

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Ana Marjetka GROŠELJ

**VRSTNA PESTROST ALG V PERIFITONSKI ZDRUŽBI
HUDOURNIŠKEGA VODOTOKA KAMNIŠKE BISTRICE**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**THE DIVERSITY OF ALGAE IN PERIPHYTON COMMUNITY IN
TORRENTIAL STREAM KAMNIŠKA BISTRICA**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2012

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

Študijska komisija Oddelka za biologijo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Mihaela J. Tomana in za somentorja doc. Igorja Zelnika

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Nejc JOGAN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

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

Član: prof. dr. Alenka GABERŠČIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: doc. dr. Igor ZELNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora: 22. 6. 2012

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Podpisana se strinjam z objavo svoje 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.

Ana Marjetka Grošelj

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 502.51(282):504.5.561.26/.27(497.4Kamniška Bistrica)(043.2)=163.6
KG	perifiton/Kamniška Bistrica/kremenaste alge/cianobakterije/bioindikator/kakovost vode
AV	GROŠELJ, Ana Marjetka
SA	TOMAN, J. Mihael (mentor)/ZELNIK, Igor (somentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
LI	2012
IN	VRSTNA PESTROST ALG V PERIFITONSKI ZDRUŽBI HUDOURNIŠKEGA VODOTOKA KAMNIŠKE BISTRICE
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XII, 82 str., 8 pregl., 39 sl., 14 pril., 72 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Namen naloge je bil ugotoviti kakovost hudourniškega vodotoka Kamniška Bistrica s pomočjo sprememb v sestavi perifitonske združbe. V vodotoku Kamniška Bistrica smo izbrali pet vzorčnih mest. Vzorčenje perifitona je potekalo med marcem in avgustom 2011. Izvedli smo tri vzorčenja, v hladnem, temperaturno prehodnem in vročem obdobju. Za nabiranje alg smo uporabili metodo strganja alg s površine kamnov, ob vsakem vzorčenju smo spremljali tudi izbrane fizikalne in kemijske parametre. Alge so bile večinoma določene do vrste. Kvalitativna analiza vzorcev je pokazala, da vse leto prevladujejo kremenaste alge, po deležu jim sledijo cianobakterije. S Sørensenovim indeksom podobnosti smo ugotavljali podobnost med združbami na različnih vzorčnih mestih, s Shannon-Wienerjevim diverzitetnim indeksom smo ocenili raznovrstnost teh združb, s saprobnim indeksom smo ocenili kakovost vode, s klustersko analizo smo ugotavljali kako in koliko so si te združbe različnih vzorčnih mest različne, s CCA analizo pa smo ugotavljali kakšen je vpliv izbranih okoljskih spremenljivk na sestavo perifitonske združbe. Rezultati naše raziskave so pokazali, da so kljub večji občutljivosti na biotske in abiotske dejavnike kremenaste alge boljši pokazatelj sprememb sestave in kakovosti vodotoka Kamniška Bistrica kot druge perifitonske alge. Iz rezultatov analiz združb kremenastih alg in vseh perifitonskih alg lahko zaključimo, da vodotok Kamniška Bistrica ni tako onesnažen, kot smo mislili.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDC 502.51(282):504.5.561.26/.27(497.4Kamniška Bistrica)(043.2)=163.6
CX periphyton/Kamniška Bistrica/Bacillariophyceae/Cyanophyta/bioindicator/water quality
AU GROŠELJ, Ana Marjetka
AA TOMAN, J. Mihael (supervisor)/ZELNIK, Igor (co-advisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Biology
PY 2012
TI THE DIVERSITY OF ALGAE IN CORPORATION OF PERIPHYTON IN STREAM TORRENT KAMNIŠKA BISTRICA
DT Graduation thesis (University studies)
NO XII, 82 p., 8 tab., 39 fig., 14 ann., 72 ref.
LA sl
AL sl/en
AB The purpose of this work was to find out the quality of the torrential stream Kamniška Bistrica through changes in the composition of periphyton communities. Five sampling sites were chosen on Kamniška Bistrica stream. The sampling was carried out three times between March and August 2011. First sampling was carried out in cold, second in temperature transition and third in hot period. Algae were sampled by scraping and brushing off the stone surface. Selected physical and chemical parameters were also measured and analyzed in all seasons at each sampling site. All algae were determined to the species level. Qualitative evaluations have shown that the stream was dominated by diatoms, followed by Cyanophyceae. The Sørensen index was used to compare similarity of different algae assemblages at different sampling sites, the Shannon-Wiener diversity index was used to estimate community diversity at different sites, the saprobic index was used to assess water quality, the cluster analyses were used to find out the differences between various communities. Using canonical correspondence analyses (CCA) we explained the level of the influence of environmental factors on periphyton community composition. Our results revealed that, despite greater sensitivity to biotic and abiotic factors diatoms are better indicators of changes in the composition and quality of the torrential stream Kamniška Bistrica than other algae of periphyton. On analyses of the diatom communities and all other periphyton algae we can conclude that the Kamniška Bistrica stream is not as polluted as we thought.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PREGLEDNIC	X
KAZALO PRILOG	XI
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XII
1 UVOD	1
1.1 HIPOTEZE IN NAMEN NALOGE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 REČNI SISTEM	3
2.2 HUDOURNIK IN HUDOURNIŠKI VODOTOK	5
2.3 VODOTOK KAMNIŠKA BISTRICA	6
2.3.1 Splošno o Kamniški Bistrici	6
2.3.1.1 Obremenjevanje Kamniške Bistrice	6
2.3.2 Geološke značilnosti Kamniške Bistrice	7
2.4 PERIFITON	8
2.4.1 Definicija	8
2.4.2 Terminologija	8
2.4.2.1 Cyanophyta (Cyanobacteria) (modrozeleni ceppljivke, modrozeleni alge, cianobakterije, cianofiti, cianoficeje)	8
2.4.2.2 Euglenophyta – evglenofiti	9
2.4.2.3 Dinophyta (Pyrrophyta) – ognjene alge	9
2.4.2.4 Chlorophyta – zelene alge	9
2.4.2.5 Heterokontophyta: Chrysophyceae – zlatorjave alge	10
2.4.2.6 Xanthophyceae – rumene alge	10
2.4.2.7 Bacillariophyceae (Diatomeae) – kremenaste alge, diatomeje	11
2.4.2.8 Rhodophyta – rdeče alge	11
2.4.3 Delitev perifitona glede na podlago	12
2.4.3.1 Epilitske alge	12
2.4.3.2 Epifitske alge	12
2.4.3.3 Epipelične alge	13
2.4.4 Dejavniki, ki uravnavajo rast in razvoj perifitona	13
2.4.4.1 Abiotski dejavniki, ki vplivajo na strukturo in funkcijo perifitona	13
2.4.4.2 Temperatura vode	13
2.4.4.3 Svetlobne razmere	14
2.4.4.4 Hitrost vodnega toka	15
2.4.4.5 Substrat	15
2.4.4.6 Kislost/bazičnost	16
2.4.4.7 Kisik	16
2.4.4.8 Hranilne in druge raztopljenosti snovi	17
2.4.4.9 Žveplo, dušik in fosfor	17
2.4.4.10 Silicij	18
2.4.4.11 Organske snovi	18
2.4.5 Biotski dejavniki, ki vplivajo na strukturo in funkcijo perifitona	19
2.4.5.1 Paša - grazing	19

2.4.5.2	Kompeticija	19
2.4.5.3	Parazitizem	20
2.4.6	Uporaba perifitona pri ocenjevanju kakovosti voda	20
3	MATERIALI IN METODE	22
3.1	IZBIRA VZORČNIH MEST IN ČAS VZORČENJA	22
3.2	OPIS VZORČNIH MEST NA VODOTOKU KAMNIŠKA BISTRICA	23
3.2.1	Vzorčno mesto 1 (KB 1)	23
3.2.2	Vzorčno mesto 2 (KB 2)	24
3.2.3	Vzorčno mesto 3 (KB 3)	25
3.2.4	Vzorčno mesto 4 (KB 4)	25
3.2.5	Vzorčno mesto 5 (KB 5)	26
3.3	FIZIKALNE MERITVE IN KEMIJSKE ANALIZE	27
3.3.1	Merjenje suhe mase	28
3.3.2	Merjenje klorofila	28
3.3.3	Biološke analize	29
3.3.4	Priprava vzorcev perifitonskih alg za pregledovanje	30
3.3.5	Priprava in pregledovanje vzorcev kremenastih alg	30
3.4	STATISTIČNE ANALIZE	31
3.4.1	Relativna abundanca	31
3.4.2	Sørensenov indeks podobnosti	31
3.4.3	Bray - Curtisov koeficient podobnosti	32
3.4.4	Saprobni indeks	32
3.4.5	Vpliv okoljskih dejavnikov na taksonomsko sestavo	33
4	REZULTATI	34
4.1	REZULTATI FIZIKALNIH MERITEV IN KEMIJSKIH ANALIZ	34
4.1.1	Temperatura vode	34
4.1.2	Vsebnost kisika in nasičenost vode s kisikom	34
4.1.3	Povprečna globina vode, kjer sem vzela vzorčne kamne	36
4.1.4	Pretok	36
4.1.5	Povprečna hitrost vode	37
4.1.6	Električna prevodnost	37
4.1.7	Kislost/bazičnost	38
4.1.8	Skupne raztopljene snovi (TDS)	39
4.1.9	Koncentracije nitratnih ionov (NO_3^-)	39
4.1.10	Koncentracije ortofosfatnih ionov (PO_4^{3-})	40
4.1.11	Svetlobne razmere	41
4.1.12	Suha masa vzorca	41
4.1.13	Količina klorofila <i>a</i>	42
4.1.14	Deleži anorganskega substrata	43
4.1.15	Deleži organskega substrata	43
4.1.16	Kakovost vode glede na fizikalne in kemijske parametre	45
4.2	REZULTATI BIOLOŠKIH ANALIZ	46
4.2.1	Analiza združbe perifitonskih alg	46
4.2.1.1	Sezonsko spreminjanje deleža glavnih skupin alg po vodotoku navzdol	46
4.2.1.2	Vzorčno mesto KB 1	48
4.2.1.3	Vzorčno mesto KB 2	49
4.2.1.4	Vzorčno mesto KB 3	49
4.2.1.5	Vzorčno mesto KB 4	50
4.2.1.6	Vzorčno mesto KB 5	51

4.3	REZULTATI STATISTIČNIH ANALIZ	51
4.3.1	Podobnost med vzorci	51
4.3.1.1	Sørensenov indeks podobnosti	51
4.3.1.2	Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks	53
4.3.1.3	Saprobni indeks in kakovost vode glede na vrednost saprobnega indeksa na posameznih vzorčnih mestih	55
4.3.1.4	Vpliv okoljskih dejavnikov na taksonomsko sestavo	56
4.3.1.5	Klastrski analizi združb perifitonskih alg	60
5	RAZPRAVA	64
6	SKLEPI	77
7	POVZETEK	78
8	REFERENCE	79
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO SLIK

Slika 1: Spreminjanje fizikalnih dejavnikov vzdolž vodotoka (vir: Toman, 2009/10)	3
Slika 2: Spreminjanje pretoka Kamniške Bistrice tekom enega meseca do datuma vzorčenja.....	23
Slika 3: Vodotok Kamniška Bistrica z vsemi vzorčnimi mesti.....	23
Slika 4: Vzorčno mesto KB 1	24
Slika 5: Vzorčno mesto KB 2	24
Slika 6: Vzorčno mesto KB 3	25
Slika 7: Vzorčno mesto KB 4	26
Slika 8: Vzorčno mesto KB 5	26
Slika 9: Temperature vode na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih	34
Slika 10: Koncentracija kisika (mg/L) na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih.....	35
Slika 11: Nasičenost vode s kisikom (%) na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih.....	35
Slika 12: Povprečna globina vode, kjer sem vzela vzorčne kamne na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih	36
Slika 13: Pretok vode na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih	36
Slika 14: Povprečna hitrost vode, kjer sem pobrala vzorčne kamne, na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih	37
Slika 15: Elektroprevodnosti vode na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih.....	38
Slika 16: pH vrednosti vode na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih	38
Slika 17: Skupne raztopljene snovi v vodi na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih.....	39
Slika 18: Koncentracija nitratnih ionov na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih.....	40
Slika 19: Koncentracija ortofosfatnih ionov na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih.....	40
Slika 20: Svetlobne razmere v strugi in izven struge, na prostem, na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih	41
Slika 21: Suha masa vzorca površine 5 cm ² skoncentriranega na 50 mL, na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih.....	42
Slika 22: Količina klorofila <i>a</i> na različnih odsekih Kamniške Bistrice za marčevski in avgustovski vzorec	42
Slika 23: Zgradba anorganskega substrata na različnih odsekih Kamniške Bistrice	43
Slika 24: Zgradba organskega substrata na različnih odsekih Kamniške Bistrice dne 4. 3. 2011	44
Slika 25: Zgradba organskega substrata na različnih odsekih Kamniške Bistrice dne 7. 7. 2011	44
Slika 26: Zgradba organskega substrata na različnih odsekih Kamniške Bistrice dne 28. 8. 2011	45
Slika 27: Kakovost vode na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letih časih... 45	
Slika 28: Spreminjanje deležev večjih taksonomskih skupin alg v združbi perifitona dolvodno po vodotoku Kamniška Bistrica, dne 4. 3. 2011	47

Slika 29: Spreminjanje deležev večjih taksonomskih skupin alg v združbi perifitona dolvodno po vodotoku Kamniška Bistrica, dne 7. 7. 2011	47
Slika 30: Spreminjanje deležev večjih taksonomskih skupin alg v združbi perifitona dolvodno po vodotoku Kamniška Bistrica, dne 28. 8. 2011.	48
Slika 31: Vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa na različnih vzorčnih mestih vodotoka Kamniška Bistrica v različnih letnih časih.....	53
Slika 32 : Vrednosti saprobnega indeksa, izračunanega na podlagi prisotnosti kremenastih alg, na različnih vzorčnih mestih in v različnih letnih časih vodotoka Kamniška Bistrica .	55
Slika 33: Vrednosti saprobnega indeksa, izračunanega na podlagi prisotnosti vseh alg, na različnih vzorčnih mestih in v različnih letnih časih vodotoka Kamniška Bistrica.....	56
Slika 34: F1 x F2 ravnina CCA ordinacijskega diagrama z izbranimi spremenljivkami okolja in časa (črte) ter vzorčnimi mesti (točke) vodotoka Kamniška Bistrica za vse alge	58
Slika 35: F1 x F2 ravnina CCA ordinacijskega diagrama z izbranimi spremenljivkami okolja in časa (črte) ter vzorčnimi mesti (točke) vodotoka Kamniška Bistrica za kremenaste alge	59
Slika 36: Klastrska analiza združb kremenastih alg v vodotoku Kamniška Bistrica z uporabo Bray-Curtisovega indeksa podobnosti.....	61
Slika 37: Klastrska analiza združb kremenastih alg v vodotoku Kamniška Bistrica z uporabo Sørensenovega indeksa podobnosti	62
Slika 38: Klastrska analiza združb vseh alg v vodotoku Kamniška Bistrica z uporabo Bray-Curtisovega indeksa podobnosti.....	63
Slika 39: Klastrska analiza združb vseh alg v vodotoku Kamniška Bistrica z uporabo Sørensenovega indeksa podobnosti.....	63

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vrednost Sørensenovega indeksa podobnosti za vzorce nabrane dne 4. 3. 2011	52
Preglednica 2: Vrednost Sørensenovega indeksa podobnosti za vzorce nabrane dne 7. 7. 2011	52
Preglednica 3: Vrednost Sørensenovega indeksa podobnosti za vzorce nabrane dne 28. 8. 2011	52
Preglednica 4: Vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa na različnih vzorčnih mestih vodotoka Kamniška Bistrica v različnih letnih časih.....	53
Preglednica 5: Izbrane spremenljivke okolja in časa iz matrike (E-T), Λ_A , njihova statistična značilnost (p), delež pojasnjene variance (TVE) ter kumulativna pojasnjena varianca matrike taksonov z izbranimi spremenljivkami okolja in časa (KPV) za kremenaste alge	57
Preglednica 6: Lastne vrednosti in kumulativni odstotek pojasnjene variance prvih štirih kanoničnih osi matrike taksonov ter korelacijski koeficient med prvimi štirimi kanoničnimi osmi matrike taksonov (Y) ter matrike okolja in časa (E+T) po izbiranju za kremenaste alge	57
Preglednica 7: Izbrane spremenljivke okolja in časa iz matrike (E-T), Λ_A , njihova statistična značilnost (p), delež pojasnjene variance (TVE) ter kumulativna pojasnjena varianca matrike taksonov z izbranimi spremenljivkami okolja in časa (KPV) za vse alge.....	57
Preglednica 8: Lastne vrednosti in kumulativni odstotek pojasnjene variance prvih štirih kanoničnih osi matrike taksonov ter korelacijski koeficient med prvimi štirimi kanoničnimi osmi matrike taksonov (Y) ter matrike okolja in časa (E+T) po izbiranju za vse alge	58

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Umestitev hudourniškega vodotoka Kamniška Bistrica v geografsko karto
- Priloga B: Delež (%) vrst kremenastih alg na posameznih vzorčnih mestih v različnih letnih časih
- Priloga C: Delež (%) vrst vseh alg na posameznih vzorčnih mestih v različnih letnih časih
- Priloga D: Ocena pogostosti posameznih vrst alg iz različnih skupin na posameznem vzorčnem mestu v različnih letnih časih
- Priloga E: Kakovost vodnega okolja v odvisnosti od vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa.
- Priloga F: Vrednosti saprobnega indeksa in pripadajoči kakovostni razredi (Vir: Urbanič in Toman, 2003)
- Priloga G: Razvrstitev anorganskega substrata po velikosti delcev (A) in razdelitev organskih substratov (B) (po AQEM, 2002; vir Urbanič in Toman, 2003)
- Priloga H: Deleži anorganskega (A) in organskega substrata (B, C, D) na različnih vzorčnih mestih v različnih dneh vzorčenja (+ - delež manjši od 5 %).
- Priloga I: Število vrst iz posamezne skupine alg v različnih letnih časih na različnih vzorčnih mestih.
- Priloga J: Delež vrst (%) iz posamezne skupine alg v različnih letnih časih na različnih vzorčenjih.
- Priloga K: Seznam najpogostejših vrst kremenastih alg (A) in vseh alg (B) vzdolž vodotoka Kamniška Bistrica.
- Priloga L: Lestvica za oceno pogostosti združbe obrasti (Urbanič in Toman, 2003)
- Priloga M: Vrednosti saprobnega indeksa na posameznih vzorčnih mestih v različnih letnih časih izračunane na podlagi vseh prisotnih alg (A) in kremenastih alg (B). Ocena kakovosti voda za posamezna vzorčna mesta na podlagi vrednosti saprobnega indeksa za vse alge (C) in za kremenaste alge (D).
- Priloga N: Kode vzorčnih mest (A) in oznak v grafu Bray- Curtisovega in Sørensenovega indeksa (B) terordinacijskega diagrama (B; koda 2).

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

<i>A</i>	Relativna pogostost/abundanca
ARSO	Agencija republike Slovenije za okolje
CCA	Kanonična korespondenčna analiza
CČN-DK	Centralna čistilna naprava Domžale - Kamnik
CPOM	Večji organski delci
DCA	Korespondenčna analiza z odstranjenim trendom
FPOM	Manjši organski delci
<i>H'</i>	Shannon – Wienerjev diverzitetni indeks
KPV	Kumulativna pojasnjena varianca
KVAL	Kvalitativna analiza
KVAN	Kvantitativna analiza
P	Vzorec za taksonomsko analizo perifitona
PP	Primarna produkcija
<i>p</i>	Statistična značilnost spremenljivk
<i>Q</i>	Kvanti oz. mikromoli fotonov/m ² s (merilo za osvetljenost)
<i>Q_i</i>	Stopnja podobnost med združbami
QSI	Ocena kakovosti voda na podlagi saprobnega indeksa
RSI	Razmerje svetlobe v strugi in na prostem
<i>SI</i>	Saprobna vrednost
<i>S_{BC}</i>	Bray - Curtisov indeks podobnosti
SK	Vzorec za suho maso in klorofil
TDS	Skupne suspendirane snovi
TVE	Delež pojasnjene variance

1 UVOD

Življenje na Zemlji je možno predvsem zaradi dveh temeljnih lastnosti planeta: zaradi svojstvene sestave ozračja, ki vsebuje dovolj kisika in vodne hlape ter zaradi vodnih prostranstev na zemeljskem površju (Plut in Lenarčič, 1995).

Tekočih voda oziroma lotičnih habitatov je 0,006 % (Toman, 2009/10); torej le majhen delež celinskih voda, ki so kljub temu neprecenljiv vir za človeštvo in nudijo bogato in kompleksno okolje (Giller in Malmqvist, 1997).

Slovenija je izrazita povirna država, ter nadpovprečno bogata s padavinami in izdatnimi kakovostnimi izviri (Globevnik, 2008). Za Slovenijo je značilna velika pestrost v hidromorfoloških tipih vodotokov, od nižinskih, kraških, gorskih do ekstremnih hudournikov (Vrhovšek in sod., 1984, Burja in sod., 1995, 1996c, cit. po Smolar, 1997). Čeprav je Slovenija bogata z vodami, se kljub veliki količini padavin povečuje onesnaženje tako površinskih vod kot podtalnice (Lesjak, Oreški, 2007). Glavni onesnaževalci so industrijske, gospodarske in infrastrukturne dejavnosti, gospodinjstvo in kmetijstvo. Z nenadzorovanimi izpusti odpadne vode ali prekomernim gnojenjem močno obremenjujejo vodno okolje in presegajo njegovo samočistilno sposobnost. Prav tako ni rešeno čiščenje odpadnih voda iz manjših naselij ter obratov (Žvokelj, 2003). Izgradnja kanalizacijskih sistemov in čistilnih naprav je potrebna, da se odpadna voda očisti do stopnje, da po izpustu nazaj v okolje ne deluje negativno na naravni sistem (Cerar, 2007). Na vodotokih so tudi odvzemna mesta za pitno vodo, za potrebe industrije in hidroelektraren in za namakanje. Do izrabe vode lahko pride na tistih odsekih vodotokov, kjer je to ekološko in ekonomsko upravičeno (Burja in sod., 1995, Vrhovšek in sod., 1984, 1996c, cit. po Smolar, 1997). Glavne ovire za premajhno učinkovitost upravljanja z vodami so v pomanjkljivi organizacijski strukturi, zlasti na regionalni ravni (Globevnik, 2008).

Napredek civilizacije je povzročil, da je človekov vpliv na naravo vse večji (Pleško, 1985). Naša rečna mreža je gosta, z velikimi pretočnimi nihanji in s hudourniškim značajem, zato že majhna količina onesnažene vode, predvsem ob poletnih nižkih, povzroči zmerno ali močno onesnaženost naših rek (Plut in Lenarčič, 1995). Spremembe ekoloških dejavnikov delujejo na vrstni sestav organizmov v ekosistemih na Zemlji. Vodni ekosistemi predstavljajo pomemben del raziskav vplivov industrializacije na prizadete življenjske združbe. Njihov pomemben sestavni del so ravno pritrjene mikrozdružbe oz. perifiton (Pleško, 1985).

1.1 HIPOTEZE IN NAMEN NALOGE

V prispevnem območju vodotoka Kamniška Bistrica najdemo številne industrijske obrate, kmetijske površine, naselja, farme in čistilne naprave, ki vplivajo na kemijsko in biološko stanje Kamniške Bistrice.

Namen diplomske naloge je bil ugotoviti kakovost hudourniškega vodotoka Kamniška Bistrica upoštevaje spremembe v perifitonski združbi.

Cilji diplomske naloge so ugotoviti stanje združbe primarnih producentov perifitona na različnih odsekih Kamniške Bistrice in različnih letnih časih, ugotoviti spremembe v sestavi alg vzdolž vodotoka ter ugotoviti diverziteto alg, cianobakterij in posebej diatomej v perifitonski združbi vodotoka.

Hipoteze

Predpostavljali smo, da se bodo v vodotoku vrstna sestava in razmerja med značilnimi skupinami alg v perifitonu spremenili v odvisnosti od stopnje onesnaženja.

Predpostavljali smo, da spodnji del vodotoka Kamniška Bistrica spada med bolj obremenjene vodotoke, zato je v spodnjem delu spremenjena sestava perifitona.

2 PREGLED OBJAV

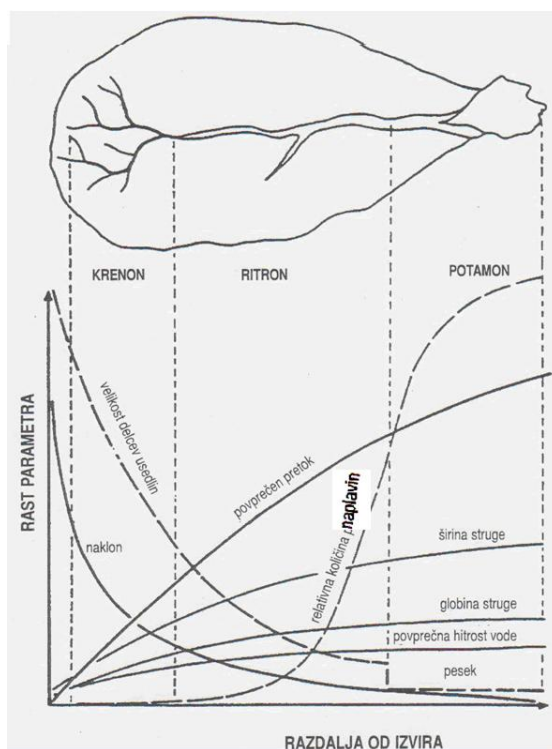
2.1 REČNI SISTEM

Giller in Malmqvist (1998) podajata naslednje ekološke značilnosti lotičnih ekosistemov (sistemi tekočih vod): enosmernost vodnega toka, linearna oblikovanost, nestabilnost in strukturiranost dna z usedlinami, odprtost (povezava s terestričnim ekosistemom), prostorska in časovna heterogenost, hierarhična organiziranost (studenec → potok → reka → veletok) in hierarhija strukturiranosti življenjskih združb, velika variabilnost med vodotoki ter prilagojenost organizmov na življenje v vodnem toku.

Lotični sistemi so najbolj dinamični del vodnih ekosistemov na celinah. Sila gibanja oziroma vodnega toka v celoti določa biotske in abiotske dejavnike. Biotski in abiotski dejavniki se longitudinalno značilno spreminjajo in posledično značilno vplivajo na življenjsko združbo v vodotoku (Toman, 2009/10).

Rečne struge imajo od izvira do izliva tri odseke: krenon, ritron in potamon.

Po toku se spreminja velikost delcev usedlin, naklon struge, povprečen pretok in hitrost vode ter širina in globina struge.



Slika 1: Spreminjanje fizikalnih dejavnikov vzdolž vodotoka (vir: Toman, 2009/10)

Krenon je izvorni del, navadno v višjih nadmorskih višinah. Substrat tvorijo veliki delci, zaradi strmega naklona se pojavljajo brzice, veliko manj je tolmunov. Struga je plitva in ozka, pretok vode pa majhen. Združba je vrstno pestra, z manj številnimi predstavniki iste vrste; produkcija je manjša od respiracije (Grbović, 1995; Štendler, 2009; Toman, 2009/10).

Osrednji del je **ritron**. Substrat je bolj droben, naklon manjši in tok počasnejši. Širina in globina struge se povečata, povprečen pretok naraste. Produkcija je višja od respiracije (Grbović, 1995; Štendler, 2009; Toman, 2009/10).

Spodnji odsek je **potamon**. Življenjske združbe in procesi so podobni kot v stoječih vodah. Povprečen pretok je največji, prav tako širina in globina struge. Substrat je zelo droben, pojavlja se tudi mulj. Značilen je počasen, nižinski tok. Reka tvori številne meandre, velike zavoje; kjer se na eni strani zavoja material odlaga, na nasprotni strani pa rečni tok erodira brežino. Obrežja so močno porasla z vegetacijo. Življenjska združba je po biomasi organizmov praviloma večja a vrstno manj pestra. Produkcija je manjša od respiracije (Grbović, 1995; Štendler, 2009; Toman, 2009/10).

