritrjena, v galertastem ovoju
- c) *Gomphonema pervulvum* – pritrdiver s kratkim pecljem
- d) *Gomphonema olivaceum* – pritrdiver z dolgim pecljem
- e) *Fragilaria vaucheriae* – rozetasta razrast, galertaste blazine
- f) *Synedra acus* – velike rozete, galertaste blazine
- g) *Nitzschia* sp. – rozete, galertaste blazine
- h) *Stigeoclonium* sp. – filamentozna razrast



Slika 3: Sekvence v procesu kolonizacije perifitona (Hoegland *et al.*, 1982).

Družba perifitona se razvija v več sukcesijskih stopnjah, ki se zelo razlikujejo po morfoloških tipih alg. Prve golo površino poselijo bakterije, te ustvarijo film, ki predstavlja osnovo za pritrdiverje alg. Nato se naselijo ploščate vrste alg, šele nato sledijo vrste, ki so na substrat pritrjene z galerto, nazadnje sledi faza nitastih alg. Ker se zrela perifitonska združba vzpostavi že v 4 do 6 tednih, lahko spremljamo spremembe v kakovosti voda (Žižek, 2005).

Vrhnja plast perifitona je avtotrofna. Ta plast je zelo pomembna z vidika biogenega prezračevanja vodotoka. Spodnja plast je heterotrofna – gre za združbo notranjega hiporeičnega prostora (bakterije, Protozoa, Metazoa). Z razvojem perifitonske združbe se debelilna plasti perifitona povečuje, zato lahko v spodnji plasti nastanejo anoksične razmere. V anoksičnih razmerah začno alge odmirati, odmrla biomasa predstavlja hrano za skupino razkrojevalcev. Pri anaerobni razgradnji nastajajo plini, ki odmrla plast perifitona dvignejo od podlage, ta tako postane bolj izpostavljen vodnemu toku, zato ga odplavi. Takšna dinamika je značilna za organsko obremenjene vodotoke (npr. Krka poleti).

Združba perifitona ima na različnih delih enega kamna lahko različno strukturo. Na samem vrhu, kjer je tok najhitrejši, pretežno živijo le dobro pritrjeni organizmi. Na zadnjih delih kamnov so hitrosti tokov manjše, pojavlja se celo povratni tok. Tu lahko živijo manj pritrjen del perifitona (protozoji in makroinvertebrati).

Ker so alge pritrjene, se za razliko od makroinvertebratov ne morejo prepustiti toku (plavljenje, drift), da bi se izognile neugodnim razmeram (npr. poslabšanje pogojev zaradi onesnaženja), zato kažejo na dejansko stanje okolja.

2.3 DEJAVNIKI, KI URAVNAVAJO STRUKTURO IN FUNKCIJO ZDRUŽB ALG

2.3.1 Fizikalni dejavniki

2.3.1.1 Vodni tok

Dve pomembni komponenti toka sta pretok in hitrost toka. Pretok določa količina vode (litri ali kubični metri), ki v eni sekundi preteče skozi znani pretok struge. Pretok je sorazmeren z vodostajem in se zelo spreminja. Hitrost toka pa je čas, ki ga potrebuje masa vode, da preteče določeno razdaljo [m/s]. Hitrost vodnega toka je odvisna od nagiba struge (strmec), širine in globine struge, pretoka. Hitrost se zmanjšuje od gladine vode proti rečnemu dnu in od sredine, matice struge, proti bregovoma. Proti bregovoma zaradi trenja pada hitrost toka (Urbanič in Toman, 2002). Dolvodno hitrost vodnega toka narašča zaradi pritokov in padavinske vode s prispevnega območja (dež, sneg). Na tok vode pomembno vpliva tudi hrapavost podlage, kar je zlasti dobro vidno v reguliranih strugah. Večja pestrost substrata pomeni tudi življenjske prostore z različno hitrim vodnim tokom.

Za večjimi skalami in kamni prihaja do vrtnčenja in povratnih tokov. V rekah najdemo sicer le usmerjen turbulentni tok, laminarni tok se pojavlja le v intersticiju.

Hiter vodni tok pomeni odnašanje delcev, erozijo podlage. Počasnejši tok nima več tako izrazite erozijske moči, pri zelo nizkih hitrostih prihaja tudi do usedanja delcev.

Za perifiton tok določa hidromehanske razmere, saj s fizično silo deluje nanj. Izjemen pomen ima tudi zaradi prinašanja hranil in odstranjevanja metabolitov. Govorimo o zadrževalnem času snovi. V primeru počasnejšega toka so zadrževalni časi daljši in je izraba snovi boljša. Hitrost toka določa velikost delcev substrata, ti pa različnost ekoloških niš.

Največje hitrosti v vodotokih so 2–3 m/s, v naših v naših gorskih potokih in rekah pa 0,5 do 1,0 m/s (Toman, 2005/06).

2.3.1.2 Svetloba

Prozornost ni lastnost tekočih vod. V vodi se nahajajo različne raztopljene snovi, ki dajejo barvo; suspendirane snovi, ki povzročajo motnost; koloidi. Opalescentnost povzročajo kristalčki ledu v rekah, zlasti spomladi, ko se v višje ležečih predelih tali sneg.

Svetlobne razmere določa tudi obrežna vegetacija in topografija krajine, kjer teče reka oz. potok.

Pomemben dejavnik osvetlitve je geografska lega območja. Najbolj so osvetljeni vodotoki zmernih klimatov z listopadno obrežno vegetacijo. Maksimalno so osvetljeni pozimi in spomladi, pred olistanjem dreves. Po olistanju se svetlobne razmere poslabšajo, pogosto zato perifiton odmre (zrahlja se stik s podlago) in ga odplavi tok.

Svetlobne razmere se močno spreminjajo po toku navzdol. Praviloma ima nižji red vodotoka (bližje izviru) bolj ugodne svetlobne razmere za rast perifitona kot višji red (bližje izlivu reke v morje). V velikih vodotokih so lahko ponekod v strugi blizu izliva rek v morje celo afotične cone. K temu veliko prispeva kmetijstvo (Toman, 2005/06).

Svetloba je omejujoč dejavnik za fotosintezo. Perifiton predstavlja pomembno organsko komponento, na kateri temeljijo živalske življenjske združbe z zapletenimi prehranjevalnimi spleti.

R. Patric (1971) je s sodelavci preverjal povečanje diverzitete znotraj perifitonske združbe v odvisnosti od podaljševanja dolžine dneva, vendar poskusi niso dali oprijemljivih rezultatov.

Noel in sodelavci (1986) so ugotovili, da so kremenaste alge prevladovale v zasenčenih predelih, zelene (*Stigeoclonium tenue* in nekatere vrste rodov *Oedogonium* in *Zygnema*) (Steinman in McIntire, 1986 cit. po Weillhoferer in Pan, 2006; Lindstrøm in sod., 2004) pa na osvetljenih delih potoka. Delež kremenastih alg je na zasenčenem delu znašal 50–95 %, na osvetljenem pa 5–50 %.

Mosisch in sodelavci (1999) navajajo, da na splošno močnejše svetlobne intenzitete zavirajo rast nekaterih diatomej. Nekateri avtorji navajajo, da zelenim algam rast pri nižjih intenzitetah omejuje pomanjkanje določenih akcesornih pigmentov.

V zelo slabih svetlobnih razmerah imajo pred ostalimi prednost alge, ki so sposobne fakultativne heterotrofije. Sposobnost fakultativne heterotrofije na raztopljeni organski snovi je odvisna od tipa in koncentracije organskih snovi. Heterotrofija je znana le pri majhnem številu vrst, vendar je velika prednost za preživetje v organsko bogati, a temni vodi (Stevenson in sod., 1996, cit. po Štendler, 2008).

Osvetljenost vodotoka je delno povezana s temperaturo. Bolj sončna lega pomeni višje temperature vode.

2.3.1.3 Temperatura

Temperatura vpliva na kinetično energijo molekul in s tem na hitrost kemijskih procesov. Od temperature je odvisna tudi topnost plinov v vodi, kar je pomemben dejavnik za preživetje organizmov v vodi.

Temperaturo in spreminjanje temperature vode delno določa geografska širina vodotoka, nadmorska višina in oblika površja, ki skupaj določajo klimatske razmere. Na temperaturne spremembe vodnega okolja najpomembneje vpliva neposredna absorpcija sončnega sevanja. Na temperaturne spremembe pa še dodatno vplivajo površinski odtoki in podtalnica (Urbanič in Toman, 2002).

Razlika v temperaturi vode med izviro in izlivom je zlasti pomembna spomladi, ko izvirne vode grejejo zgornje tokove rek, kar omogoča bolj zgoden razvoj insektskih larv z zgornjih tokovih in tudi v nižjih predelih vodotokov (Toman, 2005).

V Sloveniji imajo površinske netermalne vode običajno temperaturo med 0 °C in 30 °C. Temperatura vode se spreminja sezonsko, pri nekaterih vodotokih zaznamo tudi diurnalno nihanje (Urbanič in Toman, 2002). Pozimi redko zmrznejo, če pa že, pa hiporeik predstavlja refugij za organizme. Reke pozimi v okolico oddajajo toploto (Toman, 2005).

Zaradi turbulentnega toka so vode v tekočih vodah dobro premešane in se zato ne more vzpostaviti toplotna stratifikacija kakršno poznamo v jezerih zmernih klimatov. Izjema so največji vodotoki, natančneje njihovi izlivni del, kjer se lahko tudi pojavi toplotna stratifikacija.

Večina kremenastih alg ima široko tolerančno območje, zato se zimska in poletna združba bistveno ne razlikujeta. (Patric, 1971, cit. po Štendler, 2008), vendar pa znižanje temperature vpliva na proizvodnjo biomase. Natančnejši pregled pokaže, da določene vrste bolje uspevajo v hladnejših, druge pa v toplejših vodah. Tako različni temperaturni optimumi vrst omogočajo veliko pestrost.

Vpliv temperature na perifiton je izražen le pri ekstremno visokih oziroma nizkih temperaturah, v območju normalnih letnih nihanj temperature pa je težko ločiti vpliv temperature od vpliva svetlobe ali drugih dejavnikov (Smolar, 1997, cit. po Štendler, 2008).

2.3.1.4 Podlaga

Substrat v vodnih ekosistemih delimo na organski in anorganski substrat.

Velikost delcev se od izvira proti izlivu vodotoka manjša. V zgornjih delih vodotoka so delci substrata večji, predstavljajo ovire, omogočajo heterogene združbe. Usedline imajo na površini večje delce z relativno velikimi prostori med njimi, v globino so delci manjši, manjši so tudi prostorčki med njimi. Temu vertikalnemu vzorcu so se prilagodili tudi organizmi. Najbolj poseljenih je vrhnjih 10 cm usedlin, nato biomasa organizmov pada do 0,5 globine usedlin (Toman, 2005).

Velikost substrata določa združbo na njem. Na prodnatih usedlinah, ki so relativno stabilne, se pojavlja pritrjena perifitonska združba, makroinvertebrati, mahovi. Drifta je malo.

Na muljastih tleh pa najdemo združbe počasi tekočih voda. Zaradi nestabilnosti substrata se organizmi ne naseljujejo na substratu, temveč v njem. Bolj številno se pojavljajo makrofiti.

Preglednica 1: Opis usedlin glede na hitrost toka.

Hitrost toka [cm/s]	Velikost delcev [mm]	Opis delcev
3–20	manj kot 0,06	mulj in organski delci
20–40	0,06–1,80	pesek
46–60	2–16	droben prod
60–120	16–60	prod
več kot 120	več kot 60	kamenje in skale

2.3.2 Kemijski dejavniki

2.3.2.1 pH

pH vpliva na mnoge biotske in kemijske procese v vodi, odvisen je od podlage v vodi in prispevnega območja, klimatskih razmer, karbonatnega ravnotežja v vodi, prisotnosti naravnih spojin (huminske kisline, kalcij, karbonat ...), antropogenih aktivnosti (vtoka odpadnih voda, atmosferskega obremenjevanja s kislimi snovmi) in aktivnosti organizmov (Urbanič in Toman, 2002, Toman, 2005, cit. po Štendler, 2008).

Večina naših vodotokov teče po karbonatni podlagi, njihov pH se giblje med 6 in 8,5. pH določa karbonatno ravnotežje. Visoka karbonatna trdota zagotavlja veliko pufersko kapaciteto naših vodotokov. Razmerja med oblikami anorganskega ogljika v vodi določajo: pH, CO₂, HCO₃ in CO₃.

Pri nizkem pH vode prevladujejo rodovi diatomej *Eunotia*, *Frustulia*, *Pinnularia* in vrsta *Tabellaria flocculosa* (Patric, 1977, cit. po Štendler, 2008).

2.3.2.2 Kisik

Za raztapljanje kisika v vodi je pomembna koncentracijska razlika (gradient kisika) med vodo in zrakom. Enako pomembna za organizme je razlika v koncentraciji kisika med vodo in notranjostjo organizma. Večji kot je gradient, boljša je izmenjava. Vodni tok zagotavlja stalno vzdrževanje gradienta.

Kisik ne vstopa v vodo samo preko raztapljanja iz zraka difuzijsko, ampak kisik v vodo vnašajo tudi makrofiti, mahovi in perifiton. Govorimo o biogenem prezračevanju voda. Mahovi so za vnos kisika pomembni zlasti v zgornjih delih vodotoka, kjer ni perifitona. V zgornjih delih se največ kisika vnese zaradi turbolentnih tokov. V srednjih delih vodotoka ima poleg turbolentnosti največji delež pri vnosu kisika v vodo perifiton. Nasičenost kisika lahko preseže 100 %. V spodnjih delih imajo večjo težo makrofiti, perifitona je zaradi zamuljenosti substrata in kalnosti vode manj (Toman, 2005).

Topnost kisika je močno odvisna od temperature. Pri višjih temperaturah se v vodi raztopi manj kisika. Zato se lahko poleti, ko so temperature voda višje in vodostaj običajno nižji, pretok pa manjši, ob povečani obremenjenosti z organskimi snovmi kljub turbolentnim tokovom v vodotoku pojavijo anaerobne razmere.

Koncentracija kisika se diurnalno nekoliko spreminja. V dnevnem času ga je nekoliko več na račun fotosintezne aktivnosti, ponoči pa koncentracija nekoliko pade zaradi prevlade respiratornih procesov.

2.3.2.3 Hranilna snovi in druge raztopljene snovi

Slanost vode določa ionska sestava. Med kationi so najpomembnejši kalcijev, magnezijev, natrijev in kalijev. Med anioni pa karbonatni, hidrogenkarbonatni, sulfatni, nitratni in kloridni.

Ločimo med konzervativnimi ioni, katerih koncentracije se zaradi bioloških procesov zelo malo spreminjajo (npr. magnezijev ion) in dinamičnimi ioni, katerih koncentracije zelo nihajo in so življenjske združbe zelo odvisne od njih (kalcijev, sulfatni, različne oblike ogljika) (Toman, 2005).

Vodotoke delimo glede na vsebnost kationov na:

- bikarbonatni tip (prevladujeta magnezij in kalcij, pH je bazičen),
 - silikatni tip (kisel pH, malo elektrolitov),
 - sulfatni tip (na podlagi iz sadre ali kalcijevega sulfata),
 - kloridni tip (na depozitih soli, natrijev klorid)
- (Toman, 2005).

Slanost določa spiranje matičnih kamenin prispevnega območja. Pomembno vpliva na slanost razmerje med precipitacijo in evaporacijo. Razmerje je zlasti pomembno na aridnih območjih. Povprečna slanost celinskih voda je okrog 120 mg/L, na ozemlju Slovenije pa je povprečje nekoliko nižje, okrog 100 mg/L (Toman, 2005).

Večja slanost pomeni večjo elektroprevodnost, manjša pa pomeni večjo upornost. Prevodnost voda Slovenije je med 200 in 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Dušik in fosfor:

Nitrati in fosfati v vodotokih predstavljajo primarna hranila za primarne producente in s tem osnovo za nadaljevanje prehranjevalnih verig in spletov. V zgornjih predelih vodotokov velik del hranil zagotavljajo drevesa, ki obraščajo strugo. Jeseni v vodotok pade večja količina listja, iz katerega se spomladi začno sproščati hranila. Pomemben vir hranil pride v vodotok tudi s spiranjem prispevnega območja. Z nitrati so bogate predvsem kmetijske površine. Pomemben delež prinesejo tudi padavine.

Anorganski dušik organizmi lahko neposredno asimilirajo v obliki amonija in nitrata. Fosfor se asimilira v obliki ortofosfata. Nitrata je običajno dovolj, fosfat je tisti, ki je omejujoč

dejavnik za primarno produkcijo. Nekatere vrste alg lahko fosfor absorbirajo in ga kopičijo v celicah kot zalogo. To se dogaja zlasti, če so izpostavljene visokim koncentracijam hranilnih snovi. Vrstna pestrost je v takšnih razmerah nižja (Giorgi, 1995).

Razpoložljiva svetloba in količina hranilnih snovi spadata med pomembnejše dejavnike, ki vplivajo na primarno produkcijo vodotokov in prekomerno (povečano) rast alg. Nizke koncentracije hranilnih snovi omejujejo rast alg le, če so svetlobne razmere nad saturacijsko točko fotosinteze (vodotoki z malo ali nič obrežne vegetacije) (Mosisch in sod., 1999, cit. po Štendler, 2008). Avtorji raziskav hkratnega vpliva svetlobe in hranilnih snovi na rast perifitona navajajo, da je svetloba pomembnejši dejavnik kot razpoložljivost hranilnih snovi, posebno v močno zasenčenih vodotokih. Tam je produktivnost na različnih mestih vodotoka različna zaradi različnih svetlobnih razmer in ne zaradi različne količine hranilnih snovi.

Nekatere vrste bolje uspevajo pri nižjih koncentracijah fosforja in nitratov, druge pa pri višjih. Tako ločimo alge, ki so pogostejše v oligosaprobnih vodah (manj hranilnih snovi) in tiste, ki so pogostejše v mezo- in polisaprobnih vodah (z več hranili) (Lindstrøm in sod., 2004).

2.3.3 Biotski dejavniki

2.3.3.1 Plenilstvo – herbivorija

Perifiton s fotosintezno aktivnostjo predstavlja osnovo za prehranjevalne verige in splete v vodotokih. Herbivorijo lahko označimo tudi kot plenilski odnos. Gre za pašo perifitona. Herbivorija ne vpliva nujno negativno na perifiton, saj zmerno objedanje lahko stimulira rast alg in bakterij.

Različni organizmi se pasejo na različnih delih perifitona. Polži strgajo na podlago pritrjeno plast alg, larve enodnevnice pa se z zbiralno-nabiralnim aparatom prehranjujejo v rahlo pritrjeni zunanji plasti (Wetzel, 2001).

2.3.3.2 Kompeticija

Inter- in intraspecifična kompeticija med osebki imata pomembno funkcijo pri določanju, katere vrste bodo poselile določen substrat. Združba perifitona je dvodimenzionalna, ko so osebki plosko pritrjeni na podlago. Ko ni več prostora za takšno poselitev, se določeni osebki dvignejo in so na podlago pritrjeni le še z želatinoznimi peclji (Graham in Wilcox, 2000, cit. po Štendler, 2008). Pri kompeticiji za prost substrat imajo prednosti delno mobilne alge in alge ki se lahko razširijo na račun izjemno hitrega razmnoževanja. Prednost predstavlja tudi kompetentnost za hrana.

Znano je, da zaradi različnih optimumov za različne dejavnike lahko uspeva več vrst na istem mestu. Tako se pojavlja značilna letna dinamika združb.

2.4 UPORABA PERIFITONA ZA OCENJEVANJE KAKOVOSTI VODA

Prednosti uporabe umetnih substratov za raziskave perifitona:

- umetni substrati omogočajo vzorčenje tudi na mestih, kjer je le-to običajno oteženo (ni trdega substrata, globoka voda, hiter tok ...);
- odpravljena je subjektivnost vzorčenja;
- zmanjšane so razlike med habitati, saj umetni substrat predstavlja standardiziran mikrohabitat;
- variabilnost vzorcev je zaradi homogenosti umetnih substratov zmanjšana, zato je večja verjetnost prostorske in časovne podobnosti vzorcev;
- za vzorčenje z umetnimi substrati je potrebno manj znanja in spretnosti kot za neposredno vzorčenje iz naravnih virov.

Pomanjkljivosti umetnih substratov:

- potrebno se je vrniti po nastavljene vzorce, kar lahko predstavlja finančni problem;
- umetni substrati se lahko izgubijo, se poškodujejo ali pa so zaradi vandalizma uničeni;
- material iz katerega je umetni substrat lahko vpliva na vrstno in številčno sestavo združbe;
- orientacija umetnega substrata in čas izpostavljenosti vplivata na vrstno in številčno sestavo združbe.

2.5 SELEKTIVNOST SUBSTRATA ZA POSELITEV S PERIFITONOM

Griffith in Perry (1995) sta naredila medletno raziskavo perifitonske združbe v dveh gorskih potokih v Apalčih. Raziskava je potekala od januarja do aprila v letih 1990, 1991 in 1992. Želela sta raziskati variabilnost perifitonske združbe, povezavo med variabilnostjo združbe in posameznih vrst alg in variabilnost med leti v povezavi s fenomeni, kot sta suša in poplave. Perifiton sta vzorčila mesečno s kamnitih plošč (površina 240 cm²), ki so bile osem tednov v vodi. Pod 1000-kratno povečavo sta preštela vsaj 500 celic iz vsakega vzorca. Kemijski parametri med potokoma so bili podobni.

Rezultati so pokazali, da je gostota celic znatno variirala med meseci in med leti, vendar je bila, gledano mesec-leto, zelo podobna. Cyanophyta so s predstavnikom *Chamaesiphon sp.* predstavljale več kot 50 % prešteti celic. Med Chlorophyta je prevladoval *Trachelomonas sp.* Njegova gostota je variirala med meseci in leti, relacija mesec-leto pa ne tako zelo. Diatomeje so v teh dveh potokih predstavljale zelo majhen delež, njihova gostota med leti pa je zelo nihala. Gostota vrst diatomej je zelo variirala znotraj posameznih mesecev. Ko so se spremenili pogoji, se je spremenila celotna združba perifitona. Povzela sta, da je bil porast gostote celic povezan z naraščajočo temperaturo in intenziteto svetlobe (temu vzorcu sta sledila *Trachelomonas* in *Chamaesiphon*), diatomeje pa se temu niso odzvale in njihova gostota ni narasla. Večja gostota celic je bila v letu, ko je bilo manj motenj (poplave, suše). Na umetno povzročeno motnjo so se v časovnem obdobju dveh tednov odzvala le gostota vseh celic in *Chamaesiphon*, ki je bil dominantna vrsta.

Lowe in Gale (1980) sta naredila primerjavo alg na umetnem in naravnem substratu v reki Susquehanna v Pelsinvaniji. Umetni substrati so bili skrilavec, tlakovci, gladko steklo, mlečno steklo, v strugo so bili položeni pod kotom 5° , da se je zaradi upora lažje nabrala tanka plast mulja. Vzorci so bili nameščeni v globino 2,5 m do 6 m. Naraven substrat je bil vzorčen z globine minimalno 1,5 m. Perifiton je bil s substrata odstranjen s pomočjo ultrasonične vibracijske čistilne naprave, ki se uporablja v zdravstvu. Iz vsakega vzorca so bili prešteti trije podvzorci s po 250 celicami, najpogosteje zastopani taksoni so bili določeni do vrste.

Na naravnem substratu je bilo prisotnih 38 vrst alg, najbolj obsežnejšo skupino so predstavljale diatomeje z rodovoma *Nitzschia* in *Navicula*, najbolj abundantna vrsta je bila *Nitzschia dissipata*. V maju, juliju in septembru je gostota planktona padla na vseh vzorcih, zmanjšala se je tudi populacija *N. dissipata*. V teh treh mesecih so postali bolj abundantni: *Cocconeis placentula*, *Navicula cryptocephala*, *N. viridula*, *N. tripunctata*, *N. salinarium*, *Cyclotella pseudo stelligera*, *Ankristodesmus convolutus* in *Scenedesmus quadracauda*. Novembra in decembra je gostota perifitona spet narasla, največji delež pri tem so imele diatomeje: *Cocconeis placentula*, *Cyclotella pseudo stelligera*, *Navicula cryptocephala*, *N. tripunctata*, *N. salinarium*, *Nitzschia dissipata*. V oktobru se je gostota perifitona dvignila na račun vrst *Cymbella prostrata*, *Melosira varians*, *Navicula cryptocephala*, *Symmetrica*, *N. dissipata* in *N. pallea*.

Akrilne plošče so bile izpostavljene od 5 od 13 mesecev. Na umetnem substratu v mesecu juliju je bila gostota minimalna, naraščala je v septembru, novembru, decembru in januarju. Največji delež pri porastu gostote je bil na račun vrst rodu *Navicula* in *Niccia*. Na skrilavcu je bilo marca in aprila minimalno število celic perifitona (30, v drugih vzorcih so bile vrednosti od 1×10^3 do 7×10^4). V maju je gostota močno narasla in nato spet upadla v juniju. V juliju je bil prirastek na umetnih substratih in rečnih kamnih številčno podoben in predvidevali so, da so si združbe zelo podobne, vendar je analiza pokazala podobnost le med 60 % in 78 %. Sklep raziskave je bil, da so umetni substrati primerni za raziskave perifitona, vendar je čas, ki je potreben za razvoj zrele perifitonske družbe močno odvisen od sezone. Na substratih, ki so v manjših globinah, se zrela združba hitreje razvije. Kratki roki (mesečno) so včasih slabi indikatorji sprememb ali trendov v razvoju perifitonske združbe na naravnih substratih (v juniju je bila porast gostote celic na umetnih substratih velika, na naravnih substratih pa je gostota upadla). V večini primerov je bila velika variabilnost znotraj istega substrata, navkljub njihovi homogeni površini, včasih je bila različnost znotraj istega substrata večja kot razlika na vzorcih, vzetih iz rečnih kamnov.

R.P. Barbiero (2000) je raziskoval združbo diatomej na steklenih ploščicah in naravnem substratu v šestih jezerih zahodne Irske. Steklene ploščice so bile nameščene v globini 50 cm, vzela je spomladanske, poletne in jesenske vzorce. Spomladanski vzorci so bili v vodi dva tedna, poletni in jesenski pa štiri tedne. Alge so bile s substrata odstranjene s strganjem s skalpelom. V vsakem vzorcu so prešteli 50 celic. V vseh vzorcih skupaj je bilo identificiranih več kot 100 vrst, vendar je bilo več kot 100 vrst, ki so bile zastopane z enim ali dvema osebkom.

Vrstna pestrost med vzorci je bila različna, povprečje 7,7 vrste na vzorec. Vrstna pestrost na naravnih je bila večja kot na umetnih substratih.

Največja razlika je bila med poletjem, manjša pa spomladi. Številčno je 80 % osebkov pripadalo 17 taksonom: *Achnanthes minutissima*, *Cymbella microcephala*, *Gomphonema clevei*, *Cimbella affinis*, *Cocconeis placentula*, *Gomphonema olivaceum*, *Fragilaria capoucina*, *Denticula tenuis*, *Navicula radiosa*, *Fragilaria vaucheria*, *Cimbella minuta*, *Amphora perpusilla*, *Gomphonema parvulum*, *Synedra acus*, *Synedra ulna*, *Nitzschia gracilis*, *Gomphonema intricatum*. Spomladi je bila variabilnost med vzorčnimi mesti na naravnem substratu majhna, na umetnih pa velika. V poletnih vzorcih je bilo prisotnih majhno število vrst, ki so predstavljale veliko večino vseh prešteti osebkov v vzorcu. Na naravnih substratih so bile to: *C. microcephala*, *C. affinis*, *A. minutissima* in rod *Gomphonema*. Na umetnih substratih pa sta bila močno zastopana: *A. minutissima* in *C. placentula*. Največjo podobnost med naravnimi in umetnimi substrati se je pokazala v jesenskih vzorcih, največkrat je prevladoval *A. minutissima*. Študija objedanja ni pokazala razlik v strukturi perifitonske združbe med substrati, ki so bili izpostavljeni objedanju in tistimi, ki so bili zaščiteni pred njim. Na podlagi T-testa, so sklepali, da je zaščitna mrežica, ki je vzorce ščitila pred objedanjem, pomembno vplivala na oblikovanje združbe. Predvidevajo, da je pomembno vplivala tudi lega umetnih substratov, ki so bili nameščeni vertikalno, in je imela združba drugačne svetlobne pogoje v primerjavi z naravnimi substrati. Zaključek raziskave je bil, da je uporaba umetnih substratov primerna, kadar je procent dominantnih taksonov majhen in kadar je indeks podobnosti večji od 0,5. V raziskavi je 82 % primerjav ustrezalo temu kriteriju. Slabši rezultati so se izkazali, ko so primerjali vzorce na podlagi modrozelenih alg. Umetni substrati so se od naravnih najbolj razlikovali po njihovi močni selekciji za *C. microcephala*, ki je pogosto številčno dominirala na naravnih substratih. V raziskavi se umetni substrati niso dobro izkazali kot primerjava za naravne substrate, kljub slabi reprezentaciji to ni razlog, da bi se pri uporabi za monitoring voda opustili umetne substrate.

Lane in sod. (2003) so primerjali perifitonsko združbo na steklenih ploščicah, glinenih ploščicah in naravnem substratu v jezerih Hiawatha in Minniewater v centralnem Yuraygir nacionalnem parku New South Wales v Avstraliji. Vse substrate so inkubirali v globini cca 50 cm. Inkubacijska doba je bila 68,58 in 29 dni. V vsakem vzorcu so prešteli od 300 do 500 celic. V vseh vzorcih so našli 49 vrst diatomej. Število vrst diatomej je bilo različno glede na različne vrste habitatov. V vsakem habitatu pa je bilo do 6 taksonov, ki so skupaj predstavljali od 70 % do 100 % vseh prešteti osebkov. Podobnost združb diatomej je bila večja med glinenimi ploščicami in stekelci, kot je bila podobnost združb med umetnimi in naravnimi substrati. Kljub temu so si bile združbe na umetnih in naravnih substratih precej podobne. Sklep raziskovalcev je bil, da so tako glinene ploščice kot stekelca primeren substrat za raziskavo perifitonske združbe. Stopnja variacije med združbo umetnih substratov na različnih vzorčnih mestih in med dvema različnima umetnima substratoma ni bila nič večja kot stopnja variacije združbe na različnih tipih naravnih substratov.

Paller (1996) je v svoji raziskavi o biomonitoringu v potoku in efektivnosti »multiplate« vzorčevalnikov za nevretenčarje, perifiton in vzorčevanje rib z električno zanko prišel do rezultata, da je za zaznavanje majhne razlike med vzorci (40 %) dovolj že 6 vzorcev in ne 25, kot je sprva predvideval.

Danilov in Eklelud (2000) sta primerjala naselitvene vzorce perifitona na treh različnih substratih: steklo, plastika in les (vrba in bor). Poskus sta izvedla v treh jezerih z različnim trofičnim statusom (eu-, meso- in oligotrofično jezero), v centralni Švedski. Na plastiki se ni razvila perifitonska združba, le plast služi. Predvidevali so, da ja lahko plastika vsebovala inhibitorje rasti alg. Podobnost združb na umetnih substratih je bila: mesotrofno in oligotrofno cca 60 % in z evtrofnim 20 %. Na lesu med mesotrofnim in oligotrofnim cca 68 % in z evtrofnim 40 %. Sklep raziskave je bil, da je bila združba na umetnih substratih dovolj specifična za določitev trofičnega stanja jezera.

Tien in sod. (2009) so opazovali razvoj biofilma in sukcesijske procese različnih tipov biofilmov (kolonizacija in akumulacija biofiltror) v dveh različnih rekah. Rezultati so pokazali, da je razvoj biofiltra odvisen od kvalitete vode in dostopnosti hranil. Velika razlika v klorofilu a je bila zaradi razlike v osvetljenosti struge, hitrosti vodnega toka in turbulentnosti. Kolonizacija epiliptičnih alg je bila v tesni relaciji z visoko vsebnostjo hranil v vodi (do 2.8 mg/L fosfatov) in usedanjem planktoničnih alg. Z uporabo indikatorskega substrata za kisik so opazili direktno povezavo med povečano potrebo po kisiku in bakterijsko rastjo ter indirektno povezavo s povečano rastjo en teden po zaznani povečani potrebi po kisiku.

Poskusi so pokazali tudi, da so en mesec stari biofilmi najbolj občutljivi na spreminjanje parametrov kvalitete vode in druge fizikalno-kemijske dejavnike, zato so eno mesečni biofilmi tudi najbolj primerni za biomonitoring kvalitete vode.

Kröpfel in sod. (2006) so pri primerjavah kemične in biološke karakterizacije biofilmov na različnih substratih v reki Tisi na Madžarskem prišli do rezultatov, da je na bioprodukcijo in vrstno pestrost alg najmanj vplival spoliran granit, bolj pleksi steklo, še bolj granit in najbolj polikarbonat. Aktivnost bakterij je bila za razliko od alg na vseh substratih zelo podobna. Sklep raziskave je bil, da je pleksi steklo najbolj primeren umeten substrat za biomonitoring rek.

Duong in sod. (2007) so primerjali kolonizacijske vzorce steklenih umetnih substratov na treh vzorčnih mestih hidrosistema Red-Nhue-Tolich, ki so bili izpostavljeni različni urbani poluciji. Stekelca so bila v vodi šest tednov in to med sušno sezono. Kriteriji za določanje vpliva polucije so bili gostota diatomej, suha teža diatomej, relativna abundanca vrst). Struktura perifitona (združba diatomej) je pokazala, da polucija močno vpliva na perifiton že od drugega tedna kolonizacije dalje.

Združbe, izpostavljene veliki in srednje veliki poluciji, so bile zastopane s saprobnimi vrstami, ki dobro prenašajo organsko onesnaženost. Rast združbe na mestih z veliko onesnaženostjo je najbolj zaviralo usedanje delcev in rast debeline biofiltra. Poskus pa ni pokazal bistvenih razlik v združbi (vrstna pestrost in diverzitetni indeks) v odvisnosti od trajanja kolonizacije na umetnih substratih.

Glede na indeks IPS (Indice de Polluosensibilité) in DAIPo (Diatom Assemblage Index to organic water Pollution) je bilo mesto Red mezotrofno, Nhue evtrofno in Tolych politrofno.

Lucey in sod. (1978) so naredili cilindrično zaprt vzorčevalnik in primerjali združbe perifitona tega vzorčevalnika z združbami na ploščatih substratih, ki se običajno uporabljajo. Rezultati so pokazali, da so takšni vzorčevalniki primerni za raziskovanje perifitona.

V okviru svojega diplomskega dela je M. Nose (2001) primerjala razvoj združbe kremenastih alg na štirih različnih umetnih substratih: steklo, pleksi steklo, jeklo in les. Ploščice substrata so bile vstavljene v vzorčevalnik in potopljene na dno struge Lipnice. Globina vode je nihala med 35 cm in 50 cm. Vzorci so bili v vodi pet tednov, vzorčenje je zajemalo vse štiri letne čase.

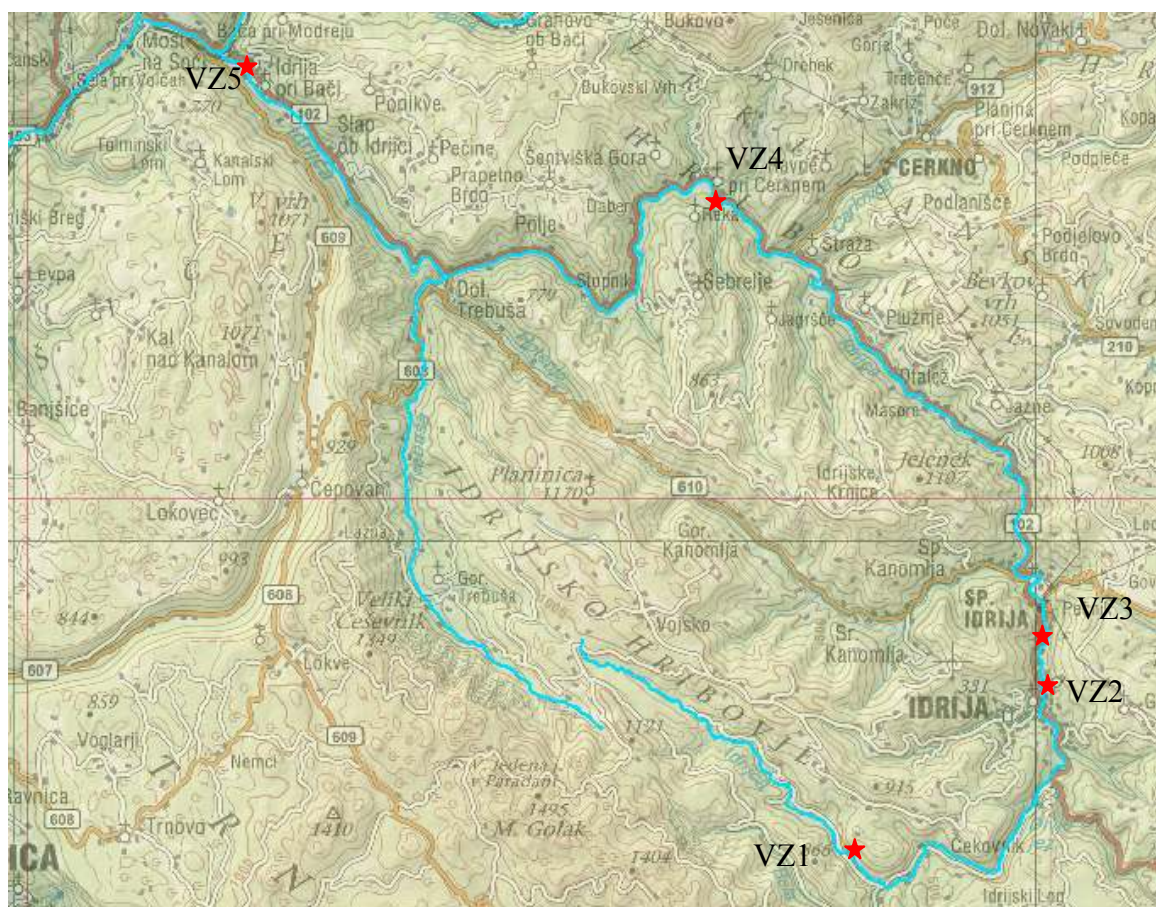
Primerjala je tudi zgradbo združbe med sončno in senčno lego. Med različnimi umetnimi substrati se niso pokazale bistvene razlike. Naravni substrati so imeli nekoliko višje število vrst, razen na steklu in lesu v sončni legi, kjer so bile po številu vrst vzorci zelo podobni naravnim substratom. Ugotovila je, da je najbolj idealen čas izpostavitve substratov 4 tedne, saj se v tem času že oblikuje zrela združba, tudi z makroinvertebrati, ki pomembno vplivajo na sestavo združbe. Na lesu je bila izmerjena biomasa perifitona največja. Deloma je bila večja zaradi delcev razpadlega lesa. Pomembno pa je prispevala tudi hrapavost podlage. Les je bil od vseh umetnih substratov najbolj hrapav in zato je bila poselitev in razvoj združbe perifitona na njem najhitrejša. Sklep raziskave je bil, da so umetni substrati zelo primerni za raziskavo razvoja perifitonske združbe, zlasti v tistih ekosistemih, kjer ni primerne naravnega substrata ali pa bi lahko umetni substrat dal napačne rezultate.

3 MATERIALI IN METODE DELA

3.1 MESTA RAZISKAV

Vzorčna mesta na reki Idrijci so bila izbrana na istih mestih, kjer se že več let spremlja koncentracijo živega srebra. Hkrati smo vzorčili za primerjavo med umetnimi in naravnimi substrati in za merjenje metilacije živega srebra.

Lega vzorčnih mest je prikazana na sliki 4.



Slika 4: Vzorčna mesta na reki Idrijci (vir: Atlas okolja, Agencija RS za okolje).

3.1.1 Vzorčno mesto 1 – Nad izlivom Belce

Vodni tok je hiter. Zaradi nizkih temperatur vode in pomanjkanja hranil je obrasti malo. Večino hranil prihaja v vodotok s spiranjem tal okoliškega mešanega gozda, ki porašča obe strani struge in z listnim opadom. Območje je zelo redko poseljeno. Zaradi lege v ozki dolini je ta del struge relativno slabo osončen.

Vzorčno mesto 1 je prikazano na sliki 5 in 6.



Slika 5 in 6: Vzorčno mesto 1 – Nad izlivom Belce.

3.1.2 Vzorčno mesto 2 – Idrija, Kolektor

To vzorčno mesto je v mestu Idrija, bližini Kolektorja. Mesto je bilo v preteklih projektih izbrano zato, ker je bilo to mesto izliva vod iz rudnika živega srebra. Na levem bregu je več nanosa proda, delno je porasel s travo in grmičevjem. Desni breg je poraščen z vrbami. Tok je počasnejši, obrasti je več. Več je tudi hranil v vodi, ker se v ta del reke iztekajo vode s poseljenega zaledja.

Vzorčno mesto 2 je prikazano na sliki 7 in 8.



Slika 7 in 8: Vzorčno mesto 2 – Idrija, Kolektor.

3.1.3 Vzorčno mesto 3 – Pred Spodnjo Idrijo

Vzorčno mesto je bilo izbrano zato, ker je nekaj sto metrov po toku navzgor izliv vod iz Centralne čistilne naprave Idrija. Na tem vzorčnem mestu so bregovi zelo strmi. Vzorčno mesto je težje dostopno. Bregovi so porasli z grmovjem. Tok je približno tako hiter kot na vzorčnem mestu 3. Voda je zelo bogata s hranili, na to dejstvo je na isti datum vzorčenja kazala vedno najbolj bogata obrast v primerjavi z ostalimi vzorčnimi mesti.

Po podatkih Agencije RS za okolje centralna čistilna naprava Idrija čisti komunalne odpadne vode do sekundarnega nivoja, ne odstranjujejo pa fosforja.

Pri odstranjevanju dušika so imeli v letu 2007 33,6 % učinkovitost čiščenja; učinek čiščenja po KPK je 93,2 % (podatki za leto 2007).

Vzorčno mesto 3 je prikazano na sliki 9.



Slika 9: Merilno mesto 3 – Pred Spodnjo Idrijo, ortofoto posnetek (vir: Atlas okolja, ARSO).

3.1.4 Vzorčno mesto 4 – Kozarska grapa

Na tem mestu se v Idrijco izliva manjši potok. Tok je nekoliko hitrejši kot na vzorčnem mestu 3, struga je širša in globlja. Obrasti je manj. Bregova sta porasla z drevesno vegetacijo.

Vzorčno mesto 4 je prikazano na sliki 10 in 11.



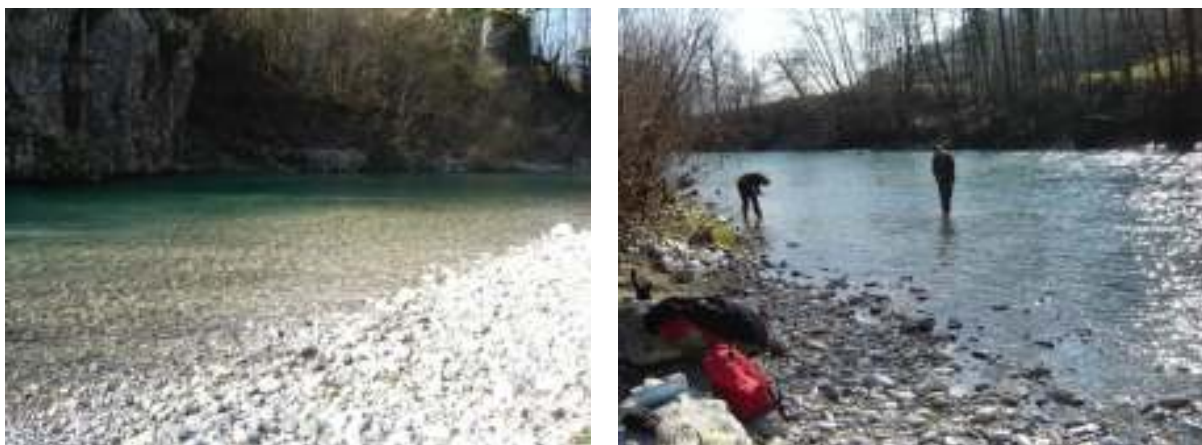
Slika 10 in 11: Vzorčno mesto 4 – Kozarska grapa.

3.1.5 Vzorčno mesto 5 – Bača pri Modreju

Vzorčno mesto se nahaja približno en kilometer pred izlivom Idrijce v Sočo. Tok je v primerjavi z ostalimi vzorčnimi mesti tu najhitrejši. Ta del reke je poleti obiskan kot kopališče. Aktivna je tudi ribolovna dejavnost.

Dostopnost in obiskanost mesta sta predstavljali problem, ker so vzorčevalnike v našo odsotnosti potegnili na kopno, ko smo ga ponovno namestili, so ga odstranili, in ga nismo več našli. Zaradi takega vandalizma smo se odločili, da na to vzorčno mesto ne bomo več postavljali vzorčevalnika, vzorčili smo le še s kamnov.

Vzorčno mesto 5 je prikazano na sliki 12 in 13.



Slika 12 in 13: Vzorčno mesto 5 – Bača pri Modreju.

3.2 ČAS VZORČEVANJA

V preglednici 2 je prikazano kdaj so bili odvzeti vzorci.

Preglednica 2: Odvzeti vzorci.

	Vzorčno mesto 1		Vzorčno mesto 2		Vzorčno mesto 3		Vzorčno mesto 4		Vzorčno mesto 5	
	kamen	steklo	kamen	steklo	kamen	steklo	kamen	steklo	kamen	steklo
16.06.2006	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
17.07.2006	*	*	*	*	*	*				
18.10.2007	*	*	*	*	*	*		*		
19.02.2007	*	*	*		*	*	*		*	
18.04.2007	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

Na območju reke Idrijce letno pade velika količina padavin. Razporeditev padavin je dokaj neenakomerna, zato se vodostaj in pretok reke zelo razlikujeta. Vzorci, ki smo jih odvzeli, so bili v vzorčevalniku minimalno štiri tedne. Časi med odvzemom različnih vzorcev niso bili enakomerno razporejeni, vendar so bili odvzeti, tako da so zajeli vse štiri letne čase. Ker je bil vzorčevalnik postavljen v globini maksimalno 80 cm (tako, da smo ga brez težav delno dvignili in odvzeli stekelca), smo se na teren po vzorce odpravili vedno takrat, ko že nekaj dni ni bilo padavin in je bil vodostaj primerno nizek.

3.3 FIZIKALNE MERITVE IN KEMIJSKE ANALIZE

Temperaturo vode smo merili z eno od funkcij oksimetra na 0,1 °C natančno.

Prisotnost kisika v vodi smo merili z oksimetrom tipa WTW Oxi 315i, kot koncentracijo raztopljenega kisika v vodi [mg/L] in kot nasičenost vode s kisikom [%].

Elektroprevodnost [$\mu\text{S}/\text{cm}$] smo merili s konduktomertom Iskra MA 5950.

pH smo merili s pH metrom tipa WTW pH 340i.

Te meritve so bile opravljene na licu mesta.

V laboratoriju sem iz prinesenih vzorcev vode (3 litrske plastične kantice) določila še vrednosti nitratov [mg/L] in fosfatov [mg/L] ter sušino [mg/L].

Na internetnih straneh Agencije Republike Slovenija za okolje so dostopni podatki o kakovosti površinskih vod. V obdobju 2002–2006 je bilo kemijsko stanje reke Idrijce označeno kot dobro, po ekoloških kriterijih pa spada reka Idrijca v kakovostni razred 1–2. ARSO izvaja tudi kakovost voda za življenje sladkovodnih rib. Monitoring na merilnem mestu Hotešk je pokazal, da je bila kakovost Idrijce v letih 2003 do 2007 ustrežna.

3.4 BIOLOŠKE ANALIZE

3.4.1 Vzorčevalnik za perifiton

V vzorčevalniku je bilo nameščenih 16 steklenih ploščic. Dimenzije stekelc so bile 11×10 cm, vendar pol centimetrski rob na obeh straneh ni bil poraščen, ker so ga prekrivali utori. Perifiton se je razvijal na obeh straneh stekelc, tako je znašala površina vzorčenja 2 dm^2 . Celoten vzorčevalnik je imel dimenzije: dolžina 70 cm, širina 12,5 cm, višina 10 cm. Konca vzorčevalnika smo v dno struge pritrčili z dvema dolgima kovinskima palicama, da ga tok ni premaknil ali celo odplavil.