Rastlinske in živalske združbe so na različne načine prilagojene na različne hitrosti vodnega toka. Pri algah tako najdemo elastične steljke (*Stigeoclonium*), bazalno celico preoblikovano v rizoidno (*Lemanea*) ali galertaste prevleke (*Nostoc*). Lahko se pritrjajo s peclji (*Cocconeis*), želatinastimi peclji (*Achnanthes*, *Gomphonema*) nekatere vrste imajo sploščen talus, ki se tesno prilega podlagi. Prednosti imajo tudi epipelične vrste, ki so sposobne premikanja kot so na primer vrste iz rodu *Navicula*, *Nitzchia*, *Oscillatoria*, *Phormidium* in druge (Toman, 2009/10). V predelih, kjer se tok umiri (za skalami, tolmunih) so pogoste zelene alge (*Mougeotia*, *Zygnema*, *Spirogyra* in kokalne zelene alge), ki nimajo tako učinkovitega sistema za pritrjanje.

Na rečni sistem ima velik vpliv prispevno območje; hidrološki procesi in riparijska (obrežna) vegetacija. Ta zadržuje in stabilizira hiter površinski odtok (Toman, 2009/10).

2.2 HUDOURNIK IN HUDOURNIŠKI VODOTOK

Hudournik je presihajoče, občasno vodno telo, pomembno je s stališča organizmov v hiporeiku. Tu se nahajajo najbolj dinamične združbe, freatični organizmi, ki imajo vretenaste oblike telesa (Toman, 2009/10). **Hudourniški vodotoki** izrazito spreminjajo pretok, odvisni so predvsem od padavinskega režima (Toman, 2009/10).

Razlikujemo dve osnovni vrsti hudournikov:

- visokogorske hudournike
- hudournike sredogorja in gričevja

Hudournike razlikujemo tudi glede na poreklo erozijskega drobirja, ki ga odplavljajo iz višinskih predelov v nižine. Ločimo:

- spiravce: hudournike, ki plavijo pretežno preperine
- podrivače: v njih prevladujejo plavine, ki nastajajo zaradi pretežno erozijskega delovanja hudournika oziroma kopanja lastnega dna, rušenja bregov in pobočij.

Hudourniki sredogorja in gričevja se od visokogorskih močno razlikujejo. Strme padce imajo ti hudourniki le v najbolj zgornjih predelih svojega zlivnega območja. Zanje so značilne večje in stalnejše pretočne količine voda. Usade na pobočjih srečamo pri njih povečini le v zgornjem toku (strminah), zato pa so v srednjem in spodnjem toku pogosto udori bregov, ki povzročajo tok in prodonosnost (Jesenovec, 1995).

Obstaja več definicij hudourniških vod, navajamo le nekatere med njimi:

- vodni tok, ki ima velike padce povodja in korita, nenadno poplavlja in naglo prenaša odtrgan nanos z bregov, ki se v spodnjem toku vodotoka useda;
- hudourniške vode so obremenjene z blatom in kamenjem, ki nastajajo pod vplivom več dejavnikov v hribovitih kotlinah. V svojih poplavnih vodah nosijo in vlečejo kaotično maso sestavljeno iz vode, glin, peska, kamenja, delov skal in kosov lesa;
- hudournik je dvofazni tok, tok tekoče in čvrste faze (Grbović, 1994).

Hudourniške vode nekajkrat na leto močno povečajo pretok vode, takrat količina vode večkratno presega letni povprečni pretok potokov in rek. Pomladne in tudi jesenske otoplitve odtajajo sneg v gorah, tako se pojavijo nadpovprečno velike količine vode (Hlatan, 2008). Pri hudourniških vodotokih spreminjanje pretoka zajame tako hitro tekoče kot počasi tekoče predele, z ozirom na hrapavost dna (Grbović, 1994). Pomembna lastnost hudourniških voda je tudi vodna sila, vir vodne sile je naklon terena. Ko se združita velika količina vode in hitrost, voda dobi rušilno moč (Hlatan, 2008).

2.3 VODOTOK KAMNIŠKA BISTRICA

2.3.1 Splošno o Kamniški Bistrici

Kamniška Bistrica je hudourniški vodotok. Izvira na vznožju Črnega vrha v Kamniških Alpah na nadmorski višini 600 m, izliva se v reko Savo med Beričevem in Dolom (Berki, 2010) in povezuje občine Domžale, Kamnik ter Dol pri Ljubljani (Vahtar in sod., 2008). Dolžina K. Bistrice je 32,8 km, povprečen pretok je 20,9 m³/s, porečje pa obsega 546,1 km². Porečje na zahodu meji na porečje Kokre in na območje talne vode Vodiško-Skaručenskega polja, na vzhodu meji na porečje Savinje, na jugu pa na porečje Save oz. območje talne vode Ljubljanskega polja. Porečje K. Bistrice lahko razdelimo na površni del ter podporečja glavnih pritokov: Črna, Nevljica, Rača z Radomljo in Pšata. Najvišji nivo vode je pozno jeseni (november) in pozno spomladi (maj), avgusta in februarja pa najnižji (Stražar in sod., 2001).

Kamniška Bistrica ima snežno-dežni rečni režim. Na višino njene vode poleg padavin vpliva taljenje snega v gorskih višinah povirja. Majski in junijski višek sta znatno močnejša od aprilskega (za okrog 13 %) in predstavljata absolutni mesečni višek vode. Novembrski drugi porast vode nastopi zaradi obilnih padavin. Zimski nižek vode nastopi zaradi snežnega zadržka in je znatno nižji od poletne nizke vode. Poleti ima K. Bistrica manj vode zaradi visokih temperatur in večjega izhlapevanja vode, veliko vode pa porabi tudi okoliško rastlinstvo. Od Kamnika dolvodno snežno-dežni režim vedno bolj prehaja v dežno-snežni, ki ima največ vode jeseni (ali spomladi) in najmanj poleti (OŠ Rodica).

2.3.1.1 Obremenjevanje Kamniške Bistrice

Vir antropogenega onesnaževanja so industrijske, gospodarske in infrastrukturne dejavnosti, gospodarstvo ter kmetijstvo. Kamniška Bistrica dobi odpadno vodo s pritokom Črna hribine iz rudnika in separacije kaolina. Obremenjuje jo tudi bližnji kamnolom, številni industrijski obrati v Stahovici in Stranjah; kot so tovarna Calcit, betonarna Graditelj in kamnoseštvo Granite. Obremenjujejo jo tudi industrijski obrati med Kamnikom in Domžalami, oziroma niz rokavov Mlinščice (Usnjarna Kamnik, Živilska industrija Kamnik, Papirnica Količevo, Združena kemična Domžale in Usnjarski tehnikom Domžale). V spodnjem toku veliko obremenitev predstavljata prašičja farma Ihan in CCN-DK, ki je kljub njenemu namenu čiščenja vode, eden večjih onesnaževalcev Kamniške Bistrice (Vahtar in sod., 2008).

Z nenadzorovanimi izpusti odpadne vode in prekomernim gnojenjem močno obremenjujemo K. Bistrico. K temu močno pripomorejo nizki vodostaji v matični strugi, ki so posebno kritični poleti, ter odvzemi vode za mlinščice, saj se v sušnem obdobju skoraj enaka količina vode pretaka tudi po mlinščicah. Zaradi občasnih izjemno nizkih količin vode v matični strugi samočistilna sposobnost vodotoka ponekod ni zadostna (Vahtar in sod., 2008).

Z dograditvijo kolektorja in čistilnih naprav v Domžalah so se razmere znatno izboljšale, niso pa še zadovoljive. Medtem, ko je bila do leta 1950 v Kamniški Bistrici še bogata in raznovrstna populacija rib, je Kamniška Bistrica danes bogata z ribami le še v zgornjem

toku. V srednjem in spodnjem toku je življenje ribjih vrst osiromašeno in odvisno le od vlaganja v ribogojnici vzgojenih mladice (OŠ Rodica).

2.3.2 Geološke značilnosti Kamniške Bistrice

Kamniška Bistrica leži ob vznožju Kamniških Alp, te pa v največji meri gradijo apnenci in dolomiti od srednje do zgodnje triadne starosti. Jurskih in krednih sedimentov ni. Šele v terciarju so bili v dolini Kamniške Bistrice odloženi oligocenski apnenci, skrilavci in peščenjaki. Značilne so še morene pleistocenskih ledenikov, ki so tu in tam prekrite s holocenskim pobočnim gruščem in podori (Slapnik, 1986). V porečjih pritokov Črne, Nevljice, Tunjščice in nekaterih levih pritokov Pšate ter desnih pritokov Radomlje prevladujejo lapornato - glinene sedimentalne kammine, podobne flišu. V porečju Rače ter v spodnjem delu porečij Radomlje in Pšate so glineno-peščeni nanosi. Od Kamnika do izliva v Savo pa so rečnoledeniški prodni nanosi (Vrtačnik Merčun, 2003).

2.4 PERIFITON

2.4.1 Definicija

Perifiton je združba avtotrofnih in heterotrofnih, predvsem mikroskopskih organizmov v vodah, ki so stalno ali občasno pritrjeni na substrat v vodnih telesih. Združbo predstavljajo avtotrofni primarni producenti (predvsem zelene alge, diatomeje in cianobakterije) in heterotrofne glive, bakterije, protozoi (pretežno migetalkarji, bičkarji in korenonožci) ter mnogoceličarji (kotačniki, gliste in tebhodlačniki). Perifiton je prisoten v vodotoku in litoralu stojećih voda (Urbanič in Toman, 2003).

Wetzel (2001) definira združbo perifitona kot združbo alg, bakterij in gliv ter med njimi anorganskega in organskega detritusa, ki je pritrjena na organski ali anorganski substrat. Perifiton je združba enoceličnih, kolonijskih ali nitastih organizmov, ki rastejo pritrjeni na substrat v vodotokih ali v litoralu stojećih voda (Graham in Wilcox, 2000).

Perifitonske združbe lahko označimo kot biokemične reaktorje, ki jih poganja sonce, biogen habitat, sisteme za zgodnje opozarjanje degradacije okolja in kot zaklade biodiverzitete (Larned, 2010). V vodotoku so pogosto glavni primarni producenti (Hill in sod., 2010).

Mnoge raziskave zajemajo le posamezne komponente združbe perifitona. V raziskavah, ki so omejene na združbo alg se izraz perifiton uporablja za vse tipe alg in cianobakterij, ki rastejo na podlagah in so stalno ali občasno pritrjeni nanjo. Tudi moja diplomska naloga je omejena na tovrstno komponento perifitona. V nadaljevanju bom uporabljala izraz perifiton le za alge, ki so stalno ali občasno pritrjene na podlago.

2.4.2 Terminologija

Osredotočili smo se na dva različna klasifikacijska sistema: taksonomsko in ekološko klasifikacijo. Alge smo razdelili v višje taksonske skupine po N. Joganu (2001). Klasifikacija temelji na štirih glavnih razlikah v njihovih lastnostih: pigmentacija, založne snovi, lokomotorni organi – biček ter celična stena. Našteti taksonomski parametri so evolucijsko konzervativni in zato predstavljajo najboljše orodje za prepoznavanje glavnih razlik med taksonomsko manj sorodnimi algami (Vrhovšek, 1985; Toman, 1996; Jogan, 2001; Lowe in LaLiberte, 2007).

2.4.2.1 Cyanophyta (Cyanobacteria) (modrozeleni cepeljivke, modrozeleni alge, cianobakterije, cianofiti, cianoficeje)

So najstarejša skupina fotoavtotrofnih organizmov na Zemlji (predkambrij) s prokariotsko organizacijo. Vsebujejo barvila klorofil *a*, β karoten, ksantofile in fikobiline. Ločimo kokalne, kapsalne in trihalne organizacijske oblike. So brez običanih stadijev. Lahko imajo diferencirane vegetativne celice; spore (akinete) in heterociste. V slednjih so anoksične razmere, ki omogočajo proces fiksacije atmosferskega dušika, kar v prehransko revnih vodah predstavlja ekološko prednost. Cyanophyceae so edini razred cianobakterij.

Okolje, kjer živijo, je zaradi prevladovanja različnih barvil v njih lahko obarvano rdeče, rjavkasto, črno itd. Živijo tudi v zelo ekstremnih razmerah (organsko onesnažene vode), simbiozah z glivami v lišajih, z živalmi, z rastlinami. Nekatere vrste (npr. *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*) lahko v določenih razmerah izločajo tudi mikrocistine, ki so toksični za vodne in kopenske živali (Vrhovšek, 1985; Toman, 1996; Jogan, 2001; Hauer in Lamberti, 2007).

2.4.2.2 Euglenophyta – evglenofiti

Evglenofiti so večinoma enocelični miksotrofi, mnogi med njimi so kloroplaste izgubili in postali heterotrofni. V kloroplastih imajo prisotne pigmente klorofil *a* in *b*, beta karoten in nekatere ksantofile. Pri nekaterih vrstah so v kloroplastih pirenoidi, kjer se skladiščijo rezervne snovi (paramilon). So monadni, večinoma prostoplavajoči organizmi. Premikajo se s pomočjo dveh različno ali enako dolgih bičkov. Pogosto je viden le en biček. Značilna je očesna pega ali stigma, ki leži poleg bička in skupaj s parabazalnim telescem deluje kot fotoreceptor in regulira gibanje. Celične stene ni, pri številnih je prisotna proteinska pelikula (trda ali elastična).

Nekateri so saprofitni in tako pomembni pri samočiščenju in biološkem čiščenju odpadnih voda. Lahko so parazitski v želodcih živali in na škrgah rib. Razširjeni so v toplih in z organskimi snovmi bogatih celinskih, predvsem stoječih vodah ter v vodotokih, ki so povezani s stoječimi vodami. Nekatere vrste (*Euglena sanguinea*) lahko povzročijo cvetenje jezer. Če se močno namnožijo, dajejo vodi značilno barvo; tako npr. vrste iz rodu *Euglena spp.* dajo zeleno barvo, vrste iz rodu *Trachelomonas spp.* rjavo barvo (Toman, 1996, Vrhovšek, 1985; Jogan, 2001; Barsanti in Gualtieri, 2006; Lowe in LaLiberte, 2007).

2.4.2.3 Dinophyta (Pyrrophyta) – ognjene alge

Ognjene alge so biciliatni, heterokontni bičkarji, večinoma so enocelični organizmi redkeje v kokalni ali trihalni organizaciji. Imajo več fotosintetskih barvil (klorofil *a* in *c*, β -karoten, peridinin, diadinoksantin). Primitivnejše vrste imajo celulozno celično steno, druge imajo pod plazmalemo pelikulo iz celuloznih ploščic, pri tretjih pa celična stena lahko manjka. Značilna je dorzoventralna zgradba z dvema brazdama in različno dolgi bički za gibanje. Polovica predstavnikov je heterotrofnih, nekateri od njih so sekundarno avtotrofni, pogosta je miksotrofija. Taksonomska delitev dinofitov je zelo različna, pogosto jih delimo v tri skupine: Dinophyceae, Cryptophyceae in Chloromonadophyceae (Toman, 1996; Jogan, 2001).

2.4.2.4 Chlorophyta – zelene alge

Zelene alge so po številu vrst najštevilčnejša skupina (15000 vrst). So predniki višjih rastlin, po kemizmu so enake mahovom in brstnicam. Tudi njihova razširjenost in prilagojenost na ekstremne razmere v okolju sta takšni, da se lahko primerjajo z modrozelenimi cepljivkami. Kloroplasti vsebujejo klorofil *a* in *b*, karotene ter ksantofile. Najdemo vse organizacijske nivoje razen pravega parenhimatskega. Lahko so gibljive ali

negibljive, celična stena nastaja zunaj plazmaleme in je iz celuloze, pektinov in glikoproteinov. Večina je avtotrofov, nekateri so tudi miksotrofi. Tradicionalno zelene alge delimo v tri razrede: Chlorophyceae, Zygnemophyceae in Charophyceae. Sodobne delitve, ki temeljijo na novih evolucijsko pomembnih znakih, delijo zelene alge v številne nove razrede.

Večina skupin in vrst živi v celinskih vodah, okoli 10 % vrst jih živi v morju, nekaj jih je tudi kopenskih in epifitskih. Pogosto se povezujejo z drugimi organizmi, tako avtotrofnimi kot heterotrofnimi (simbionti, epifiti). So najpomembnejši simbionti v lišajih. Pomembna okoljska dejavnika, ki vplivata na geografsko razširjenost sta temperatura in svetloba. Večina je zelene barve zaradi zeleno obarvanih fotosinteznih pigmentov. Na močni svetlobi se ne pojavljajo v zelenih odtenkih, ker akumulirajo oranžne in rdeče pigmente, ki jih varujejo pred fotodestrukcijo. Pomembne so tudi v raziskavah. Nobelov nagrajenec M. Calvin je uporabil kulturo zelenih alg iz rodu *Chlorella* za raziskovanje kasneje po njem imenovanega Calvinovega cikla. Večinoma živijo v planktonu in bentosu, približno 10 % vrst jih živi v morju. Pogosteje se pojavljajo v nevtralnih vodah, najdemo pa jih tudi v vulkanskih jezerih s pH 1,7 (Vrhovšek, 1985; Canter-Lund in Lund, 1995; Toman, 1996; Jogan, 2001; Graham in Wilcox, 2009).

2.4.2.5 Heterokontophyta: Chrysophyceae – zlatorjave alge

So morfološko zelo raznolika skupina alg s predvsem monadnimi, kokalnimi, kapsalnimi in rizopodialnimi predstavniki, redki so tudi trihalni. Kloroplasti vsebujejo barvila klorofil *a* in *c*, karotene in ksantofile ter fukoksantin, slednji daje plastidom zlatorjavo barvo. Kljub morfološki različnosti je notranja zgradba zlatih alg enotna, imajo en ali dva kloroplasta, majhno jedro in nekatere tudi vakuolo. Gibljivi predstavniki so biciliatni, heterokontni, krajši biček je pogosto reduciran. Celična stena je iz celuloze in pektinov, pod plazmalemo so lahko prisotne kremenaste luske. Precej vrst je miksotrofov, nekatere so sposobne tudi fagotrofije. Delimo jih na Chrysomanadophyceae, Chrysosphaerophyceae, Chrysopodophyceae, Chrysocapsophyceae, in Chrysotrichophyceae.

Živijo v celinskih in brakičnih vodah ter v morju. Značilne so za hladne, čiste tekoče vode zmernih klimatov (*Hydrurus foetidus*), le nekatere so epifitske ali bentične, mnoge so planktoni. Prednostno naseljujejo rahlo zakisane, mehke vode (Toman, 1996; Jogan, 2001; Graham in Wilcox, 2009).

2.4.2.6 Xanthophyceae – rumene alge

Rumene alge so morfološko raznolika skupina kokalnih, sifonalnih, sifonokladalnih, rizopodialnih, trihalnih in kolonijskih alg. V njihovih kloroplastih najdemo večinoma klorofil *a*, redkeje klorofil *c* in *e* ter ksantofile, nalagajo se lahko tudi rezervne snovi (olja in krizolaminarin). Celična stena je dvodelna; celulozna in pektinska, bogata je s pektini, silicijem, železom in kalcijem, lahko je tudi okremenela. Večina vrst je avtotrofnih, nekateri rizopodialni predstavniki so miksotrofi. Neugodne razmere preživijo kot spore. Taksonomsko jih delimo na šest družin: Xanthomonadophyceae, Xanthopodophyceae, Xanthocapsophyceae, Xanthococcophyceae, Xanthotriophyceae in Xanthosiphophyceae.

Največ vrst je v celinskih vodah, nekaj vrst živi na vlažnih tleh ali epifitsko, redke so morske. Mnoge vrste so planktonske. V tekočih vodah je prisotnih le nekaj vrst iz rodov *Vaucheria* in *Tribonem*. V tej skupini so predstavniki, ki se lahko lokalno močno namnožijo in v celoti prerastejo substrat. Pomemben okoljski dejavnik je temperatura vode, tako se rod *Tribonema* vedno pojavlja v zelo hladnih vodah. Rod *Vaucheria* so dolgo časa uvrščali med zelene alge. Največkrat jo dobimo v celinskih vodah, ki so bogate z železom. V te skupine spadajo predstavniki nitastih rumeno-zelenih alg, ki se lokalno lahko zelo razmnožijo in v celoti prerastejo substrat (Toman, 1996; Jogan, 2001; John in sod, 2005).

2.4.2.7 Bacillariophyceae (Diatomeae) – kremenaste alge, diatomeje

Diatomeje so ena najpomembnejših skupin alg v celinskih vodah in kot skupina so najlažje prepoznavne. Večina vrst je kokalno organiziranih z značilno celično zgradbo, nekatere tvorijo rahle nitaste ali galertaste kolonije. V kloroplastih so prisotna barvila klorofil *a* in *c*, α in β karoten in različni ksantofili. Celična stena je v osnovi pektinska, pod plazmalemo se zasnjuje kremenasta lupinica imenovana tudi frustula ali teka. Ta sestoji iz dveh delov (epiteka, hipoteka), ki se med seboj ujemata kot škatla za čevlje. Celotna kremenasta hišica je bogato in vrstno specifično strukturirana. Glede na obliko in simetrijo teke razdelimo kremenaste alge na dve skupini: radialno simetrične Centrales in bilateralno simetrične Pennales. Veliko diatomej ima tudi podolgovato režo, odprtino v kremenasti lupinici, ki jo imenujemo rafa. Tiste, ki jo imajo, lahko lezejo po podlagi. Oblika in simetrija teke sta pomemben taksonomski znak.

Kremenaste alge najdemo v vseh vrstah voda, v vlažnih tleh, nekaj je tudi simbiotskih vrst foraminifer. V tekočih in stoječih vodah so pomembni bioindikatorji. V celinskih vodah se množično pojavljajo spomladi in jeseni. Njihov pomen spoznamo, če vemo, da proizvedejo kremenaste alge 20 – 25 % celotne organske mase na Zemlji. Precej vrst je fakultativnih heterotrofov (Vrhovšek, 1985; Toman, 1996; Jogan, 2001; Lowe in LaLiberte, 2007).

2.4.2.8 Rhodophyta – rdeče alge

So zelo stara skupina pretežno bentonskih alg. V kromatoforih ali rodoplastih so prisotna fotosintetska barvila (klorofil *a* in *d*, α in β karoten, ksantofili, fikobilina fikocian in fikoeritrin). Lahko so enocelične, nitaste ali plektenhimsko prepletene. Ni običkanih oblik. Celična stena je večplastna, znotraj iz celuloze in zunaj iz pektinov. Večina ima večcelični talus zelo različne zgradbe, s katerim se pritrdijo na podlago s pomočjo bazalne celice (primitivnejše oblike) ali posebno oblikovanih izrastkov (rizoidov). Delimo jih na Bangiophyceae in Florideophyceae.

Pogosteje jih najdemo v morju kot v celinskih vodah. So olivno zelene do kostanjeve barve. Na geografsko razširjanje rdečih alg močno vpliva temperatura in slanost. Večina je občutljiva na večje spremembe temperature in le nekaj jih uspeva pri nižjih koncentracijah slanosti. Nekatere vrste naseljujejo celo arktične in antarktične predele. Značilna rodova v celinskih vodah sta *Batrachospermum* in *Lemanea*, vezana na čisto vodo, bogato z

raztopljenim kiskom (Toman, 1996; Jogan, 2001; Lowe in LaLiberte, 2007; Graham in Wilcox, 2009).

2.4.3 Delitev perifitona glede na podlago

Glede na to, kje živijo alge v vodnem okolju, ločimo dve osnovni skupini:

- alge, ki so v vodnem okolju prosto (fitoplankton)
- alge, ki so pritrjene na podlago (fitobentos) (Vrhovšek, 1985).

Glede na vrsto podlage perifiton delimo na številne podskupine, najpogosteje jih delimo na:

- epilitske (na velikih delcih, kamenju, skalah)
- epipelične (na manjših delcih)
- epifitske alge (na rastlinah).

Poleg omenjenih glavnih skupin so še nekatere delitve, npr. epipsamalne (med delci), epizoične (na živalih), epimetalne (na kovinah), itd., ki zaradi količinske nepomembnosti njihove podlage v vodotokih nimajo pomembnejše vloge (Vrhovšek, 1985, Toman 2009/10).

2.4.3.1 Epilitske alge

Epilitske alge rastejo na trdnih usedlinah kot so skale, kamni, prodniki (Toman, 2009/10). Združbe epilitskih alg se razvijejo v tistih delih vodotokov, kjer je tok vode dovolj hiter, da preprečuje usedanje drobnih delcev. Alge se na podlagi obdržijo s pomočjo specifičnih prilagoditev za pritrjanje: posamezne celice alge *Ulotrix* imajo izrastke, vrste iz rodu *Cladophora* imajo rizoidalne izrastke na bazalni celici, kremenaste alge izločajo različne želatinozne snovi, ki omogočajo pritrjanje. Pri skupini Rhodophyta se talus tesno prilega na kamnite usedline. Pri manj trdnih usedlinah lahko nekatere vrste delno (npr. rod *Gongrosira*) ali popolnoma (npr. rod *Shizothrix*) endolitsko prodrejo v kamne (Hynes, 1972).

Nitaste kremenaste alge so pogostokrat obdane z temnimi rumeno-rjavimi želatinoznimi snovmi, tudi kolonije vsebujejo vijolične, rdeče ali rumeno-rjave sluzi. Temne barve ščitijo kremenaste alge pred premočno svetlobo in UV sevanjem (Graham in Wilcox, 2009).

2.4.3.2 Epifitske alge

Prisotnost epifitskih alg je odvisna od letnega časa, rasti makrofitov in pogostosti visokih vod (Reynolds, 1992; cit. po Koren, 2009). Pojavljajo se na živih in odmrlih rastlinah. Naseljujejo liste in stebela potopljenih makrofitov, ki lahko tvorijo lokalno mikrookolje, kjer so zmanjšane hitrosti vodnega toka in manjše turbulence vode. Makrofiti lahko v tekočih vodah nudijo podlago za večje enocelične alge (*Closterium*), za manj čvrste nitaste in kolonijske oblike (*Aulacoseira*, *Oncobyrsa*), nepritrjene alge (*Cryptomonas*) in prosto plavajoče živali, kot so vrste iz rodu *Daphnia* (Reynolds, 1995; cit. po Smolar, 1997).

Najbolj razširjene epifitske cianobakterije so tiste, ki tvorijo simbiozo z glivami in lišaji. Takoj za njimi so kokalne cianobakterije z želatinoznim ovojem (*Chroococcus*, *Gloeocapsa*) ali filamentozne (*Phormidium*, *Nostoc*, *Scytonema*). Naštete alge so pogosto dominantne predvsem v tropih (Graham in Wilcox, 2009).

Epifitske alge so izpostavljene stalnim gibanjem vode, ki omogočajo stalno izmenjavo vode ter spremembe kemijskih gradientov. Z rastjo makrofitov je združba epifitov izpostavljena stalnim spremembam v količini in kakovosti svetlobe (Wetzel, 2001). Pritrjanje alg na rastline prinaša ugodnosti tako algi kot rastlini. Za algo je izboljšán dostop do svetlobe in hranil, rastlina pa je boljše zaščitena pred rastlinojedimi vodnimi nevretenčarji (Hutchinson, 1975).

2.4.3.3 Epipelične alge

To so alge, ki živijo na mehkih usedlinah v litoralu jezer in v območjih počasnega toka rek, kjer se odlagajo majhni prodniki, pesek in mulj (Wetzel, 2001). Migracijska sposobnost alg je pomembna tudi za zmanjšanje vplivov toksičnih metabolitov in produktov, ki so prisotni v usedlinah (Reynolds, 1995; cit. po Smolar, 1997).

Specifično okolje zahteva prilagojenost perifitona, da ima ta zmožnost premikanja in vertikalne migracije, kjer je svetloba pogosto omejujoč dejavnik. V primeru dolgotrajnih neugodnih svetlobnih razmer in ob nizki prosojnosti vode so sposobne fakultativne heterotrofije (Smolar, 1992).

Med epipeličnimi algami prevladujejo kremenaste alge, sledijo jim cianobakterije, pogoste so tudi vrste iz skupin Euglenophyta in Dynophyta (Smolar, 1992, Toman, 2009/10).

2.4.4 Dejavniki, ki uravnavajo rast in razvoj perifitona

Na razvoj in zgradbo perifitonske obrasti vplivajo mnogi biotski in abiotski dejavniki. Dejavniki so med seboj povezani, se izključujejo in dopolnjujejo, zato jih težko obravnavamo po posameznih parametrih.