Vzorčevalnik prikazujemo na sliki 14 in 15.



Slika 14 in 15: Vzorčevalnik s stekelci (slika 14, vir: M. Nose, 2001).

3.4.2 Načini vzorčenja

Stekelca so bila v vzorčevalniku vedno več kot štiri tedne, saj številni avtorji to obdobje navajajo kot čas, ki je potreben, da se razvije zrela perifitonska združba.

Steklene ploščice smo vzeli iz vzorčevalnika in z zobno ščetko zdrgnili obe strani stekelca. Za vsako vzorčno mesto smo imeli druge ščetke, da se vzorci ne bi kontaminirali z deli iz drugih vzorčnih mest.

Ščetko smo v vodi dobro sprali in perifiton zdrgnili še z dveh kamnov, ki sta bila podobne velikosti kot steklo. Kamne smo vedno jemali čim bližje vzorčevalnika, da so bili pogoji za rast združbe čim bolj podobni.

Poraščena stekelca in odvzem vzorcev prikazujemo na sliki 16 in 17.



Slika 16 in 17: Perifiton na stekelcu in odvzem vzorca (slika 16, vir: M. Nose, 2001).

Zbrano tekočino s postrganim perifitonom smo prelili v plastične stekleničke z volumnom 250 ml. Vzorce smo takoj fiksirali z 38 % formalinom tako, da je bila koncentracija formalina v vzorcu približno 4 %. S fiksacijo smo preprečili razgradnjo biološkega materiala, poginile pa so tudi živali, ki bi se sicer v vzorcu lahko hranile z algami in bi lahko posledično vplivale na rezultate.

V vzorce smo v laboratoriju dolili destilirano vodo do volumna 250 ml. Potem smo jih dobro pretresli in jih razdelili na dva dela – vsak del po 125 ml. Eno polovico vzorca smo uporabili za določevanje kremenastih alg, drugo pa za določanje vseh ostalih alg.

3.4.3 Priprava vzorcev za pregledovanje

Za lažje določanje kremenastih alg smo polovicam vzorcev, namenjenih za pregledovanje kremenastih alg, dodali 3 kapljice lugola, ki je pospešil usedanje. Po 24 urah smo z dna vzorcev s kapalko posrkali usedle alge in jih dali v steklene epruvete.

Alge smo obdelali s koncentrirano HNO_3 kislino. V 10 ml vzorca alg smo dali 3 ml kisline in centrifugirali. Supernatant smo odlili, na usedle alge ponovno nalili 3 ml kisline in previdno segrevali s plinskim gorilnikom. Ko so se izhajajoče bele pare spremenile v rumene, je bila odstranjena vsa organska snov. V vzorce smo večkrat nalili destilirano vodo, centrifugirali, odlili tekočino. Tako smo izprali kislino, silicijeve lupinice kremenastih alg pa so bile pripravljene za shranjevanje in pripravo trajnih preparatov. Z odstranitvijo organskih delov se je razkrila in postala dobro vidna ornamentiranost lupinic, kar je močno olajšalo določevanje. Napravili smo trajne preparate vzorcev.

Za vsak vzorec smo naredili dva trajna preparata, enega z bolj gostim vzorcem in drugega z redkejšim vzorcem. Vrste smo določevali na svetlobnem mikroskopu in na invertnem svetlobnem mikroskopu Nikon Eclipse TE 300.

Določevali smo pri tisočkratni povečavi ob uporabi imerznega olja. V vsakem vzorcu smo prešteli minimalno 500 celic.

Za določanje vseh ostalih vrst alg pa smo vzorce v stekleničkah premešali in s kapalko vzeli nekaj tekočine in na objektno stekelce kanili tri kapljice. Iz vsakega vzorca smo pregledali pet

takšnih podvzorcev iz treh kapljic. Določevali smo pri tisočkratni povečavi. Za vsako v vzorcu prisotno vrsto smo ocenili stopnjo pogostosti pojavljanja na 3-stopenjski lestvici (5 = zelo pogosta, 3 = relativno pogosta, 1 = redka).

3.4.4 Statistične analize

3.4.4.1 Relativna abundanca

Relativno abundanco vrst diatomej smo izračunali zaradi primerjave deležev posameznih vrst alg v vzorcih. Deleže smo izrazili v odstotkih.

$$p_i = \frac{n_i}{N} \quad \text{in} \quad p_i = \frac{n_i}{N} \quad \dots(1)$$

$$A = p_i \times 100 \quad \dots (2)$$

A – relativna abundanca/pogostost

n_i – število osebkov i-te vrste

N – skupno število osebkov v podvzorcu/vzorcu

3.4.4.2 Shannon-Wienerjev diverzitetni koeficient

Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks temelji na relativni abundanci taksonov in ni odvisen od površine. Na podlagi velikosti indeksa je določena kakovost vodnega ekosistema, oziroma stopnja obremenjenosti ekosistema.

$$H' = - \sum p_i \times \log_2 p_i \quad \dots (3)$$

$$p_i = n_i / N \quad \dots (4)$$

H' – diverziteteta

p_i – delež taksona i v vzorcu

n – število osebkov i-te vrste

N – število osebkov v vzorcu

Preglednica 3: Kakovost vode in diverzitetni indeks.

Diverzitetni indeks H'	Kakovost vode (obremenjenost)
>3	neobremenjena
2–3	malo obremenjena
1–2	srednje obremenjena
<1	močno obremenjena

3.4.4.3 Bray-Curtisov indeks podobnosti

Bray-Courtisov koeficient podobnosti pokaže stopnjo podobnosti združb. Podobnost temelji na vrstni sestavi združb in na relativni abundanci teh vrst. Podobnost je prikazana v obliki dendrograma.

$$S_{BC} = 2w / (A+B) \quad \text{ali} \quad S_{BC} = 1 - \frac{\sum |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum (y_{ij} + y_{ik})} \quad \dots(5)$$

S_{BC} – Bray-Courtisov koeficient

w – število skupnih osebkov v obeh vzorcih

A – število osebkov v 1. vzorcu

B – število osebkov v 2. vzorcu

y_{ij} – število osebkov vrste i vrste v vzorcu j

y_{ik} – število osebkov vrste i vrste v vzorcu k

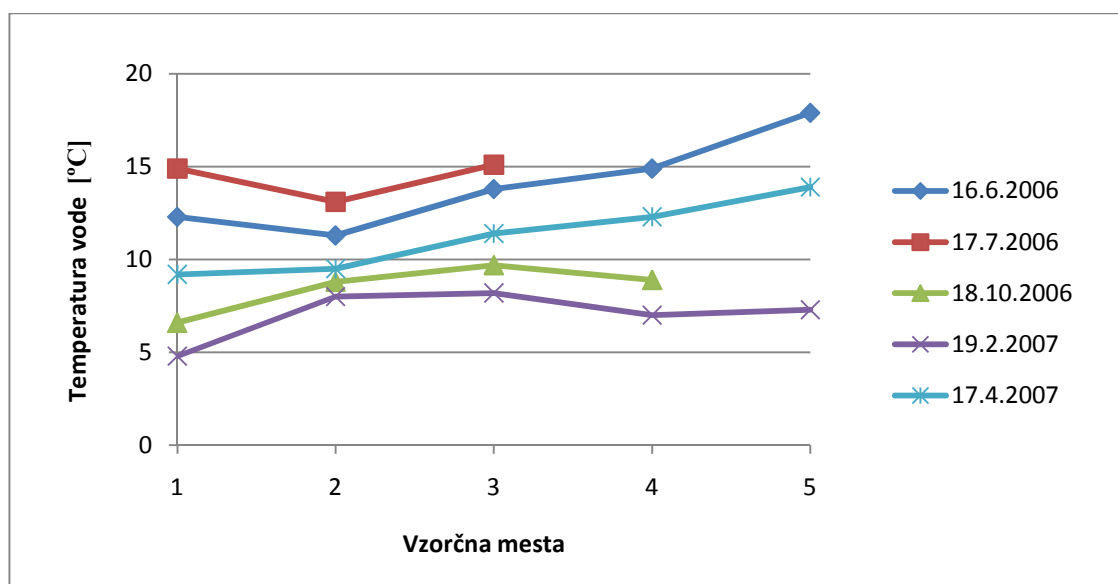
4 REZULTATI

4.1 FIZIKALNI IN KEMIJSKI PARAMETRI

4.1.1 Temperatura

Na VZ 2 je bila v primerjavi z VZ1 temperatura višja, razen 17 .07. 2006 in 16. 06. 2006. Proti vzorčnim mestom VZ3, VZ4 in VZ5 je izmerjena temperatura naraščala, razen 18. 10. 2006 in 19. 02. 2007, ko je bila na VZ 4 izmerjena nižja temperatura v primerjavi z VZ3. Izmerjene temperature so nihale med 4,8 °C, izmerjena 19. 02. 2007 na VZ1, in 17,9 °C izmerjena na VZ5 16. 06. 2006. Največja razlika na isti dan vzorčenja je bila zabeležena 16. 06. 2006, ko je znašala razlika med VZ2 in VZ5 6,6 °C. Povprečna temperatura izmerjena 16. 06. 2006 je bila 14,0 °C, 17 .07. 2006 14,4 °C, 18. 10. 2006 8,5 °C, 19. 02. 2007 7,1 °C ter 17. 04. 2007 11,3 °C. Primerjava temperature med vzorčnimi mesti je pokazala, da je bila najnižja temperatura na VZ1, temperatura je naraščala do VZ3, na VZ4 je rahlo upadla, najvišja pa je bila na VZ5.

Izmerjene temperature so prikazane na sliki 18.

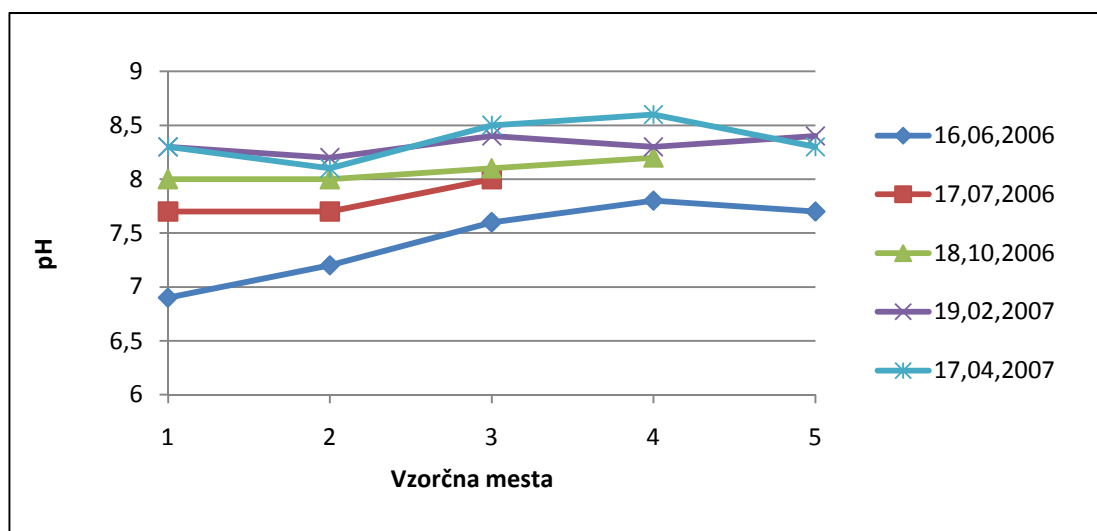


Slika 18: Izmerjena temperatura.

4.1.2 pH

Meritve pH so pokazale najnižje vrednosti 16. 06. 2006 na VZ1 in sicer 6,9, najvišja pa 17. 04. 2007 na VZ4 in sicer 8,6. V vseh naslednjih vzorčenjih so bile vrednosti pH višje kakor v predhodnih merjenjih na vseh vzorčnih mestih, razen 17. 04. 2007, ko je bila na VZ2 in VZ5 izmerjena rahlo nižja vrednost. Splošni trend je bil naraščanje vrednosti pH od VZ1 proti VZ5. Povprečna izmerjena vrednost na 16. 06. 2006 je bila 7,4, 17. 07. 2006 je bila 7,8, 18. 10. 2006 je bila 8,1, ter 19. 02. 2007 je bila 8,3 in 17. 04. 2007 8,4.

Izmerjene vrednosti pH so prikazane na sliki 19.

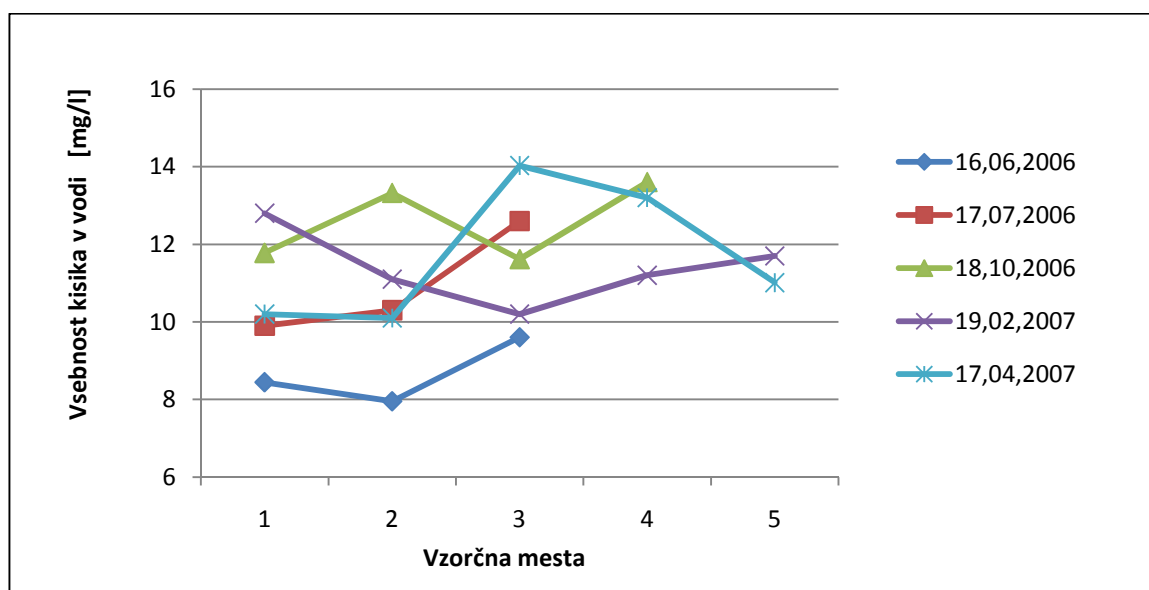


Slika 19: Izmerjene vrednosti pH.

4.1.3 Kisik

Vsebnost kisika se je zelo spreminjala med različnimi vzorčnimi mesti v različnih datumi vzorčenja. Najnižjo vrednost kisika smo izmerili 16. 06. 2006, 17. 07. 2006 je bila višja, enak trend je bil 18.10.2006, 19. 02. 2007; prav tako so bile vrednosti 17. 04. 2007 v rangu izmerjenih 18.10.2007. Najnižje izmerjena vrednost je bila 16. 06. 2006 na VZ2, in sicer 7,9 mg/l, 17. 04. 2007 pa je bila na VZ3, in sicer 14,0 mg/l. Vsebnost kisika je zelo nihala med tema dvema vrednostma.

Izmerjene vsebnosti kisika so prikazane na sliki 20.



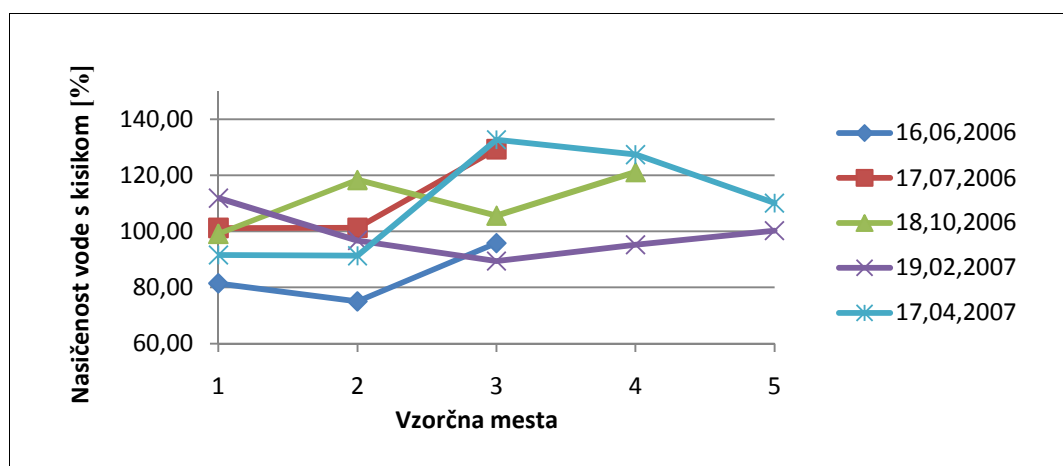
Slika 20: Izmerjene vsebnosti kisika.

Merjenja nasičenosti s kisikom so pokazala, da je bila nasičenost s kisikom pogosto nad 100 odstotkov, kar kaže na biogeno prezračevanje. Najnižja nasičenost je bila izmerjena na VZ2 16. 06. 2006 in sicer 75 %. Precej nizke vrednosti so bile izmerjene na isti dan tudi na VZ1 (82 %); ter 19. 02. 2007 na VZ3 (89 %), 17. 04. 2007 na VZ1 (92 %) in na VZ2 (91 %).

16. 06. 2006 so bile vse vrednosti nasičenosti pod 100 %. 17. 07. 2006 so bile na vseh vzorčnih mesti izmerjene višje vrednosti od 100 %, na VZ3 je bila izmerjena najvišja vrednost (129 %). 18. 10. 2006 je bila najnižja vrednost na VZ1 (99 %), to je bila tudi edina vrednost pod 100 %, najvišja pa je bila izmerjena na VZ4 (121 %). 19. 02. 2007 je bila nasičenost s kisikom nižja v primerjavi z prejšnjim vzorčenjem. Najvišja vrednost je bila na VZ1 (112 %) najnižja pa na VZ3 (89 %). 17. 04. 2007 je bila izmerjena najnižja vrednost na VZ2 (91 %), najvišja pa na VZ3 (133 %), kar je tudi najvišje izmerjena vrednost nasploh.

Gledano povprečno, so bile vrednosti na VZ1 in VZ2 pod 100 %, ostala vzorčna mesta pa nad 100 % nasičenostjo. Najvišji odstotek nasičenosti je bil na VZ4 (115 %).

Izmerjena nasičenost kisika je prikazana na sliki 21.



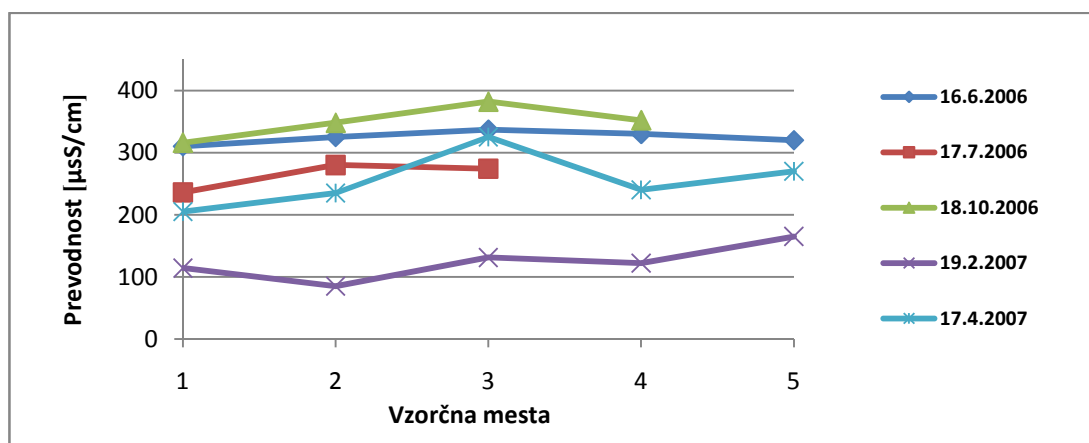
Slika 21: Izmerjene vrednosti nasičenosti s kisikom.

4.1.4 Prevodnost

Vzorke smo odvzeli vedno takrat, ko že nekaj dni ni deževalo. Zato smo pričakovali, da bo prevodnost med datumi vzorčenja in vzorčnimi mesti zelo podobna.

Vrednosti prevodnosti so se zelo malo spreminjale. 19. 02. 2007 je bila izmerjena najnižja prevodnost na VZ2 in sicer 85 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nekaj dni pred vzorčenjem je padla večja količina dežja, zato je bila prevodnost manjša. Najvišja pa je bila 18. 10. 2006 na VZ3 in sicer 382 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Med samimi vzorčnimi mesti na isti dan vzorčenja je bilo do 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ razlike. Najvišje vrednosti so bile izmerjene na VZ3, najnižje pa na VZ1 (razen na dan 17. 07. 2006). Povprečna prevodnost vseh petih vzorčnih mest na dan 16. 06. 2006 je bila 324 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 17. 07. 2006 je bila 263 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 18. 10. 2006 je bila 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 19. 02. 2007 je bila 123 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ter 17. 04. 2007 je bila 255 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Povprečne vrednosti prevodnosti po vzorčnih mestih pokažejo, da so bile najvišje na VZ3 (290 $\mu\text{S}/\text{cm}$), najnižje pa na VZ1 (236 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Izmerjene vrednosti prevodnosti so prikazane na sliki 22.



Slika 22: Izmerjene vrednosti prevodnosti.

4.1.5 Nitrati

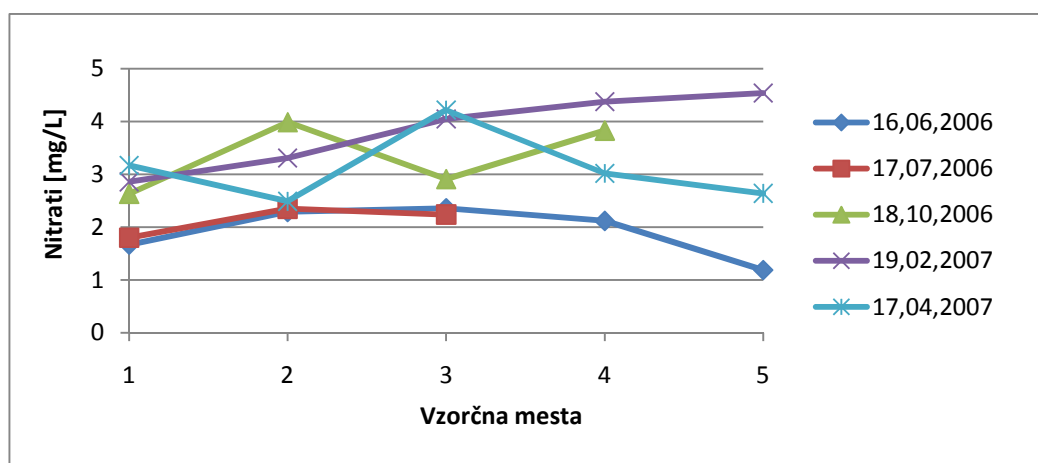
Vsebnost nitratov ni dala nobenih izrazitih trendov glede na datum vzorčenja ali glede na vzorčno mesto. Vsebnosti nitratov so bile zelo nizke. Najvišja izmerjena vrednost je bila 19. 02. 2007 na vzorčnem mestu VZ5 (4,5 mg/l), najnižja pa 16. 06. 2006 na VZ5 (1,2 mg/l).

Na VZ1 so bile običajno izmerjene najnižje vrednosti nitratov.

16. 06. 2006 je bila povprečna vrednost vsebnosti nitratov v vodi 1,9 mg/l, 17. 07. 2006 je bila 2,1 mg/l, 18. 10. 2006 je bila 3,3 mg/l, 19. 02. 2007 je bila 3,8 mg/l ter 17. 04. 2007 je bila vrednost 3,1 mg/l. Najnižje vrednosti so bile izmerjene konec spomladi – začetek poletja, ko je bila rast perifitona najhitrejša.

Povprečne vrednosti po vzorčnih mestih so pokazale najvišjo vrednost na VZ4, in sicer 3,3 mg/l, najnižjo pa na VZ1 2,4 mg/l.

Vsebnost nitratov v vzorcih vode je prikazana na sliki 23.



Slika 23: Vsebnost nitratov v vzorcih vode.

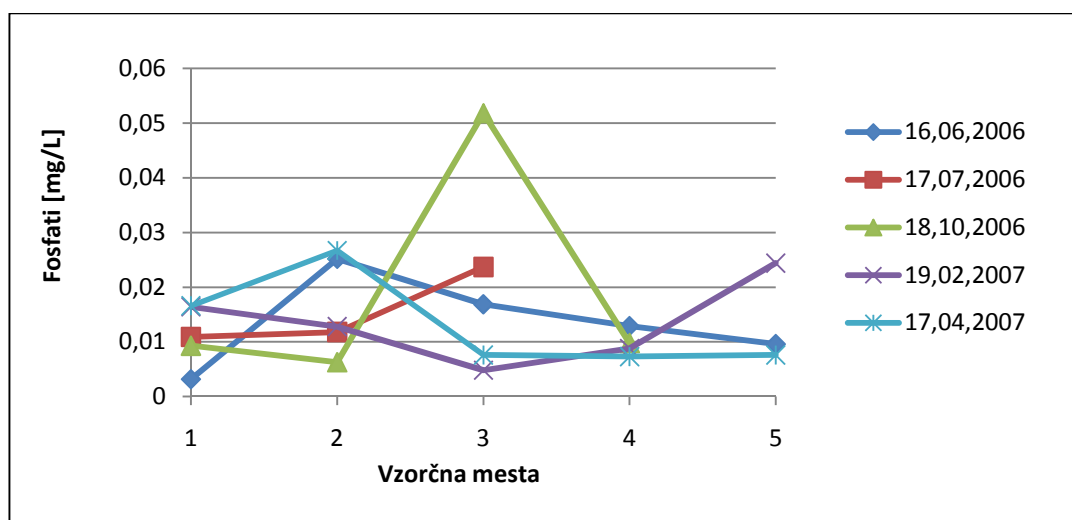
4.1.6 Fosfati

Vrednost fosfatov je bila zelo nizka. Najvišja izmerjena koncentracija je znašala 0,05 mg/l, izmerjena je bila 18. 10. 2006 na VZ3. Najnižja izmerjena vrednost je bila izmerjena 16. 06. 2006 in sicer 0,01 mg/l na VZ1. Vz dolž toka ni bilo zaznati trenda vsebnosti fosfatov v vodi. 16. 06. 2006 in 17. 04. 2007 je bila vsebnost fosfatov na VZ2 v primerjavi z VZ1 najvišja in je potem proti VZ5 približno enakomerno padala. Za ostale datume, ni videti takega trenda.

Povprečne vrednosti fosfatov so za 16. 06. 2006 0,01 mg/l, 17. 07. 2006 0,02 mg/l, 18. 10. 2006 0,02 mg/l, 19. 02. 2007 in 17. 04. 2007 0,01 mg/l.

Povprečne vrednosti fosfatov po vzorčnih mestih so bile najvišje na VZ3 (0,02 mg/l), najnižje pa na VZ4 (0,01 mg/l).

Vsebnost fosfatov v vzorcih vode je prikazana na sliki 24.

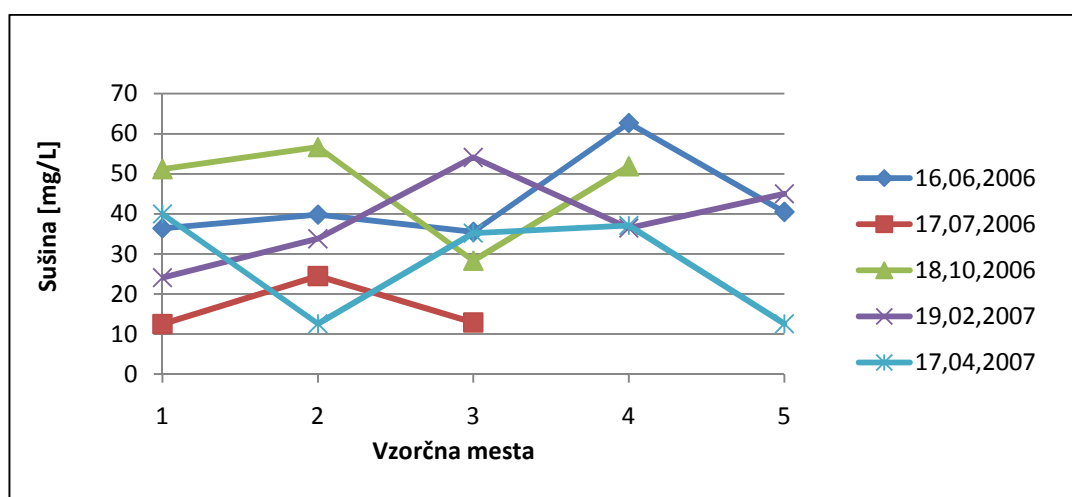


Slika 24: Vsebnost fosfatov v vzorcih vode.

4.1.7 Sušina

Sušina ni pokazala nobenega trenda vzdolž vzorčnih mest in med različnimi datumi vzorčenja. Povprečna vrednost sušine 16. 06. 2006 je bila 43,0 mg/l, 17. 07. 2006 je bila 16,6 mg/l. 18. 10. 2006 je bila 47,0 mg/l, 19. 02. 2007 38,7 mg/l in 17. 04. 2007 je bila 27,5 mg/l. primerjava med različnimi vzorčnimi mesti je pokazala, da so si bila vzorčna mesta med seboj zelo podobna, saj je povprečna vrednost sušine izmerjene v vseh datumih, znašala med 32,7 in 33,5 mg/l, le na VZ 4 je povprečje znašalo 37,0 mg/l.

Vsebnost suhe snovi v vzorcih vode je prikazana na sliki 25.



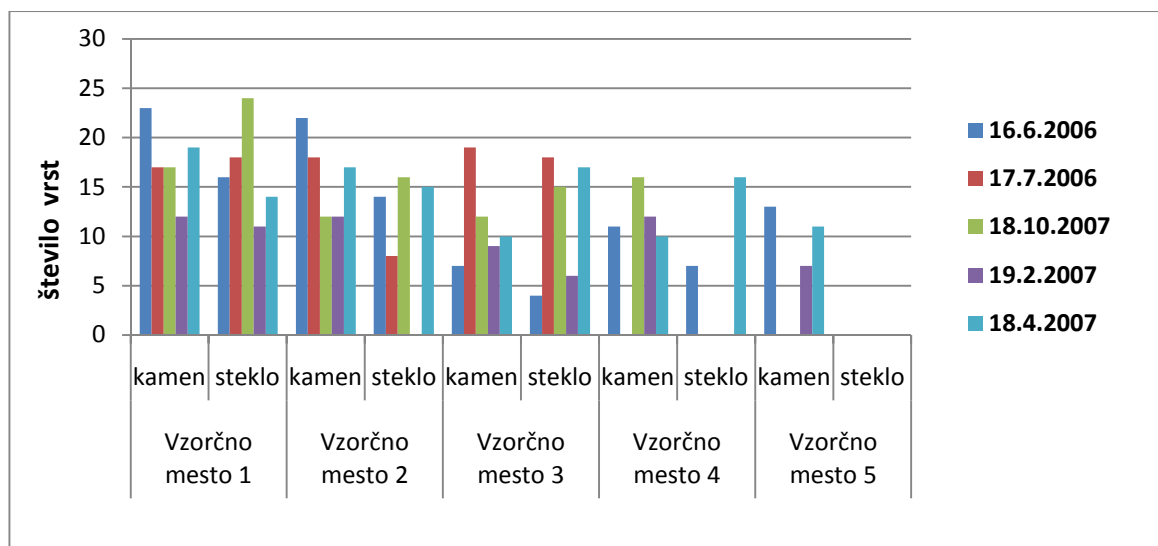
Slika 25: Vsebnost suhe snovi v vzorcih vode.

4.2 STATISTIČNE ANALIZE

4.2.1 RELATIVNA ABUNDANCA

4.2.1.1 Diatomeje

Število vrst diatomej v vzorcih je prikazano na sliki 26.



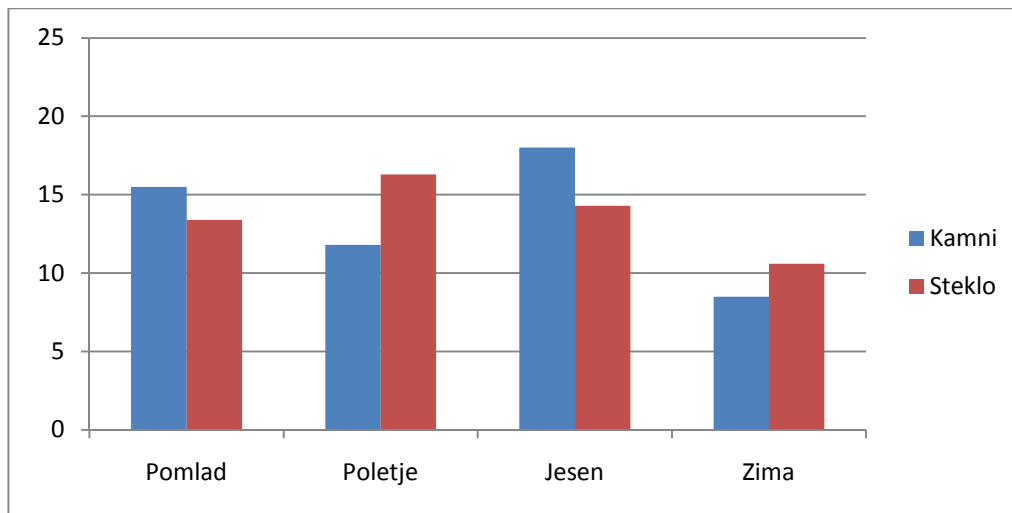
Slika 26: Povprečno število vrst diatomej v vzorcih po vzorčnih mestih.

Najmanjše (4 vrste, 16. 06. 2006) in največje število vrst (24 vrst, 18. 10. 2006) v enem vzorcu je bilo na steklu. Povprečno število diatomej v vzorcu je bilo 13,8.

Primerjava povprečnega števila vrst diatomej med substratoma in vzorčnimi mesti je pokazala, da je število vrst na naravnem substratu večje kot na steklih. Najbolj vrstno pestra je bila na VZ1, povprečno število vrst na kamnih 17,6 in na steklih 16,4, nato pa je pestrost počasi padala proti VZ5.

Primerjava v povprečnem številu vrst diatomej v vzorcih med letnimi časi in substratom je pokazala upad števila vrst diatomej na obeh tipih substratov v zimskem času. Na naravnem substratu je bilo največje število vrst diatomej v jesenskem vzorcu (18. 10. 2006), na umetnem substratu pa v poletnem času (16. 06. 2006 in 17. 07. 2006).

Povprečno število vrst v vzorcih je primerjalno po letnih časih in obeh tipih substratov prikazano na sliki 27.



Slika 27: Povprečno število vrst diatomej v vzorcih po letnih časih.

Relativna abundanca najbolj pogostih vrst alg, brez diatomej, je prikazana v preglednici 4. Zaradi preglednosti rezultatov so navedene le vrste, ki so imele v vzorcih zastopanost več kot 5 % vseh prešteti osebkov.

Preglednica 4: Relativna abundanca diatomej v vzorcih.

	16. 06. 2006	17. 07. 2006	18. 10. 2007	19. 02. 2007	18. 04. 2007				
VZ1	kamen	Diatoma vulgare	42%	Cocconeis placentula	31%	Achnanthes minutissima	75%	Achnanthes minutissima	49%
		Achnanthes minutissima	9%	Cocconeis placentula	17%	Synedra ulna	17%	Gomphonema olivaceum	24%
		Cocconeis placentula	9%	Synedra amphitricophala	14%	Nitzschia palea	7%	Gomphonema olivaceum	9%
		Gomphonema olivaceum	9%	Diatoma vulgare	5%	Diatoma vulgare	7%		
VZ2	kamen	Nitzschia palea	6%	Cymbella ventricosa	5%	Cocconeis placentula	18%	Achnanthes minutissima	65%
		Achnanthes minutissima	75%	Cocconeis placentula	17%	Achnanthes minutissima	38%	Gomphonema olivaceum	15%
		Gomphonema olivaceum	8%	Achnanthes minutissima	11%	Cocconeis placentula	22%	Fragilaria pinnata	11%
		Synedra amphitricophala	5%	Navicula radiosa	8%	Gomphonema olivaceum	12%		
VZ3	kamen	Cymbella ventricosa	6%	Cymbella ventricosa	7%	Synedra ulna	8%	Navicula cryptocephala	9%
		Achnanthes minutissima	22%	Achnanthes minutissima	39%	Diatoma vulgare	7%	Diatoma vulgare	7%
		Gomphonema olivaceum	20%	Achnanthes minutissima	25%	Achnanthes minutissima	43%	Cocconeis placentula	38%
		Nitzschia palea	11%	Nitzschia palea	11%	Nitzschia palea	23%	Achnanthes minutissima	31%
VZ4	steklo	Navicula radiosa	6%	Cocconeis placentula	7%	Fragilaria pinnata	12%	Gomphonema olivaceum	15%
		Cymbella ventricosa	6%	Cocconeis placentula	7%	Cymbella ventricosa	9%	Gomphonema olivaceum	12%
		Achnanthes minutissima	74%	Cocconeis placentula	93%	Achnanthes minutissima	36%	Achnanthes minutissima	50%
		Achnanthes minutissima	7%	Achnanthes minutissima	4%	Nitzschia palea	15%	Gomphonema olivaceum	11%
VZ5	kamen	Gomphonema olivaceum	4%	Achnanthes minutissima	15%	Cocconeis placentula	15%	Achnanthes minutissima	11%
		Cocconeis placentula	98%	Nitzschia palea	28%	Fragilaria pinnata	52%	Fragilaria pinnata	9%
		Gomphonema olivaceum	70%	Achnanthes minutissima	26%	Achnanthes minutissima	5%	Diatoma vulgare	50%
		Achnanthes minutissima	12%	Achnanthes minutissima	9%	Fragilaria pinnata	14%	Achnanthes minutissima	28%
VZ6	steklo	Eumotia curvata	5%	Navicula rhyncephala	7%	Nitzschia palea	11%	Gomphonema olivaceum	3%
		Cocconeis placentula	98%	Diatoma vulgare	6%	Cocconeis placentula	8%	Achnanthes minutissima	86%
		Gomphonema olivaceum	69%	Achnanthes minutissima	27%	Achnanthes minutissima	32%	Achnanthes minutissima	30%
		Gomphonema angustatum	12%	Achnanthes minutissima	27%	Navicula rhyncephala	27%	Achnanthes minutissima	29%
VZ7	kamen	Achnanthes minutissima	9%	Cocconeis placentula	14%	Cocconeis placentula	27%	Nitzschia palea	9%
		Gomphonema olivaceum	9%	Diatoma vulgare	7%	Nitzschia palea	7%	Fragilaria pinnata	7%
		Achnanthes minutissima	69%	Achnanthes minutissima	27%	Achnanthes minutissima	34%	Diatoma vulgare	70%
		Gomphonema angustatum	12%	Nitzschia palea	25%	Nitzschia palea	25%	Achnanthes minutissima	10%
VZ8	steklo	Achnanthes minutissima	9%	Cocconeis placentula	6%	Cocconeis placentula	17%	Achnanthes minutissima	14%
		Cocconeis placentula	98%	Fragilaria pinnata	6%	Navicula radiosa	14%	Navicula radiosa	14%
		Achnanthes minutissima	76%	Achnanthes minutissima	7%	Cymbella ventricosa	6%	Cymbella ventricosa	7%
		Gomphonema olivaceum	15%	Cocconeis placentula	98%	Cocconeis placentula	67%	Cocconeis placentula	67%
VZ9	kamen	Achnanthes minutissima	76%	Achnanthes minutissima	7%	Achnanthes minutissima	12%	Achnanthes minutissima	56%
		Gomphonema olivaceum	15%	Achnanthes minutissima	7%	Achnanthes minutissima	12%	Achnanthes minutissima	15%
		Achnanthes minutissima	76%	Achnanthes minutissima	7%	Achnanthes minutissima	10%	Achnanthes minutissima	7%
		Gomphonema olivaceum	15%	Achnanthes minutissima	7%	Achnanthes minutissima	10%	Achnanthes minutissima	7%

Najbolj dominantne vrste, ki so se pojavljaje v večini vzorcev in skozi vse leto so *Achnanthes minutissima*, *Cocconeis placentula* in *Gomphonema olivaceum*. Zelo pogosto so bile v vzorcih zastopane tudi *Diatoma vulgare*, *Fragilaria pinata*, *Navicula radiosa*, *Cymbella ventricosa* in *Nitzschia palea*.

Achnanthes minutissima je bil v vzorcih prisoten skozi vse leto, in sicer na obeh tipih substratov in na vseh vzorčnih mestih.

Cocconeis placentula je bil v vzorcih prisoten skozi vse leto, na obeh tipih substratov in na vseh vzorčnih mestih, razen v spomladanskih vzorcih (18. 04. 2007).

Gomphonema olivaceum je bila v vzorcih prisotna skozi vse leto na obeh tipih substratov in na vseh vzorčnih mestih, v poletnih (17. 07. 2006) in jesenskih (18. 10. 2006) vzorcih pa je ni, oz. je zastopana le s posameznimi osebki.

Najbolj masovno se je *Diatoma vulgare* pojavila v spomladanskih vzorcih (18. 04. 2007), prek preostalega leta pa se je v vzorcih pojavljala v manjšem deležu (manj kot 10 %).

Fragilaria pinata je bila prisotna v jesenskih (18. 10. 2007) in spomladanskih (18. 04. 2007) vzorcih na obeh tipih substratov in na vseh vzorčnih mestih.

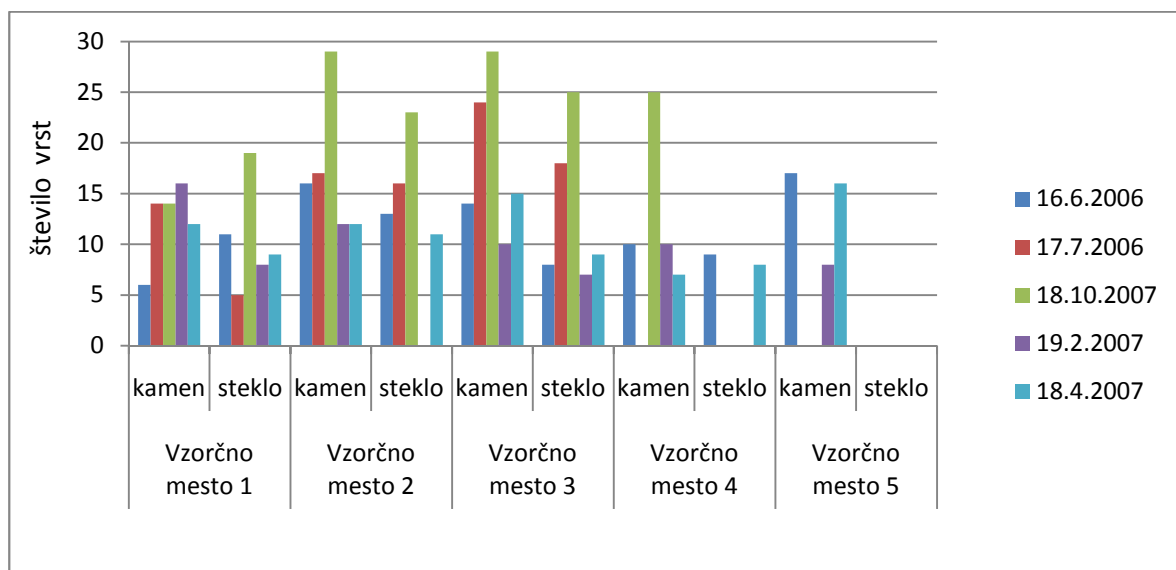
Navicula radiosa je bila v vzorcih prisotna skozi vse leto na obeh tipih substratov in na vseh vzorčnih mestih, vendar je bil delež te vrste v vzorcih zelo majhen, pogosto manj kot 1 %.

Cymbella ventricosa je bila v vzorcih prisotna skozi vse leto na obeh tipih substratov in na vseh vzorčnih mestih, vendar je bil delež te vrste v vzorcih zelo majhen. Največji delež je dosegla v poletnih (17. 07. 2006) in jesenskih (18. 10. 2006) vzorcih.

Nitzschia palea je bila v vzorcih prisotna skozi vse leto na obeh tipih substratov in na vseh vzorčnih mestih, razen na v zimskih vzorcih (19. 02. 2007).

4.2.1.2 Ostale alge

Število vrst v vzorcih je prikazano na sliki 28.



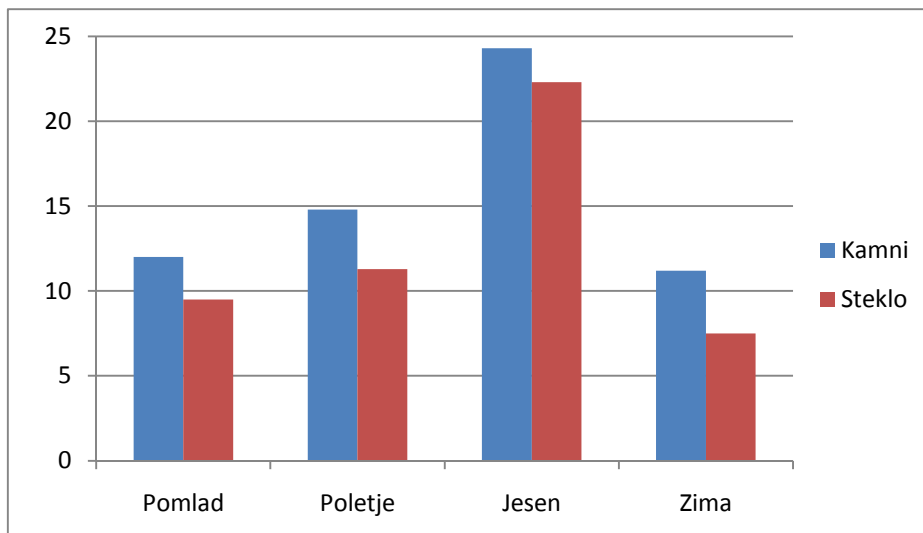
Slika 28: Povprečno število vrst ostalih alg v vzorcih po vzorčnih mestih.

Povprečno število vrst v vzorcih je bilo 13,9, kar je več, kot je bilo število vrst diatomej. Na naravnem substratu je bilo prisotnih več vrst na vseh vzorčnih mestih.

Največje število vrst na naravnem substratu je bilo na VZ3 (18,4 vrste), na umetnem substratu pa na VZ2 (15,8 vrste). Po številu vrst najbolj izstopa VZ4, kjer je bil zaznan velik upad števila vrst v primerjavi z ostalimi vzorčnimi mesti, tako na naravnih kot na umetnih substratih.

Primerjava števila vrst alg v vzorcih med letnimi časi je pokazala, da je bila združba perifitona najbolj vrstno pestra jeseni, ko je bilo v vzorcih na umetnih substratih povprečno 22,3 vrste, na naravnih substratih pa povprečno 24,3 vrste. Vrstno najmanj pestra je bila zimska združba perifitona z povprečno 11,2 vrste na vzorec na naravnih substratih in povprečno 7,5 vrste na umetnih substratih.

Povprečno število vrst v vzorcih je primerjalno po obeh tipih substratov in letnih časih prikazano na sliki 29.



Slika 29: Povprečno število vrst ostalih alg v vzorcih po letnih časih.

Relativna abundanca najbolj pogostih vrst alg, brez diatomej, je prikazana v preglednici 5. Zaradi preglednosti rezultatov so navedene le vrste, ki so imele v vzorcih zastopanost več kot 5 % vseh prešteti osebkov.

Preglednica 5: Relativna abundanca ostalih alg v vzorcih.