2.4.4.1 Abiotski dejavniki, ki vplivajo na strukturo in funkcijo perifitona

Abiotski dejavniki, ki vplivajo na prisotnost vrst in sestavo združbe so temperatura, svetloba, hitrost vodnega toka, tip substrata, kemijska sestava vode (pH, kisik, ogljikov dioksid, slanost, trdota vode), stopnja organske obremenitve in toksičnost vodnega okolja.

2.4.4.2 Temperatura vode

Temperaturne spremembe v vodnih telesih so odraz klimatskih sprememb, ki se pojavljajo sezonsko (Urbanič in Toman, 2003). V tekočih vodah je voda dobro premešana, zato le redko pride do toplotne stratifikacije kot jo poznamo v jezerih, tudi dnevno-nočna nihanja v temperaturi vode so ponavadi majhna (Giller in Malmqvist, 1998).

Sevanje, klima in hidrologija so osnovni dejavniki temperaturnega režima v vodotokih (Toman, 2009/10):

- Sevanje: na spremembo temperature najpomembneje vpliva neposredna absorpcija sončevega sevanja. Snovi, ki direktno sevanje absorbirajo so voda, v vodi raztopljene organske snovi in suspendirani delci (Urbanič in Toman, 2003). Na sevanje vplivata tudi topografija in oblika struge, ki sta povezani z vegetacijo.
- Hidrologija: pretok, pritoki (lahko ohlajajo ali segrevajo), prispevek podtalnih voda (vloga in izdatnost, temperatura), narava izvirov in v sistem vključena jezera.
- Klima: vpliv nadmorske višine in humidnosti oz. aridnosti (Toman, 2009/10).

Manj pomembna vira sta še oddajanje toplote iz usedlin in zraka (Urbanič in Toman, 2003).

V izvornem delu se povprečna mesečna temperatura vode med letom malo spreminja. V spodnjem toku so te spremembe večje (Toman, 2009/10). Izjema so zelo globoki vodnjaki, na katere vpliva tudi globinski termalni gradient. V Sloveniji imajo površinske netermalne vode običajno temperaturo med 0 in 30 °C. Temperature se spreminjajo sezonsko, z minimumom v zimskem in maksimumom v poletnem obdobju. Neznačilno visoke temperature se lahko pojavijo ob izpustih hladilnih vod (iz nuklearnih elektrarn, termoelektarn). Takrat govorimo o termalnem onesnaženju (Urbanič in Toman, 2003).

Spreminjanje temperature med letom vpliva na življenjske cikle, stopnjo rasti in razmnoževanje organizmov (Toman, 2009/10).

Večina vodnih živali in vse rastline so poikilotermni organizmi (sprememba telesne temperature glede na okolje). Fiziološki procesi kot so fotosinteza, dihanje in prebava temeljijo na biokemijskih reakcijah. Hitrost in smer biokemijskih reakcij so temperaturno odvisne (Giller in Malmqvist, 1998). Ob zvišanju temperature se kemijske reakcije in izhlapevanje pospešijo, zmanjša se topnost nekaterih plinov v vodi (O₂, CO₂, N₂, CH₄). S temperaturo je povezana tudi metabolna aktivnost organizmov. V toplejši vodi zvišana stopnja respiracije vodi v povečano privzemanje kisika in pospešeno dekompozicijo organskih snovi. Zviša se stopnja rasti (najbolj opazna pri bakterijah in fitoplanktonskih organizmih, ki se hitro množijo), zaradi tega se poveča motnost vode. Makrofiti hitreje rastejo in kadar je na voljo dovolj nutrientov, se pojavi tudi cvetenje alg (Urbanič in Toman, 2003).

Ker temperatura močno vpliva na mnoge dejavnike in procese v vodi je zelo pomemben parameter pri določanju kakovosti voda. Za natančnejše razumevanje biotskih in kemijskih procesov v vodnem telesu je pogosto potrebno vzorčenje v različnih obdobjih leta (Urbanič in Toman, 2003).

2.4.4.3 Svetlobne razmere

Svetloba ima pomembno vlogo v stoječih, počasi tekočih in onesnaženih vodah (Smole, 1992). Sončno sevanje je neposredna sila delovanja večine ekosistemov (Maarel, 2005). Svetloba je pri razvoju perifitonskih alg pogosto omejujoč dejavnik v vodnem sistemu (Smolar, 1992), saj omejuje fotosintezo (Hauer in Hill, 2007). Če je svetlobna intenziteta prenizka za izvajanje fotosinteze, tudi nasičenje vode z nutrienti na rast perifitonske združbe ne vpliva (Graham in Wilcox, 2009).

Svetlobne razmere določata obrežna vegetacija in topografija krajine nasploh. Največja osvetlitev vodotokov v zmernih klimatih z listopadno obrežno vegetacijo je pozimi in zgodaj pomladi, posledično temu je največji porast perifitona pred olistanjem (Toman, 2009/10). V nezasenčenih vodotokih omejujejo primarno produkcijo nizke koncentracije hranilnih snovi (Hauer in Hill, 2007).

Nekatere perifitonske alge so tolerantne do nizkih intenzitet svetlobe. Israellson je 1942 ugotovil, da vrsta *Hildenbrandia rivularis* enako uspešno raste prekrita z drugimi algami in mahovi (Hynes, 1972). Leta 1970 je Whitton dokazal, da je *Cladophora glomerata* ena izmed najbolj prilagojenih alg na visoke intenzitete svetlobe (cit. po Smolar, 1992).

2.4.4.4 Hitrost vodnega toka

Je odločilen okoljski dejavnik za organizme v tekočih vodah saj nanje vpliva s fizično silo. Primarno določa velikost delcev, ti pa različnost ekoloških niš. Morfološke adaptacije (vseh) vodnih organizmov v hitrem toku so sploščenost, priseski, bisusne niti, cerki ipd. (Toman, 2009/10).

Hitrejši kot je tok, bolj specifična je združba. Hitrost vode se spreminja v času in prostoru v reki. Največja je tik pod gladino vode (odvisno od substrata) in se zmanjšuje proti usedlinam. Debelina sloja z minimalno hitrostjo tik nad usedlinami je odvisna od hrapavosti usedlin, viskoznosti in hitrosti vode (Toman, 2009/10). Z naraščanjem turbulence in hitrosti vodnega toka narašča metabolizem alg, vključno s fotosintezo. To je zaradi vzdrževanja koncentracijskega gradienta okrog celic, ki povečuje prevzem hranilnih snovi in plinov ter odstranjuje metabolne produkte (Grbović, 1995).

Značilna je asimetrija hitrosti in tri hitrostne cone v strugi; hitrost na brzici, hitrost v tolmunu in hitrost ob bregu struge. Hitrosti na brzicah in tolmunih so močno odvisne od pretoka vode. Pri pretoku nad 200 m³/s se hitrosti na brzici in tolmunu izenačijo. Hitrosti so večje tudi v ožjih strugah. Večje hitrosti so na sredini struge in manjše ob bregovih, kar vpliva na pestrost ekoloških niš in življenjskih združb ob bregu (Toman, 2009/10).

Hitrost vodnega toka vpliva na samočistilno sposobnost vodotoka, ki predstavlja možnost asimiliranja polutantov in njihovega prenašanja po toku navzdol. Pomemben je za transport hranil in odstranjevanje metabolitov (Urbanič in Toman, 2003).

2.4.4.5 Substrat

Substrat delimo na dve osnovni skupini, in sicer na anorganski in organski. Nadalje lahko osnovni skupini klasificiramo na različne načine, običajno uporabljamo razdelitev, ki se uporablja v Evropski uniji (priloga H) (Urbanič in Toman, 2003).

Stabilnost substrata, in sicer vpliv sile gibanje delcev ima ključno vlogo na razrast perifitona (Uehlinger, 2009). Stabilnost je na splošno proporcionalna velikosti posameznega delca. Pri različnih hitrostih vodnega toka je tako prisoten različno velik substrat. Pri hitrosti 3 m/s, se z vodnim tokom gibljejo tudi veliki kamni, pri 2 m/s majhni kamni, pri 1,5 – 1,0 m/s veliki prodniki, pri 0,75 – 0,5 m/s majhni do srednje veliki

prodniki, pri 0,25 m/s pesek, hitrost 0,1 m/s je dovolj visoka za premikanje mulja in gline (Giller in Malmquist, 1998). Po toku navzdol se velikost delcev manjša zaradi prenašanja manjših delcev s tokom ter abrazije (brušenja) delcev (Myers, 2007). Podobno je z vertikalno heterogenostjo, proti obrežju se velikost delcev manjša, saj je manjša tudi hitrost toka (Toman, 2009/10).

Poznavanje sestave zrnatosti dna in plavja je pomembno za razumevanje pojavljanja življenjskih združb v hudourniških vodotokih (Grbovič, 1995). Plavje, vrsta substrata in zrnatost usedlin določajo pestrost združb, biomaso in številčnost organizmov. Struktura substrata določa razmerje med primarno produkcijo in sekundarno produkcijo ter razmerje med posameznimi živalskimi skupinami. Struktura usedlin določa združbe; v splošnem so na kamniti podlagi perifiton in mahovi, na muljasti pa ukoreninjeni makrofiti. Največja pestrost je pri veliki zrnatosti, kjer je substrat zelo heterogen in to daje veliko število ekoloških niš. Bolj kot se velikost zrn manjša, bolj pada vrstna pestrost, večja pa se število osebkov ene vrste. Povečana je tudi občutljivost na motnje (zmrznitev, valovanje); delci delujejo kot brusilna sila, ki poškoduje organizme (Toman, 2009/10).

Substrat ima v vodnih ekosistemih pomembno vlogo v kroženju elementov. Vpliva na transport številnih nutrientov in odpadnih snovi in sodeluje pri izmenjavi snovi z vodo. Poznavanje velikosti delcev omogoča razumevanje transporta, izvora in ekološkega vpliva substrata v vodnih okoljih (Urbanič in Toman, 2003).

2.4.4.6 Kislost/bazičnost

pH vpliva na mnoge biotske in kemijske procese v vodi. Odvisen je od podlage v vodi, 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, 2003 in Toman, 2009/1).

Spremembe v pH so lahko odraz efluentov, še zlasti če je z meritvami ugotovljena tudi povišana prevodnost. Dnevne spremembe pH so lahko rezultat fotosintezne aktivnosti in respiracije primarnih producentov. Veliko pomanjkanje CO₂ zaradi fotosintezne aktivnosti poruši karbonatno ravnotežje (Urbanič in Toman, 2003).

Različne vrste so različno tolerantne do pH, vseeno pa se vrstna pestrost z zniževanjem pH navadno zmanjšuje (Toman, 2009/10).

pH večine naravnih voda znaša med 6,0 in 8,5. Nižje vrednosti se lahko pojavijo v vodah bogatih z raztopljenimi organskimi snovi (npr. barjanske vode, vode na silikatih), medtem ko so v evtrofnih sistemih pogoste vrednosti višje (Urbanič in Toman, 2003).

2.4.4.7 Kisik

Prosti kisik v vodi je nujno potreben za preživetje vseh aerobnih vodnih organizmov (Toman, 2009/10). Na koncentracijo kisika poleg fizikalnih in kemijskih dejavnikov bistveno vpliva tudi fotosintezna aktivnost primarnih producentov in procesi razgradnje s

strani saprofitskih bakterij (Urbanič in Toman, 2003). Dostopnost kisika je v vodi do 30 x manjša kot na kopnem. Največ kisika v vodo vstopa z biogenim prezračevanjem in turbulenco (Giller in Malmqvist, 1998).

Z višanjem temperature in slanosti vode se raztapljanje kisika manjša, medtem ko se z večanjem turbulence raztapljanje viša (Urbanič in Toman, 2003). Nevarno nizke koncentracije kisika so prisotne v organsko obremenjenih vodah, v vodotokih z zelo nizkim vodostajem, visokimi temperaturami, gosto vodno vegetacijo (Giller in Malmqvist, 1998) ter zaradi povečane mikrobne aktivnosti (Urbanič in Toman, 2003).

Nasičenost s kisikom je merilo za vrednotenje kakovosti vodotokov, saj vpliva na skoraj vse biotske procese in kemijske reakcije v vodnih telesih. Meritve koncentracije raztopljenega kisika so uporabne za ugotavljanje stopnje organske onesnaženosti vodnih teles, razpada organskih snovi in za določanje samočistilne sposobnosti vodnih teles (Urbanič in Toman, 2003).

Nasičenost vode s kisikom je odvisna od temperature, zračnega tlaka, koncentracije ionov in aktivnosti organizmov. 100 % nasičenost pomeni največjo možno nasičenost vode ob danem zračnem tlaku in temperaturi. Nasičenost lahko čez dan presega 100 % če je primarna produkcija v vodi večja od respiracije (biogeno prezračevanje). Vrednosti pod 100 % nakazujejo višjo respiracijsko aktivnost od fotosintezne (Urbanič in Toman, 2003).

2.4.4.8 Hranilne in druge raztopljene snovi

Slanost oz. ionsko sestavo vode določajo v vodi raztopljene soli, to so t.i. kationi (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) in anioni (hidrogenkarbonatni, karbonatni, nitratni, sulfatni, fosfatni, kloridni, silikatni). Na slanost vplivajo podnebje, padavine, temperatura, vetrovi, izhlapevanje, kamninska sestava tal (struga, prispevno območje), topnost kamnin, oddaljenost od morja, pritoki, vsi prisotni organizmi in antropogene aktivnosti (Giller in Malmqvist, 1998; Toman, 2009/10).

V vodotokih meri povprečna slanost med 0,1 in 0,12 g/L in variira med 0,001 in 0,5 mg/L (Giller in Malmqvist, 1998). Snovi iz poplavnih ravníc pridejo v vodo, na njih in na bregovih rek pa se deponirajo iz reke. Zadrževanje snovi v usedlinah je odvisno od granulacije in toka (Toman, 2009/10). Ker je slanost odvisna od številnih med seboj povezanih dejavnikov, je za vsak vodotok drugačna. Zaradi različnosti vodotokov jih ne moremo posploševati.

2.4.4.9 Žveplo, dušik in fosfor

Glavni viri žvepla za vodna okolja so terestični ekosistemi. Žveplo v večji meri prihaja preko atmosfere, nekoliko manj iz kamnin in tal. V dobro prezračenih površinskih vodah je žveplo ponavadi v obliki sulfatov, ki so najpomembnejša anorganska spojina, v anoksičnih razmerah pa se reducira v vodikov sulfid. Žveplo je sestavni del proteinov, ni limitirajoč element in ga ne povezujemo neposredno z onesnaževanjem (Toman, 2009/10).

Dušik je esencialni element biosfere. Obstaja kot organski dušik v amino skupinah in heterocikličnih dušikovih spojinah ali pa kot anorganski v obliki NH_4 , NO_3 , NO_2 , NH_2OH , NO , N_2O . Mehanizmi, ki so vključeni v kroženje dušika so nitrifikacija, denitrifikacija,

amonifikacija (mineralizacija), asimilacija (rastlinski privzem), biološki privzem, izhlapevanje in vezava dušika na talni medij (Blumauer, 2010).

Anorganski dušik v obliki amonija in nitrata organizmi neposredno asimilirajo. Nitrati ioni (NO_3^-) so pogosto prisotni v naravnih vodnih telesih, ker so končni produkt aerobne razgradnje organskih dušikovih spojin. Pospešuje rast alg in cianobakterij. Naravni viri nitrata v površinskih vodah so spiranje površin ter odmrli deli rastlin in žival. Prisotnost višjih koncentracij nitrata (10 mg/L) v vodenem okolju nakazuje prisotnost komunalnih in industrijskih odpadnih voda ter spiranja gnojnih kmetijskih površin (Toman, 2009/10; Urbanič in Toman, 2003).

Fosfor je esencialni nutrient za žive organizme in omejujoč dejavnik rasti rastlin, vključno s cianobakterijami. V vodnih telesih je od njega odvisna primarna produkcija (Urbanič in Toman, 2003). Fosfor se spira iz skal in tal. Zaradi nizkih koncentracij in sposobnosti rastlin da fosfor absorbirajo in ga zadržijo, se pojavlja v manjših količinah (Giller in Malmqvist, 1998).

Ker je fosfor bistvena komponenta kroženja med živo in neživo naravo v vodnih telesih, je vključen v vrednotenje trofičnega stanja vodnih teles in program monitoringa. Visoke koncentracije v vodnih telesih (0,25 mg/L) nakazujejo prisotnost polutantov. V teh primerih povečane koncentracije pospešujejo produktivnost alg in evtrofikacijske procese. Zviševanje koncentracij fosforja kot posledica človeške aktivnosti velja za osnovni vzrok evtrofikacije (Urbanič in Toman, 2003).

Fosfor kot tudi številni drugi nutrienti se lahko v oligo- in mezotrofnih vodah prenašajo iz makrofitov v perifitonske alge. Na primer nekatere diatomeje pritrjene na vrsti *Najas flexilis* lahko prevzamejo tudi do več kot 50 % vsega fosforja, ki je v tej vodni rastlini (Graham in Wilcox, 2009).

2.4.4.10 Silicij

Silicij je v tekočih vodah redko omejujoč element (Nose, 2001). Je pomemben element za izgradnjo celične stene kremenastih alg. Regulira rast in življenje kremenastih alg (Barsanti in Gualtieri, 2006). Različne vrste za svojo rast potrebujejo različne količine silicija. S spremembo količine tega elementa je povezana sprememba združbe kremenastih alg. Če se koncentracija silicija v vodi močno zniža, kremenaste alge niso več učinkoviti kompetitorji, zato jih nadomestijo alge, ki silicija ne potrebujejo (Nose, 2001; Wetzel, 2001).

Silicijeva kislina je edini prekursor pri procesiranju in odlaganju silicija v naravi (Barsanti in Gualtieri, 2006).

2.4.4.11 Organske snovi

Organske snovi, ki jih nademo v vodnih okoljih so terestičnega ali vodnega izvora. Glavni viri so rastline, živali, bakterije in odpadne vode. Raztopljene organske snovi se vključujejo v metabolizem bakterij, neraztopljene pa se usedajo na dno kot biodetrit (Toman, 2009/10).

Alge so prvenstveno avtotrofni organizmi, med njimi pa najdemo tudi mnoge vrste, ki so lahko mikso- ali heterotrofne. Številne raziskave obravnavajo organotrofijo, ki je prisotna pri rodovih *Scenedesmus*, *Chlorella* in *Euglena*. Heterotrofija je razširjena pri obarvanih flagelatih, pri katerih poznamo tudi fagotrofijo (absorpcija delcev). Evglenofiti so večinoma miksotrofi, zato jih najpogosteje dobimo v vodah bogatih z organskimi, razpadajočimi snovmi. Nekatere vrste so tudi saprofitne. Vrste, ki so značilne za onesnažene vode, izkoriščajo tudi organsko vezan dušik (Toman, 1996a).

Kremenaste alge lahko rastejo kot avtotrofi ali kot heterotrofi. Nekatere vrste rastejo hitreje na heterotrofen način. Morske kremenaste alge *Nitzschia alba* imajo kloroplaste, vendar ne vsebujejo fotosintetskih pigmentov, kar kaže na to, da je njihova heterotrofnost evolucijsko pridobljena. *Cyclotella meneghiniana* lahko raste v temi in uporablja raztopljene organske snovi (glukozo). Koncentracija glukoze mora biti med 5 in 10 mg/L. Podobno tudi pri vrsti *Cyclotella cryptica* 12 do 14-urna tema stimulira privzem glukoze (Graham in Wilcox, 2009).

2.4.5 Biotski dejavniki, ki vplivajo na strukturo in funkcijo perifitona

2.4.5.1 Paša - grazing

Herbivorijo definiramo kot interakcijo med živaljo in rastlino; pri čemer žival pojé le del ali celo rastlino (Krebs, 2001). Herbivori, ki vplivajo na biomaso in strukturne spremembe v perifitonski združbi so nevretenčarji iz skupin polžev, rakov, ličink žuželk, ličink mladoletnic, ličink kačjih pastirjev, ličinke tržač, paglavcev in rib. Interakcije med algami in nevretenčarji so lahko algam škodljive ali koristne (Graham in Wilcox, 2009).

Številni nevretenčarji se hranijo z organizmi perifitona (Liess in Lange, 2011). Če je gostota in vrednost potrošnje herbivorov dovolj velika, ti lahko zmanjšujejo biomaso perifitona (Álvarez in Peckarsky, 2004), posledično ostane več nutrientov drugim vrstam. Herbivori imajo zmožnost kroženja ali privzema nutrientov (Liess in Kahlert, 2009). Študije Liess in Kahlerta (2009) so pokazale, da je bilo na območju herbivorije za alge razpoložljivih več nutrientov kot če herbivorije ni bilo, saj je bila v predelih tretiranih s herbivori biomaso perifitona nižja.

Ob majhni biomasi epifitskih alg, zmerna stopnja objedanja pospeši rast in proizvodnjo pritrjenih alg in bakterij. Zmerna paša izboljša dostop do hranilnih snovi in svetlobne razmere. S presnovo se poveča količina hranil v vodi, ki je običajno konstantna zaradi kroženja snovi znotraj združbe (Wetzel, 2001).

2.4.5.2 Kompeticija

Perifitonska združba je najprej dvodimenzionalna, osebki so plosko pritrjeni na podlago. Ko ni več prostora za takšno poselitev, se določeni osebki dvignejo nad podlago in so nanjo pritrjeni z želatinoznimi peclji ali pa nitasti. Nastane trodimenzionalna struktura združbe (Graham in Wilcox, 2009).

Intraspecifična kompeticija še ni tako dobro raziskana kot interspecifična kompeticija, vendar so študije pokazale, da imata obe vrsti kompeticije pomembno funkcijo pri določanju, katere vrste bodo naselile določen substrat (Graham in Wilcox, 2009).

Interspecifična kompeticija med nitastim in ostalim perifitonom v plitvih vodotokih rezultira v dominanci nitastih alg. Mehanizmi tovrstne interspecifične kompeticije so pomembni za razumevanje primarne produkcije in rastnih značilnosti (Toda in Tsujimoto, 2009)

Brown in Austin (1973) sta opazila kompeticijo med rodovoma *Achnanthes* in *Cocconeis*. Vrsti *Achnanthes minutissima* in *Cocconeis placentula* nista nikoli dominantna istočasno. Tista vrsta, ki se prej uveljavi v določenem bivališču, se bo delila s takšno hitrostjo, da bo preprečila uveljavitev druge vrste. Opazila sta, da vrsta *Cocconeis placentula* prevladuje avgusta in septembra, vrsta *Achnanthes minutissima* pa konec septembra in oktobra (cit. Koren, 2009).

2.4.5.3 Parazitizem

Parazitizem je odnos pri katerem dve vrsti živita fizično blizu druga drugi; obvezno je združenje pri katerem je parazit metabolno odvisen od gostitelja (Krebs, 2001).

Različne študije potrjujejo velik pomen parazitizma gliv za nekatere vrste kremenastih alg in dinoflagelatov celinskih vodnih okolij. Parazitske glive lahko povzročijo masovno odmiranje alg, odsotnost določenih vrst alg ali vplivajo na čas in zaporedje pojavljanja vrst v vodnem okolju (Myung Gil Park in sod., 2004).

2.4.6 Uporaba perifitona pri ocenjevanju kakovosti voda

Vrednotenje kakovosti voda predstavlja celoten proces vrednotenja fizikalnih, kemijskih in biotskih značilnosti vode glede na človekove vplive ter predvideno rabo. Namen vrednotenja kakovosti voda je definirati njihovo stanje in zagotoviti osnovo za ugotavljanje trendov v spreminjanju kakovosti. Pri vrednotenju kakovosti voda fizikalne in kemijske analize pokažejo trenutno stanje voda, medtem ko z biološkimi metodami ugotavljamo posledično stanje, ki je rezultat vseh abiotskih in biotskih dejavnikov na prisotne življenjske združbe (Urbanič in Toman, 2003).

Združba perifitona odraža ekološke razmere, posamezne vrste pa specifične ekološke razmere in s tem povezano stopnjo obremenjenosti. Za posamezne stopnje obremenjenosti so poznane številne indikatorske vrste (Urbanič in Toman, 2003).

Alge so za ocenjevanje kakovosti voda primerne zaradi številnih lastnosti:

- hitro se odzivajo na hidrološke spremembe in spremembe v kvaliteti vode (Lei in sod., 2011);
- zaradi hitre obnove po motnjah (Morley in sod.; 2008); obnavljajo se s ponovno naselitvijo ali rastjo iz celic, ki so se po motnji ohranile (Larned, 2010);
- zaradi stalnosti med letom (Grbovič, 1995)

- razširjene so po vsem svetu in prisotne so vzdolž celotnega vodotoka (Hynes, 1972);
- perifitonske alge so popolnoma odvisne od okolja v katerem živijo, saj se zaradi priraslosti na podlago, ne morejo izogniti potencialnim onesnaževalcem in spremembam. Lahko tolerirajo okolje v katerem živijo ali pa propadejo (Stevenson, 1996);
- so pomembni testni organizmi v preizkusih toksičnosti. Bentoški favni predstavljajo pomemben delež hrane v vodotokih. Strupene snovi se tako hitro prenašajo po prehranjevalnih spletih (Gustavson in sod., 2003);
- združbe alg so vrstno zelo pestre, saj lahko na nekaj cm² najdemo prek sto različnih vrst. Vsaka ima svojo strpnostno krivuljo (Lowe, 1974), zato taka združba predstavlja informacijsko bogat sistem za monitoring (Stevenson, 1996);
- imajo kratek življenjski cikel in sposobnost hitre reprodukcije, zato je odgovor na spremembe v vodnem okolju zelo hiter in predvidljiv (Stevenson, 1996);
- vzorčenje in določanje je relativno enostavno, saj taksonomija najpogosteje temelji na morfoloških znakih celice (Stevenson, 1996);
- in imajo dobro dokumentirane saprobne valence.

Med skupinami alg so v ekoloških raziskavah najpogosteje uporabljene diatomeje. So povsod navzoče, naseljujejo zelo različne življenjske prostore, so visoko občutljive na kemične spremembe in so taksonomsko zelo raznolika skupina (Martínez de Fabricius, 2003; Frankovich in sod., 2006).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 IZBIRA VZORČNIH MEST IN ČAS VZORČENJA

Kakovost vodotoka smo spremljali od izvira do Beričevega pred izlivom v reko Savo. Vzduž vodotoka smo vzorčili na petih vzorčnih mestih. Prvi vzorec smo nabrali 80 m od izvira, struga v tem delu je naravna. V vodotoku se kažejo posledice dotokov obremenjene vode iz zaledja; v bližini je Gostišče in piknik prostor Pri Juriju, hlev, parkirišče, planinski dom in pašnik.

Drugo vzorčno mesto je od izvira oddaljeno 4,7 km. Vodotok tu zapusti gozd, struga je naravna.

Tretje mesto je v Sp. Stranjah, 9,1 km oddaljeno od izvira in zajema vpliv izpiranja iz bližnjega kamnoloma in dotok onesnažene vode iz številnih industrijskih obratov; tovarna Calcit, betonarna Graditelj in kamnoseštvo Granite in pritok Črna.

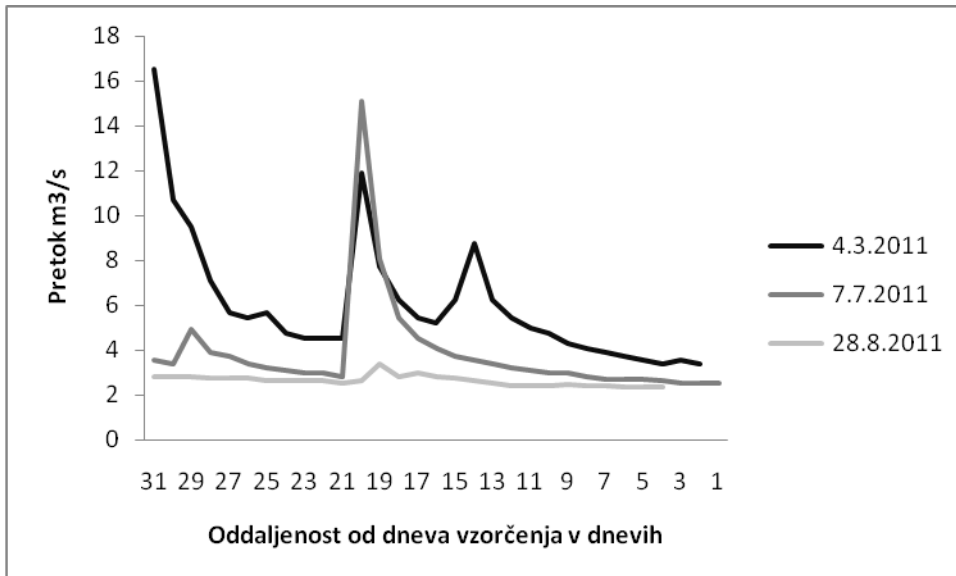
Četrto vzorčno mesto je v Študi, 24,8 km oddaljeno od izvira in kaže kakšna je obremenjenost K. Bistrice zaradi gosto poseljenega območja od Kamnika do Domžal ter pritoka reke Rače. V tem delu je struga regulirana z utrjenima brežinama.