	16. 06. 2006	17. 07. 2006	18. 10. 2007	19. 02. 2007	18. 04. 2007						
VZ1	kamen	<i>Audouinella chalybea</i>	35%	<i>Zygnema sp.</i>	27%	<i>Zygnema sp.</i>	20%	<i>Zygnema sp.</i>	40%		
		<i>Cladophora glomerata</i>	27%	<i>Cladophora glomerata</i>	13%	<i>Audouinella chalybea</i>	12%	<i>Phormidium retzii</i>	16%	<i>Phormidium retzii</i>	24%
		<i>Ulothrix zonata</i>	19%	<i>Merismopedia glauca</i>	13%	<i>Spirogyra</i>	12%	<i>Audouinella chalybea</i>	13%	<i>Spirigya</i>	6%
		<i>Phormidium retzii</i>	8%	<i>Calothrix sp.</i>	10%	<i>Pleurocapsa minor</i>	12%	<i>Microspora sp.</i>	9%	<i>Cladophora glomerata</i>	6%
		<i>Closterium ehenbergii</i>	8%	<i>Closterium aerosum</i>	10%	<i>Pediastrum simplex</i>	8%	<i>Microspora quadrata</i>	7%	<i>Audouinella chalybea</i>	5%
	<i>Calothrix sp.</i>	4%	<i>Cosmarium sp.</i>	5%	<i>Phormidium retzii</i>	7%	<i>Plectonema sp.</i>	7%	<i>Mongeotia</i>	5%	
	steklo	<i>Ulothrix zonata</i>	36%	<i>Oedogonium sp.</i>	33%	<i>Pleurocapsa minor</i>	23%	<i>Ulothrix tenuissima</i>	50%	<i>Ulothrix zonata</i>	25%
		<i>Ulothrix tenuissima</i>	14%	<i>Ulothrix tenuissima</i>	20%	<i>Stigonema</i>	21%	<i>Tribonema spirotaenia</i>	12%	<i>Chamaesiphon incrustans</i>	14%
		<i>Phormidium retzii</i>	11%	<i>Microspora quadrata</i>	20%	<i>Oedogonium sp.</i>	10%	<i>Ulothrix zonata</i>	10%	<i>Tribonema spirotaenia</i>	14%
		<i>Closterium moniliferum</i>	11%	<i>Mongeotia sp.</i>	20%	<i>Mongeotia sp.</i>	8%	<i>Chamaesiphon incrustans</i>	10%	<i>Ulothrix tenuissima</i>	11%
<i>Microspora stagnorum</i>		6%	<i>Cladophora glomerata</i>	7%	<i>Merismopedia glauca</i>	7%	<i>Bulbocheate sp.</i>	7%	<i>Microspora stagnorum</i>	11%	
<i>Cladophora glomerata</i>	6%		6%	<i>Spirogyra</i>	4%			<i>Oscillatoria limosa</i>	11%		
VZ2	Kamen	<i>Ulothrix zonata</i>	29%	<i>Scenedesmus obliquus</i>	18%	<i>Ulothrix zonata</i>	12%	<i>Phormidium retzii</i>	22%	<i>Ulothrix tenuissima</i>	29%
		<i>Ulothrix tenuissima</i>	18%	<i>Scenedesmus ecomis</i>	18%	<i>Scenedesmus obliquus</i>	6%	<i>Microspora stagnorum</i>	17%	<i>Tribonema viride</i>	20%
		<i>Microspora quadrata</i>	8%	<i>Ulothrix zonata</i>	16%	<i>Audouinella chalybea</i>	6%	<i>Pleurocapsa minor</i>	12%	<i>Ulothrix zonata</i>	18%
		<i>Tribonema spirotaenia</i>	7%	<i>Oedogonium sp.</i>	9%	<i>Tribonema spirotaenia</i>	5%	<i>Pleurocapsa vulgaris</i>	12%	<i>Microspora stagnorum</i>	13%
		<i>Stigeoclonium tenue</i>	6%	<i>Scenedesmus linearis</i>	9%	<i>Mongeotia sp.</i>	5%	<i>Ankistrodesmus sp.</i>	10%	<i>Tribonema spirotaenia</i>	6%
	<i>Audouinella chalybea</i>	6%	<i>Ulothrix tenuissima</i>	5%	<i>Scenedesmus ecomis</i>	5%	<i>Audouinella chalybea</i>	7%	<i>Phormidium retzii</i>	6%	
	Steklo	<i>Ulothrix zonata</i>	28%	<i>Pleurocapsa minor</i>	23%	<i>Merismopedia glauca</i>	12%			<i>Ulothrix zonata</i>	50%
		<i>Pleurocapsa minor</i>	23%	<i>Ulothrix tenuissima</i>	13%	<i>Cladophora glomerata</i>	10%			<i>Microspora stagnorum</i>	10%
		<i>Stigeoclonium tenue</i>	10%	<i>Oedogonium sp.</i>	11%	<i>Tribonema spirotaenia</i>	8%			<i>Ulothrix tenuissima</i>	8%
		<i>Ulothrix tenuissima</i>	8%	<i>Scenedesmus linearis</i>	8%	<i>Scenedesmus obliquus</i>	6%			<i>Oedogonium sp.</i>	8%
<i>Phormidium retzii</i>		6%	<i>Stigeoclonium tenue</i>	8%	<i>Scenedesmus linearis</i>	5%			<i>Tribonema spirotaenia</i>	8%	
<i>Microspora stagnorum</i>	6%	<i>Tribonema spirotaenia</i>	8%	<i>Scenedesmus ecomis</i>	5%			<i>Tribonema viride</i>	6%		
VZ3	kamen	<i>Ulothrix tenuissima</i>	19%	<i>Scenedesmus obliquus</i>	20%	<i>Merismopedia glauca</i>	14%	<i>Pleurocapsa minor</i>	20%	<i>Cladophora glomerata</i>	19%
		<i>Pleurocapsa minor</i>	16%	<i>Scenedesmus ecomis</i>	15%	<i>Pleurocapsa minor</i>	14%	<i>Cladophora glomerata</i>	16%	<i>Ulothrix zonata</i>	16%
		<i>Stigeoclonium longipilum</i>	14%	<i>Ulothrix zonata</i>	12%	<i>Scenedesmus obliquus</i>	8%	<i>Oedogonium sp.</i>	11%	<i>Microspora stagnorum</i>	12%
		<i>Homoeothrix varians</i>	12%	<i>Scenedesmus linearis</i>	7%	<i>Closterium moniliferum</i>	7%	<i>Microspora stagnorum</i>	11%	<i>Ulothrix tenuissima</i>	9%
		<i>Stigeoclonium tenue</i>	9%	<i>Oedogonium sp.</i>	7%	<i>Cladophora glomerata</i>	5%	<i>Phormidium retzii</i>	11%	<i>Tribonema viride</i>	9%
	<i>Microspora quadrata</i>	9%	<i>Zygnema sp.</i>	4%	<i>Staurastrum punctulatum</i>	4%	<i>Lyngbia Maior</i>	11%	<i>Oedogonium sp.</i>	7%	
	steklo	<i>Pleurocapsa minor</i>	51%	<i>Scenedesmus obliquus</i>	24%	<i>Oedogonium sp.</i>	11%	<i>Pleurocapsa minor</i>	74%	<i>Ulothrix zonata</i>	37%
		<i>Microspora stagnorum</i>	14%	<i>Scenedesmus ecomis</i>	14%	<i>Merismopedia glauca</i>	9%	<i>Phormidium retzii</i>	9%	<i>Ulothrix tenuissima</i>	12%
		<i>Ulothrix zonata</i>	10%	<i>Pleurocapsa minor</i>	12%	<i>Scenedesmus acutus</i>	7%	<i>Stigeoclonium tenue</i>	6%	<i>Microspora stagnorum</i>	12%
		<i>Stigeoclonium longipilum</i>	8%	<i>Ulothrix zonata</i>	9%	<i>Closterium moniliferum</i>	7%	<i>Oedogonium sp.</i>	3%	<i>Tribonema spirotaenia</i>	10%
<i>Stigeoclonium tenue</i>		8%	<i>Oedogonium sp.</i>	6%	<i>Staurastrum polymorphum</i>	5%	<i>Zygnema sp.</i>	3%	<i>Oedogonium sp.</i>	10%	
<i>Tribonema viride</i>	4%	<i>Closterium ehenbergii</i>	5%	<i>Scenedesmus linearis</i>	5%	<i>Pleuricticus vulgaris</i>	3%	<i>Oedogonium sp.</i>	7%		

Preglednica 5: Relativna abundanca diatomej v vzorcih (nadaljevanje).

		16. 06. 2006	17. 07. 2006	18. 10. 2007	19. 02. 2007	18. 04. 2007	
VZ4	kamen	<i>Pleurocapsa minor</i>	43%	<i>Audouinella chalybea</i>	<i>Microspora stagnorum</i>	<i>Ulothrix zonata</i>	
		<i>Microspora quadrata</i>	21%	<i>Oedogonium</i> sp.	<i>Pleurocapsa minor</i>	<i>Ulothrix tenuissima</i>	
		<i>Audouinella chalybea</i>	9%	<i>Cladophora glomerata</i>	<i>Oedogonium</i> sp.	<i>Microspora stagnorum</i>	
	steklo	<i>Lyngbia Maior</i>	6%	<i>Closterium moniliferum</i>	<i>Audouinella chalybea</i>	<i>Tribonema viride</i>	<i>Tribonema viride</i>
		<i>Stigeoclonium tenue</i>	6%	<i>Merismopedia glauca</i>	<i>Ulothrix zonata</i>	<i>Ulothrix zonata</i>	<i>Lyngbia Maior</i>
		<i>Cladophora glomerata</i>	4%	<i>Cosmarium</i> sp.	<i>Ulothrix tenuissima</i>	<i>Ulothrix tenuissima</i>	<i>Tetraspora gelatinosa</i>
VZ5	kamen	<i>Pleurocapsa minor</i>	47%			<i>Microspora stagnorum</i>	
		<i>Ulothrix zonata</i>	14%			<i>Ulothrix tenuissima</i>	
		<i>Ulothrix tenuissima</i>	10%			<i>Ulothrix zonata</i>	
	kamen	<i>Microspora stagnorum</i>	10%			<i>Pleurocapsa minor</i>	<i>Pleurocapsa minor</i>
		<i>Audouinella chalybea</i>	6%			<i>Tribonema spirotaenia</i>	<i>Tribonema spirotaenia</i>
		<i>Lyngbia Maior</i>	20%			<i>Oedogonium</i> sp.	<i>Ulothrix tenuissima</i>
	<i>Stigeoclonium tenue</i>	19%			<i>Microspora stagnorum</i>	<i>Lyngbia Maior</i>	
	<i>Ulothrix zonata</i>	15%			<i>Audouinella chalybea</i>	<i>Ulothrix zonata</i>	
	<i>Ulothrix tenuissima</i>	15%			<i>Tribonema viride</i>	<i>Phormidium reitzi</i>	
	<i>Tribonema viride</i>	5%			<i>Stigeoclonium tenue</i>	<i>Tribonema viride</i>	
	<i>Oedogonium</i> sp.	4%			<i>Tribonema spirotaenia</i>	<i>Stigeoclonium tenue</i>	

Najbolj dominantne vrste, ki so se pojavljaje v večini vzorcev in skozi vse leto, so *Merismopedia glauca*, *Phormidium retzii*, *Tribonema spiroteania*, *Tribonema viride*, *Audouinella chalybea*, *Ulothrix tenuissima*, *Ulothrix zonata*, *Oedogonium sp.* in *Cladophora glomerata*.

Merismopedia glauca je bila v vzorcih prisotna skozi vse leto na obeh tipih substratov in na vseh vzorčnih mestih, vendar je bil delež te vrste v vzorcih zelo majhen. Največji delež je dosegla v jesenskih (18. 10. 2006) vzorcih (max VZ3 kamen 14 %).

Phormidium retzii je bil v vzorcih prisoten skozi vse leto na obeh tipih substratov in na vseh vzorčnih mestih. V poletnih (17. 07. 2006) in jesenskih (18. 10. 2006) vzorcih pa je delež majhen.

Tribonema spiroteania se ni pojavila na VZ1 na nobenem substratu, razen na steklu v zimskem (19. 02. 2007) in spomladanskem vzorcu (18. 04. 2007).

Tribonema viride se je pojavljala le na VZ4 in VZ5, na ostalih pa le izjemoma.

Audouinella chalybea se je na VZ1 pojavljala le na kamnih, na steklu pa le na dveh vzorcih in še na teh le z zelo majhnim deležem. Navzdol po toku ni bilo opaziti takega trenda.

Ulothrix tenuissima in *Ulothrix zonata* sta bila prisotna skozi vse leto na obeh tipih substratov in na vseh vzorčnih mestih. Največji delež je v spomladanskih (16. 06. 2006 in 18. 04. 2007) in poletnih vzorcih (17. 07. 2006), jeseni (18. 10. 2006) in pozimi (19. 02. 2007) pa je njun delež v vzorcih padel.

Oedogonium sp. je bil v vzorcih prisoten skozi vse leto na obeh tipih substratov in na vseh vzorčnih mestih. 16. 06. 2006 je bil njegov delež v združbi perifitona najmanjši.

Najbolj izstopajoč trend pri vrsti *Cladophora glomerata* se je pokazal na VZ1, kjer je bila velika razlika med tipoma substratov, saj je bila na kamnu prisotna v vseh vzorcih skozi vse leto, na steklu pa le v poletnih vzorcih. Podoben trend se je pojavil na VZ3.

Relativna abundanca:

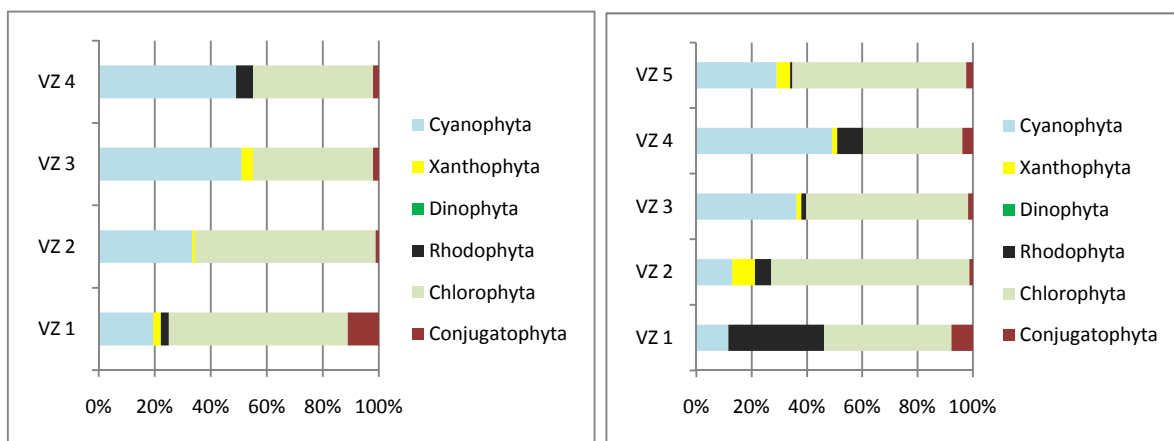
16. 06. 2006 (poletje 1)

Cyanophyta so bile najbolj zastopane z vrstama *Phormidium retzii* in *Pleurocapsa minor*.

Rhodophyta je veliko bolj zastopana na kamnih kot na steklu. Glavna vrsta je *Audouinella chylabea*.

Združba na umetnih in naravnih substratih je bila zelo podobna. Na obeh substratih je večinski delež predstavljala skupina *Clorophyta*, z vrstama *Cladophora glomerata* in *Audouinella chalybaea*.

Struktura junijske poletje združbe na nivoju debel na obeh tipih substratov je prikazana na slikah 30 in 31.

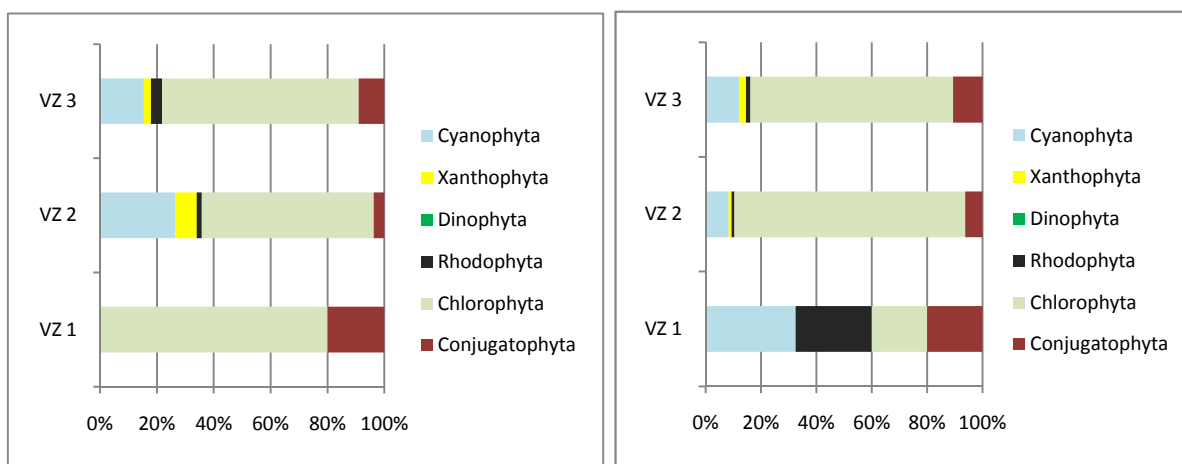


Slika 30 in 31: Struktura združbe na taksonomskem nivoju debel, poletje 1.

17. 07. 2006 (poletje 2)

Združbi na različnih substratih sta si bili relativno podobni. Največji delež na obeh substratih je predstavljala skupina Chlorophyta, z vrstami *Ulothrix zonata*, *Ulothrix tenuissima*, *Scenedesmus obliquus* in *Scenedesmus ecornis*. Cyanophyta so bile najbolj zastopane z vrstama *Phormidium retzii* in *Pleurocapsa minor*.

Struktura julijske poletne združbe na nivoju debel na obeh tipih substratov je prikazana na slikah 32 in 33.



Slika 32 in 33: Struktura združbe na taksonomskem nivoju debel, poletje 2.

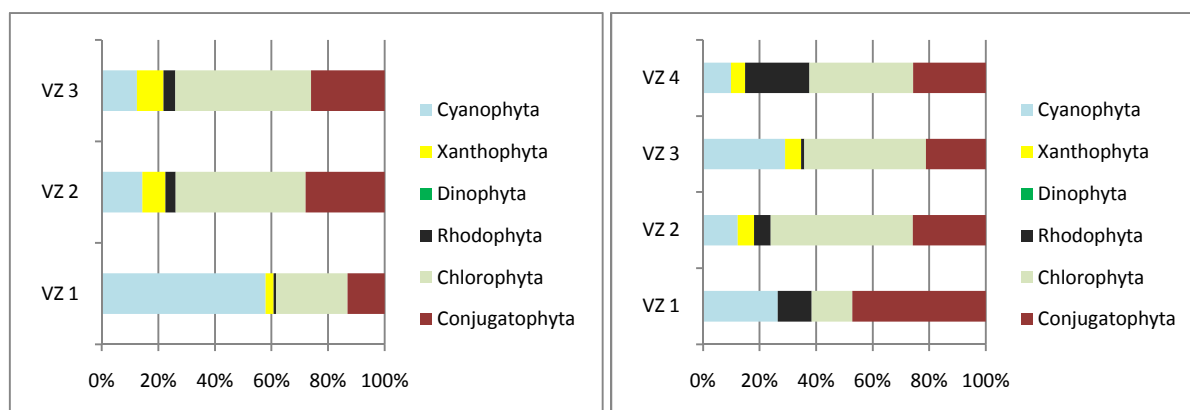
18. 10. 2006 (jesen)

Delež Conjugatophyta se je v primerjavi s poletnimi vzorci povečal, manj pa je *Chlorophyta*. Najbolj pogoste vrste med Conjugatophyta so bile *Zygnema* sp., *Mougeotia* sp. in *Closterium moniliferum*.

Rhodophyta je veliko bolj zastopana na kamnih kot na steklu. Glavna vrsta je *Audouinella chylabea*.

Cyanophyta so bile najbolj zastopane z vrstama *Phormidium retzii* in *Pleurocapsa minor*.

Struktura jesenske združbe na nivoju debel na obeh tipih substratov je prikazana na slikah 34 in 35.



Steklo

Kamen

Slika 34 in 35: Struktura združbe na taksonomskem nivoju debel, jesen.

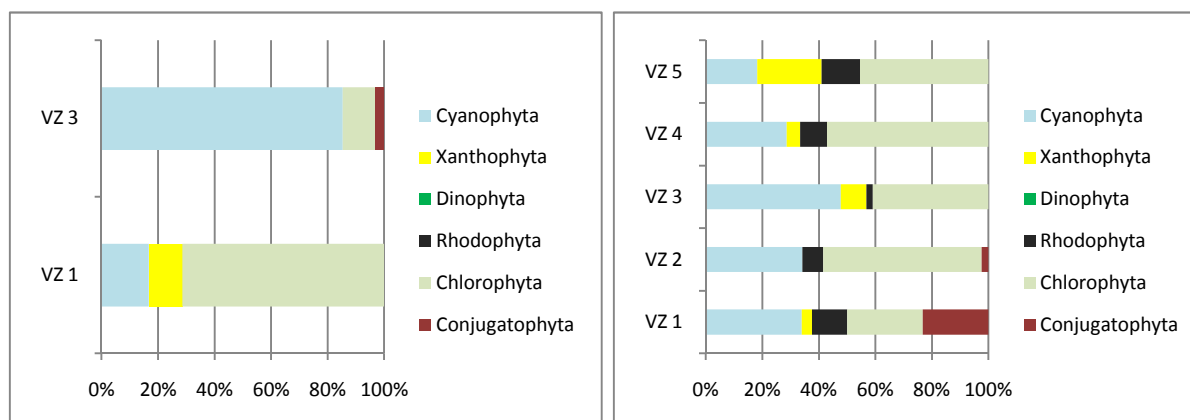
19. 02. 2007 (zima)

Conjugatophyta so skoraj izginile iz združbe, glavna vrsta je *Oedogonium sp.*

Rhodophyta je veliko bolj zastopana na kamnih kot na steklu. Glavna vrsta je *Audouinella chylabea*.

Cyanophyta so bile najbolj zastopane z vrstama *Phormidium retzii* in *Pleurocapsa minor*.

Struktura zimske združbe na nivoju debel na obeh tipih substratov je prikazana na slikah 36 in 37.



Steklo

Kamen

Slika 36 in 37: Struktura združbe na taksonomskem nivoju debel, zima.

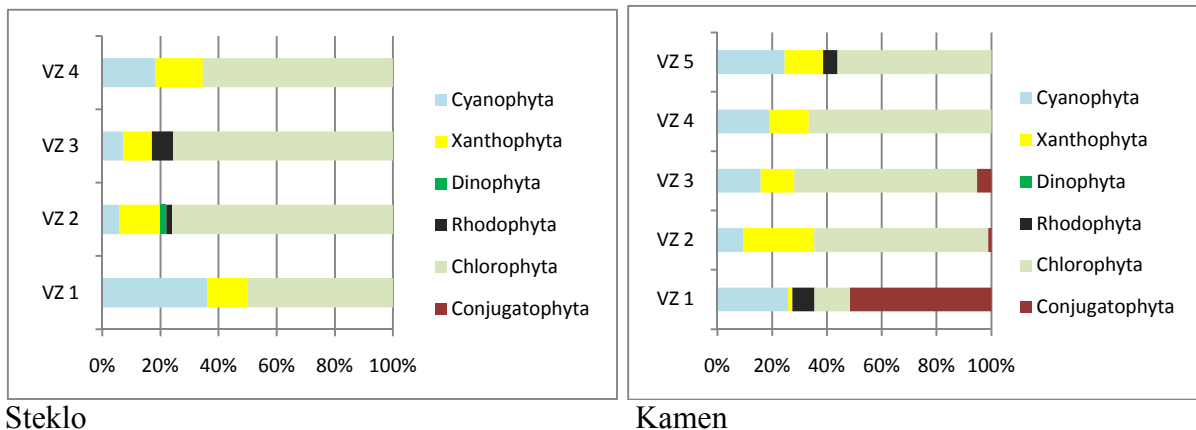
18. 04. 2007 (pomlad)

Na obeh substratih je večinski delež predstavljal skupina Chlorophyta, z vrstami *Ulothrix zonata*, *Ulothrix tenuissima*, in *Microspora stagnorum*.

Xanthophyta so bile najbolj zastopane z vrsto *Microspora stagnorum*.

Conjugatophyta so skoraj izginile iz združbe, glavna iz tega rodu je *Oedogonium sp.*

Struktura spomladanske združbe na nivoju debel na obeh tipih substratov je prikazana na slikah 38 in 39.



Steklo

Kamen

Slika 38 in 39: Struktura združbe na taksonomskem nivoju debel, pomlad.