Zadnje, peto vzorčno mesto je 300 m pred izlivom v Savo na Beričevem, kaže vpliv pritoka Pšata in dotoka vode iz Centralne čistilne naprave Domžale – Kamnik ter farme Ihan. Vodotok je na tem mestu reguliran z utrjenima brežinama.

Vzorčna mesta so prikazana na sliki 3.

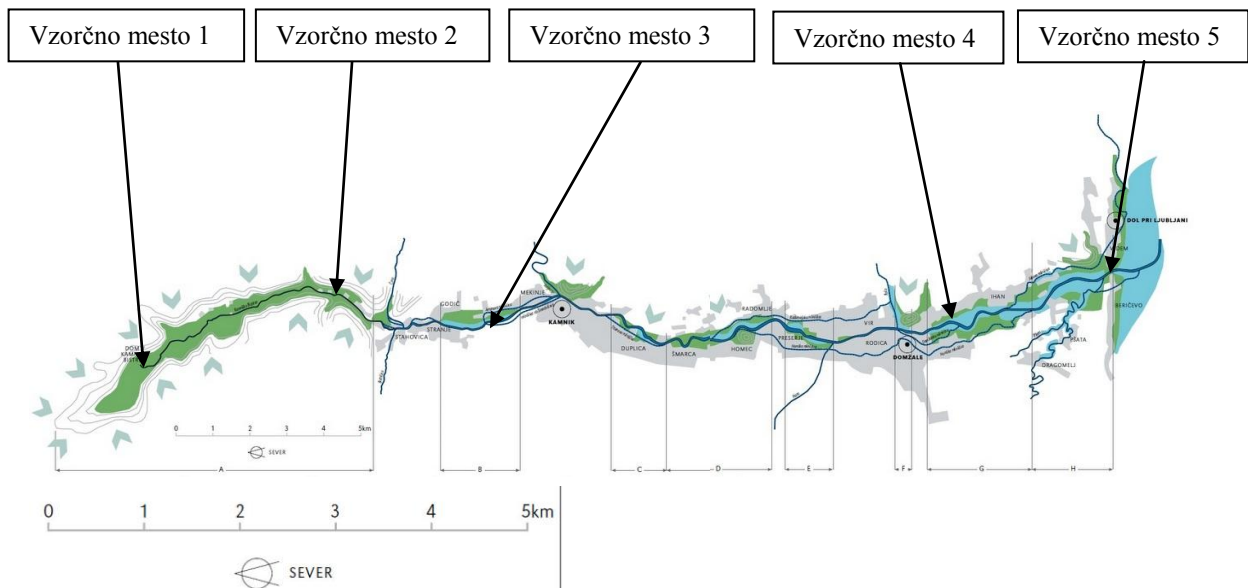
Za ugotavljanje kakovosti vodotoka, smo vzorčna mesta izbrali na različnih mestih vodotoka, ki najbolje zajemajo različnost vodotoka in vplive raznih dotokov. Vzorčenje je potekalo od začetka marca do konca avgusta 2011. V tem času smo opravili tri vzorčenja. Za vzorčenje smo morali upoštevati, da je tri tedne brez večjih padavin, da v tem času ni prišlo do opaznega povečanja pretoka oz. vodostaja in da se je perifitonska združba razvila v klimaksni stadij. Ob povišanem vodostaju tako nismo vzorčili, ker bi bili rezultati nereprezentativni, saj močna turbulenca in hitrejši tok obrast uničita.

Vzorčenja so zajemala hladno obdobje v marcu (4.3.2011), temperaturno prehodno obdobje (7.7.2011) in vroče obdobje v avgustu (28.8.2011).



Slika 2: Spreminjanje pretoka Kamniške Bistrice tekom enega meseca do datuma vzorčenja

3.2 OPIS VZORČNIH MEST NA VODOTOKU KAMNIŠKA BISTRICA



Slika 3: Vodotok Kamniška Bistrica z vsemi vzorčnimi mesti

3.2.1 Vzorčno mesto 1 (KB 1)

S $46^{\circ}19'35,83''$ in V $14^{\circ}35'15,45''$

Struga je naravna, kjer se izmenjujejo brzice in manjši tolmeni. Širina struge je 5,3 m, povprečna globina na mestih, kjer smo vzeli vzorčne kamne pa 0,43 m/s. Dno na brzicah je prevladujoč megalital in makrolital, v tolmunih prevladuje akal. Brežine in dno, predvsem megalital, ki sega iz vode sta prerasla z mahom. Brežine so porasle z gosto, visoko, obrežno vegetacijo, ki jo sestavljajo drevesa, grmovje in visoke steblike. Dominantne so različne vrste vrb, smreka in gorski javor temu sledijo bukev, beli gaber, dobrovita, leska, kresničevje in robinija. Zaledje predstavljajo gozd, travniki, poseke, suha struga, v

neposredni bližini je Gostišče in piknik prostor Pri Juriju, hlev, parkirišče, planinski dom in pašnik.

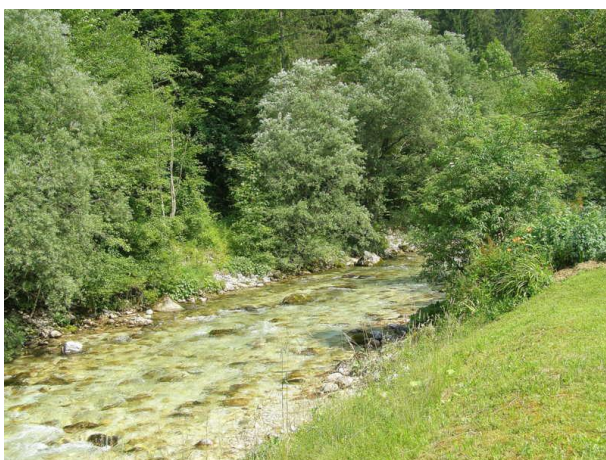


Slika 4: Vzorčno mesto KB 1

3.2.2 Vzorčno mesto 2 (KB 2)

S 46°16'56,97`` in V 14°36'54,48``

Vzorčno mesto KB 2 (477 m n.v.), ki je od izvira oddaljeno 4,7 km, se nahaja ob glavni cesti nasproti gostišča Gams v Stahovici. Širina struge je 11 m, povprečna globina na mestih, kjer smo vzeli vzorčne kamne pa 0,53 m/s. Vodotok zapusti gozd. Struga je naravna. Dno rečne doline se razširi. Brzic in tolmunov ne moremo ločiti. Prevladuje megalital, ki ga na delih, ki gleda iz vode ponekod obrašča mah. Brežine so porasle z obrežno vegetacijo. Predvsem gosta je na desnem bregu, nekoliko redkejša je na levem bregu. Sestavljajo jo drevesa, grmovje, visoke steblike, trava ter mah. Prevladuje bukev, nekoliko manj je smrek, navadnih gabrov, jerebik in črnega bezga. Zaledje je pretežno gozd, na levem bregu sta travnik in njiva. 40 m od levega brega struge leži cesta, 70 m od struge se nahaja prva hiša oz. gostišče Gams.

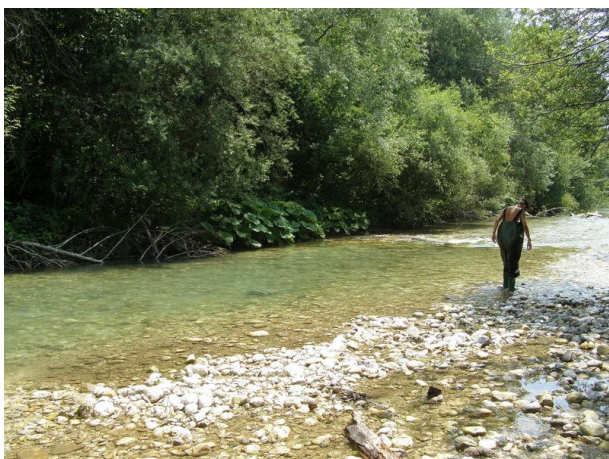


Slika 5: Vzorčno mesto KB 2

3.2.3 Vzorčno mesto 3 (KB 3)

S 46°14'47,38`` in V 14°36'08,19``

Vzorčno mesto KB 3 (402 m n.v.), ki je od izvira oddaljeno 9,1 km, se nahaja ob glavni cesti v Spodnjih Stranjah 350 m od trgovine in kamnoseštva Granite. Širina struge je 14,7 m, povprečna globina na mestih, kjer smo vzeli vzorčne kamne pa 0,58 m/s. Tudi na tem mestu je struga naravna. Izmenjujejo se brzice in tolmeni. Na brzicah prevladuje makrolital in megalital, v tolmenu pa mikrolital, mezolital. Brežine so porasle z obrežno vegetacijo, ki jo sestavljajo drevesa, grmovje in visoke steblike. Prevladujejo različne vrste vrb, sledijo jim leska, črni topol, rdeči dren, veliki jesen, beli javor, brest, najdemo tudi robide, kresničevje in bršljan. Zaledje tvori obrežni gozd, travniki, cesta leži 60 m od desnega brega struge, 90 m od struge pa se nahaja prva hiša. V okolici je naselje in številni industrijski obrati.



Slika 6: Vzorčno mesto KB 3

3.2.4 Vzorčno mesto 4 (KB 4)

S 46°07'37,56`` in V 14°36'25,26``

Vzorčno mesto KB 4 (289 m n.v.), ki je od izvira oddaljeno 24,8 km, se nahaja 50 m od štajerske avtoceste (A22 - Domžale). Širina struge je 22,1 m, povprečna globina na mestih, kjer smo vzeli vzorčne kamne pa 0,42 m/s. Vodotok je reguliran z utrjenima brežinama, izmenjujejo se brzice in tolmeni. Na brzicah prevladuje mezolital, v tolmenu pa mikrolital in mezolital. Obrežno vegetacijo sestavljajo drevesa, grmovje, visoke steblike, trave in mah. Prevladujejo različne vrbe in japonski dresnik sledijo javor, robinija, črni topol, veliki jesen, hrast dob, japonski dresnik, najdemo tudi srobot, robide in bršljan. V zaledje so ostanki dobovo-gabrovega gozda, obrežni sestoji tujerodnih invazivnih rastlin, poseke in travniki. 15 m od struge sta na obeh straneh vodotoka urejeni sprehajalni poti, 50 m od desnega brega vodotoka pa leži avtocesta.



Slika 7: Vzorčno mesto KB 4

3.2.5 Vzorčno mesto 5 (KB 5)

S 46°05'18,86`` in V 14°37'34,30``

Vzorčno mesto KB 5 (269 m n.v.), ki je od izvira oddaljeno 32,5 km, se nahaja pod mostom na Beričevem. Širina struge je 22,7 m, povprečna globina na mestih, kjer smo vzeli vzorčne kamne pa 0,71 m/s. Tudi na tem mestu je vodotok reguliran z utrjenima brežinama. Tipičnih brzic in tolmunov ni. Prevladuje mikolital in mezolital. Brežine so porasle z obrežno vegetacijo, ki jo sestavljajo mlada drevesa, grmovje, visoke steblike, trave in mah. Prevladujejo visoke steblike in sicer nedotike, japonski dresnik, zlata rozga in visoke trave. Od dreves prevladujejo črni topol in različne vrbe, najdemo tudi robide, kresničevje, bršljan, hrast dob, veliki jesen in javor. V zaledju so poseke, grmičevje s posameznimi drevesi in travniki. Na desnem bregu na oddaljenosti 80 m najdemo prve hiše, podobno je tudi na levem bregu, prve hiše najdemo na oddaljenosti 100 m. V okolici je naselje Beričevo, večjih industrijskih panog ni.



Slika 8: Vzorčno mesto KB 5

3.3 FIZIKALNE MERITVE IN KEMIJSKE ANALIZE

Na vseh vzorčnih mestih smo ob vsakokratnem vzorčenju perifitona določili, merili in analizirali vse pomembne fizikalne in kemijske parametre. Izbrane fizikalne in kemijske meritve smo opravili na samem vzorčnem mestu vsakokrat ob vzorčenju. Za določitev nekaterih parametrov smo vzeli vzorce vode in jih analizirali v laboratoriju. Meritve smo vsakokrat opravili tako, da smo zjutraj začeli v bližini izvira in se pomikali po vodotoku navzdol ter v popoldanskih urah končali na zadnjem vzorčnem mestu KB 5.

Globino vode smo merili z lesenim metrom na območjih, kjer smo vzeli kamenje za določevanje perifitona.

Hitrost vodnega toka smo merili s hidrometričnim krilom na istih mestih kot globino vode; in sicer na 6/10 globine vode, saj je tam empirično določena povprečna hitrost, ki velja za večino vodotokov.

Pretok smo izračunali na osnovi produkta med izmerjenimi hitrostmi vode in delnimi površinami prereza struge. Delne površine prečnega prereza smo izračunali po naslednji enačbi:

$$a_n = \frac{g_n \times (g_{n+1} - r_{n-1})}{2}, \text{ kjer je:} \quad \dots(1)$$

a_n - površina n - tega dela prečnega prereza struge (m^2)

g_n - globina vode na vzorčni točki »n«

r_n - oddaljenost vzorčne točke »n« od brega (m)

Nato smo izračunali delne pretoke po enačbi (2).

$$Q_n = a_n \times V_{pov(n)}, \text{ kjer je:} \quad \dots(2)$$

Q_n - pretok skozi n – ti del prečnega prereza (m^3/s)

$V_{pov(n)}$ - povprečna hitrost vodnega toka na vzorčni točki »n« (m/s)

Delne pretoke smo sešteli in tako dobili skupni pretok na posameznem prečnem profilu struge.

Vodostaj (cm) in **pretok (m^3/s)** za obdobje enega meseca do datuma vzorčenja, sem povzela iz meritev, ki so jih opravljali na agenciji ARSO. Meritve so potekale ob 12.00, v Kamniku.

Z oksimetrom EUTECH instrument, PCD 650 smo izmerili **temperaturo vode** (na $0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ natančno), **koncentracijo raztopljenega kisika** v vodi (mg/L), **nasičenost raztopljenega kisika (%)**, **elektroprevodnost ($\mu\text{S/cm}$)** in **pH**.

Svetlobo smo merili z LI-1000, LI-COR. Pri merjenju smo bili pozorni, da smo istočasno izmerili svetlobo v strugi, ter na odprtem.

Za vzorčenje anorganskih usedlin in odmrlega organskega substrata so v uporabi različni vzorčevalniki (grabilci, korerji), odvisno od globine vodnega telesa. Za določanje živega substrata pa uporabljamo metodo subjektivnega vrednotenja deležev na osnovi opazovanja. **Organski in anorganski substrat** smo določili z metodo subjektivnega vrednotenja deležev na osnovi opazovanja. Metoda je bila v našem primeru uporabna, saj je vodotok plitev, dno pa je bilo na večini odsekov dobro vidno.

Koncentracijo nitratov (mg/L) smo določili po metodi z natrijevim salicilatom (Urbančič, Toman, 2002).

Koncentracijo fosfatov (mg/L) smo določili po metodi s kositrovim (II) kloridom (Urbančič, Toman, 2002).

Kakovost vode smo ocenjevali glede na mejne vrednosti fizikalnih in kemijskih parametrov za štiri kakovostne razrede površinskih vodotokov v Sloveniji. Pri uvrščanju v posamezen kakovostni razred smo upoštevali naslednje fizikalno – kemijske meritve: pH, koncentracija kisika (mg/L), nasičenost vode s kisikom (%), nitrate in ortofosfate (Urbančič in Toman, 2003).

3.3.1 Merjenje suhe mase

Material: šest 60 mL keramičnih posodic, svinčnik, sežigalnica, eksikator, tehtnica, merilni valj, topla komora.

Keramične žarilne posodice smo označene žgali 1 uro (500°C), da se je sežgala vsa organska snov, nato smo jih v eksikatorju ohladili. S tem smo preprečili, da bi tekom ohlajanja (30 min) prišlo do adsorpcije vode, kar bi povečalo napako pri tehtanju suhe mase.

Z merilnim valjem smo volumen vzorcev za suho maso in klorofil (SK) razredčili in izenačili na 50 mL. Homogeniziranim vzorcem smo odvzeli po 10 mL, ki smo jih uporabili za merjenje klorofila. Ostale 40 mL smo dali v keramične skodelice in jih dali v toplo komoro sušiti (150°C, 24 ur). Vzorce smo ohladili v eksikatorju, jih stehali, nato smo jih dali za 6 ur žgat v sežigalnico (sežig organskih primesi pri 500°C).

Dobili smo količino anorganskih snovi v vzorcih in izračunali suho maso vzorca tako, da smo odšteli maso vzorca po sušenju in maso vzorca po sežigu.

Kontrolno skodelico smo prazno sušili in žgali skupaj z vzorčnimi skodelicami, na koncu smo z njo preverili, če je prišlo do odstopanja v teži kontrolne skodelice in to upoštevali pri izračunih.

3.3.2 Merjenje klorofila

Material: nuča, stekleni filtri, pinceta, 6 epruvel, alu-folija, spektrofotometer, grelnik, posoda za segrevanje epruvel

Vzorci so bili sveže nabrani. Skozi nučo s steklenim filtrom smo prefiltrirali znan volumen vzorca (10 mL). S pinceto smo filter papir prekrili z novim filter papirjem, ju zvili ter dali v označene epruvete. Eno epruveto smo uporabili za kontrolo in za umerjanje spektrofotometra, vanjo smo dali nerabljen filter papir. V označene epruvete smo dolili znan volumen metanola, toliko, da je prekril filtre. Epruvete smo zamašili z alu-folijo. Epruvete smo segrevali v vodni kopeli pri temperaturi blizu vrelišča metanola. Ko so se v metanolu pojavili prvi mehurčki, smo vzorce behali segrevati in jih postavili na temno, kjer so se ohladili.

Metanol z ekstrahiranim klorofilom smo premešali, da je bil vzorec v epruvetah enakomerno obarvan.

S kontrolnim vzorcem smo umerili spektrofotometer in nato vsem vzorce izmerili valovno dolžino pri 665 nm in 750 nm. Po izračunu smo izračunali klorofil *a*.

3.3.3 Biološke analize

Material: 3 banjice, 15 plastičnih posodic s pokrovčkom (100 mL), 5 plastičnih posod s pokrovom (L), ravnilo, meter, škornji, ribiška obleka, pipeta, puhalka, alkoholni flomaster, žiletke, skalpel, zobna ščetka, krtačka, žebelj.

Plastične posodice (100 mL, 1L) smo primerno označili. Pred začetkom vzorčenja smo vedno opremo sprali z rečno vodo, s tem smo preprečili prenos organizmov z enega mesta na drugo.

Kvantitativna analiza (KVAN)

Na posameznem vzorčnem mestu smo vzeli po pet, gladkih kamnov (6 - 20 cm). Vrsta kamenja je bila takšna, ki se je nahajala vzdolž celotne struge, da so bili vzorci čim bolj reprezentativni (triasni apnenec). Pritrjenost je dokaz, da je bilo kamenje dlje časa na istem mestu in se je na njem izoblikovala klimaksna perifitonska združba. Nad banjico smo z žebljem v kamen začrtali po dva pravokotnika (2,5 x 2 cm). Teh se nismo dotikali, da nismo spreminjali sestave obrasti. Pravokotnika smo izolirali tako, da smo vse okrog njiju očistili z žiletko, zobno ščetko oz. krtačko ter sprali z rečno vodo. Pripravljena pravokotnika smo s skalpelom postrgali. En vzorec obrasti smo dali za suho maso in klorofil (SK), drugi pa za določanje taksonomske sestave perifitona (P). Na koncu smo pravokotnik sprali z nekaj mililitrov rečne vode, da je iz vzorca izpadlo čim manjše število vrst. Kamenje smo vrnil v prvotno okolje.

Kvalitativna analiza (KVAL)

Vodo iz banjic smo skoncentrirali in zlili v posodice za kvalitativno analizo.

Vzorci P in KVAL smo fiksirali na terenu s 37 % formaldehidom, tako da je bila končna koncentracija formaldehida v vzorcih približno 4 %. Po koncu dela smo opremo dobro sprali.

Nitrati, fosfati

Litrsko plastenko smo napolnili z rečno vodo, ki smo jo uporabili v laboratoriju za določevanje koncentracije nitratov in fosfatov. Kadar koncentracij nismo izmerili takoj, smo vzorce shranili v zamrzovalniku.

3.3.4 Priprava vzorcev perifitonskih alg za pregledovanje

V laboratoriju smo vzorce P prelili v valje, jih dopolnili oz. skoncentrirali na 100 mL. Za hitrejše usedanje organizmov, smo dodali lugol (5 mL lugola/100mL vzorca). Vzorce smo z magnetnim mešalom homogenizirali in odvzeli 10 mL, za določevanje kremenastih alg. Ostali vzorec smo uporabili za določanje vseh vrst alg.

Pred določevanjem perifitonskih alg smo si temeljito ogledali kvalitativni vzorec, najprej s prostim očesom, nato pod mikroskopom. Tako smo dobili boljši občutek za relativno pogostost večjih vrst in širši vpogled na vse skupine alg v vodotoku.

Vse vrste alg smo analizirali pod svetlobnim mikroskopom Olympus CX41 pri 400 x povečavi. S kapalko smo iz homogeniziranega vzorca iz vsakega vzorčnega mesta vzeli po pet podvzorcev, kapljic. Kapljico (0,02 mL) smo kanili na objektno stekelce in jo pokrili s krovnim stekelcem. V vsakem podvzorcju smo določili vse perifitonske alge v 50-ih vidnih poljih.

3.3.5 Priprava in pregledovanje vzorcev kremenastih alg

Priprava vzorcev

10 mL vzorca, ki smo ga odvzeli iz P smo centrifugirali (10 min, 2500 obratov, 21 °C). Supernatant smo odlili in dodali dušikovo kislino (HNO₃) (2 mL). Počasi smo segrevali do vretja, da je začel izhajati oranžno-bel dim. S tem smo razkrojili organsko snov, uničili celične strukture, razbili kolonije na posamezne celice, uničili sluzi, ki algam služijo za pritrjanje na substrat ter vse ostale alge prisotne v vzorcju. Ostale so le kremenaste lupinice diatomej z dobro vidno obliko in ornamentacijo lupinic. Ko dima ni bilo več, smo prenehali s segrevanjem in vzorce centrifugirali. Supernatant smo odlili in usedlini dodali vodo (5 mL). Dobro smo premešali in centrifugirali. Postopek z vodo smo ponovili. Nazadnje smo usedlino vzorcev razredčili z 2 mL vode.

Tako pripravljene vzorce smo homogenizirali in naredili poltrajne preparate za določevanje.

Poltrajni preparati

Za vsako vzorčno mesto smo pripravili štiri podvzorce s po eno kapljico (0,02 mL). Kapljice smo kanili na objektna stekelca in jih posušili, nato smo nanje kanili po eno kapljico Naphraxa in jih pokrili s krovnim stekelcem ter počakali en dan, da se je preparat strdil. Tako pripravljene preparate smo uporabili za določevanje in štetje diatomej.

Obdelava vzorcev

Diatomeje smo šteli in določevali pod svetlobnim mikroskopom Olympus CX41 pri 1000 x povečavi. Na vsakem podvzorcju smo določili po 500 diatomejskih lupinic. Iz dobljenih rezultatov smo izračunali relativno pogostost vrste.

Po potrebi smo pregoste vzorce redčili, saj so se pri nekaterih vzorcih diatomejske lupinice pojavljale v večih plasteh in je bilo štetje težavno, nenatančno ali celo onemogočeno ali pa smo preredke vzorce gostili, saj je bilo iskanje lupinic zelo dolgotrajno.

Za določevanje perifitonskih alg smo uporabljali ključne naslednjih avtorjev:

- Hindak in sodelavci, 1978
- Canter-Lund in Lund, 1995
- Kramer in Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991, 1991 (1. Teil, 2. Teil, 3. Teil, 4. Teil)
- Biggs in Kilroy, 2000
- Komárek in Anagnostidis 2002

3.4 STATISTIČNE ANALIZE

3.4.1 Relativna abundanca

Z izračunom relativne abundance smo ugotovili kolikšen je delež posameznega taksona kremenastih alg in vseh alg v podvzorcju in v celotnem vzorcju, ter ga primerjali z deležem ostalih taksonov. Deleže smo izrazili v odstotkih (enačba 3 in 4).

$$p_i = \frac{n_i}{N} \quad \dots (3)$$

$$A = p_i \times 100 \quad \dots (4)$$

A - relativna pogostost/abundanca

n_i - št. osebkov i-te vrste

N - skupno število osebkov v podvzorcju (500) ali vzorcju

3.4.2 Sørensen-ov indeks podobnosti

Na osnovi kvalitativnih podatkov nam pokaže stopnjo podobnosti med združbami.

$$Q_s = \frac{2a}{(2a + b + c)} \quad \dots (5)$$

a - število vrst, ki so skupne v obeh združbah

b - število vrst v 1. združbi

c - število vrst v 2. združbi

Podobnost definiramo med 0, ki pomeni popolno različnost in 1, ki je popolna identičnost (enakost). Vodno okolje je bolj stabilno in rang relativnih sprememb je manjši, zato lahko z uporabo tega indeksa (enačba 5) skupne vrste dveh združb v vodnem okolju obtežimo in s tem povečamo pomen podobnosti.

3.4.3 Bray - Curtisov koeficient podobnosti

Bray - Curtisov koeficient kaže podobnost v vrstni sestavi različnih združb alg in upošteva pogostost pojavljanja posameznih vrst med vzorčnimi mesti. Primerjavo združb smo oblikovali s pomočjo vrstnega sestava in relativne abundance vrst od marca do avgusta 2011. Podobnost smo prikazali v obliki dendrograma.

$$S_{BC} = 2w/(A+B) \quad \text{ali} \quad S_{BC} = \frac{\sum |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum (y_{ij} + y_{ik})} \quad \dots (6)$$

S_{BC} - Bray - Curtisov indeks podobnosti

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 v vzorcu j

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

3.4.4 Saprobni indeks

Saprobni indeks je nastal, ko so spoznali povezavo med prisotnostjo določenih vodnih organizmov in organsko onesnaženostjo voda. Pojem »saprobnost« pomeni odvisnost organizmov od razkrajajoče organske snovi kot edinega vira hrane. To predstavlja obraten metabolni proces kot je primarna produkcija, ki v kombinaciji z biogeno in fizikalno vnesenim kisikom določajo saprobno stopnjo vodnega telesa (Urbanič in Toman, 2003).

Današnji saprobni indeks (SI) obsega štiri osnovne stopnje obremenjenosti s tremi vmesnimi stopnjami. Narejen je bil za različne skupine vodnih organizmov (perifiton, makroinvertebrati, ribe). Danes kakovost voda najpogosteje vrednotimo na osnovi združbe makroinvertebratov in perifitona.

Saprobni indeks velja za osnovo biološkega vrednotenja vodotokov.

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^n (h_i \times G_i \times s_i)}{\sum_{i=1}^n (h_i \times G_i)} \quad \dots (7)$$

h_i – absolutna ali relativna abundanca i -tega taksona

G_i – indikatorska vrednost i -tega taksona

SI – saprobna vrednost

n – število taksonov

Za vsako vrsto je določena saprobna vrednost (s_i), ki je ocena ekološkega pojavljanja neke vrste. Za vsako vrsto je določena tudi indikatorska vrednost (G_i) v območju od 1 – 5, s tem damo večjo težo vrstam z ožjim ekološkim pojavljanjem. Ožje kot je ekološko pojavljanje vrste, višja je indikatorska vrednost in obratno. h_i je abundanca i - tega taksona, ki ima lahko vrednosti od 1 - 5 ali le tri vrednosti 1 - 3 - 5. 1 pomeni, da se vrsta pojavlja posamič oz. redko in 5 da se vrsta pojavlja pogosto oz. množično (Urbanič in Toman, 2003).