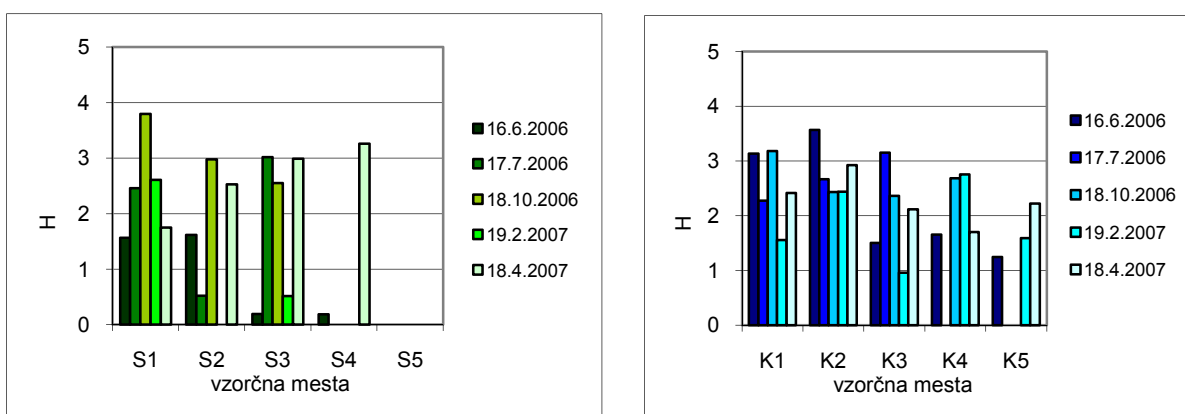
4.2.2 SHANNON-WIENERJEV DIVERZITETNI INDEKS (H')

4.2.2.1 Diatomeje

Primerjava diverzitetnega indeksa med vzorci na naravnem in umetnem substratu je pokazala, da so bile na naravnem substratu združbe bolj raznovrstne. Najvišji diverzitetni indeks, in sicer 3,8 je imel vzorec S1–18. 10. 2006, najnižjega pa 0,2 in sicer vzorec S3–16. 06. 2006.

Povprečna vrednost diverzitetnega indeksa na kamnih je bila 2,3. Povprečna vrednost diverzitetnega indeksa na steklih pa 2,0.

Primerjava diverzitetnih indeksov združb na naravnem in umetnem substratu je prikazana na slikah 40 in 41.



Steklo

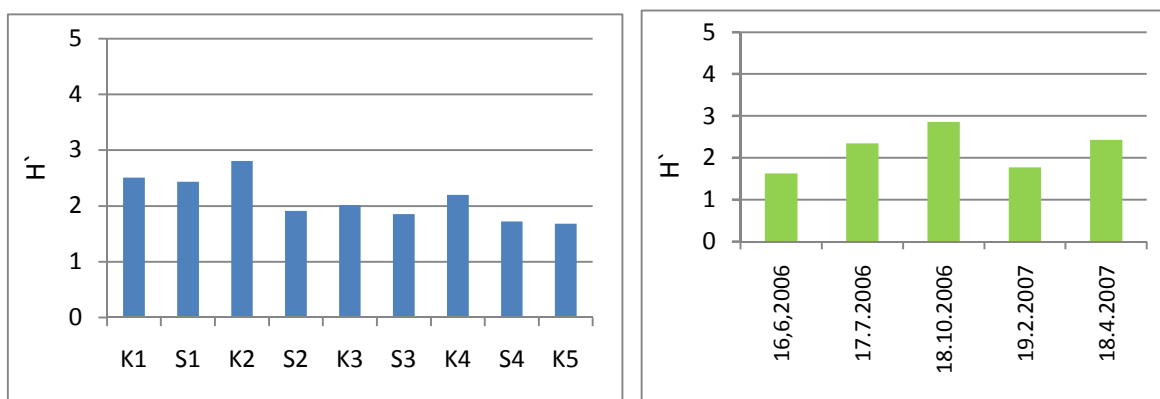
Kamen

Slika 40 in 41: Diverzitetni indeks H' , primerjava med dvema tipoma substratov.

Primerjava povprečja diverzitetnih indeksov med vzorčnimi mesti kaže na najbolj pestro združbo diatomej na obeh tipih substratov na VZ1. Pestrost združbe se je potem proti VZ5 manjšala, z izjemo naravnega substrata na VZ4.

Največja pestrost združbe je bila, gledano letne čase, jeseni (18. 10. 2006), povprečni diverzitetni indeks vzorcev tega datuma je 2,9. Po pestrosti sledita spomladanski vzorec in drugi poletni vzorec. Najmanj pestra združba diatomej je bila v zimskem vzorcu, s povprečno vrednostjo diverzitetnega indeksa 1,8.

Primerjava diverzitetnih indeksov združb po vzorčnih mestih in letnih časih je prikazana na slikah 42 in 43.

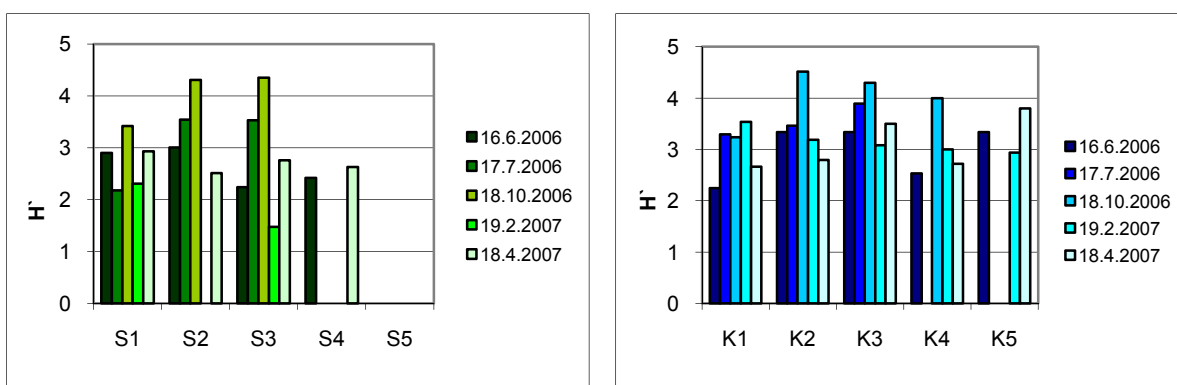


Slika 42 in 43: Diverzitetni indeks H' , primerjava po vzorčnih mestih in letnih časih.

4.2.2.2 Ostale alge

Podobno kot pri diatomejah, je bila združba ostalih alg bolj pestra na naravnem substratu kot na steklih. Povprečna vrednost diverzitetnega indeksa vzorcev na kamnih je bila 3,3. Povprečna vrednost indeksa na steklih pa je bila 2,9. Najvišjo vrednost diverzitetnega indeksa, in sicer 4,5, je imel vzorec K2–18. 10. 2006, najnižjega pa 1,5 vzorec S3–19. 02. 2006.

Primerjava diverzitetnih indeksov združb na naravnem in umetnem substratu je prikazana na slikah 44 in 45.



Steklo

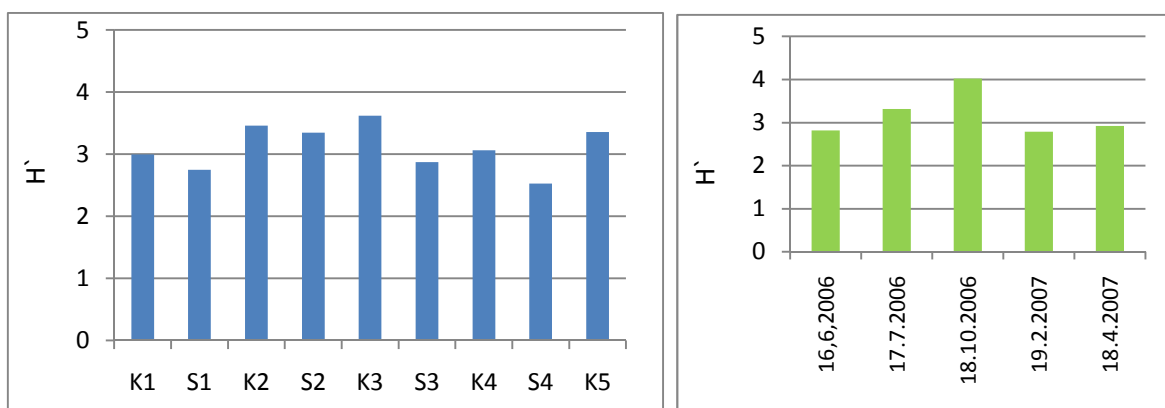
Kamen

Slika 44 in 45: Diverzitetni indeks H' , primerjava med dvema tipoma substratov.

Primerjava pestrosti združb med letnimi časi je pokazala največjo pestrost jesenskih združb (18. 10. 2006), povprečna vrednost diverzitetnega indeksa jesenskih vzorcev je bila 4,0. Po pestrosti so sledili drugi poletni vzorci (povprečna vrednost indeksa 3,3) in spomladanski vzorci (povprečna vrednost indeksa 2,9). Najmanj pestra je bila zimska združba s povprečno vrednostjo indeksa 2,8.

Združba ostalih alg je imela povprečne vrednosti diverzitetnih indeksov v primerjavi z diatomejami višje, tako primerjalno med vzorčnimi mesti kot med letnimi časi. Največje razlike so se pokazale med vzorčnimik mesti K5, K3 in S2

Primerjava diverzitetnih indeksov združb po vzorčnih mestih in letnih časih je prikazana na slikah 46 in 47.



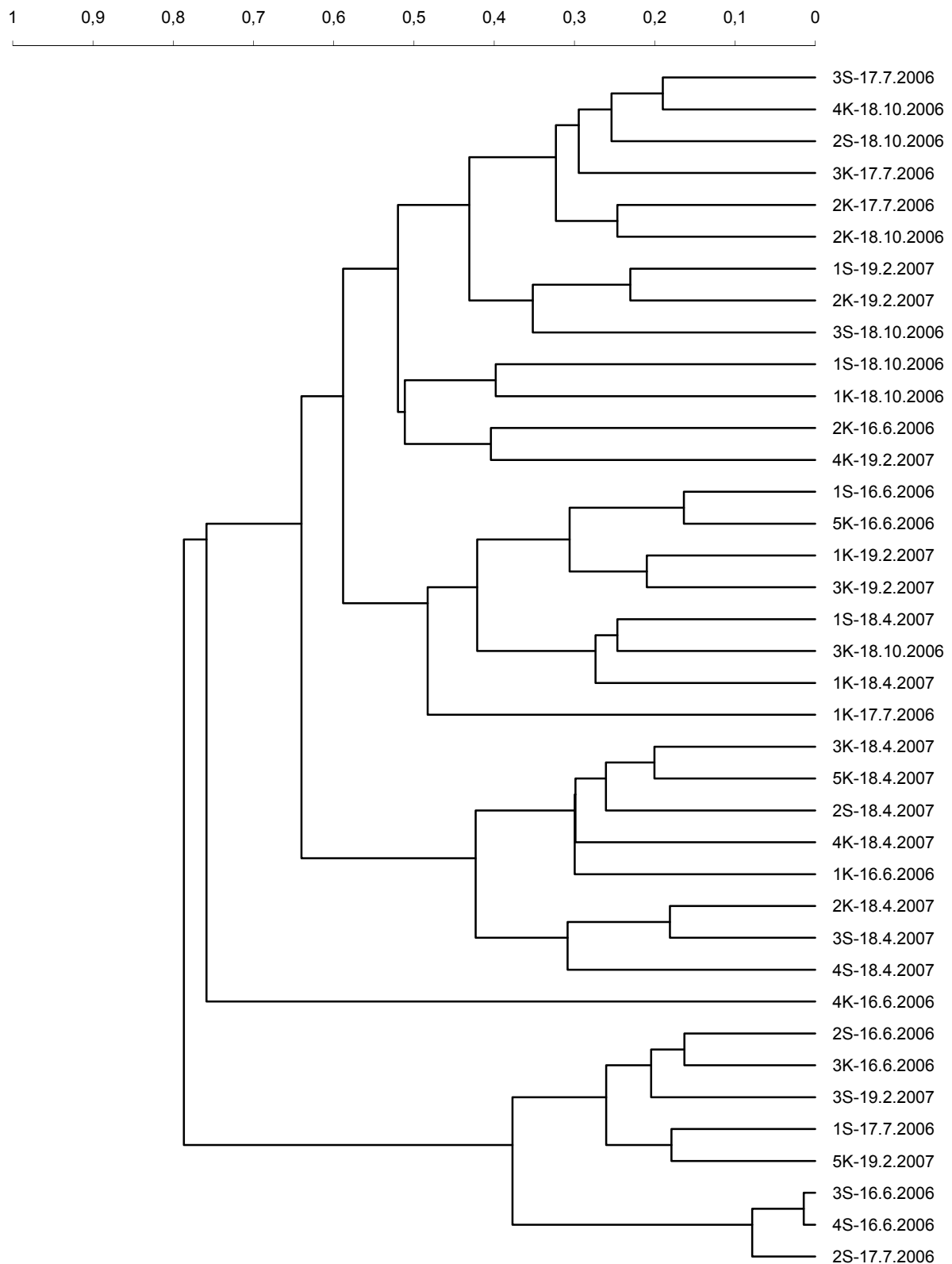
Slika 46 in 47: Diverzitetni indeks H' , primerjava po vzorčnih mestih in letnih časih.

4.2.3 BRAY-COURTISOV INDEKS PODOBNOSTI

4.2.3.1 Diatomeje

Podobnost med vzorci po primerjavi vrstne sestave diatomej je prikazana v obliki dendrograma v preglednici 6.

Preglednica 6: Bray-Courtisov indeks podobnosti – diatomeje.

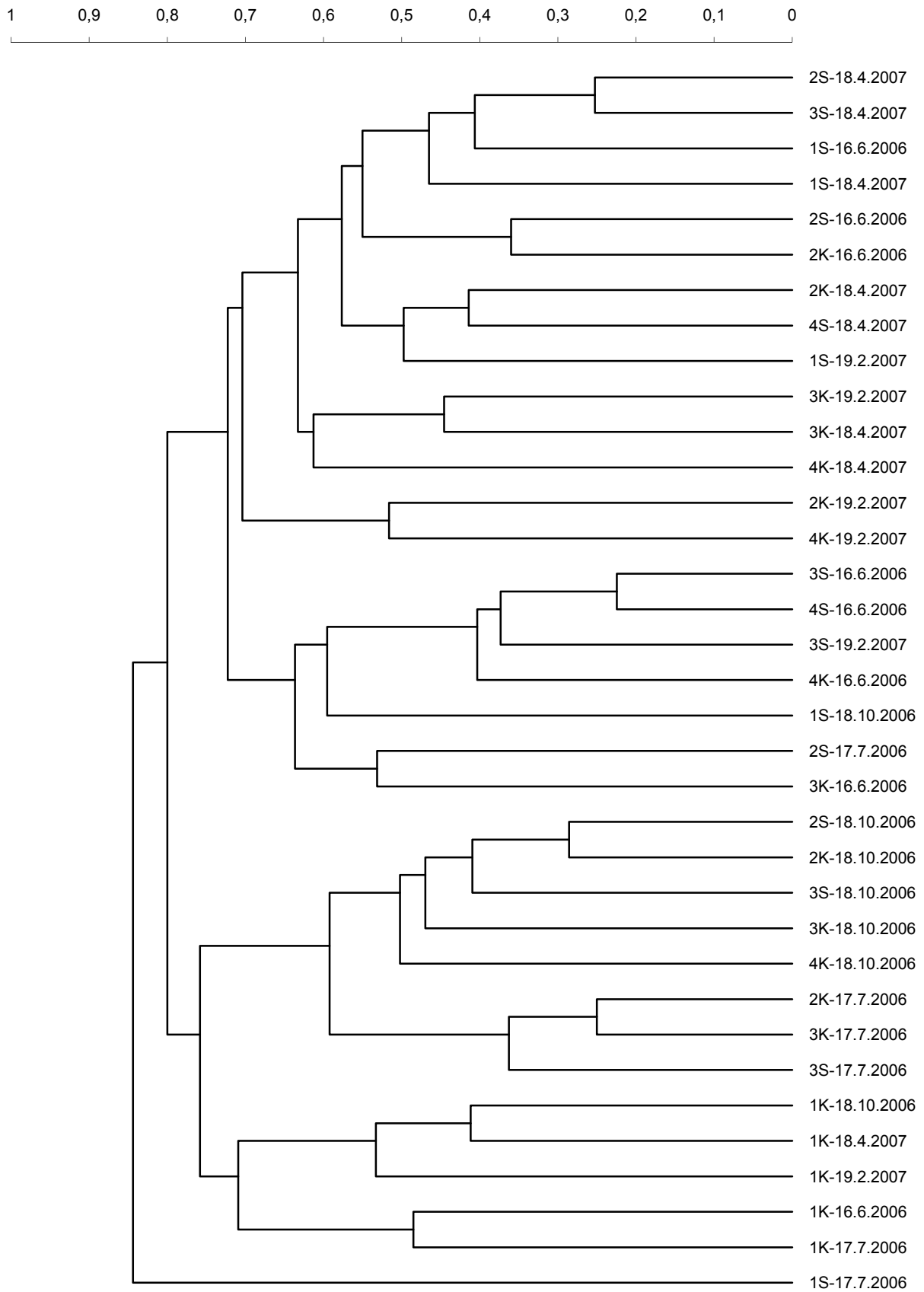


- Največja podrobnost je bila med vzorcema 3S in 4S na datum 16. 06. 2006. V obeh vzorcih je z 98 % deležem prevladoval *Cocconeis placentula*.
- 85 % podobnost najdemo med 2S in 3K z datumom 16. 06. 2006, kjer so bile glavne vrste *Cocconeis placentula*, *Achnanthes minutissima* in *Gomphonema olivaceum*.
- 83 % podobnost je med 1S in 5K z datumom 16. 06. 2006, kjer sta bila glavni vrsti *Achnanthes minutissima* in *Gomphonema olivaceum*.
- 81 % podobnost najdemo med 2K in 3S z datumom 18. 04. 2007, kjer sta bila glavni vrsti *Diathoma vulgare* in *Achnanthes minutissima*.
- 80 % podobnost je med 1k in 3K z datumom 19. 02. 2007, kjer sta bila glavni vrsti *Achnanthes minutissima* in *Gomphonema olivaceum*.
- 80 % podobnost je med 3k in 5K z datumom 18. 04. 2007, kjer so bile glavne vrste *Diathoma vulgare*, *Achnanthes minutissima* in *Nitzschia palea*.
- 76 % podobnost je med VZ 2 kamen z datumi 17 .07. 2006 in 18. 10. 2006 glavne vrste so bile: *Achnanthes minutissima*, *Nitzschia palea* in *Cymbella ventricosa* .
- 75 % podobnost je med vzorcema 1S in 2K z datumom 19. 02. 2007, kjer so glavne vrste: *Cocconeis placentula*, *Achnanthes minutissima* in *Gomphonema olivaceum*.
- 60 % podobnost je med vzorcema 1S in 1K z datumom 18. 04. 2007. Glavne vrste so: *Achnanthes minutissima*, *Gomphonema olivaceum* in *Fragilaria pinnata*.

4.2.3.2 Ostale alge

Podobnost med vzorci po primerjavi vrstne sestave ostalih alg je v obliki dendrograma prikazana v preglednici 7.

Preglednica 7: Bray-Courtisov indeks podobnosti – ostale alge.



- 78 % podobnost je med 3S in 4S z datumom 16. 06. 2006, kjer so bile glavne vrste: *Pleurocapsa minor*, *Ulothrix zonata*, in *Microspora stagnorum*
- 75 % podobnost je med 2S in 3S z datumom 18. 04. 2007, kjer so bile glavne vrste: *Ulothrix zonata*, *Ulothrix tenuissima* in *Microspora stagnorum*.
- 75 % podobnost je med 2K in 3K z datumom 17. 07. 2006, kjer so bile glavne vrste: *Scenedesmus obliquus*, *Scenedesmus ecornis*, *Ulothrix zonata* in *Oedogonium* sp.
- 72 % podobnost je med 2S in 3K z datumom 18. 10. 2006, kjer sta bile glavni vrsti: *Tribonema spirotanenia* in *Scenedesmus obliquus*
- 64 % podobnost je med 2S in 2K z datumom 16. 06. 2006, kjer so bile glavne vrste: *Ulothrix zonata*, *Ulothrix tenuissima* in *Stigeoclonium tenue*.
- 58 % podobnost je med 2K in 4S z datumom 18. 04. 2007, kjer so bile glavne vrste: *Ulothrix zonata*, *Ulothrix tenuissima*, *Tribonema viride* in *Tribonema spirotanenia*.
- 48 % podobnost je med 2K in 4K z datumom 19. 02. 2007, kjer so bile glavne vrste: *Microspora stagnorum*, *Pleurocapsa minor* in *Audouinella chalybea*.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Idrijca je reka s tipičnim hudourniškim značajem. Teče po območju, kjer je 500 let deloval rudnik živega srebra in je okolje zelo obremenjeno z živim srebrom. Struga reke Idrijce je po klasifikaciji urejanja vodotokov večinoma v razredu delno naravnih vodotokov, na območju med Idrijo in Spodnjo Idrijo pa se pojavljajo tudi odseki s tehnično urejeno strugo. Manjši pritoki Idrijce so v boljšem stanju, saj gre za naravne vodotoke.

Vzorčna mesta, ki smo jih uporabili v tej raziskavi, se že uporabljajo tudi v drugih raziskavah. Ena od teh raziskav je metilacija živega srebra in pomen perifitona v tem procesu. Vzorčna mesta so bila izbrana načrtno tako, da pokrivajo čim večjo pestrost biotskih in abiotskih dejavnikov v Idrijci. Prvo merilno mesto je približno 9,5 km od izvira Idrijce. Razdalja med prvim in petim vzorčnim mestom je približno 42 km. Razdalje med vzorčnimi mesti niso enakomerne.

Namen raziskave je bil ugotoviti selektivnost umetnega substrata, to je steklenih ploščic, za poselitev s perifitonsko združbo in primerjava združbe na umetnem substratu z združbo na naravnem substratu. Poudarek je bil na diatomejah, saj naj bi le-te najboljše odražale stanje voda in se prve odzvale na spremembe. Steklene ploščice so bile vedno potopljene najmanj štiri tedne, saj je bil to čas, ki se ga v literaturi omenja kot zadostnega, da se na njem razvije zrela perifitonska združba. Lowe in Gale (1980) sta sicer tej trditvi oporekala, saj se je v njuni raziskavi izkazalo, da je čas, potreben za razvoj zrele perifitonske združbe, močno odvisen od sezone, veliko vlogo ima tudi globina, na kateri so substrati; na manjših globinah se zrela združba namreč razvije hitreje.

Tudi Duong in sod. (2007) niso ugotovili bistvenih razlik v združbi (vrstna pestrost in diverzitetni indeks) v odvisnosti od trajanja kolonizacije na umetnih substratih; ko je primerjal kolonizacijske vzorce steklenih umetnih substratih na treh vzorčnih mestih hidrosistema Red-Nhue-Tolich, ki so bili izpostavljeni različni urbani poluciji.

Ob vsakokratnem vzorčenju perifitona smo opravili tudi meritve fizikalni kemijskih dejavnikov. Vzorčenje smo vedno začeli v jutranjem času na vzorčnem mestu 1, ki se je nahajalo najbližje izviru Idrijce, in se nato pomikali proti toku navzdol proti VZ5.

Temperatura vode se je v Glinščici tekom leta precej spreminjala. Na vseh vzorčnih mestih je bilo opaziti sezonsko dinamiko z najnižjimi temperaturami pozimi in najvišjimi poleti. Najnižja izmerjena temperatura je bila pozimi (februar) na VZ1, in sicer 4,8 °C. Najvišja temperatura pa je bila izmerjena na VZ5, in sicer 17,9 °C.

Primerjava med pomladjo (april) in jesenjo (oktober) pa pokaže na višje temperature v aprilu, je bila povprečna temperatura 11,3 °C, povprečna oktobrška pa 8,5 °C. Po podatkih Agencije RS za okolje je bila energija globalnega obsevanja za obdobje 1971–2000 v aprilu povprečno okoli 120 kWh/m², v oktobru pa le 70 kWh/m². Podatki so sicer podani za Ljubljano, vendar so relevanten podatek tudi za območje reke Idrijce. Tako je bila višja temperatura v aprilu tudi

pričakovana. Prav tako je pričakovana višja temperatura v juliju kot v juniju, kar so potrdile meritve. Povprečna izmerjena junijska temperatura je bila 14,0 °C, julijska pa 14,4 °C.

Na sliki 18 smo prikazali razliko v temperaturi vode med vzorčnimi mesti. Najnižja temperatura pa v okviru enega dne ni bila izmerjena na VZ1, kot bi pričakovali, ampak je bila v obeh poletnih vzorčenjih najnižja temperatura izmerjena na VZ2. Pričakovali smo tudi, da bodo razlike v temperaturi vode na VZ1, ki je najbližje izviru, najmanjše in da se bodo po toku navzdol te razlike povečevale. Relativno visoke temperature v poletnih mesecih na VZ1 so lahko posledice razmeroma široke in hkrati plitve struge na mestu vzorčenja ter hkrati velike osončenosti odseka, kjer je bil postavljen vzorčevalnik. Najmanjše razlike med letnimi časi so bile na VZ3. Vzrok za majhne razlike je najverjetneje gosta obrečna vegetacija, ki je spomladi in poleti precej zmanjševala osončenost struge, ko pa je listje jeseni odpadlo, je bila struga bolj osončena in je bila temperatura vode v primerjavi z gorvodno ležečim VZ2 precej višja. Naraščanje temperature po toku navzdol proti VZ5 je pričakovano.

Izmerjene vrednosti pH so se precej razlikovale med vzorčnimi mesti in prav tako med letnimi časi. Najvišje vrednosti so bile izmerjene na vseh vzorčnih mestih v spomladanskem vzorčenju. Povprečna vrednost pH spomladi je bila 8,4.

Zelo izrazit dvig pH v primerjavi s prejšnjim vzorčnim mestom je na VZ3. Nekaj sto metrov nad tem vzorčnim mestom je izpust iz čistilne naprave, zato je v vodi veliko hranil, in so pogoji optimalni za rast perifitona. Na tem vzorčnem mestu smo tudi sicer opazili najbolj debelo plast perifitona. Zelo veliko fotosintezno aktivnost na tem vzorčnem mestu kaže tudi nasičenost s kisikom, ki je v spomladanskem vzorčenju znašala 132 %.

Najnižji pH, povprečno 7,4, je bil izmerjen v prvem pomladnem vzorčenju (junij). Najnižji je bil na VZ1, najvišji pa na VZ4. Vzrok bi lahko bila faza v razvoju perifitona, ko zaradi anaerobnih pogojev v spodnjih plasteh združbe zaradi debeline plasti že vladajo anaerobni pogoji in perifiton odmira. Tudi v drugem poletnem vzorčenju je bil pH še precej nizek, vendar razlika že nakazuje obnovo združbe po junijskem plavljenju. S to predpostavko se ujema izmerjena nasičenost s kisikom, ki je bila junija povprečno 84 %, kar kaže na odmiranje perifitona na presežek respiratornih procesov; julija pa je bila nasičenost s kisikom povprečno 110 %, kar kaže na presežek fotosinteznih procesov.

Kisik v vodi smo merili kot vsebnost kisika in kot nasičenost vode s kisikom. Vsebnost kisika v vodi je prikazana na sliki 20, nasičenost s kisikom pa na sliki 21.

Izmerjena vsebnost kisika v vodi se je precej spreminjala na vzorčnih mestih po toku navzdol in prav tako, če primerjamo vsebnost kisika, v letnih časih. V izmerjenih vrednostih ni nekega trenda, ki je opazen pri večini ostalih merjenih parametrov.

Visoko vsebnost kisika je mogoče pričakovati v hladnejših mesecih, saj je pri nižjih temperaturah v vodi več kisika. Prav tako pa je lahko veliko kisika v vodi v toplejših mesecih, vendar zaradi biogenega prezračevanja. V hladnejši vodi je več kisika, kljub temu pa je nasičenost običajno pod 100 %, saj so fotosintezni in respiratorni procesi uravnoteženi. V toplejših mesecih je zaradi ugodnejših razmer je veliko več fotosintezne aktivnosti, pri čemer nastaja kisik. V takšnih razmerah je nasičenost s kisikom več kot 100 %. Visoka nasičenost s kisikom pomeni pogosto s hranili obremenjeno vodo.

Najvišja vsebnost s kisikom je bila izmerjena spomladi na VZ3 (14,0 O₂ mg/l), nasičenost s kisikom je bila kar 132 %. V istem vzorcu je bila izmerjena tudi najvišja vsebnost nitratov (4,2 NO₂ mg/l). Vsi podatki kažejo na veliko hranil v vodi na tem vzorčnem mestu in na ekstremno fotosintezno aktivnost spomladi. Nasičenost s kisikom je bila višja od 100 % tudi poletnih junijskih in jesenskih vzorcih. Nizka nasičenost v julijskih vzorcih se ujema z podatki o pH, ki se je rahlo povečal in kaže na ponovno rast perifitona po junijskem odmiranju in plavljenju. Najnižja nasičenost s kisikom je bila izmerjena ravno v junijskih vzorcih, kar se da razložiti s fazo odmiranja perifitona po spomladanskem intenzivnem priraščanju in intenzivne procese razgradnje organske biomase, ki porabijo ogromno kisika. V teh vzorcih nasičenost ni presegla 100 %, najnižja je bila na VZ2, le 75 %. V zimskih vzorcih je bila nasičenost višja od 100 % le na VZ1, in sicer 111 %, na vseh ostalih pa nižja, najnižja je bila na VZ3, 89 %. Relativna visoka nasičenost na VZ1 je lahko posledica osončenosti vzorčnega mesta, ker obrežna vegetacija ni bila olistana.

Na izmerjeno vsebnost kisika in nasičenost vplivajo tudi drugi faktorji. Ker smo vzorčenje vedno pričeli zjutraj na VZ1, bi bili rezultati lahko precej drugačni, če bi nasičenost merili popoldan, ko bi bili naravni in umetni substrati dlje časa osončeni.

Elektroprevodnost je grafično prikazana na sliki 22. Izmerjena prevodnost je bila zelo podobna, če primerjamo vzorčna mesta v istem dnevu vzorčenja. Vrednosti so bile med 250 in 350 μS/cm. Precej nižja je bila prevodnost pozimi, ko je bila v povprečju le 123 μS/cm. Tako nizke vrednosti so delno posledica nizkih temperatur, saj temperatura vpliva na prevodnost. Pozimi je zaradi nižjih temperatur počasnejši proces razgradnje organskih snovi v vodi, zato je posledično tudi manj metabolnih produktov. V tem obdobju leta na prispevnih območjih površinskih vodotokov ni kmetijskih aktivnosti, ki posredno vplivajo na količino ionov v vodi (gnojenje, oranje). Ker pred zimskim vzorčenjem dolgo ni bilo padavin, je zelo nizka prevodnost verjetno najbolj povezana s posledično majhno količino raztopljenih in suspendiranih snovi v vodi. Nizka prevodnost zimskega vzorca sovпада z manjšo natehtano sušino.

Rahlo nižja prevodnost junijskega vzorca z julijskim se ujema tudi z malo manjšo sušino v julijskem vzorcu. Enako se prevodnost ujema s sušino v jesenskem vzorcu, z izjemo VZ3, ki pri natehtani sušini precej izstopa (težave s filtrirnim papirjem). Spomladanska prevodnost je bila malo nižja kot julijska, ujema se s podatki o sušini, ki je bila po vrednosti podobna poletnim vzorcem.

Najvišja prevodnost je bila izmerjena jeseni. Razlog za to je višek padavin v tem letnem času, zaradi česar se v reko spirajo padavinske vode s prispevnega območja, ki so bogate z različnimi ioni in organskimi snovmi. V teh vzorcih je bila izmerjena tudi največja sušina.

Sušina je prikazana na sliki 25. Izmerjene vrednosti sušine se ujemajo z izmerjeno elektroprevodnostjo. Vrednosti sušine so bile najnižje v julijskih in aprilskih vzorcih, enako je bilo s sušino. Najvišje vrednosti so bile izmerjene v jesenskih vzorcih. Vzrok za odstopanje sušine na VZ3 v jesenskem vzorcu je bila težava pri ločevanju filtrirnega papirja od folije, na kateri se je sušil.

Relacijo med sušino in elektroprevodnostjo smo razložili že v prejšnjem poglavju.

Izmerjene vrednosti nitratov v vzorcih smo prikazali na sliki 23. Vsebnost nitratov je bila zelo podobna primerjalno med letnimi časi in med vzorčnimi mesti v okviru enega vzorčenja, in sicer od 1,2 mg/l do 4,5 mg/l.

Primerjalno po letnih časih so bile najnižje vrednosti v junijskih vzorcih. Razlog za to je bila verjetno velika biomasa perifitona, ki je vezal ogromne količine nitratov in ki je bil v tem času že v procesu odmiranja spodnjih plasti združbe. V juliju je bilo v primerjavi z junijem nitratov več, kar lahko razložimo z manjšo biomaso perifitona, ki je bil po junijskem plavljenju v fazi obnavljanja. Najvišje vrednosti nitratov so bile izmerjene v zimskih mesecih, kar je povezano z neugodnimi temperaturnimi in svetlobnimi razmerami za rast perifitona, ki posledično nitratov iz vode ni mogel vgraditi v svojo biomaso, oziroma se je to dogajalo v minimalnih okvirih, in so nitrati zato ostajali v vodi.

Gledano primerjalno po vzorčnih mestih povprečje vseh letnih časov pokaže precejšen porast nitratov v vodi na VZ3, kar je posledica izpusta očiščenih komunalnih vod iz čistilne naprave nekaj sto metrov gorvodno od tega vzorčnega mesta.

Nobena od izmerjenih vrednosti nitratov ni preseгла 10 mg/l, kar bi kazalo na obremenitev reke Idrijce z izpusti komunalnih odpadnih vod v sam vodotok ali pa na veliko obremenitev zaradi intenzivnega gnojenja kmetijskih površin.

Rezultati meritev fosfatov so prikazani na sliki 24. Vsebnost fosfatov je bila zelo nizka, vrednosti se gibljejo okoli 0,02 mg/l. Izstopa le jesenski vzorec na VZ3, ki je imel vrednost 0,05 mg/l. Veliko odstopanje bi lahko bila posledica napake ali pa morebitnih vzdrževalnih del na čistilni napravi, ki bi lahko v tej situaciji v Idrijco izpustila s fosforjem bolj obremenjene vode. Večja verjetnost je, da je prišlo do napake pri merjenju vsebnosti fosfatov. Kljub predpostavki, da ni prišlo do napake pri meritvah v jesenskem vzorcu na VZ3 in je bila vsebnost fosfatov res 0,05 mg/l, je to še vedno relativno nizka vrednost. Ker so fosfati običajno limitirajoč dejavnik za rast perifitona, je bilo pričakovati, da bodo vrednosti nizke. Meritve so torej pokazale, da je Idrijca malo obremenjena s fosfati.

Pri analizi združbe diatomej smo najprej primerjali število vrst, ki so bile prisotne v odvzetih vzorcih. Na obeh tipih substratov skupaj smo določili 55 različnih vrst diatomej. Lowe in Gale (1980) sta na naravnih substratih našla le 38 vrst diatomej, torej lahko rečemo, da je reka Idrijca vrstno bolj pestra kot reka Susquehanna v Pelsinvaniji, na kateri sta selektivnost substrata določala Lowe in Gale.

Število vrst, primerjalno po vrsti substrata in po vzorčnih mestih, je prikazano na sliki 26, na sliki 27 pa je primerjava po letnih časih in vrsti substrata. Primerjava je pokazala, da je bilo na naravnem substratu večje število vrst, z izjemo VZ3, kjer je bila razlika izjemno majhna (razlika povprečja 0,4 vrste). Največja razlika med naravnim in umetnim substratom v številu vrst je bila na VZ2, povprečno 3,2 vrste. Največje število vrst je bilo na VZ1, nato pa je vrstna pestrost proti VZ padala.

Primerjalno po letnih časih so se za vrstno najbolj pestre izkazale jesenske združbe na naravnih substratih, kjer je bilo v vzorcih povprečno 18 vrst diatomej, in poletne združbe na umetnih substratih, kjer je bilo v vzorcih povprečno 16,3 vrst diatomej. Razlike med naravnim in umetnim substratom so večje primerjalno po letnih časih kot po vzorčnih mestih.

Takšen rezultat je pričakovan, saj so razlike v abiotskih dejavnikih med letnimi časi večje, kot so v okviru enega letnega časa med vzorčnimi mesti po toku navzdol.

R.P. Barbiero (2000), ki je prav tako primerjal naraven substrat s steklenimi ploščicami v 6 jezerih zahodne Irske, je v povprečju odkril le 7,7 vrste na vzorec, kar je veliko manj, kot jih je bilo prisotnih v naših vzorcih. Delno bi lahko vzrok za to pripisali krajšemu inkubacijskemu času stekelc, kot je bil v našem primeru. Primerjalno vrstna pestrost je bila na naravnih substratih večja kot na umetnih; do enakih ugotovitev smo prišli tudi mi.

Nihanje v gostoti diatomej med posameznimi leti in tudi med meseci sta opazila tudi Griffith in Perry (1995), podobnost pa se je pokazala v primerjavi mesec – leto. Za podobne ugotovitve bi morali našo raziskavo podaljšati za obdobje enega leta, da bi lahko primerjali letne čase.

Da se v vsakem vrrovcu pojavlja majhno število dominantnih vrst, je opazil tudi Lane (Lane in sod. (2003), saj je v treh jezerih v Yuraygir nacionalnem parku New South Wales v Avstraliji na treh različnih substratih identificiral 49 različnih vrst diatomej, vendar je v vzorcih do šest taksonov predstavljalo od 70 % do 100 % prešteti osebkov.

Vrednost Shanon-Weinerjevega diverzitetnega indeksa diatomej v perifitonu na naravnem in umetnem substratu je prikazana na slikah od 40 do 43. Primerjalno po vzorčnih mestih je Shanon-Wienerjev diverzitetni indeks (v nadaljevanju H') najvišji na VZ1, in sicer na obeh substratih in na VZ2 na naravnem substratu. Nižje po toku je H' vedno nižji. Izstopa tudi nizek povprečni indeks na steklih na VZ2. V povprečju so imeli naravni substrati za 0,4 višji H' kot umetni substrati. Višje vrednosti H' naravnih substratov gre pripisati neravni površini, kjer se posledično pojavijo majhni gradienti parametrov, ki pa so hkrati dovolj veliki, da se na njih zaradi večje pestrosti okolja naseli večje število vrst.

Diverzitetni indeks je bil v junijskem vzorčenju na naravnih substratih v povprečju trikrat višji kot na umetnih substratih, v drugih vzorčenjih razlike niso bile tako velike. Najbolj raznolika je bila junijska združba diatomej na naravnih substratih (H' povprečen = 2,9), julijski, oktobrski in aprilski H' so si zelo podobni (H' približno 2,5). Visok H' junija je pričakovan, saj je bil takrat perifiton najbolj razvit in so bile v njem tako pomladne kot poletne vrste. Nižji H' v julijskem vzorcu je verjetno posledica sukcesije perifitona po plavljenju. Najnižji H' na naravnih substratih je bil v zimskih vzorcih. Nizek H' pa je posledica neugodnih razmer za rast perifitona. Na umetnih substratih so vrednosti H' drugačne. Najvišjo vrednost so imeli jesenski vzorci (H' povprečen = 3,1), zelo nizko pa junijski vzorci (H' povprečen = 0,9). Prav tako nizek H' je bil v zimskih vzorcih. Nizke vrednosti H' so v zimskem času posledica delno tudi pomanjkanja padavin, zato so bile snovi v vodi bolj koncentrirane, na kar kažejo tudi višje vrednosti nitratov in fosfatov v tem času.

Najbolj pogosta vrsta je bila *Cocconeis placentula*, ki je bila prisotna v 37 od 38 vzorcev. Druge najbolj pogoste vrste so bile vrste *Diatoma vulgare*, *Achnanthes minutissima* in *Gomphonema olivaceum* (prisotne v 36 vzorcih). Temu sledijo *Cymbella ventricosa* (v 34 vzorcih), *Navicula radiosa* (v 33 vzorcih), *Nitzschia palea* (v 30 vzorcih), *Fragilaria pinnata* (v 25 vzorcih), *Tetracyclus rupestris* (v 23 vzorcih), *Synedra ulna* (v 20 vzorcih). Ostale vrste so bile prisotne v manj kot 20 vzorcih.

Bray-Courtisov indeks podobnosti ni pokazal pričakovanih trendov. Pričakovali smo, da bodo najbolj podobni vzorci obeh tipov substratov na istih vzorčnih mestih, odvzetih na isti dan vzorčenja. Manjšo podobnost smo pričakovali med vzorčnimi mesti vzdolž po toku, najmanjšo pa med vzorci različnih letnih časov.

V preteklih opravljenih raziskavah selektivnosti substrata za rast perifitona se kot zadovoljiva mera podobnosti navaja 50 % (Barbiero, 2000.). Barbiero poleg kriterija, da je uporaba umetnih substratov primerna, kadar je indeks podobnosti večji od 0,5, določa tudi, da mora biti procent dominantnih taksonov majhen. Znotraj tega kriterija se pri naših vzorcih nahaja več vzorcev, odvzetih na isti dan vzorčenja, vendar pa znotraj takšnih skupin niso prisotni vsi vzorci istega dne, prav tako ni enakomerne zastopanosti obeh tipov substratov.

Združbe diatomej so bile v povprečju bolj podobne kot združbe ostalih alg, zato menimo, da so bolj primerne tudi zato, ker so bolj občutljive na spremembe fizikalnih in biokemijskih parametrov. S spremljanjem sprememb v strukturi združbe diatomej tako lažje in bolj zanesljivo spremljamo pomen spreminjanja posameznih parametrov za perifiton v kontroliranih poskusih ali kombinacije večih parametrov.

Relativno manjšno stopnjo podobnosti (le med 60 % in 78 %) sta med umetnim in naravnim substratom izmerila tudi Lowe in Gale (1980), ki sta prišla do zaključka, da je bila velika variabilnost znotraj istega substrata navkljub njihovi homogeni površini, včasih je bila različnost znotraj istega substrata večja kot razlika na vzorcih, vzetih z rečnih kamnov.

Tudi druge študije so pokazale, da lahko na različnih umetnih substratih uspevajo zelo podobne združbe (Lamberti & Resh, 1985; Hudon et al., 1987, cit. po. Lane & Taffs & Corfield (2003)). Povprečna podobnost med umetnimi substrati v študiji je bila 73,5 % (vrednosti od 67 % do 79 %). Podobnost med naravnimi substrati je bila povprečno 68 % (med 62 % in 73 %). Podobnost med naravnimi in umetnimi substrati je bila povprečju 68 % (60 % do 73 %). V literaturi so kot dobro za primerjavo našli podatek, podobnost nad 50 %, zato so sklepali, da so umetni substrati dober način za analizo perifitonske združbe na naravnih substratih. Uporaba dveh umetnih substratov v raziskavi se je izkazala za nepotrebno, ker ni bilo nobene pomembne razlike v strukturi združbe med obema substratoma. Tudi različen čas inkubacije ni pokazal nobenih pomembnih trendov.

Bergey (2008) je raziskoval, kako kemizem kamenja vpliva na pojav perifitona. V osnovo iz agarja so zamešali v prah zmleto kamenje, petrijevke so pokrili s celuloznim filtrom in vzorce osem tednov inkubirali v potoku z granitno podlago. Podlage so bile: peščenjak, obsidian, skrilavec, drobnjak, lehnjak, sadra, apnenec, serpentin in fosforit. Rezultati so pokazali večjo relacijo med vzorci dolvodno kot kemizmom kamenja. Analiza biomase na osnovi klorofila a ni pokazala odvisnosti od podlage. V zgornjih delih potokov so prevladovale bentične, bolj pritrjene vrste, po toku nižje pa bolj mobilne alge. Bolj grobi kamni so imeli večjo biomaso alg

Struktura združbe ostalih vrst alg brez diatomej je primerjalno umetne in naravne substrate po toku navzdol pokazala enak trend v številu vrst v vzorcih kot skupina diatomej; na naravnih substratih je bila združba alg bolj pestra kot na stekelcih. Po številu je bila pestrost samih diatomej podobna, tako tudi pestrost vseh ostalih alg, izjema sta bila VZ3 in VZ5 na

naravnih substratih, kjer je bila združba diatomej vrstno manj pestra. Po vrstni pestrosti izstopa vrstno precej revno VZ4, kjer je bilo tako na umetnih kot naravnih substratih v vzorcih povprečno le 8,3 oz. 8,5 različnih vrst alg. Vrstno najbolj pestro je bilo VZ3, saj je bilo na naravnih substratih tega vzorčnega mesta povprečno kar 18,4 različnih vrst alg. Hkrati pa je imelo to vzorčno mesto tudi največjo razliko med dvema tipoma substratov – razlika je povprečno kar 5,2 vrste na vzorec.

Primerjalno po letnih časih se je za vrstno najbolj pestro izkazala jesen; tako na naravnih kot na umetnih substratih je bilo jeseni največ različnih vrst alg. Na naravnih substratih je bilo povprečno 24,3, na umetnih pa 22,3 različnih vrst. Drugi najbolj vrstno pester letni čas je bilo poletje. Pri skupini diatomej je bila razlika med jesenjo in poletjem majhna, pri ostalih algah razlika velika. Povprečno je število vrst na obeh substratih poleti za 10 manjše kot jeseni. Pomlad in zima sta bili po številu vrst primerljivi. Povprečno število vrst v vzorcih je bilo med 7,5 in 12,0, na stekelcih je bilo manj vrst alg kot na kamnih.

Shanon-Wienerjev diverzitetni indeks ostalih alg je bil primerjalno bolj podoben kot pri diatomejah, prikazano na slikah 44 do 47. Jasno je opazen trend višjega H' na naravnih substratih. V povprečju so imeli naravni substrati za 0,4 višji H' kot umetni substrati; rezultat je podoben kot pri diatomejah. Razlog za višji H' vzorcev na naravnih substratih je verjetno posledica oblikovanosti površine kamnov, ki ni povsem ravna, kot je to na stekelcih; zato se lahko na njih naseli več različnih vrst z različnimi ekološkimi zahtevami.

Najvišji H' so imeli jesenski vzorci tako na naravnih (H' povprečen 3,5) kot umetnih substratih (H' povprečen 4,0). Rezultat se ujema z najvišjim H' pri diatomejah na umetnih substratih. Najnižje vrednosti H' so imeli zimski umetni substrati (H' povprečen 1,9), kar se ujema s prav tako najnižjim H' pri diatomejah. Primerjava po letnih časih pokaže najvišje vrednosti H' v julijskih in oktobrskih vzorcih. Ta podatek se ujema z visoko nasičenostjo s kisikom (preko 110 %, kar kaže na močno biogeno prezračevanje). Po vrednosti izstopa velika razlika med naravnimi substrati v zimskem času, ki so imeli visok H' (H' povprečen 3,1). Razlogi za nižje in višje vrednosti H' so enaki kot pri diatomejah.

Najbolj pogosta vrsta je bila *Ulothrix zonata*, prisoten je bil v 33 od 38 vzorcev. Druge najbolj pogoste vrste so bile *Phormidium retzii* (v 31 vzorcih), *Oedogonium sp.* (v 29 vzorcih), *Audouinella chalybea* (v 28 vzorcih), *Ulothrix tenuissima* (v 25 vzorcih), *Cladophora glomerata* (v 24 vzorcih), *Pleurocapsa minor* (v 23 vzorcih) in *Merismopedia glauca* (v 21 vzorcih). Ostale vrste so bile prisotne v manj kot 20 vzorcih.

Primerjava združbe na umetnih in naravnih substratih po skupinah alg je prikazana na slikah 30 do 39. Junijski združbi sta si precej podobni. Na steklu so bile v primerjavi s kamni bolj zastopane Cyanophyta, na kamnih pa je več Chlorophyta.

V julijski združbi se je v primerjavi z junijsko na obeh tipih substratov povečal delež Chlorophyta, delež Cyanophyta pa se je zmanjšal. Povečal se je tudi delež Conjugatophyta. Delež Xanthophyta in Rhodophyta je bil podoben kot v junijskih združbah.