3.4.5 Vpliv okoljskih dejavnikov na taksonomsko sestavo

Za ugotavljanje odnosa med variabilnostjo perifitonske združbe in njihovim okoljem, prostorom in časom ter vpliva izbranih okoljskih spremenljivk na sestavo perifitonske združbe smo uporabljali kanonično korespondenčno analizo (CCA). CCA analizo smo izvedli z uporabo računalniškega programa CANOCO 4.02 (ter Braak in Šmilauer, 2002). V CCA je predpostavljeno, da prisotnost in številčnost vrst vzdolž okoljskega gradienta sledi Shelfordovemu zakonu tolerance:

- vsaka vrsta najbolje uspeva pri določeni vrednosti spremenljivke in ne more preživeti, če so vrednosti spremenljivke previsoke ali prenizke
- odvisnost med okoljsko spremenljivko in številčnostjo vrste je običajno simetrično unimodalna.

Da bi preverili unimodalno razporeditev vrst, smo predhodno izvedli analizo DCA. Lastna vrednost za prvo os je 0,7 za drugo pa 0,4, kar kaže na izrazito unimodalno porazdelitev taksonov vzdolž osi (ter Braak in Verdonschot, 1995). Koncept niše, ki je uporabljen v CCA pravi, da je vsaka vrsta v omejenem več dimenzijskem prostoru (hiperprostoru). V CCA več dimenzijskost opišemo z več okoljskimi spremenljivkami, z njihovo kombinacijo pa z metodo CCA dobimo najboljši sestavljeni okoljski gradient kot linearno kombinacijo okoljskih spremenljivk, ki ločijo niše vrst vzdolž gradienta (kanonične osi). Število kanoničnih osi je omejeno s številom okoljskih spremenljivk v matriki spremenljivk okolja (X). Točke vrst v ordinacijskem diagramu ponazarjajo optimum vrst (ter Braak in Verdonschot, 1995).

Za analizo smo naredili matriko taksonov (Y), kjer smo uporabili podatke o prisotnosti in številčnosti taksonov v vzorcih (67 taksonov in 42 taksonov) ter matriko okolja in časa, kjer smo uporabili podatke izbranih spremenljivk okolja in časa (E+T) na posameznih vzorčnih mestih. Za vse izbrane okoljske in časovne spremenljivke (39) smo izračunali delež pojasnjene variance pred in po izbiri kanoničnih osi. Z metodo izbiranja (*forward selection*), ki je del omenjenega programa, smo iz matrike spremenljivk okolja in časa (E+T) najprej izbrali le tiste spremenljivke, ki statistično značilno ($p < 0,05$) pojasnjujejo variabilnost perifitonskih združb. S tem ugotavljamo katere spremenljivke najbolj pojasnjujejo variabilnost združb perifitonskih alg. Tako smo izločili del variance, ki ga spremenljivke pojasnjujejo zaradi naključja.

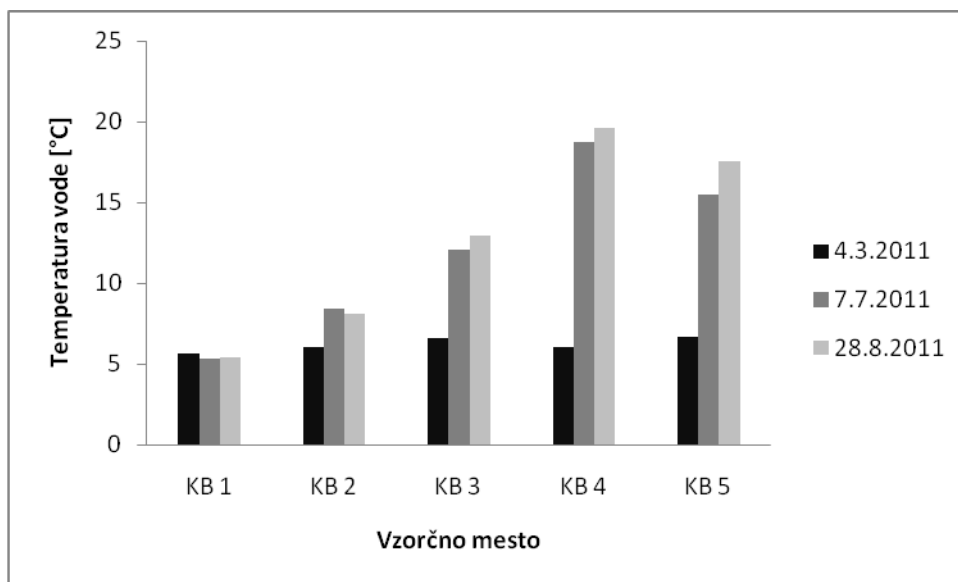
Spremenljivke, ki najbolj pojasnjujejo variabilnost združbe so bile izbrane na podlagi permutacijskih testov Monte Carlo. V CCA analizo smo vključili podatke o prisotnosti in številčnosti taksonov v vzorcih, spremembe v teh parametrih pa pomenijo variabilnost združbe (v prostoru in času). Analiza nam pojasni, kolikšen delež variabilnosti združbe je pojasnjen s spremenljivkami okolja in časa.

Pri ugotavljanju korelacije okoljskih dejavnikov z razvitostjo perifitonske združbe smo izbrali Spearmannov koeficient korelacije, zato ker so nekatere spremenljivke dobljene s pomočjo uvrščanja v kategorije in niso merjene. Korelacije smo izračunali s pomočjo programa SPSS

4 REZULTATI

4.1 REZULTATI FIZIKALNIH MERITEV IN KEMIJSKIH ANALIZ

4.1.1 Temperatura vode

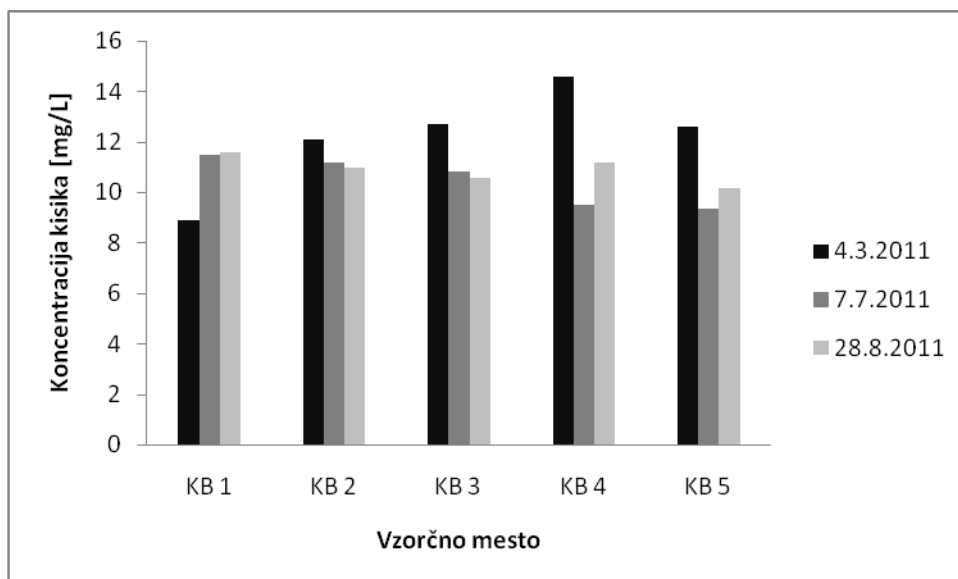


Slika 9: Temperature vode na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih

V času julijskih in avgustovskih meritev temperatura vode narašča po vodotoku navzdol, v nasprotju z meritvami v mesecu marcu, kjer so temperaturne spremembe majhne. Najvišje temperature smo izmerili julija in avgusta na KB 4 (18,7 °C in 19,6 °C), nato pa so se na KB 5 temperature v obeh mesecih znižale, julija za 3,2 °C in avgusta za 2,1 °C. Najnižje temperature smo izmerili na prvem vzorčnem mestu. Tu smo marca zabeležili temperaturo vode 5,6 °C, julija in avgusta pa nekoliko manj (5,3 °C in 5,4 °C). Najvišje temperature na vseh vzorčnih mestih so bile izmerjene avgusta, razen na KB 2, kjer je temperatura izmerjena avgusta za 0,3 °C nižja od temperature v juliju. Najnižje temperature na vseh vzorčnih mestih so bile izmerjene v mesecu marcu, razen na KB 1, kjer je bila temperatura za 0,2 – 0,3 °C višja kot v mesecu juliju in avgustu. Razponi med najnižjo in najvišjo temperaturo naraščajo dolvodno: KB 1 (0,3 °C) < KB 2 (2,4 °C) < KB 3 (6,3 °C) < KB 4 (13,6 °C) > KB 5 (10,8 °C), razen na petem, najnižjem vzorčnem mestu, kjer so temperaturne razlike med najvišjo in najnižjo temperaturo za 2,8 °C manjše kot na KB 4.

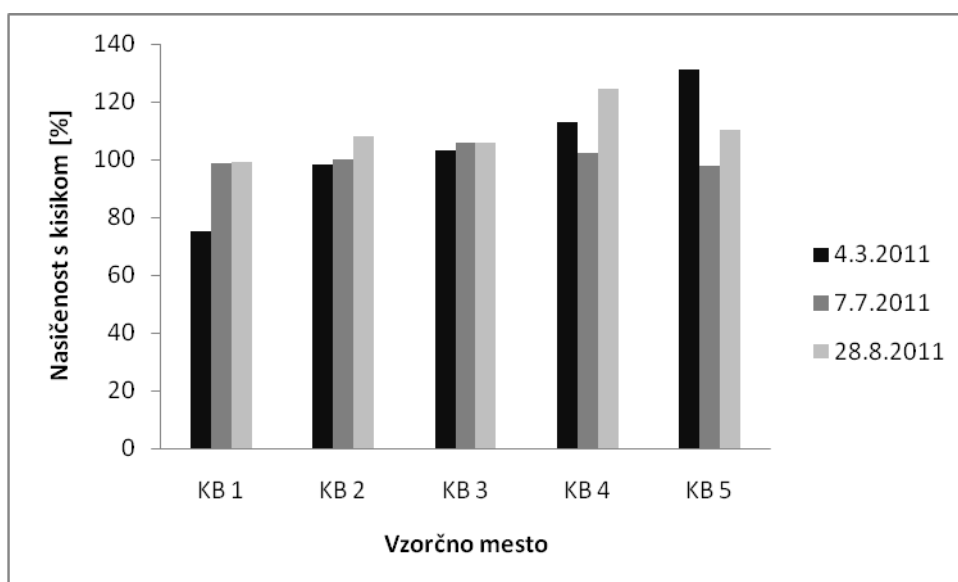
4.1.2 Vsebnost kisika in nasičenost vode s kisikom

Izmerjena vsebnost kisika je v času različnih meritev skoraj na vseh vzorčnih mestih presegala 10 mg/L. Najnižjo vsebnost kisika smo izmerili na prvem vzorčnem mestu v mesecu marcu (8,9 mg/L). Na tem mestu je bila v tem času izmerjena tudi najnižja vrednost nasičenosti vode s kisikom (75 %).



Slika 10: Koncentracija kisika (mg/L) na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih

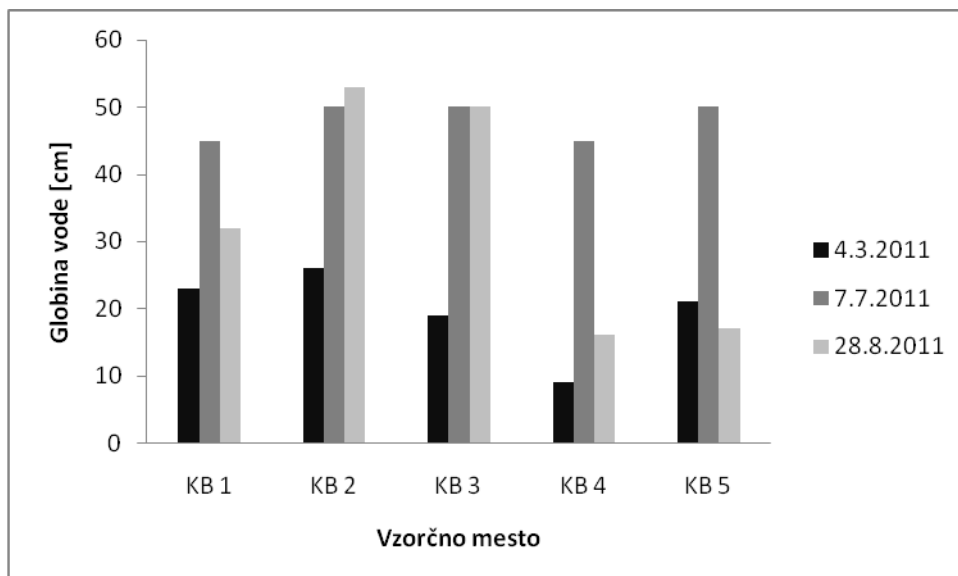
V marcu so bile vrednosti koncentracije kisika na vseh ostalih vzorčnih mestih nad 12 mg/L. Visoke vrednosti koncentracije kisika so najverjetneje posledica nižjih temperatur vode v primerjavi z julijskimi in avgustovskimi. Najvišjo vsebnost kisika smo izmerili marca na KB 4. Poleg nižjih temperatur k višji vsebnosti kisik v vodi pripomorejo še primarni producenti kot so alge in makrofiti. Najnižje vrednosti kisika smo izmerili na četrtem in petem mestu v mesecu juliju in avgustu, ko so bile izmerjene temperature vode najvišje (slika 9). Največje spremembe v koncentraciji kisika med vzorčnimi mesti smo zasledili v marčevskem merjenju.



Slika 11: Nasičenost vode s kisikom (%) na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih

Največje spremembe v vrednosti nasičenosti vode s kisikom smo izmerili marca in sicer od 75% (KB 1, okoli 11 h) do 131% (KB 5, okoli 17 h). Vrednost nasičenosti vode s kisikom na vzorčnem mestu KB 1 in KB 2 le enkrat komaj preseže 100%. Največje vrednosti smo v vseh mesecih izmerili na mestih KB 4 in KB 5.

4.1.3 Povprečna globina vode, kjer sem vzela vzorčne kamne

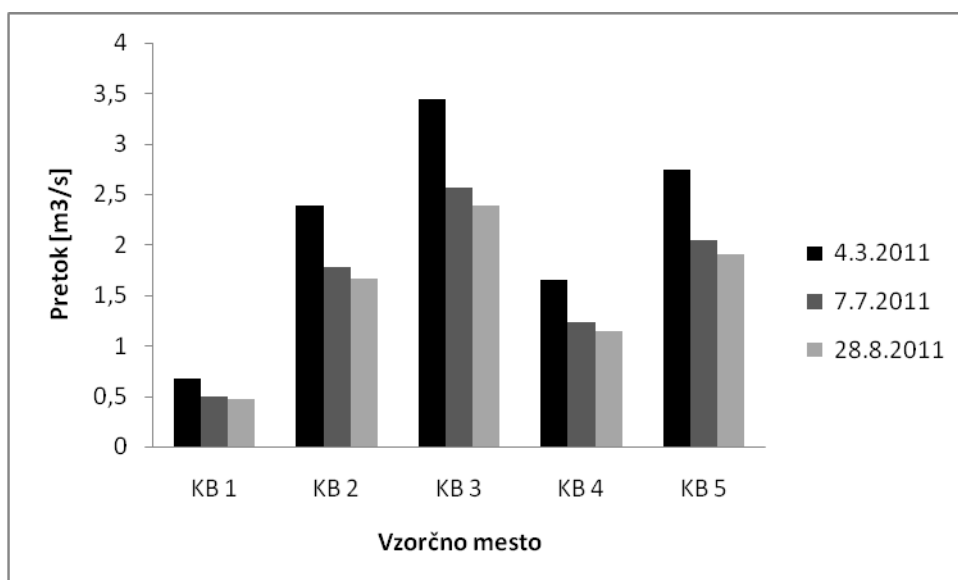


Slika 12: Povprečna globina vode, kjer sem vzela vzorčne kamne na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih

Globina vode se je tekom vzorčnih obdobj le malo spreminjala (npr. KB 1: marec 32 cm, julij 45 cm, avgust 32 cm), saj smo vsakokrat vzorčili, ko je bil vodostaj nizek.

Globine vode v vseh letnih časih na vseh vzorčnih mestih niso presegale 50 cm. Julija in avgusta so bile sicer globine vode višje kot marca, vendar zadnje padavine pred meritvami niso bistveno vplivale na znatno povišanje vodostaja (zadnje padavine so bile približno 20 dni pred vzorčenjem).

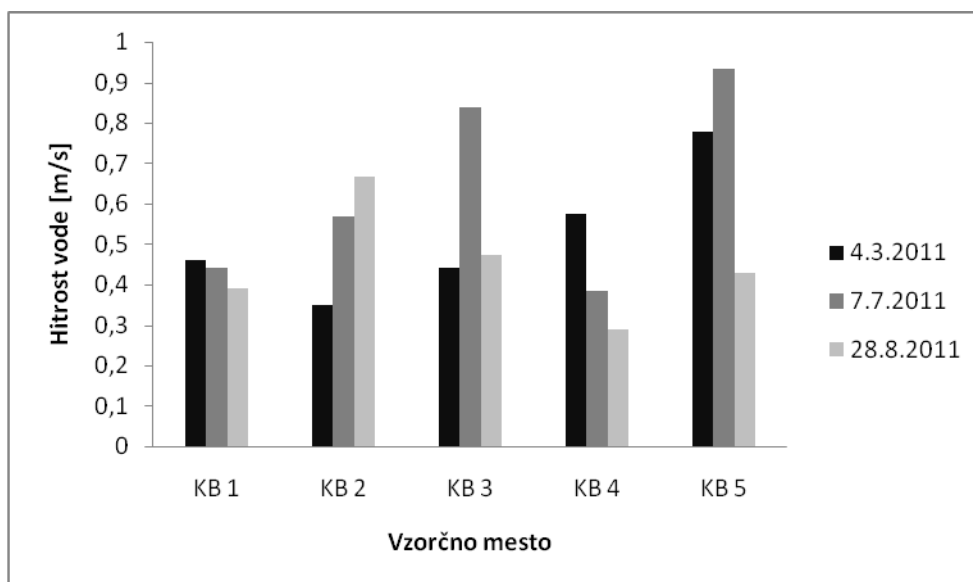
4.1.4 Pretok



Slika 13: Pretok vode na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih

Najvišji pretok smo izmerili marca na KB 3 ($3,43 \text{ m}^3/\text{s}$), najnižjega pa avgusta na prvem vzorčnem mestu ($0,46 \text{ m}^3/\text{s}$). Pretok je dolvodno od KB 1 do KB 3 naraščal, na KB 4 je padel pod $2 \text{ m}^3/\text{s}$, na KB 5 pa je zopet narastel. Najvišji pretok v vseh vzorčnih mestih je bil izmerjen v mesecu marcu, najnižji pa v mesecu avgustu.

4.1.5 Povprečna hitrost vode

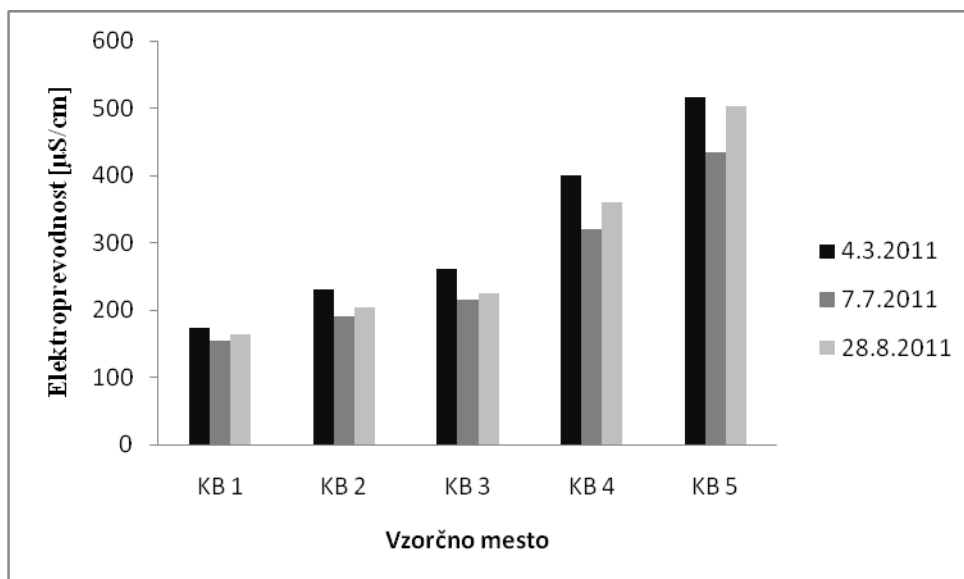


Slika 14: Povprečna hitrost vode, kjer sem pobrala vzorčne kamne, na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih

V mesecu juliju so bile povprečne hitrosti vode, razen v KB 1 in KB 2, kjer so si hitrosti podobne tudi marca in avgusta. Na KB 1 hitrosti varirajo zelo malo. Najvišje hitrosti smo izmerili julija na KB 5, najnižje pa avgusta na KB 4. Če povzamemo se hitrosti dolvodno višajo v mesecu marcu: KB 2 ($0,35 \text{ m/s}$) < KB 3 ($0,44 \text{ m/s}$) < KB 4 ($0,57 \text{ m/s}$) < KB 5 ($0,78 \text{ m/s}$) in juliju KB 1 ($0,44 \text{ m/s}$) < KB 2 ($0,57 \text{ m/s}$) < KB 3 ($0,84 \text{ m/s}$) < KB 5 ($0,93 \text{ m/s}$), v mesecu avgustu se hitrosti višajo od prvega do drugega mesta (KB 1 ($0,39 \text{ m/s}$) < KB 2 ($0,67 \text{ m/s}$)) in od četrtega do petega mesta (KB 4 ($0,29 \text{ m/s}$) < KB 5 ($0,43 \text{ m/s}$)).

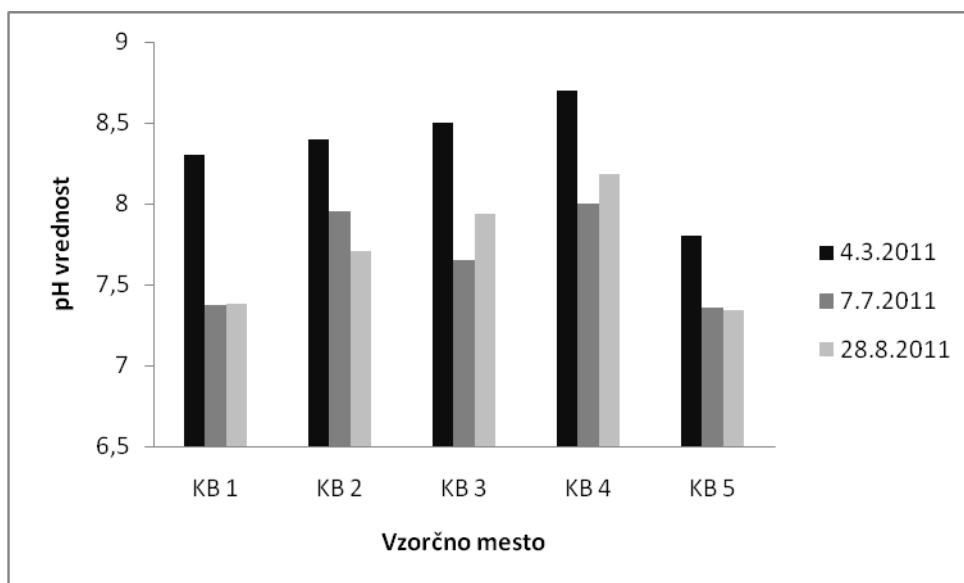
4.1.6 Električna prevodnost

Izmerjene vrednosti električne prevodnosti so bile nizke na KB 1 in KB 2, gibale so se med $155 \mu\text{S}/\text{cm}$ in $173 \mu\text{S}/\text{cm}$. Vrednosti od tretjega do petega so bile visoke, gibale so se med $190 \mu\text{S}/\text{cm}$ in $503 \mu\text{S}/\text{cm}$. Najnižje vrednosti smo na vseh vzorčnih mestih izmerili julija, najvičje pa marca. Vrednosti električne prevodnosti v vseh letnih časih so naraščale dolvodno. V juliju in avgustu so bile vrednosti na vseh mestih nižje kot marca, razlog je lahko tudi v večji povprečni globini vode (slika 12).



Slika 15: Elektroprevodnosti vode na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih

4.1.7 Kislost/bazičnost



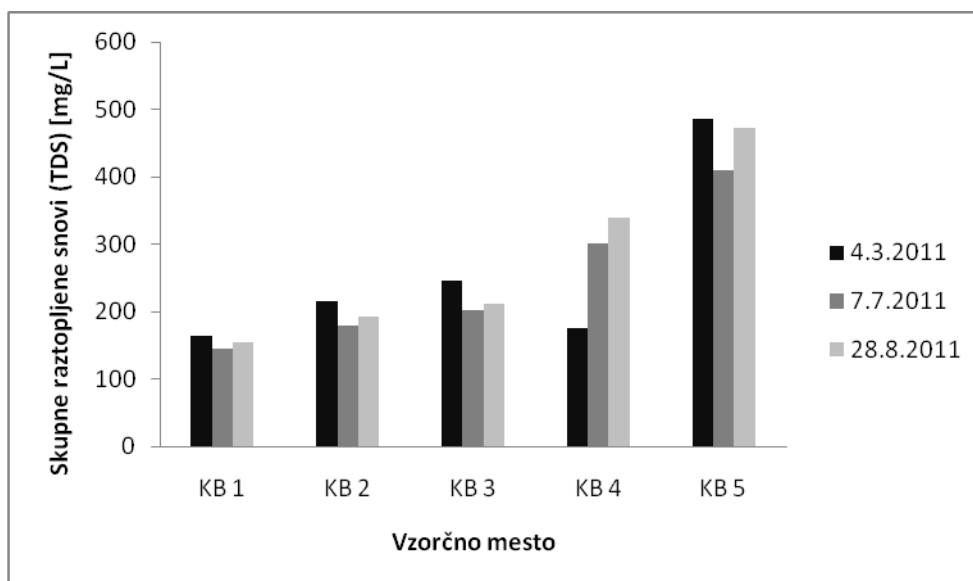
Slika 16: pH vrednosti vode na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih

pH je bil na različnih odsekih Kamniške Bistrice med 7,3 in 8,7. Rahlo bazična reakcija vode je značilna za karbonatno okolje. Na vseh vzorčnih mestih je bil najvišji pH izmerjen v mesecu marcu. Z izjemo julija na KB 2 se pH na vseh mestih v vseh mesecih povečuje po vodotoku navzdol do četrtega mesta. Na KB 5 se pH v vseh mesecih močno zniža; v marcu iz 8,7 na 7,8, juliju iz 8 na 7,4 in avgustu iz 8,2 na 7,3.

4.1.8 Skupne raztopljene snovi (TDS)

Vrednosti skupnih raztopljenih snovi se gibljejo od 144 mg/L na KB 1 do 486 mg/L na KB 5. Vrednosti naraščajo od izvira do izliva v vseh mesecih, izjema je le mesto KB 4 v marcu, ko so skupne raztopljene snovi za 69 mg/L nižje od KB 3.