Novembra se je močno povečal delež Conjugatophyta v primerjavi s poletnimi združbami; na naravnem substratu so bile izrazito bolj zastopane kot na steklu, zlasti izstopa prvo vzorčno mesto. Velik delež Conjugatophyta na VZ1 je presenetljiv, saj ta skupina alg običajno uspeva

v bolj počasi tekočih oziroma stoječih vodah, kar pa ni značilnost toka Idrijce na vzorčnih mestih, še najmanj pa na VZ1.

V zimskih vzorcih sta na steklu prevladovali skupini Cyanophyta in Chlorophyta. Prisotni sta bili še Xanthophyta in Conjugatophyta. Na kamnih je bila združba bolj pestra, saj so se v vseh vzorcih pojavile tudi alge iz skupine Rhodophyta.

Spomladanski vzorci so bili precej različni na umetnih in naravnih substratih. Največji delež so na obeh substratih predstavljale alge iz skupine Chlorophyta. Skupini Cyanophyta in Xanthophyta sta na obeh substratih zastopani s podobnimi deleži. Zlasti opazna je razlika pri Dinophyta, ki so se pojavile le na steklu, Conjugatophyta pa le na kamnih, najbolj množično na prvem vzorčnem mestu VZ1.

Bray-Courtisov indeks podobnosti tudi pri analizi ostalih alg ni pokazal pričakovanega trenda velike podobnosti med substratoma, povezanostjo vzorčnih mest vzdolž toka in razlike med letnimi časi. Podobnost vzorcev je bila v povprečju precej manjša kot v primerjavi združb diatomej. Opaziti je tudi manj podobnosti med vzorci odvzetimi na isti dan; odstopa le nekaj jesenskih vzorcev. Veliko je vzorcev, ki imajo podobnost manjšo kot 50 %, ki se v literaturi navaja kot zadovoljivo za neinertnost substrata. Na podlagi navedenega lahko sklepamo, da so diatomeje bolj primerne za uporabo v nadaljnjih raziskavah na umetnih substratih.

5.2 SKLEPI

Poznavanje vpliva različnih dejavnikov na žive organizme je izrednega pomena, saj se antropogeni pritiski na okolje vsako leto povečujejo. S poznavanjem vplivov lažje predvidimo kakšni ukrepi so potrebni, da bo negativni vpliv čim manjši. Pri raziskovanju vodnih ekosistemov bi bilo za najboljšo reprezentativnost rezultatov najbolje, da bi bile vključene vse skupine organizmov. Ker pa je takšna raziskava praktično nemogoča zaradi časovnih in finančnih okvirjev, pa tudi velike potrebe po znanju, se raziskave osredotočajo na ožje skupine organizmov. V naši raziskavi smo ugotavljali selektivnost umetnega substrata pri naselitvi perifitonske združbe, ločeno za ožjo skupino kremenastih alg in širšo skupino, ki je zajemala vse ostale alge.

Pri uporabi umetnih substratov smo naleteli na težave, ki so jih pri uporabi umetnih substratov navajali tudi drugi avtorji. Zlasti na VZ5, vzorčnem mestu, ki je bilo najbolj oddaljeno od izvira reke Idrijce in je bilo najlažje dostopno, smo imeli težave zaradi vandalizma. Vzorčevalnik so nam jemali iz vode ali so ga celo odnesli neznano kam. Zato smo na tem vzorčnem mestu jemali le še vzorce z naravnega substrata. Ker je reka Idrijca tipična hudourniška reka in ker je zelo prodonosna, so se stekelca večkrat razbila in zato nismo dobili vzorca z umetnih substratov. Izgube bi se dalo popraviti z različnimi dodelavami vzorčevalnika. Pretoka vode ne bi zmanjševala kovinska mreža, ki bi bila položena preko vzorčevalnika in bi zadržala prodnate delce, da ne bi padli na stekelca in jih razbili. Velikost rež spet ne bi smela biti premajhna, saj bi jih v tem primeru prod, listje in vejice ter ostali material, ki ga reka nosi s seboj, lahko popolnoma zamašili, kar bi vplivalo na hidrološke parametre. Posledično bi bili na naravnih in umetnih substratih drugačni pogoji in bi bili različni tudi združbi perifitona.

Na strukturo perifitonske združbe so vplivali vsi parametri, ki smo jih merili pri naši raziskavi: temperatura vode, pH vode, vsebnost kisika v vodi, prisotne suspendirane snovi in hranila, elektroprevodnost. Na strukturo perifitona pa so zagotovo vplivali tudi parametri, ki jih nismo merili: temperatura zraka, intenziteta svetlobe, dolžina dneva, pretok vode, globina, na kateri so bili vzorci v času različnega vodostaja itd. Vse parametre je nemogoče vključiti v raziskavo. Prav tako je težko določiti, kateri od merjenih parametrov ima največji vpliv na strukturo perifitona. Upoštevati je treba dejstvo, da smo v raziskavo vključili le alge, perifiton pa dejansko tvorijo tudi druge skupine organizmov. Popolno sliko o selektivnosti substrata bi dobili, če bi bili v raziskavo vključeni vsi prisotni organizmi.

Merjeni fizikalno-kemijski parametri so pokazali značilno medsebojno povezanost in spreminjanje skozi letne čase. S spreminjanjem parametrov se je spreminjala tudi struktura perifitonske združbe. Pričakovali smo, da bodo imeli naravni substrati bolj pestro združbo, saj površina kamnov ni popolnoma ravna, kot je to na stekelcih in se zaradi majhnih gradientov parametrov oblikujejo mikrokolja, kjer lahko uspeva več vrst alg z različnimi ekološkimi zahtevami. Z raziskavo smo potrdili pričakovanja. Primerjava vzorcev s klastersko analizo ni pokazala pričakovanega spreminjanja vzdolž toka, prav tako ni bilo opazne relacije med vzorci znotraj letnih časov. Primerjava združb na nivoju višjih taksonov, na nivoju razredov,

pa je pokazala večjo stopnjo podobnosti med substrati in večje razlike med letnimi časi. Bolj primerne za uporabo v nadaljnjih raziskavah so se izkazale same diatomeje, ne pa tudi ostale skupine alg. Stopnja podobnosti med vzorci na naravnih in umetnih substratih je bila večja ali vsaj enaka kot v že narejenih raziskavah selektivnosti substrata, ki so potrdile primernost umetnih substratov za raziskave perifitonske združbe. Tako se tudi z rezultati naše raziskave pridružujemo njihovemu mnenju.

6 POVZETEK

Spremljanje stanja kakovosti površinskih voda je že davno preseglo zgolj zanimanje za procese v teh ekosistemih. Postali so nujna, saj človek vedno bolj vpliva na okolje in je poznavanje rečnih ekosistemov nujno, če želimo ohraniti njihovo dobro stanje tudi za prihodnje rodove. Pri raziskavah perifitonske združbe, ki dobro odraža kakovostno stanje voda in se hitro odziva na spremembe fizikalno-kemijskih dejavnikov, se uporabljajo tudi umetni substrati. Umetni substrati imajo številne prednosti pred naravnimi, vendar se pojavlja ob tem vprašanje njihove inertnosti. Umetni substrati so iz različnih snovi, najpogosteje steklo, kamnite plošče, glinene plošče. Raziskovali smo perifiton reke Idrijce. Istočasno z našo raziskavo je potekala tudi raziskava metilacije živega srebra v Idrijci na enakih substratih, zato smo se osredotočili le na selektivnost stekla kot umetnega substrata v primerjavi z naravnim substratom – kamnom. Pet vzorčnih mest je bilo na reki Idrijci postavljenih na razdalji približno 42 km. Perifiton smo s ščetko postrgali s substratov in nato ločeno primerjali selektivnost združbe za diatomeje in ločeno za vse ostale alge. Drugih skupin organizmov perifitona nismo vključili v raziskavo. Ugotovili smo, da je umeten substrat selektiven za združbo perifitonskih alg v primerjavi z naravnim substratom. Na naravnih substratih je bila diverziteteta večja. Večjo stopnjo podobnosti so pokazali vzorci, v katerih smo spremljali le diatomeje, kot tisti z ostalimi skupinami alg. Obe skupini vzorcev, diatomeje in ostale alge, sta imeli več kot 80 % vzorcev s podobnostjo več kot 50 %, kar kaže na to, da so stekelca, kljub selektivnosti, primeren umeten substrat za raziskave perifitonske združbe.

7 VIRI

- Ács, É., K. Buczkó, g. Lakatos. 1994. Changes in the mosaic-like water surfaces of the Lake Velencei as reflected by reed periphyton studies. *Studia Botanica Hungarica* 25: 5–19
- Ács, É., Kiss K.T. 1993. Colonization process of diatoms on artificial substrates in the river Danube near Budapest (Hungary). *Hidrobiologia* 269/270: 307–315
- Albay, M., R. Akcaalan. 2003. Comparative study of periphyton colonisation on common reed (*Phragmites australis*) and artificial substrate in a shallow lake, Manyas, Turkey. *Hidrobiologia* 506–509, 531–540
- Barbiero R.P. 2000. A multi-lake comparison of epilimnetic diatom communities on natural and artificial substrates. *Hydrobiologia*, 438: 157–170
- Bartol T., Bradač J., Hočevar I., Koler-Povrh T., Siard N., Stopar k. 2001, Navodila za oblikovanje pisnih diplomskih in podiplomskih izdelkov na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani, Božnar in partner
- Bergey E. A. 2008. Does rock chemistry affect periphyton accrual in streams. *Hydrobiologia* 614: 141–150
- Biggs B.J.F. 1988. Artificial substrate exposure times for periphyton biomass estimate in rivers. *New Zealand Journal of Marine Freshwater Research* 22: 507–515
- Biggs B.J.F. 1988. Periphyton sampler for shallow, swift rivers. *New Zealand Journal of Marine Freshwater Research*, 2, 2: 189–199
- Biggs, B.J.F. 1988. Artificial Substrate Exposure Times for Periphyton Biomass Estimates in Rivers. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 22/4: 507–515
- Byrne A.R., Kosta L. 1970. Studies on the distribution and uptake of mercury in the area of mercury mine Idija. *Vestnik slovenskega kemijskega društva*, 17: 5–11
- Cattaneo A, Amireault M.C. 1992. How artificial are artificial substrata for periphyton. *Journal of the north American Benthological society*, 11: 244–256
- Cazaubon A. 1991. Problems and objectives of sampling river algae for monitoring. V: Whitton B.A., Rott E., Friderich G.. 1991. Use of algae for monitoring rivers. *Institute für Botanik, Universität Innsbruck* 17–20
- Cox E.J.. 1991. What is the basis for using diatoms as monitoring of river Quality?. V: Whitton B.A., Rott E., Friderich G.. 1991. Use of algae for monitoring rivers. *Institute für Botanik, Universität Innsbruck* 33–39
- Crossey M.J. 1988. Comparison of Periphyton Community Structural and Functional Responses to Heavy Metals. *Hydrobiologia* 162: 109–121

- Danilov R.A., Ekelund N.G.A.. 2001. Comparison of usefulness of three types of artificial substrata (glass, wood and plastic) when studying settlement patterns of periphyton in lakes different trophic status. *Journal of Microbiological Methods* 45: 167–170
- Duong T.T., Feurtet-Mazel A., Coste M., Dang D.K., Boudou A. 2007. Dynamics of diatom colonization process in some rivers influenced by urban pollution (Hanoi, Vietnam). *Ecological Indicators* 7/4: 839-851
- Giorgi A.D.N.. 1995. Response of periphyton biomass to high phosphorus concentrations in laboratory experiments, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* (1995) 55:825–832_9 Springer Verlag New York Inc
- Graham L.E., Wilcox L.W. 2000. *Algae*. Prentice-Hall, str: 232–268, 632–640
- Griffith M.B., Perry S.A. 1995. Between-year variation of periphyton community structure in two Appalachian headwater streams. *Hydrobiologia* 302: 1–9
- Hillebrand H., Kahlert M. 2002. Effect of grazing and water column nutrient supply on biomass and nutrient content of sediment microalgae. *Aquatic Botany* 72/ 143-159
- Hoagland, K.D., Roemer S.c., Rosowski J.R. 1982. Colonization and community structure of two periphyton assemblages, with emphasis on the diatoms (Bacillariophyceae). *Am. J. Bot.* 69: 188–213
- Khan N. 1990. Assessment of Water Pollution using Diatom Community Structure and Species Distribution - A Case Study in a Tropical River Basin. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 75/3: 317–338
- Kramer K. in Lange-Bertalot H.. 1986. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, 1. Teil, Brand 2/1, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Kramer K. in Lange-Bertalot H.. 1988. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, 2. Teil, Brand 2/2, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Kramer K. in Lange-Bertalot H.. 1991. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, 3. Teil, Brand 2/3, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Kramer K. in Lange-Bertalot H.. 1991. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, 4. Teil, Brand 2/4, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Krivograd A. 1997. Prisotnost kremenastih alg v reki Meži. delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
- Krivograd Klemenčič A. 2007. Alge v izbranih vodnih in kopenskih habitatih – floristični in ekološki vidik. Doktorska dizertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
- Kröpfel K., Vladár P., Szabó K., Ács É., Borsodi A. K., Szikora S., Caroli S., Záray G. 2006. Chemical and biological characterisation of biofilms formed on different substrata in Tisza river (Hungary). *Environmental Pollution*. 144/2: 626–631

- Lambert, Daniel, Cattaneo, Antonella, Carignan, Richard. 2008. Periphyton as an early indicator of perturbation in recreational lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 65/2: 258–265
- Lane C.M., Taffs K.H. Corfield J.L. 2003. A comparison of diatom community structure on natural and artificial substrata. *Hydrobiologia*, 493: 65–79
- Lindstrom E., Johansen S. W. in Saloranta T. 2004, Periphyton in running waters – long-term studie of natural variation, *Hydrobiologia*, 521, 63–86
- Lindstrom E., Johansen S.W., Saloranta T. 2004. Periphyton in running waters - long-term studies of natural variation. *Hydrobiologia* 521: 63–86
- Linne vod Berg K.-H., Hoef-Emden K., Marin B., Melkonian M.. Der Kosmos Algenführer, Kosmos: 32–349
- Lowe R. L., Gale W.F. 1980. Monitoring river periphyton with artificial benthic substrates. *Hydrobiologia* 69: 235–244
- Lucey W.P., Austin A., Deniseger J. 1978. Concept and design of a substrata container for sampling periphyton. *Science Direct* 21/4: 395–402
- M. G. Kelly, A. Cazaubon, E. Coring, A. Dell'Uomo, L. Ector, B. Goldsmith, H. Guasch, J. Hürlimann, A. Jarlman, B. Kawecka, J. Kwadrans, R. Laugaste, E.-A. Lindstrøm, M. Leitao, P. Marvan, J. Padisák, E. Pipp, J. Prygiel, E. Rott, S. Sabater, H. van Dam, J. Vizinet. 1998. Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. *Journal of Applied Phycology*, 10: 215–224
- Mosisch T.D., Brunn S.E., Davies P.M., Marshall C.J. 1999. Effects of shade and nutrient manipulation on periphyton growth in a subtropical stream. *Aquatic Botany* 64 (1999); pp167–177
- Nose M. 2001. Razvoj združbe kremenastih alg (Bacilariophyta) na umetnih substratih v potoku. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
- P. J. Mulholland, A. D. Steinman, E. R. Marzolf, D. R. Hart, D. L. DeAngelis. 1994 Effect of periphyton biomass on hydraulic characteristics and nutrient cycling in streams. *Oecologia*. 98/1
- Paller M.H. 1996. Effectiveness of multiplate invertebrate samplers, periphytometers, and electrofishing for biomonitoring in streams. *Science Direct*. 30/9: 2095–2101
- Patrick R. 1977. Ecology of freshwater diatoms and diatom communities. V: The biology of diatoms. Verner D.(ur.), Blackwell, Oxford: 288–322
- Reid M. 2005. Diatom-based models for reconstructing past water quality and productivity in New Zealand lakes. *Journal of Paleolimnology* 33: 13–38
- Roberts E., Kroker J., Koerner S., Nicklisch A.. 2003. The role of periphyton during the recolonization of a shallow lake with submerged macrophytes. *Hydrobiologia* 506-509: 525–530

Smolar N. 1997. Ocena vpliva odvzema vode iz različnih tipov vodotokov na perifiton v času nizkih pretokov. Magistrska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, str: 8, 13

Snyder, EB Robinson, CT Minshall, GW Rushforth, SR. 2002. Regional patterns in periphyton accrual and diatom assemblage structure in a heterogeneous nutrient landscape. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59/3: 564–577

Streble H., Krauter D.. 2006. Das Leben im Wassertropfen. 10th edition, Kosmos: 112–218

Štendler E. 2008. Perifitonska združba v potoku Glinščica. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Taylor J.C. 2007 The application and testing of diatom-based indices in the Vaal and Wilge Rivers, South Africa. *Water S. A.* 33/1: 51–60

Tien CJ, Wu WH, Chuang TL, Chen CS.. 2009. Development of river biofilms on artificial substrates and their potential for biomonitoring water quality. *Chemosphere.* 76/9: 1288–1295

Toman M. J . 1995. Osnove ekologije celinskih voda. *Biologija v šoli*, letnik 4, št. 1,,: 4–11

Toman M. J. 2005/2006. Zapiski iz predmeta Limnologija, Ljubljana (Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo)

Toman M. J. in Urbanič G. 2002. Varstvo celinskih voda, Scripta

Vrhovšek D. 1985. Sladkovodne alge, ali jih poznamo?. Ljubljana

Wetzel R.G. 2001 *Limnology*. 3rd ede. Saunders College Publishing. Philadelphia: 578–595

Žižek S. 2004 Bioakumulacija živega srebra v bentoških združbah tekočih voda. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Žižek S. 2009. Vloga organizmov v perifitonu in sedimentih rečnih ekosistemov pri pretvorbah živega srebra. Doktorska dizertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

8 ZAHVALA

Zahvaljujem se prof. dr. M. J. Tomanu, ker me je navdušil nad ekologijo in za mentorstvo.

Zahvaljujem se dr. Gorazdu Kosiju, ki mi je pomagal pri določevanju alg in si vzel čas vsakič, ko sem potrkala na njegova vrata.

Hvala laborantki Karmen Stanič za pomoč pri pripravi trajnih preparatov diatomej.

Hvala gospe Jožici Koder za lektorstvo.

Hvala vsem sošolcem in sošolkam, s katerimi sem preživela nepozabna leta.

Zahvaljujem se staršem, ki sta me spodbujala tudi v trenutkih, ko ni šlo vse po načrtih.

Na koncu pa še zahvala možu in najinemu sinčku, ki dajeta smisel mojemu življenju.

9 PRILOGE

Priloga A: Izmerjeni fizikalni in kemijski parametri.

Temperatura

	VZ1	VZ2	VZ3	VZ4	VZ5
16. 06. 2006	12,3	11,3	13,8	14,9	17,9
17. 07. 2006	14,9	13,1	15,1	/	/
18. 10. 2006	6,6	8,8	9,7	8,9	/
19. 02. 2007	4,8	8,0	8,2	7,0	7,3
17. 04. 2007	9,2	9,5	11,4	12,3	13,9

pH

	VZ1	VZ2	VZ3	VZ4	VZ5
16. 06. 2006	6,9	7,2	7,6	7,8	7,7
17. 07. 2006	7,7	7,7	8,0	/	/
18. 10. 2006	8,0	8,0	8,1	8,2	/
19. 02. 2007	8,3	8,2	8,4	8,3	8,4
17. 04. 2007	8,3	8,1	8,5	8,6	8,3

O₂ [mg/l]

	VZ1	VZ2	VZ3	VZ4	VZ5
16. 06. 2006	8,4	7,9	9,6	/	/
17. 07. 2006	9,9	10,3	12,6	/	/
18. 10. 2006	11,8	13,32	11,6	13,6	/
19. 02. 2007	12,8	11,1	10,2	11,2	11,7
17. 04. 2007	10,2	10,1	14,0	13,2	11,0

O₂ nasičenost [%]

	VZ1	VZ2	VZ3	VZ4	VZ5
16. 06. 2006	81,5	75,00	95,8	/	/
17. 07. 2006	101,2	101,3	129,4	/	/
18. 10. 2006	99,2	118,4	105,6	121,2	/
19. 02. 2007	111,9	96,8	89,4	95,2	100,3
17. 04. 2007	91,6	91,3	132,7	127,4	110,1

Prevodnost [μ S/cm]

	VZ1	VZ2	VZ3	VZ4	VZ5
16. 06. 2006	310	325	337	330	320
17. 07. 2006	236	280	274	/	/
18. 10. 2006	316	348	382	352	/
19. 02. 2007	114	85	131	122	165
17. 04. 2007	205	235	325	240	270

Priloga A: Izmerjeni fizikalni in kemijski parametri, »nadaljevanje«.

Sušina [mg/l]

	VZ1	VZ2	VZ3	VZ4	VZ5
16. 06. 2006	36,4	39,8	35,5	62,7	40,5
17. 07. 2006	12,5	24,5	12,9	/	/
18. 10. 2006	51,2	56,7	28,3	51,9	/
19. 02. 2007	24,1	33,8	54,1	36,5	45
17. 04. 2007	40,0	12,6	35,2	37,1	12,6

Nitrati [mg/l]

	VZ1	VZ2	VZ3	VZ4	VZ5
16. 06. 2006	1,7	2,3	2,4	2,1	1,2
17. 07. 2006	1,8	2,4	2,2	/	/
18. 10. 2006	2,6	3,9	2,9	3,8	/
19. 02. 2007	2,9	3,3	4,1	4,4	4,5
17. 04. 2007	3,2	2,5	4,2	3,0	2,6

Fosfati [mg/l]

	VZ1	VZ2	VZ3	VZ4	VZ5
16. 06. 2006	0,003	0,025	0,017	0,013	0,010
17. 07. 2006	0,012	0,012	0,024	/	/
18. 10. 2006	0,010	0,006	0,052	0,010	/
19. 02. 2007	0,016	0,013	0,005	0,009	0,024
17. 04. 2007	0,017	0,027	0,008	0,007	0,008

Priloga D: Število vrst v vzorcih.

Diatomeje – število vrst.

	Vzorčno mesto 1		Vzorčno mesto 2		Vzorčno mesto 3		Vzorčno mesto 4		Vzorčno mesto 5	
	kamen	steklo	kamen	steklo	kamen	steklo	kamen	steklo	kamen	steklo
16.06.006	23	16	22	14	7	4	11	7	13	
17.07.2006	17	18	18	8	19	18	0	0	0	
18.10.2007	17	24	12	16	12	15	16	0	0	
19.02.2007	12	11	12	0	9	6	12	0	7	
18.04.2007	19	14	17	15	10	17	10	16	11	

Ostale alge – število vrst.

	Vzorčno mesto 1		Vzorčno mesto 2		Vzorčno mesto 3		Vzorčno mesto 4		Vzorčno mesto 5	
	kamen	steklo	kamen	steklo	kamen	steklo	kamen	steklo	kamen	steklo
16.06.006	6	11	16	13	14	8	10	9	17	
17.07.2006	14	5	17	16	24	18	0	0	0	
18.10.2007	14	19	29	23	29	25	25	0	0	
19.02.2007	16	8	12	0	10	7	10	0	8	
18.04.2007	12	9	12	11	15	9	7	8	16	

Priloga E: Diverzitetni indeksi vzorcev.

Diatomeje – diverzitetni indeksi H.

	K1	S1	K2	S2	K3	S3	K4	S4	K5
16.06.006	3,13	1,56	3,57	1,62	1,50	0,19	1,66	0,19	1,24
17.07.2006	2,272	2,46	2,67	0,52	3,15	3,02	/	/	/
18.10.2007	3,18	3,80	2,43	2,98	2,36	2,55	2,68	/	/
19.02.2007	1,55	2,61	2,44	/	0,96	0,56	2,75	/	1,59
18.04.2007	2,41	1,75	2,92	2,53	2,11	2,99	1,70	3,26	2,22

Ostale alge – diverzitetni indeksi H.

E	K1	S1	K2	S2	K3	S3	K4	S4	K5
16.06.006	2,25	2,90	3,33	3,01	3,34	2,24	2,54	2,42	3,34
17.07.2006	3,29	2,18	3,46	3,55	3,89	3,53	/	/	/
18.10.2007	3,24	3,42	4,52	4,31	4,29	4,35	3,99	/	/
19.02.2007	3,53	2,31	3,19	/	3,08	1,47	3,00	/	2,94
18.04.2007	2,66	2,93	2,79	2,51	3,50	2,76	2,72	2,63	3,80