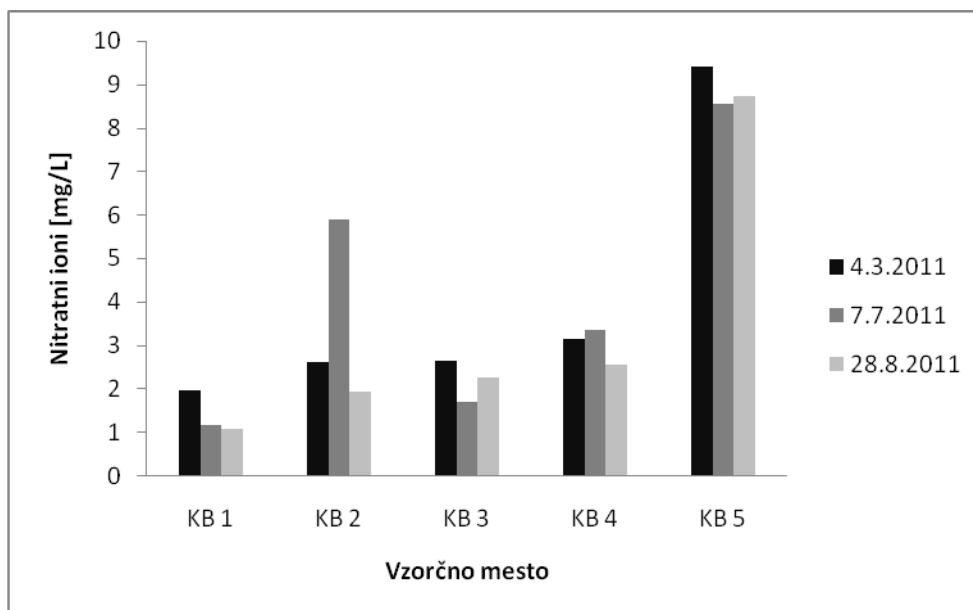
Vrednosti se med posameznimi meseci na istem mestu le malo razlikujejo (npr. 163 mg/L v marcu, 144,8 mg/L v juliju in 153,6 mg/L v avgustu). V marcu so vrednosti v vseh (razen na KB 4) mesecih najvišje, nekoliko nižje so v avgustu in najnižje v juliju.



Slika 17: Skupne raztopljene snovi v vodi na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih

4.1.9 Koncentracije nitratnih ionov (NO_3^-)

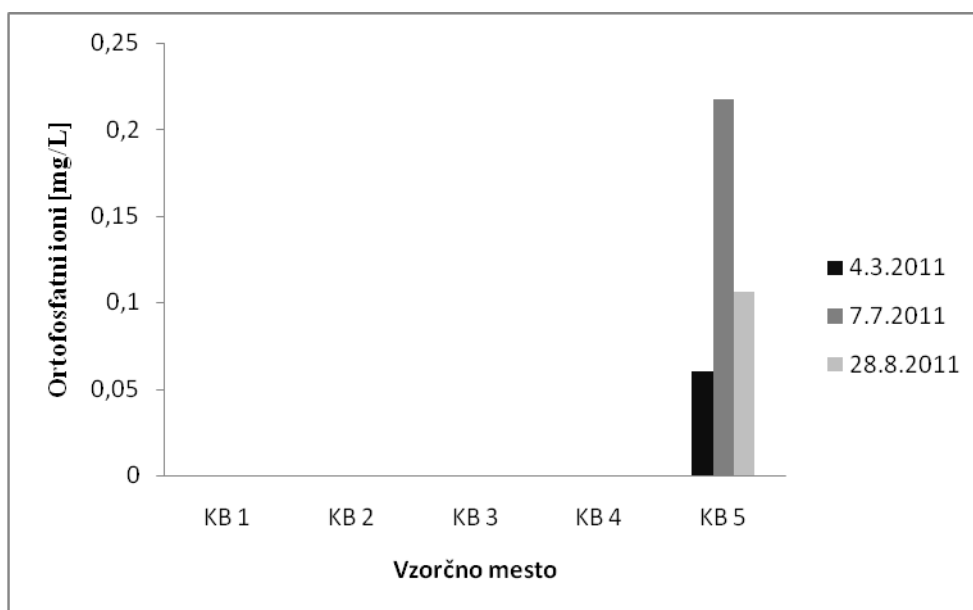
Koncentracije nitratnih ionov so se spreminjale od 1,1 mg/L do 9,4 mg/L. Med letom na posameznih vzorčnih mestih ni izrazitih sprememb nitratnih ionov, razen na KB 2, kjer je bilo povečanje koncentracije nitratnih ionov v mesecu juliju za skoraj 4 mg/L v primerjavi z marcem in avgustom. Manjše so bile tudi razlike med posameznimi vzorčnimi mesti v istem mesecu z izjemo julija na KB 2 in KB 5, kjer smo izmerili povečanje koncentracij v vseh mesecih. Na KB 1 so vrednosti najnižje ob vseh meritvah, nato se postopoma vzdolž struge dvigajo, tako da na KB 4 dosežejo vrednosti 3,2 mg/L v mesecu marcu, 3,4 mg/L v mesecu juliju in 2,6 mg/L v mesecu avgustu. Na KB 5 smo v vseh vzorčenjih zabeležili najvišje koncentracije; v marcu 9,4 mg/L, julija 8,6 mg/L in avgusta 8,7 mg/L.



Slika 18: Koncentracija nitratnih ionov na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih

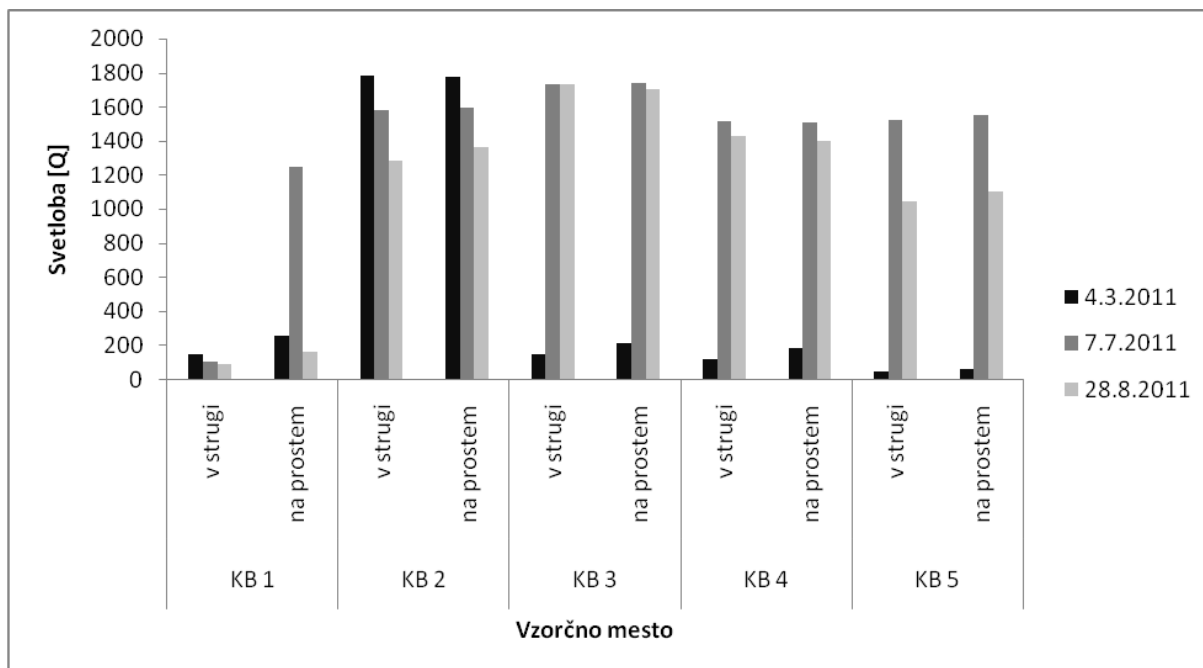
4.1.10 Koncentracije ortofosfatnih ionov (PO_4^{3-})

Izmerjene vrednosti koncentracij ortofosfatnih ionov so bile v vseh mesecih na vseh vzorčnih mestih pod mejo detekcije, z izjemo na KB 5, kjer so bile vrednosti zelo visoke. Koncentracije ortofosfatnih ionov so na zadnjem vzorčnem mestu narastle do 0,22 mg/L. Razlog za tovrstno sliko ortofosfatnih ionov je v trenutnem povečanju dotoka onesnažene oz. hranilno bogate vode ter dotoka hranilno bogate vode iz CČN-DK in farm Ihan. Meritve sovpadajo tudi s povišanimi koncentracijami nitratnih ionov (slika 18), skupnih raztopljenih snovi (TDS) (slika 17) in najvišjo elektroprevodnostjo na KB 5 (slika 15).



Slika 19: Koncentracija ortofosfatnih ionov na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih

4.1.11 Svetlobne razmere

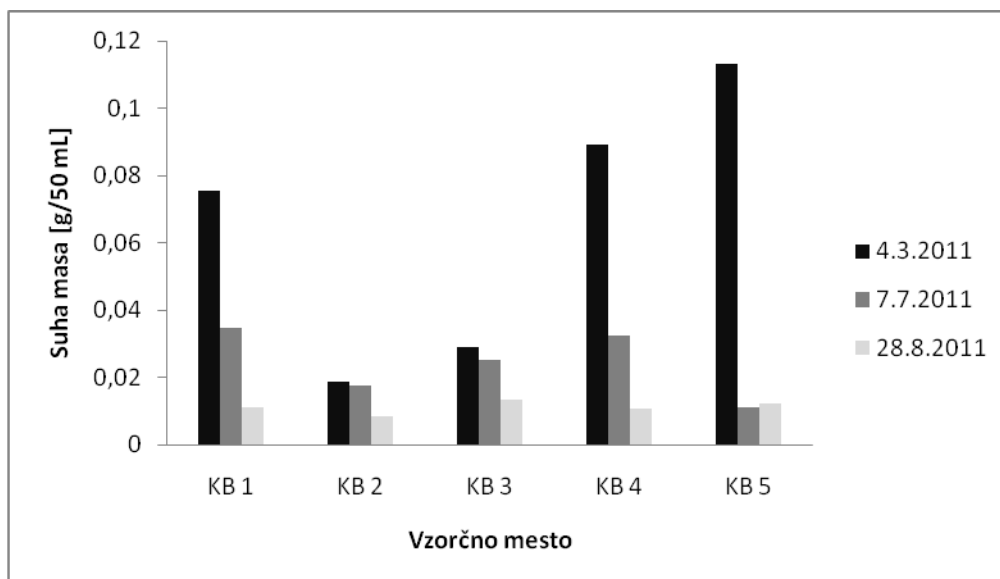


Slika 20: Svetlobne razmere v strugi in izven struge, na prostem, na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih

Svetlobo smo merili v $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$. Dnevi vzorčenja so bili sončni (1500 kvantov) (julij, avgust) do delno oblačni (marec). Visoke meritve so v vseh mesecih na drugem vzorčnem mestu (meritve so potekale v vseh mesecih med 11 in 12 uro dopoldne), visoke meritve so tudi na drugih mestih v mesecu juliju in avgustu, saj so takrat dnevi daljši (zadnje meritve smo v vseh mesecih naredili na KB 5 ob 17.00). Marca so bile visoke osvetljenosti samo na KB 2, kasneje je bilo vreme oblačno. Nizka osvetljenost je v vseh mesecih na KB 1, saj so bile meritve vzete med 8. in 10. uro dopoldne, to je tudi razlog porasta svetlobe na prostem v juliju, ko je sonce prej vžšlo. Ko smo merili svetlobo na prostem na prvem vzorčnem mestu, smo se povzpeli iz območja struge in obrežja, kjer se je sonce pokazalo prej kot v strugi, ki jo je obdajalo gosto obrežno ratslinstvo. Drugih razlik med meritvami osvetljenosti v strugi in na prostem ni bilo.

4.1.12 Suha masa vzorca

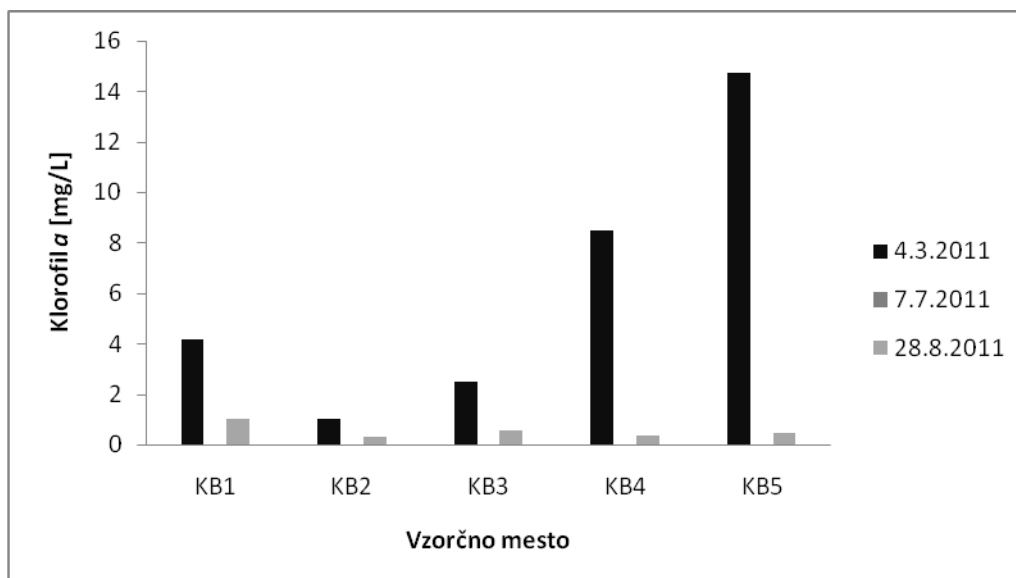
Največjo suho maso smo določili v mesecu marcu na vseh vzorčnih mestih. Najmanjšo vrednost smo zabeležili v mesecu avgustu. Visoko vrednost suhe mase smo dobili na mestih KB 1, KB 4 in KB 5. Majhno vrednost suhe mase smo izmerili na KB 2 in KB 3. Vrednost suhe mase je naraščala od drugega mesta navzdol po strugi. Julija in avgusta je bila suha masa obrasti na vseh mestih med seboj primerljiva. Rezultati niso pričakovani, pričakovali bi namreč večjo suho maso v toplejših mesecih in višjo suho maso predvsem na KB 4 in KB 5 mestu.



Slika 21: Suha masa vzorca površine 5 cm² skoncentriranega na 50 mL, na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letnih časih

4.1.13 Količina klorofila *a*

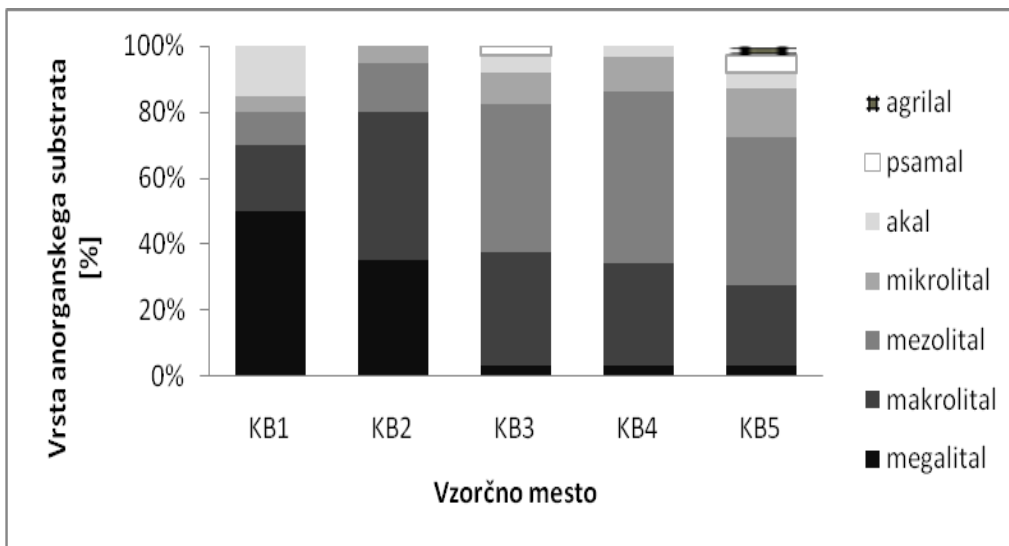
Količina klorofila *a* je zelo visoka za vzorčenja v mesecu marcu, predvsem za prvi, četrti in peti vzorec in nizka na vseh vzorčnih mestih za avgustovski vzorec. Vsebnost klorofila *a* v mesecu avgustu je nizka in ne pokaže tipičnega vzorca. Glede na kvalitativen vzorec bi pričakovali vrednosti sicer nižje od marčevskih, vendar višje predvsem na KB 1, KB 4 in KB 5. Vrednosti klorofila *a* naraščajo od drugega mesta dolvodno.



Slika 22: Količina klorofila *a* na različnih odsekih Kamniške Bistrice za marčevski in avgustovski vzorec

4.1.14 Deleži anorganskega substrata

Heterogenost substrata je velika na vseh vzorčnih mestih. Vendar s to razliko, da na začetku struge prevladujejo veliki delci substrata predvsem megalital in makrolital, bolj kot se spuščamo navzdol po strugi manjši je delež velikih delcev substrata in večji je delež substrata manjše velikosti, predvsem mikrolitala in akala.



Slika 23: Zgradba anorganskega substrata na različnih odsekih Kamniške Bistrice

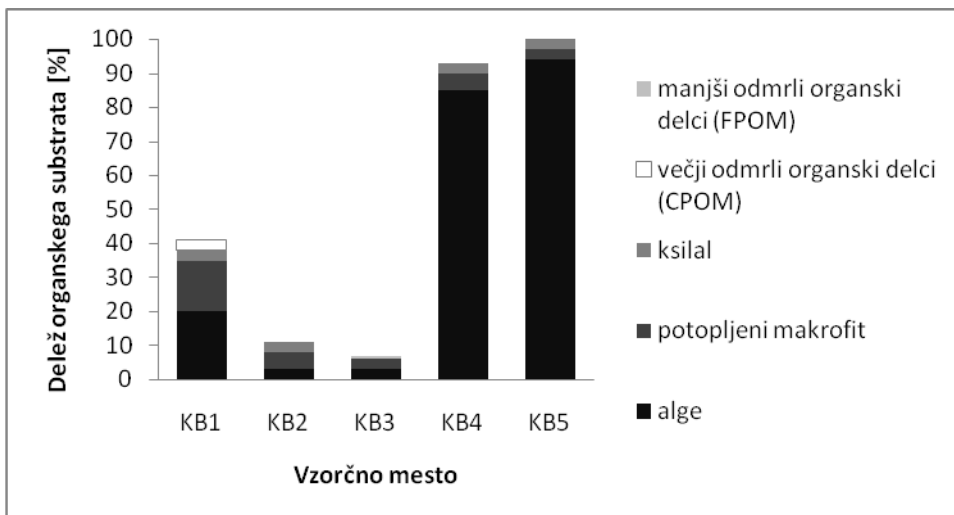
Na vzorčnem mestu KB 1 prevladuje megalital, ki pokriva skoraj polovico površine. Po deležu mu sledi makrolital z 20 % in akala s 15 %, 15 % si delita mezolital in mikrolital, psamala in agrilala ne najdemo.

Na drugem vzorčnem mestu je delež velikih delcev substrata celo večji kot na KB 1. Makrolital in megalital zavzemata 80 % površine, sledita mikrolital s 15 % in akala s 5 %.

Od KB 3 dalje se poveča delež anorganskega substrata manjših velikosti. Megalital se v vseh treh mestih pojavlja le v sledih (priloga H), makrolitala je med 10 % na KB 3 in KB 4 ter 15 % na KB 5. Približno polovico površine pokriva mikrolital na vseh treh vzorčnih mestih. Najdemo tudi sledi akala na vseh mestih, psamala na KB 4 in 5 in sledi agrilala na KB 5.

4.1.15 Deleži organskega substrata

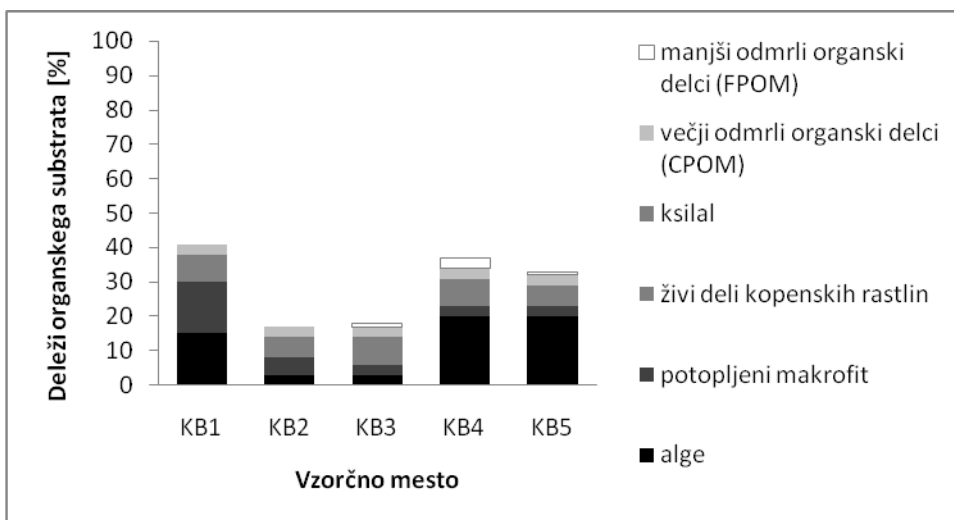
V marčevskem vzorčenju se na KB 1 v večjem deležu pojavljajo alge in potopljeni makrofiti, ti pokrivajo 35 % površine substrata (alge 20 % in mahovi 15 %). Z deležem manjšim od 5 % pa se pojavlja ksilal in CPOM. KB 2 in KB 3 sta si po deležih organskega substrata zelo podobna. Manj kot 5 % je alg in na KB 3 mahov, na KB 2 je mahov 5 %. Na KB 2 se z manj kot 5 % prisotnostjo pojavlja ksilal, na KB 3 pa FPOM. Podobna po deležih organskega substrata sta si tudi KB 4 in KB 5, kjer prevladujejo alge KB 4 85 % in KB 5 94 %, najdemo sledi potopljenih makrofitov in ksilala.



Slika 24: Zgradba organskega substrata na različnih odsekih Kamniške Bistrice dne 4. 3. 2011

Julija in avgusta se je obdržal podoben delež organskega substrata na KB 1, KB 2 in KB 3 kot je bil marca. Na četrtem in petem mestu pa je prišlo do zmanjšanja deleža organskega substrata, predvsem alg v mesecu juliju in avgustu.

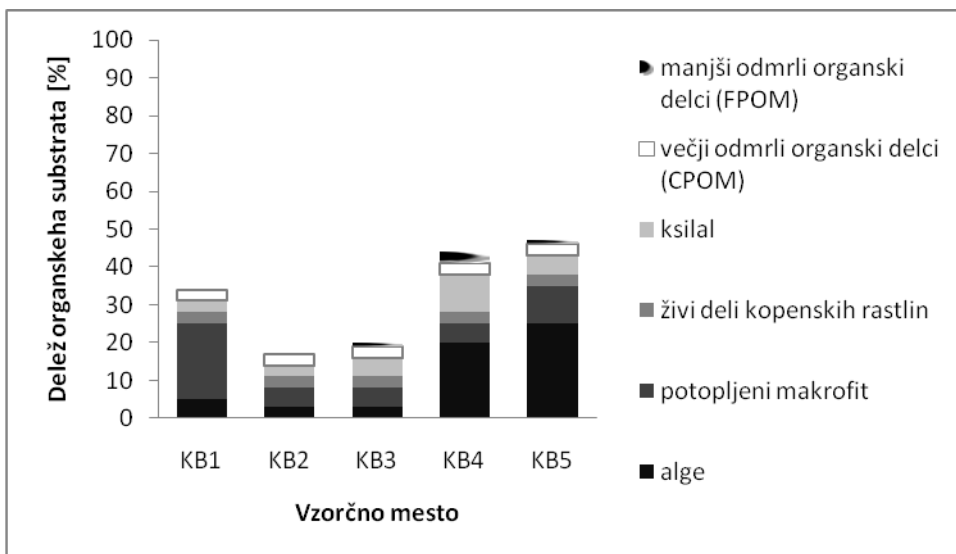
Julija je bil na KB 1 organski substrat zelo homogen (alge in mahovi vsak po 15 %, s 5 % sledi ksilal in sledi CPOM ter živih delov kopenskih rastlin). Mesti KB 2 in KB 3 sta si podobni, nobene vrste ni več od 5 %. Na obeh mestih najdemo alge, od potopljenih makrofitov mahove, ksilal in CPOM. Na KB 2 je malo več mahov, na KB 2 pa ksilala, najdemo pa tudi FPOM. Tudi mesti KB 4 in KB 5 sta si med seboj podobni. Na obeh mestih najdemo 20 % alg, manj od 5 % mahov, živih delov kopenskih rastlin in CPOM ter FPOM. Na KB 5 je tudi ksilala manj kot 5 %, medtem ko ga je na KB 4 5 %.



Slika 25: Zgradba organskega substrata na različnih odsekih Kamniške Bistrice dne 7. 7. 2011

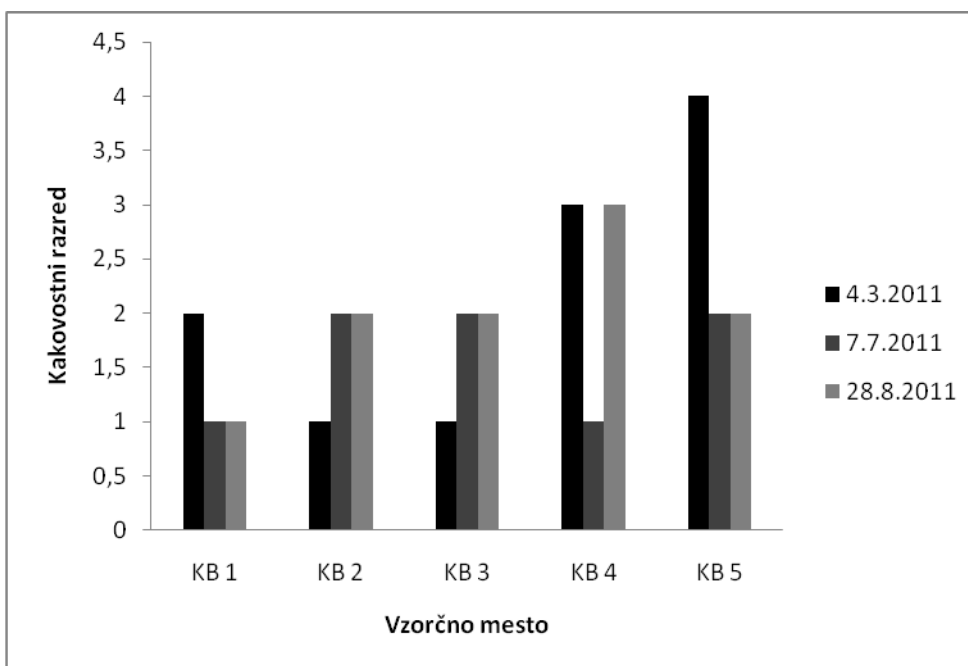
Na KB 1 v avgustu od organskega substrata najdemo največ mahov (20 %), ki se razraščajo od izvira navzdol. 5 % je alg in z manj kot 5 % se pojavljajo živi deli kopenskih rastlin, ksilal in CPOM. Tudi v tem primeru sta si podobni mesti KB 2 in 3 z manj kot 5 % deležem alg, živih delov kopenskih rastlin in CPOM. Mahov je 5 % na obeh mestih. Ksilala je nekoliko več na KB 3, vendar ne presega 5 %. Na KB 3 pa lahko najdemo tudi

sledi FPOM. Podobna sta si tudi mesti KB 4 in KB 5 z 20 do 25 % prisotnostjo alg, z do 10 % deležem ksilala in mahov ter z manj kot 5 % deležem živih delov kopenskih rastlin, CPOM in FPOM.



Slika 26: Zgradba organskega substrata na različnih odsekih Kamniške Bistrice dne 28. 8. 2011

4.1.16 Kakovost vode glede na fizikalne in kemijske parametre



Slika 27: Kakovost vode na različnih odsekih Kamniške Bistrice v različnih letih časih

KB 1 avgusta in julija umeščamo v 1. kakovostni razred. Marca pa zaradi zmanjšane nasičenosti vode v 2. kakovostni razred.

Mesto KB 2 marca uvrstimo v 1. kakovostni razred in julija v drugi zaradi višjih koncentracije nitratov, avgusta pa v 2. kakovostni razred zaradi povišane nasičenosti vode

s kisikom. Tudi KB 3 marca umestimo v 1. kakovostni razred, julija in avgusta zaradi povišane nasičenosti kisika v 2. kakovostni razred.

KB 4 v juliju uvrstimo v prvi kakovostni razred. Marca zaradi zelo visokega pH ter avgusta zaradi visoke nasičenosti vode s kisikom KB 4 uvrščamo v 3. kakovostni razred. Odsek KB 5 v marcu zaradi povečane koncentracije nitratov in povišane nasičenosti vode s kisikom uvrščamo v 4. kakovostni razred. Julij pa ga s povišano koncentracijo nitratov in ortofosfatov uvršča v 2. kakovostni razred. Povišana nasičenost vode s kisikom in visoke koncentracije nitratov in ortofosfatov KB 5 tudi avgusta umeščajo v drugi kakovostni razred.

4.2 REZULTATI BIOLOŠKIH ANALIZ

4.2.1 Analiza združbe perifitonskih alg

4.2.1.1 Sezonsko spreminjanje deleža glavnih skupin alg po vodotoku navzdol

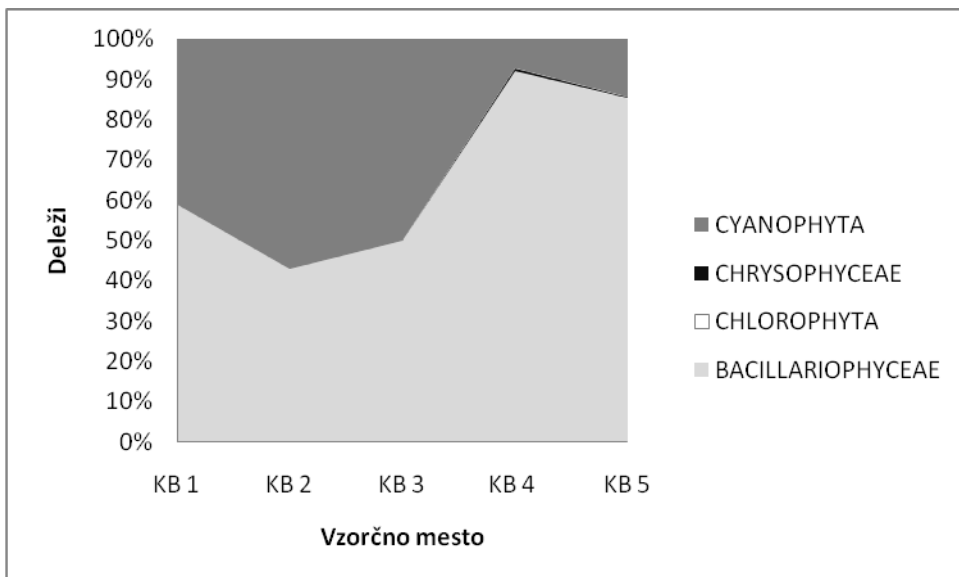
Sezonsko spreminjanje deleža glavnih skupin alg vzdolž vodotoka je prikazano na slikah 28, 29 in 30. Deleže smo izračunali glede na število osebkov v posameznih skupinah.

Vzorci smo razdelili na dva podzorca. Enega smo uporabili za analizo in podrobno predstavitev združbe kremenastih alg vodotoka, ki je vrstno najbolj pestra, drugega pa za določanje vseh alg.

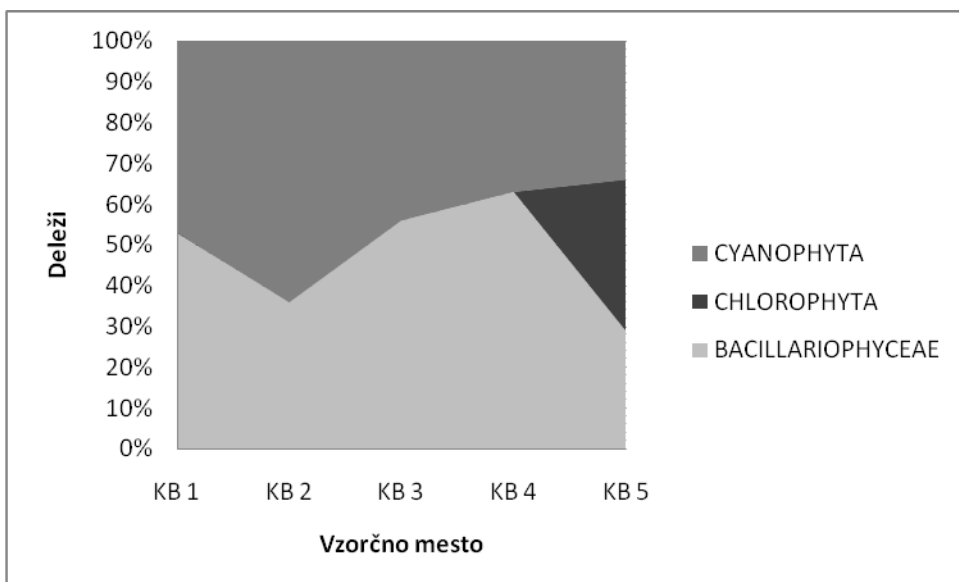
Na vseh vzorčnih mestih in v vseh letnih časih so največji delež združbe alg predstavljale kremenaste alge (Bacillariophyceae) in cianobakterije (Cyanophyta). Majhen delež so predstavljale zlatorjave (Chrysophyceae) in zelene alge (Chlorophyta), ostalih alg nismo našli. Zelene in zlatorjave alge so v mesecu marcu predstavljale na KB 4 in 5 manj kot 1 % vseh osebkov, prav tako smo v mesecu avgustu na KB 1 našli do 1 % zelenih alg in zlatorjavih alg ter na KB 4 manj kot 1 % zelenih alg. Največji delež, 37 % zelenih alg smo zabeležili na KB 5 v mesecu juliju. Večjih sprememb med posameznimi skupinami alg ni bilo.

Iz vseh treh slik, je razvidno, da je na KB 1 visok delež kremenastih alg, na KB 2 malo upade in nato narašča vse do zadnjega KB 5 mesta, kjer je delež kremenastih alg najvišji. Izjema sta mesti KB 1 v avgustu, ko je delež na prvem mestu manjši kot na KB 2 ter KB 5 v mesecu juliju, ko se delež kremenastih alg zmanjša na račun zelenih alg. Pri cianobakterijah je ravno obratno.

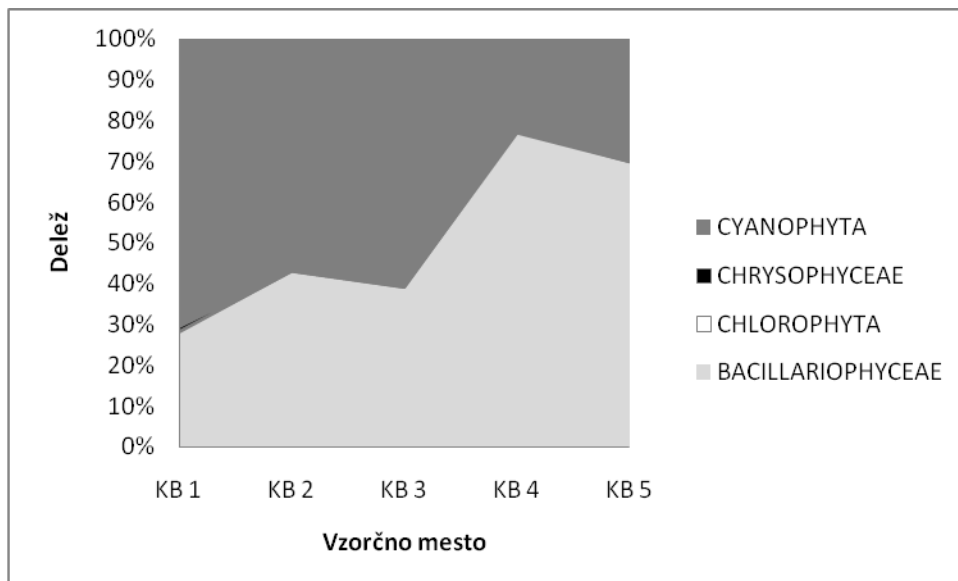
Delež vrst kremenastih alg je prikazan v prilogi B. Ocena pogostosti posameznih vrst alg iz različnih skupin je v prilogi D. Seznam najpogostejših vrst kremenastih alg in vseh alg vzdolž vodotoka je podan v prilogi K A in K B.



Slika 28: Spreminjanje deležev večjih taksonomskih skupin alg v združbi perifitona dolvodno po vodotoku Kamniška Bistrica, dne 4. 3. 2011



Slika 29: Spreminjanje deležev večjih taksonomskih skupin alg v združbi perifitona dolvodno po vodotoku Kamniška Bistrica, dne 7. 7. 2011



Slika 30: Spreminjanje deležev večjih taksonomskih skupin alg v združbi perifitona dolvodno po vodotoku Kamniška Bistrica, dne 28. 8. 2011.

4.2.1.2 Vzorčno mesto KB 1

a) Prisotnost in zastopanost združbe kremenastih alg

V obdobju treh vzorčenj, ki so zajemala zimsko, prehodno in poletno obdobje, smo v vzorcih vzorčnega mesta KB 1 skupno določili 25 taksonov kremenastih alg. Največ taksonov smo določili v julijskem vzorčenju, ko smo določili 18 taksonov. Le z enim taksonom manj (17 taksonov) sta sledili marčevsko in avgustovsko vzorčenje. Vrste, katerih delež je vsaj enkrat dosegel 5 % ali več, so bile *Achnanthes biasoletiana*, *Achnanthes minutissima* in *Gomphonema pumilum*. Od vseh 25 določenih taksonov, se je v vseh vzorcih v različnih letnih časih pojavljalo 10 taksonov. V vseh obdobjih, sta se najpogosteje (z največjim deležem) pojavljala *Achnanthes biasoletiana* in *Achnanthes minutissima* (od 27 do 56 %). Po deležu jima sledi *Gomphonema pumilum* s 3 do 23 %. Ostali taksoni so se pojavljali z deležem nižjim od 5 %.

Reprezentivni vrsti tega vzorčnega mesta sta bili *Achnanthes biasoletiana* in *A. minutissima*. Vrsti iz omenjenega rodu sta v mesecu marcu predstavljali 60 %, v juliju 93 % in v mesecu avgustu 87 % delež. V mesecu juliju je prevladovala vrsta *A. biasoletiana* in v mesecu marcu ter avgustu *A. minutissima*. Njuno razmerje je približno 1:1.

b) Prisotnost in zastopanost združbe vseh alg

Skupno smo na KB 1 določili 28 taksonov. Največ taksonov smo določili v mesecu marcu, in sicer 22 taksonov. S po 21 taksononi sledita vzorčenji v mesecu juliju in avgustu. Sedem taksonov, je imelo vsaj v enem vzorčenju delež višji od 5 %. Najpogosteje se je pojavljala vrsta *Homeotrix varians*, kateri delež v vseh treh vzorčenjih je presegel 5 % (od 22 do 67 %). Z deležem višjim od 5 % v vseh treh vzorčenjih sledita vrsti *Achnanthes biasoletiana* (5 do 33 %) in *Achnanthes minutissima* (od 8 do 19 %). Vrsta *Phormidium autumnale* se z nad 5 % deležem pojavlja v mesecu marcu in juliju. V mesecu marcu pa še vrste *Nitzschia fonticula* in *N. palea* ter *Gomphonema pumilum*.

4.2.1.3 Vzorčno mesto KB 2

a) Prisotnost in zastopanost združbe kremenastih alg

V treh vzorcih smo na vzorčnem mestu KB 2 določili 18 taksonov kremenastih alg. V mesecu marcu in juliju smo določili po 13 taksonov kremenastih alg, v avgustu pa smo določili 10 taksonov kremenastih alg. Le tri vrste zavzemajo večinski delež v vseh vzorčenjih. Skupaj tvorijo kar 96,7 % delež v mesecu marcu, 98,5 % v juliju in 96,4 % v avgustu. V mesecu marcu prevladuje s 68,9 % deležem vrsta *Gomphonema pumilum*, sledi ji z 19,6 % vrsta *Achnanthes minutissima* in 8,3 % vrsta *Achnanthes biasolettiana*. V julijskem vzorčenju prevladuje s 54,8 % deležem vrsta *Achnanthes biasolettiana*, sledi ji vrsta *Achnanthes minutissima* z 32 % deležem in z 11,7 % vrsta *Gomphonema pumilum*. V mesecu avgustu prevladuje vrsta *Achnanthes minutissima* s 56 % deležem, njej sledita z 29,8 % vrsti *Achnanthes biasolettiana* in z 10,6 % *Gomphonema pumilum*. Vse ostale kremenaste alge predstavljajo delež manjši od 5 %.

Reprezentativne vrste bi tako bile *Gomphonema pumilum* v mesecu marcu. V mesecu juliju in avgustu pa vrsti *Achnanthes biasolettiana* in *Achnanthes minutissima* z razmerjem 1,71: 1 (v prid *A. biasolettiana*) v juliju in 1:1,87 (v prid *A. minutissima*) v avgustu.

b) Prisotnost in zastopanost združbe vseh alg

Skupno smo na vzorčnem mestu KB 2 določili 12 taksonov. 11 taksonov smo določili v julijskem vzorčenju, 10 taksonov v avgustovskem in v marčevskem vzorčenju 9 taksonov. Z deležem višjim od 5 % v vseh obdobjih vzorčenja sta se pojavljali le vrsti *Homeotrix varians* (od 46 do 54 %) in *Gomphonema pumilum* (od 11 do 37 %). Višje deleže smo zabeležili tudi pri vrstah *Achnanthes biasolettiana* in *Achnanthes minutissima* v mesecih julij in avgust (od 9 do 22 % delež), ter *Phormidium autumnale* v mesecu juliju z 7,24 % deležem.

4.2.1.4 Vzorčno mesto KB 3

a) Prisotnost in zastopanost združbe kremenastih alg

V vseh vzorcih treh letnih obdobj smo na vzorčnem mestu KB 3 določili 25 taksonov kremenastih alg. Največ vrst smo določili v poletnem avgustovskem vzorčenju, in sicer 21 taksonov kremenastih alg. 19 taksonov kremenastih alg smo našli v marčevskem vzorčenju in 17 taksonov v julijskem vzorčenju. Podobno kot na vzorčnem mestu KB 2 tudi tu tvorijo večinske deleže vrste *Gomphonema pumilum*, *Achnanthes biasolettiana* in *Achnanthes minutissima*. V mesecu marcu prevladuje vrsta *Gomphonema pumilum* s 63,45 % deležem, sledi ji vrsta *A. minutissima* z 22,95 % in vrsta *A. biasolettiana* z 9,4 %. V mesecu juliju prevladuje vrsta *A. biasolettiana* z 69,75 % deležem, z 21,35 % pa ji sledi vrsta *A. minutissima*, vse ostale alge se pojavljajo posamično. Podobno je tudi v avgustovskem vzorčenju, kjer z 52,7 % prevladuje vrsta *A. biasolettiana*, tej kremenasti algi sledi vrsta *A. minutissima* z 33,55 %, vse ostale alge pa se pojavljajo v manjšem številu in deležem nižjim od 5 %.

Reprezentativna vrsta v mesecu marcu je *Gomphonema pumilum* in v juliju ter avgustu vrsta *Achnanthes biasolettiana*.

b) Prisotnost in zastopanost združbe vseh alg

Na vzorčnem mestu KB 3 smo skupno določili 20 taksonov. Največ taksonov smo določili avgusta (16 taksonov), marca smo zabeležili le 13 taksonov in julija le 11 taksonov. Od kremenastih alg se z deležem enakim ali višjim od 5 % v vseh treh vzorčnih mesecih pojavlja vrsta *Gomphonema pumilum*, od ostalih alg pa višji delež od 5 % v vseh vzorčenjih predstavlja vrsta *Homeotrix varians*. Tako marca predstavljata večinski delež vrsti *Gomphonema pumilum* (42 %) in *Homeotrix varians* (47 %). V juliju prevladuje vrsta *Achnanthes biasolettiana* (38 %), s 36 % pa mu sledi vrsta *Homeotrix varians*. Delež med 5 in 10 % imajo še vrste *Achnanthes minutissima*, *Phormidium autumnale* in *Gomphonema pumilum*. Avgusta ima najvišji delež vrsta *Homeotrix varians* (44 %), z 19 % mu sledi vrsta *Achnanthes biasolettiana*, z 10 % vrsta *Achnanthes minutissima* ter 9 % vrsta *Phormidium sp.*

4.2.1.5 Vzorčno mesto KB 4

a) Prisotnost in zastopanost združbe Kremenastih alg

V vseh treh vzorčenjih smo na vzorčnem mestu KB 4 določili 44 taksonov kremenastih alg. Največ taksonov smo določili v mesecu avgustu (34). Tako v mesecu juliju, kot v marcu pa smo določili po 31 taksonov kremenastih alg. taksonov z deležem enakim ali višjim od 5 % je bilo sedem. Od tega sta se le dve vrsti z visokim deležem pojavljali v vseh treh vzorčenjih, in sicer vrsta *Achnanthes biasolettiana* (od 5 do 64 %) in vrsta *Achnanthes minutissima* (od 9 do 21 %). Pogoste vrste so bile še *Cocconeis placentula* z 16,1 % v mesecu avgustu in 10 % v mesecu juliju ter *Diatoma vulgaris* z 12,45 % in *Navicula lanceolata* z 38,1 % v mesecu marcu. Z 9,4 % deležem se pojavlja v mesecu avgustu tudi vrsta *Gomphonema olivaceum* ter vrsta *Nitzchia fonticula* s 14,55 % deležem v marcu in 5,4 % v avgustu. Ostale kremenaste alge se pojavljajo v manjšem številu.

Reprezentativna vrsta v mesecu marcu je *Navicula lanceolata*, v juliju vrsta *A. biasolettiana* in v avgustu vrsta *A. minutissima*.

b) Prisotnost in zastopanost združbe vseh alg

Na KB 4 smo v vseh treh obdobjih določili 47 taksonov. Največ vrst smo določili v avgustu, sledi marec z 31 in julij z 19 taksoni. Z deležem 5 % ali več se pojavlja 14 taksonov. Noben takson se ne pojavlja z deležem 5 % ali več v vseh treh vzorčenjih. Največje deleže (od 20 do 30 %) nosijo vrste *Achnanthes biasolettiana* v juliju, *Navicula lanceolata* in *Nitzchia fonticula* v marcu in *Homeotrix varians* v mesecu juliju. Tem trem vrstam sledijo po vrsti *Gomphonema olivaceum*, *Ulotrix zonata*, *Diatoma vulgaris*, *Achnanthes minutissima*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Cocconeis placentula*, *Phormidium sp.*, *Nitzchia dissipata*, *Navicula menisculus*. V vzorcu smo našli tudi bakterije (heterotrofne).

4.2.1.6 Vzorčno mesto KB 5

a) Prisotnost in zastopanost združbe kKremenastih alg

V vseh treh vzorčenjih se je na KB 5 pojavljalo 35 različnih taksonov kremenastih alg. Največ vrst smo določili v juliju (28). S 27 taksoni sledi mesec marec in s 24 taksoni mesec avgust. Devet taksonov se pojavlja z deležem 5 % ali več. Noben takson se v visokem deležu ne pojavlja v vseh treh vzorčenjih. V vsakem obdobju prevladuje določena vrsta; tako v marcu prevladuje vrsta *Navicula lanceolata* (58,1 %), v juliju prevladujeta vrsti iz rodu *Achnanthes*, in sicer *A. biasolettiana* (25,5 %) in *A. minutissima* (21,8 %), ter v avgustu vrsta *Navicula atomus* (82,5 %). Ostale vrste z deležem 5 % ali več v vsaj enem vzorčenju so *Cocconeis placentula*, *Nitzchia dissipata*, *N. fonticula*, *Gomphonema olivaceum* in *Amphora pediculus*.

Reprezentativna vrsta v marcu je *Navicula lanceolata*, v juliju rod *Achnanthes*, kjer edini vrsti iz tega rodu predstavljala skupaj 47,3 % in sta v razmerju 1:1,17 (*A. biasolettiana* : *A. minutissima*), v avgustu pa vrsta *Navicula atomus*.

b) Prisotnost in zastopanost združbe vseh alg

Skupno smo na vzorčnem mestu KB 5 določili 39 taksonov. Največ taksonov smo določili marca (31), v avgustu smo določili 29 taksonov in v juliju le 15 taksonov. Z deležem 5 % ali več je predstavljenih 12 taksonov. Od tega se v večjem deležu v vseh treh vzorčenjih nahaja le ena vrsta, *Homeotrix varians* (od 6 do 15 %). Pogostejše vrste so še *Navicula atomus*, *Navicula lanceolata*, *Ulotrix zonata*, *Phormidium autumnale*, *Diatoma vulgare*, *Achnanthes minutissima*, *Achnanthes biasolettiana*, *Nitzchia dissipata*, *Cocconeis placentula*, *Nitzchia fonticula*, *Pleurocapsa minor*. V mesecu marcu odstopa vrsta *Navicula lanceolata* s 47,15 % deležem, v juliju vrsta *Ulotrix zonata* 36,48 % in v avgustu predstavlja večji delež *Navicula atomus* (57,6 %).

4.3 REZULTATI STATISTIČNIH ANALIZ

4.3.1 Podobnost med vzorci

4.3.1.1 Sørensenov indeks podobnosti

S pomočjo Sørensenovega indeksa podobnosti smo ugotavljali podobnost med združbami perifitona različnih vzorčnih mest. V preglednicah 1, 2 in 3 so prikazane vrednosti Sørensenovega indeksa podobnosti za vsa tri vzorčenja s pomočjo Trellijevih diagramov.

Če odštejemo KB 1, je podobnost med posameznimi vzorčnimi mesti majhna. Vzorčenja KB 1 so potekala blizu izvira, kjer so bile bolj ali manj konstantne razmere skozi vse leto, zato je tudi podobnost med različnimi obdobji bolj primerljiva.

Preglednica 1: Vrednost Sørensenovega indeksa podobnosti za vzorce nabrane dne 4. 3. 2011

LEGENDA

	KB 1	KB 2	KB 3	KB 4	KB 5		
							45 - 49%
KB 1		0,367347	0,385965	0,345679	0,390805		40 - 44%
KB 2			0,388889	0,2	0,285714		35 - 39%
KB 3				0,3125	0,3125		30 - 34%
KB 4					0,446429		25 - 29%
KB 5							20 - 34%

V marčevskem vzorcu je bila podobnost med posameznimi vzorčnimi mesti dokaj raznolika. Najvišja podobnost je bila med vzorčnima mestoma KB 4 in KB 5 (0,45). Za stopnjo nižje so si bila podobna vzorčna mesta KB 1 in KB 3 (0,39), KB 1 in KB 5 (0,39), KB 2 in KB 3 (0,39), KB 1 in KB 2 (0,37) ter KB 1 in KB 4 (0,35). Še nižjo stopnjo podobnosti so sledila vzorčna mesta KB 3 in KB 4 (0,31) ter KB 3 in KB 5 (0,31). Še nižjo stopnjo zasedata podobnost med KB 2 in KB 5 (0,29). Najnižjo podobnost pa imata KB 2 in KB 4 (0,2).

Preglednica 2: Vrednost Sørensenovega indeksa podobnosti za vzorce nabrane dne 7. 7. 2011

LEGENDA

	KB 1	KB 2	KB 3	KB 4	KB 5		
							45 - 49%
KB 1		0,384615	0,36	0,393939	0,4		40 - 44%
KB 2			0,421053	0,375	0,380952		35 - 39%
KB 3				0,423077	0,409091		30 - 34%
KB 4					0,413793		25 - 29%
KB 5							20 - 34%

V mesecu juliju, je bila podobnost med vsemi posameznimi odseki visoka, značilni pa sta bili dve stopnji podobnosti. Najvišja podobnost je bila med KB 3 in KB 4 (0,423) malenkost nižja je bila med KB 2 in KB 3 (0,421). Iste stopnje so bile še med KB 3 in KB 5 (0,41), KB 4 in KB 5 (0,41) ter KB 1 in KB 5 (0,40). Za stopnjo nižje pa so bile KB 1 in KB 4 (0,39), KB 1 in KB 2 (0,38), KB 2 in KB 4 (0,38), KB 2 in KB 5 (0,38) ter KB 1 in KB 3 (0,36).

Preglednica 3: Vrednost Sørensenovega indeksa podobnosti za vzorce nabrane dne 28. 8. 2011

LEGENDA

	KB 1	KB 2	KB 3	KB 4	KB 5		
							45 - 49%
KB 1		0,392157	0,412698	0,351648	0,390244		40 - 44%
KB 2			0,409091	0,25	0,315789		35 - 39%
KB 3				0,341563	0,347826		30 - 34%
KB 4					0,455285		25 - 29%
KB 5							20 - 34%

V avgustu sta si bili najbolj podobni mesti KB 4 in KB 5 (0,46). Nižjo stopnjo podobnosti si delita mesti KB 1 in KB 3 (0,41) ter KB 2 in KB 3 (0,41). Še nižjo stopnjo imajo mesta KB 1 in KB 2 (0,39), KB 1 in KB 5 (0,39), KB 1 in KB 4 (0,35) ter KB 3 in KB 5 (0,35). Naslednjo stopnjo nižje imajo mesti KB 3 in KB 4 (0,34) ter KB 2 in KB 5 (0,32). Najnižjo stopnjo podobnosti pa imata mesti KB 2 in KB 4 (0,25).

V grobem, bi lahko povzeli, da prevladuje višja stopnja podobnosti med višje ležečimi mesti; KB 1, KB 2 in KB 3 ter med nižjima ležečima mestoma KB 4 in KB 5. Nižja stopnja podobnosti je med višje in nižje ležečimi mesti.

4.3.1.2 Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks

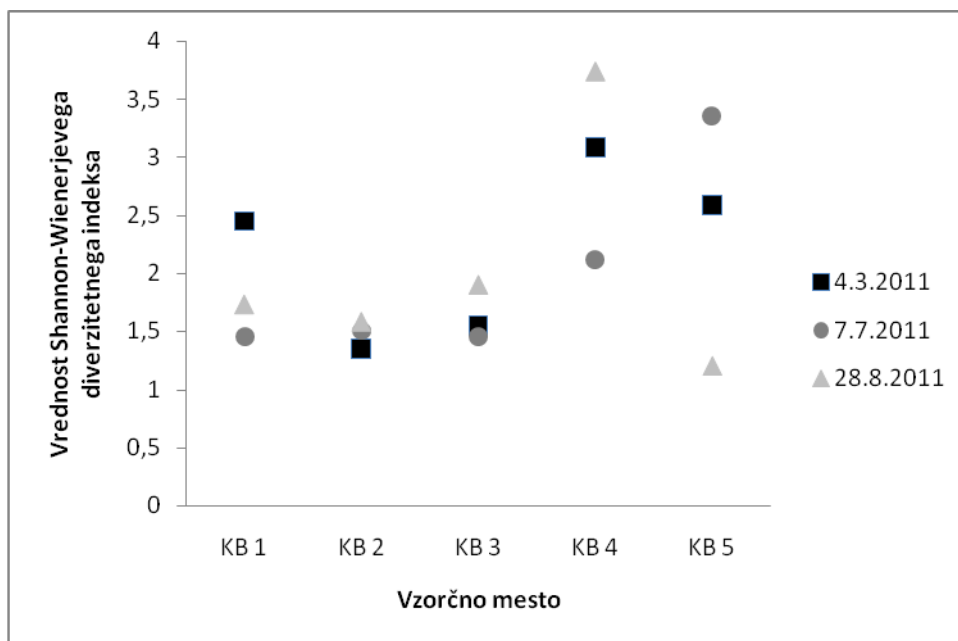
Vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa so za vsa vzorčna mesta in vse dneve vzorčenja prikazane v preglednici 4 in sliki 31.

Z izjemo diatomej smo pogostost ostalih vrst alg le ocenili in jih uvrstili v pogostnostne razrede, zato smo Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks izračunali samo na podlagi diatomejske združbe.

Preglednica 4: Vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa na različnih vzorčnih mestih vodotoka Kamniška Bistrica v različnih letnih časih

	KB 1	KB 2	KB 3	KB 4	KB 5
4.3.2011	2,45	1,35	1,55	3,09	2,59
7.7.2011	1,45	1,50	1,45	2,12	3,36
28.8.2011	1,73	1,58	1,90	3,74	1,20

Srednja vrednost indeksa je za vsa mesta in vse dneve okoli vrednosti 2,07. Najvišja vrednost diverzitetnega indeksa je bila izračuna za mesec avgust, za vzorčno mesto KB 4 (3,74). Na tem mestu je bilo tudi število vrst najvišje (34) in tu je bilo največ vrst (6) z deležem 5 % ali več.



Slika 31: Vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa na različnih vzorčnih mestih vodotoka Kamniška Bistrica v različnih letnih časih

Nekoliko nižja vrednost je bila izračunana meseca julija na KB 5 (3,36), število taksonov je bilo 28, ter marca na KB 4 (3,09), kjer smo določili 31 taksonov. Tudi julija na KB 4 smo določili 31 taksonov, vrednost S-W indeksa je bila 2,12. Nad vrednostjo povprečja je bila še vrednosti v mesecu marcu na KB 1 (2,45) s 17 taksoni in na KB 5 (2,59) s 27

taksoni. Takoj za avgustovskim vzorcem KB 4, je imel kar pet taksonov z deležem 5 % ali več marčevski vzorec na KB 4. Temu sledita vzorca meseca marca KB 1 in julija KB 5 s štirimi vrstami z deležem 5 % ali več. V vzorcu KB 4 meseca julija sta imeli delež 5 % ali več dve vrsti in marca na KB 5 tri vrste.

Diverzitetni indeks doseže najnižjo vrednost avgusta na KB 5 (1,2), kjer smo določili 24 različnih taksonov in tri takson z deležem enakim ali višjim od 5 %. Malenkost višjo vrednost (1,35) je imel marčevski vzorec na KB 2 s 13 taksoni in tremi taksoni z deležem 5 % ali več. Sledita mesti KB 1 in KB 3 meseca julija z vrednostima 1,45, s po 18 na KB 1 in 17 različnih taksonov na KB 3. Obe mesti imata po dve vrsti, ki imata delež 5 % ali več. Vsa naslednja mesta imajo diverzitetni indeks pod povprečjem (2,09). V mesecu juliju ima mesto KB 2 vrednost indeksa 1,5, različnih vrst je 13, tri vrste so prisotne z deležem 5 % ali več. Sledi mesec marec z vzorčnim mestom KB 3, ki ima vrednost indeksa 1,55, 19 taksonov in tri vrste z deležem enakim ali večjim od 5 %. Naslednja so vzorčna mesta meseca avgusta KB 2 z vrednostjo indeksa 1,58, 10 različnimi taksoni in tremi vrstami z deležem 5 % ali več, KB 1 z vrednostjo indeksa 1,73, 17 taksoni in tremi vrstami z deležem enakim ali večjim od 5 % ter mesto KB 3 z vrednostjo diverzitetnega indeksa 1,9, 21 različnimi taksoni in le dvema vrstami z deležem 5 % ali več.

Avgusta na KB 4, kjer je bila vrednost diverzitetnega indeksa najvišja, je glede na druga mesta veliko vrst z deležem nad 5 %, najvišje deleže dosegajo vrste *Achnanthes minutissima* (20 %), *Cocconeis placentula* (16 %) in *Achnanthes biasolettiana* (13 %), ki skupaj tvorijo približno 50 % celotne obrasti kremenastih alg. Na KB 5, kjer je bila vrednost diverzitetnega indeksa najnižja je močno prevladovala vrsta *Navicula atomus* z 82 %.

Na KB 1 v vseh treh vzorčnih mesecih prevladujeta vrsti *Achnanthes biasolettiana* in *Achnanthes minutissima*. Skupaj v mesecu marcu tvorita skoraj 60 % delež, v juliju 94 % delež in v avgustu 87 % delež. V marcu se v večjem deležu (23 %) pojavlja tudi vrsta *Gomphonema pumilum*. Vrednost diverzitetnega indeksa je bila nad mejo povprečja edino marca. Podobno situacijo ima tudi KB 2, kjer marca obe vrsti iz rodu *Achnanthes* tvorita 28 % delež, večji delež (69 %) ima tudi vrsta *Gomphonema pumilum*, julija vrsti iz rodu *Achnanthes* zavzemata 87 % in avgusta 85 %. Tudi na KB 3 imata marca obe vrsti iz rodu *Achnanthes* 32 % delež in vrsta *Gomphonema pumilum* 63 %. V juliju imata vrsti iz rodu *Achnanthes* skupaj 91 % in v avgustu 86 %. Na KB 4 marca z visokim diverzitetnim indeksom (3,09) prevladuje vrsta *Navicula lanceolata* (38 %), sledi ji vrsta *Nitzschia fonticula* (15 %) ter vrsta *Diatoma vulgaris* (12 %). Julija prevladuje vrsta *A. biasolettiana* (64 %), sledi mu vrsta *A. minutissima* z 11 %. Tudi tukaj je diverzitetni indeks nad povprečjem. Za KB 5 v mesecu marcu velja, da prevladuje vrsta *Navicula lanceolata* z 58 %, v juliju pa si skoraj 50 % delita vrsti *Achnanthes biasolettiana* in *A. minutissima*. KB 5 ima marca in julija visok diverzitetni indeks (2,59 in 3,36).

Vrednosti diverzitetnega indeksa so se tekom vzorčenja najbolj spreminjale na mestu KB 5, najmanj pa KB 2.

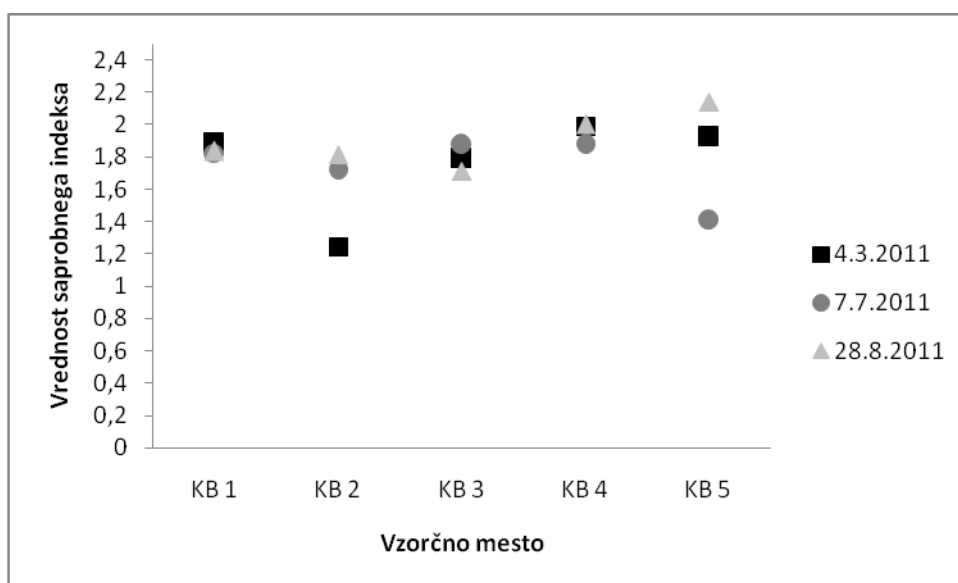
V času zimskega vzorčenja je indeks dosegel najvišjo vrednost na KB 4, najnižno pa na KB 2. V julijskem vzorčenju je bila najvišja vrednost na KB 5, najnižja pa KB 1 in KB 3. Avgusta pa je bila najvišja vrednost na vzorčnem mestu KB 4 in najnižja na KB 5.

Najbolj variabilno vzorčenje je bilo avgusta, kjer se pojavljajo tako najvišje kot tudi najnižje vrednosti diverzitetnega indeksa.

4.3.1.3 Saprobni indeks in kakovost vode glede na vrednost saprobnega indeksa na posameznih vzorčnih mestih

Vrednosti saprobnega indeksa na različnih vzorčnih mestih v različnih letnih obdobjih izračunane na podlagi kremenastih alg in na podlagi vseh prisotnih alg so podane v prilogi M in prikazane na slikah 32 in 33. Ocena kakovosti vode na podlagi vrednosti saprobnega indeksa so podane v prilogi M.

Saprobna vrednost in združba kremenastih alg



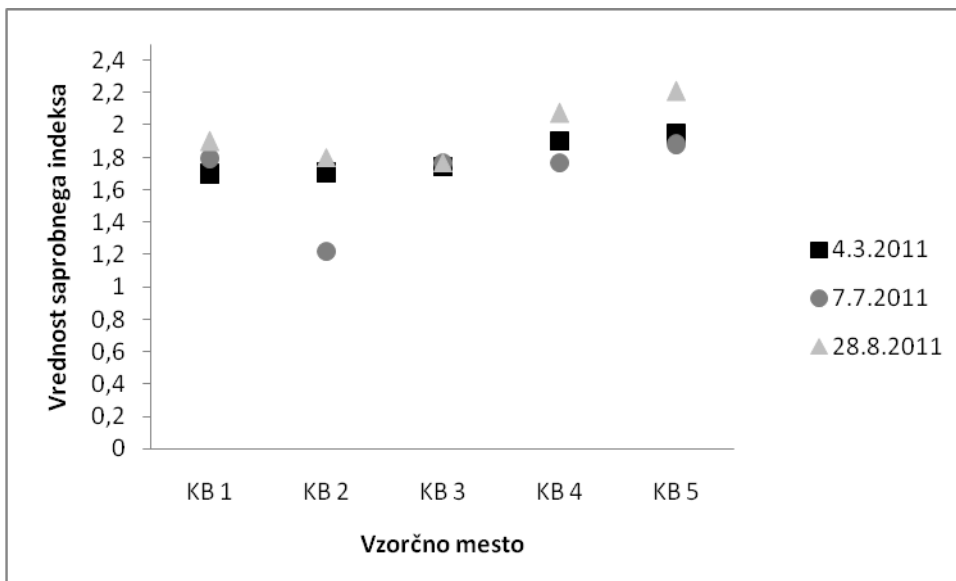
Slika 32 : Vrednosti saprobnega indeksa, izračunanega na podlagi prisotnosti kremenastih alg, na različnih vzorčnih mestih in v različnih letnih časih vodotoka Kamniška Bistrica

Na podlagi relativne pogostosti kremenastih alg smo izračunali vrednosti saprobnega indeksa. Povprečna vrednost saprobnega indeksa za celoten vodotok znaša 1,81. Ta vrednost uvršča vodotok v 2. kakovostni razred. Saprobna stopnja v tem območju je β -mezosaprobna, kar pomeni, da je vodotok zmerno organsko obremenjen. KB 1 smo z izjemo avgusta uvrstili v 1. – 2. kakovostni razred, kar pomeni oligo - do β -mezosaprobna stopnja in majhno obremenjenost vodotoka. V 1. – 2. Kakovostni razred smo uvrstili tudi KB 3 v vseh meritvenih mesecih, KB 4 v juliju ter KB 2 v marcu. KB 2 smo v julijski meritvi uvrstili v oligosaprobno saprobno stopnjo, torej v 1. kakovostni razred, kar pomeni neobremenjen, do zelo malo obremenjen del vodotoka. Vsa ostala vzorčna mesta smo uvrstili v 2. kakovostni razred, kar nakazuje na zmerno onesnažen vodotok.

Saprobna vrednost in združba vseh alg

Tudi povprečna vrednost saprobnega indeksa vseh alg uvršča vodotok v 2. kakovostni razred, povprečna vrednost indeksa znaša 1,80. Vrednosti uvrščajo mesto KB 2 v marcu ter KB 5 v juliju v 1. kakovostni razred. Meritve v mesecu juliju na KB 2 ter meritve v marcu

in avgustu na KB 3 uvrščajo vodotok v 1. – 2. kakovostni razred. Vsa ostala vzorčna mesta uvrščamo v 2. kakovostni razred, kar nakazujejo na zmerno onesnažen vodotok.



Slika 33: Vrednosti saprobnega indeksa, izračunanega na podlagi prisotnosti vseh alg, na različnih vzorčnih mestih in v različnih letnih časih vodotoka Kamniška Bistrica

4.3.1.4 Vpliv okoljskih dejavnikov na taksonomsko sestavo

a) Spremenljivke okolja (E) in časa (T), ki pojasnjujejo varianco matrike taksonov (Y)

Združba kremenastih alg

V matriko taksonov smo vključili 42 taksonov (priloga B), v matriko okolja in časa pa 39 spremenljivk. Zaradi majhnega števila vzorčnih mest in številnih spremenljivk okolja smo najprej izvedli ločene analize (CCA). Največ variabilnosti taksonomske sestave kremenastih alg smo pojasnili s spremenljivko oddaljenost od izvira, suha masa perifitona in elektroprevodnost. Ostale spremenljivke, ki signifikantno vplivajo na omenjeno vrstno sestavo ($p < 0,05$) so še: deleži organskega substrata (alge, FPOM), deleži anorganskega substrata (megalital, mezolital, mikrolital), širina struge, nadmorska višina in povprečna globina vode na mestih kjer smo vzeli vzorčne kamne.

Združba vseh alg

V matriko taksonov smo vključili 67 taksonov (priloga C), v matriko okolja in časa pa 39 spremenljivk. Zaradi majhnega števila vzorčnih mest in številnih spremenljivk okolja smo tudi v tem primeru najprej izvedli ločene analize (CCA). Največ variabilnosti smo pojasnili s spremenljivko elektroprevodnost, nato so sledili temperatura vode, oddaljenost od izvira, delež mezolitala in povprečna globina vode na mestih, kjer smo vzeli vzorčne kamne. Ostale spremenljivke, ki signifikantno vplivajo na omenjeno vrstno sestavo ($p < 0,05$) so še: deleži organskega substrata (alge, ksial, FPOM), deleži anorganskega substrata (megalital, mikrolital), širina struge in koncentracija kisika.

- b) Izbrane spremenljivke (X) ("forward selection"), ki pojasnjujejo varianco matrice taksonov (Y) ter razporeditev taksonov perifitonskih alg in vzorčnih mest v soodvisnosti od izbranih spremenljivk okolja in časa.

Združba kremenastih alg

Z metodo izbiranja smo iz matrice okolja in časa (E+T) (preglednica 5) izbrali 3 spremenljivke, s katerimi smo statistično značilno pojasnili varianco ($P < 0,05$) matrice taksonov in s tem variabilnost združb perifitonskih alg. Največ variabilnosti smo pojasnili s spremenljivko oddaljenost od izvira (31,3 %), suha masa (15,2 %) in elektroprevodnost (12,3 %).

Preglednica 5: Izbrane spremenljivke okolja in časa iz matrice (E-T), Λ , njihova statistična značilnost (p), delež pojasnjene variance (TVE) ter komulativna pojasnjena varianca matrice taksonov z izbranimi spremenljivkami okolja in časa (KPV) za kremenaste alge

Variable	Λ	p	TVE (%)	KPV (%)
Oddaljenost od izvira	0,33	0,001	31,3	
Suha masa perifitona	0,16	0,006	15,2	
Elektroprevodnost	0,13	0,01	12,3	58,8

Preglednica 6: Lastne vrednosti in kumulativni odstotek pojasnjene variance prvih štirih kanoničnih osi matrice taksonov ter korelacijski koeficient med prvimi štirimi kanoničnimi osmi matrice taksonov (Y) ter matrice okolja in časa (E+T) po izbiranju za kremenaste alge

Kanonična os	1	2	3	4
Lastne vrednosti	0,349	0,144	0,131	0,154
Korelacijski koeficient taksoni-spremenljivke	0,957	0,91	0,907	
Kumulativni odstotek pojasnjene variance	55,9	79	100	

Združba vseh alg

Z metodo izbiranja smo iz matrice okolja in časa (E+T) (preglednica 7) izbrali 5 spremenljivk, s katerimi smo statistično značilno pojasnili ($P < 0,05$) varianco matrice taksonov in s tem variabilnost združb perifitonskih alg. Največ variabilnosti smo pojasnili s spremenljivko elektroprevodnost (18,9 %), nato so sledili temperatura (15,8 %), oddaljenost od izvira (12,2 %), delež mezolitala (11 %) in povprečna globina na mestih, kjer smo vzeli vzorčne kamne (9,1 %).

Preglednica 7: Izbrane spremenljivke okolja in časa iz matrice (E-T), Λ , njihova statistična značilnost (p), delež pojasnjene variance (TVE) ter komulativna pojasnjena varianca matrice taksonov z izbranimi spremenljivkami okolja in časa (KPV) za vse alge

Variable	Λ	p	TVE (%)	KPV (%)
Elektroprevodnost	0,31	0,001	18,9	
Temperatura vode	0,26	0,002	15,8	
Oddaljenost od izvira	0,2	0,021	12,2	
Mezolital (%)	0,18	0,024	11	
Povprečna globina	0,15	0,02	9,14	67,04

Preglednica 8: Lastne vrednosti in kumulativni odstotek pojasnjene variance prvih štirih kanoničnih osi matrike taksonov ter korelacijski koeficient med prvimi štirimi kanoničnimi osmi matrike taksonov (Y) ter matrike okolja in časa (E+T) po izbiranju za vse alge

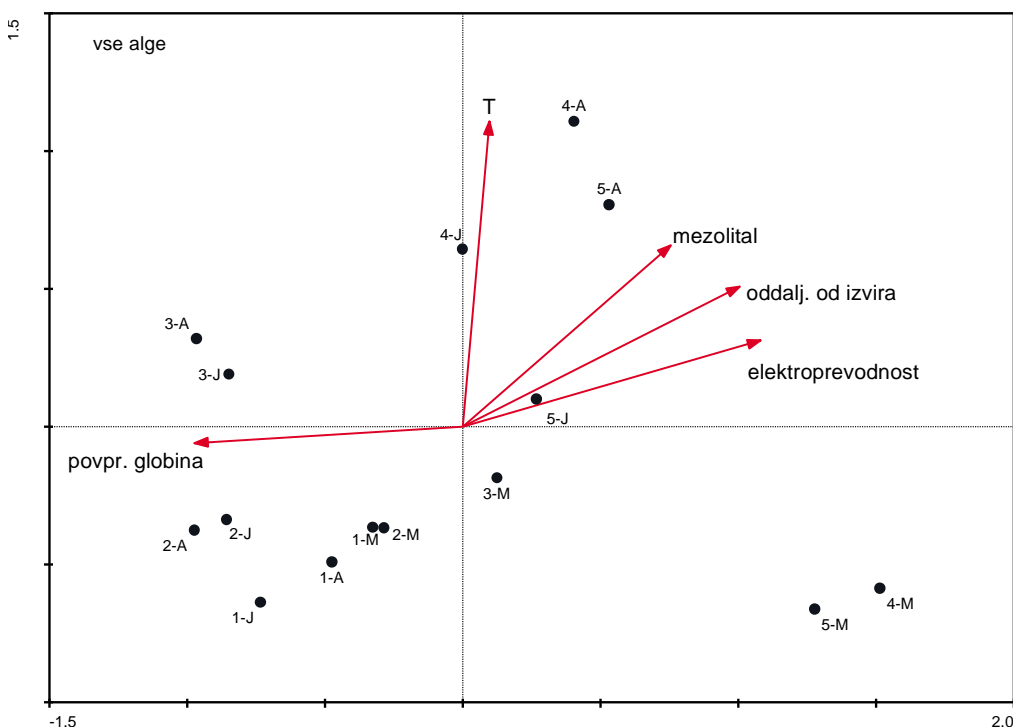
Kanonična os	1	2	3	4
Lastne vrednosti	0,378	0,258	0,203	0,174
Korelacijski koeficient taksoni-spremenljivke	0,928	0,977	0,932	0,95
Kumulativni odstotek pojasnjene variance	34,3	57,7	76,1	91,8

c) Ordinacijski diagram in razporeditev vzorčnih mest

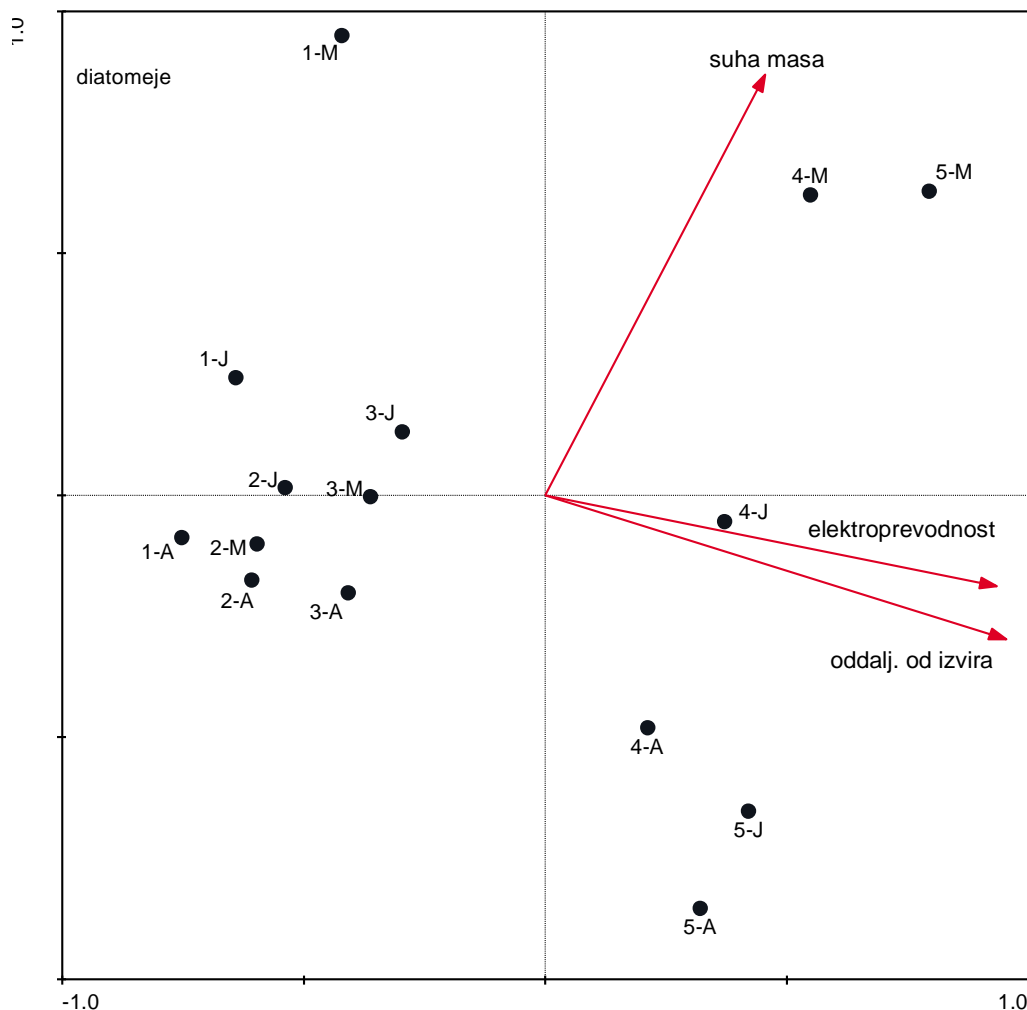
Pri kremenastih algah (slika 35) z Y osjo najbolj korelira suha masa oz. debelina perifitona, z x osjo pa elektroprevodnost (elektrop). Nekoliko manj z x osjo korelira variabla oddaljenost od izvira (oddaljen).

Pri vseh algah (slika 34) je temperatura (T) v zelo močni korelaciji z y osjo. Z x osjo je v močni korelaciji elektroprevodnost (EC) ter v močni negativni korelaciji povprečna globina vode, kjer smo vzeli vzorčne kamne (povp. globina).

Oznake slik 34 in 35 so prikazane v prilogi N.



Slika 34: F1 x F2 ravnina CCA ordinacijskega diagrama z izbranimi spremenljivkami okolja in časa (črte) ter vzorčnimi mesti (točke) vodotoka Kamniška Bistrica za vse alge



Slika 35: F1 x F2 ravnina CCA ordinacijskega diagrama z izbranimi spremenljivkami okolja in časa (črte) ter vzorčnimi mesti (točke) vodotoka Kamniška Bistrica za kremenaste alge

d) Korelacija okoljskih dejavnikov z razvitostjo perifitonske združbe

Statistično značilne korelacije med spremenljivkami so tiste, pri katerih je absolutna vrednost korelacijskega koeficienta dovolj visoka in je $p < 0,05$ (95 % stopnja zaupanja). Za korelacije označene z zvezdico (*) je značilno, da je $p < 0,01$ in pomeni, da je stopnja zaupanja 99 %.

Pokrovnost alg je v negativni korelaciji z deležem makrolitala, nadmorsko višino ter povprečno globine vode na mestih, kjer smo odvzeli kamne. Pokrovnost alg je v pozitivni korelaciji z deležem mikrolitala, širino struge, redom vodotoka, oddaljenostjo od izvira*, koncentracijo ortofosfata in elektroprevodnostjo. Omenjene korelacije so posledica oddaljevanja od izvira in nižanjem hitrosti vode ter posledičnem zmanjševanju deleža makrolitala in istočasnem povečevanju koncentracij ionov.

Potopljeni makrofiti od katerih smo našli samo mahove in večje alge, so v zelo močni korelaciji z deležem megalitala in nadmorsko višino, saj smo jih z večjo pokrovnostjo opazili predvsem v zgornjem delu reke.

Suha masa perifitona oz. debelina perifitona je v pozitivni korelaciji z FPOM, deležem mezolitala (na katerem se perifiton najbolj razvija), pretokom, osončenostjo, širino struge, redom vodotoka, oddaljenostjo od izvira, nitrati in elektroprevodnostjo. Osončenost, ki neposredno vpliva na debelino perifitona je v večji meri odvisna tudi od širine struge, ki narašča sočasno z večanjem reda vodotoka in z oddaljenostjo od izvira. Z oddaljenostjo od izvira in vedno večjimi antropogenimi vnosi hranil, se večja tudi koncentracija nitratov in drugih elektrolitov, ki v našem primeru pozitivno vplivata na debelino perifitona (oz. suho maso).

Po drugi strani, pa je suha masa perifitona v najbolj negativni korelaciji s pokrovnostjo potopljenih makrofitov (mahov), deležem megalitala (na katerem uspevajo predvsem mahovi) in nadmorsko višino (s katero pada turbulentnost toka in pokrovnost mahov). Slednji trije dejavniki so med seboj povezani.

Diverzitetata alg (H') je v pozitivni korelaciji s številom vrst zelenih alg, (kakovostnim razredom*, ki je določen na osnovi abiotskih dejavnikov (slabša kakovost pomeni večjo diverzitetato!)) in deležem mezolitala*.

Vrstna pestrost alg (N) je v pozitivni korelaciji s (kakovostnim razredom vodotoka), saprobnim indeksom za vse alge in za diatomeje, z deležem oz. pokrovnostjo alg in deležem ksilala*.

Vrstna pestrost alg je v negativni korelaciji z deležem makrolitala, povprečno globino vode, in svetlobno intenziteto. pestrost alg je tudi v pozitivni korelaciji s številom vrst kremenastih alg, ki prevladujejo.

Pestrost kremenastih alg je v pozitivni korelaciji s saprobnim indeksom za vse alge in diatomeje, deležem organskega substrata (alge), deležem ksilala in kakovostnim razredom.

Pestrost kremenastih alg pa je v negativni korelaciji z deležem makrolitala, povprečno globino in svetlobno intenziteto. Zelene alge so v pozitivni korelaciji z oceno kakovosti voda na podlagi saprobnega indeksa za diatomeje*, deležem agrilala*, povprečno hitrostjo vode* in v negativni korelaciji s svetlobno intenziteto* in bujnostjo obrežne vegetacije*. Cianobakterije so v pozitivni korelaciji z oceno kakovosti voda na podlagi saprobnega indeksa za vse alge* in s sezono*, kar pomeni, da se od zimskega obdobja do poletnega obdobja pestrost cianobakterij večja.

Na osnovi teh izračunov lahko zaključimo, da se vrstna pestrost alg (kremenastih, zelenih in cianobakterij) povečuje z naraščanjem saprobnega indeksa, oz. z naraščajočo obremenjenostjo z organskimi snovmi.

4.3.1.5 Klasterski analizi združb perifitonskih alg

Klasterski analizi združb kremenastih in vseh perifitonskih alg sta prikazani na slikah 36, 37 in 38, 39. Narejeni sta na podlagi Bray-Curtisovega indeksa različnosti in Sørensenovega indeksa, ki upošteva le prisotnost/odsotnost taksonov v vzorcu, s programom SYN-TAX. Slednji je dendrogram narisal na osnovi podobnosti stolpcev/vzorcev.

Dissimilarity (različnost vzorcev) je vrednost med 0 in 1, višja kot je, bolj sta si vzorca ali skupini vzorcev različni. Pri tem gledamo višino razcepov vej dendrograma.

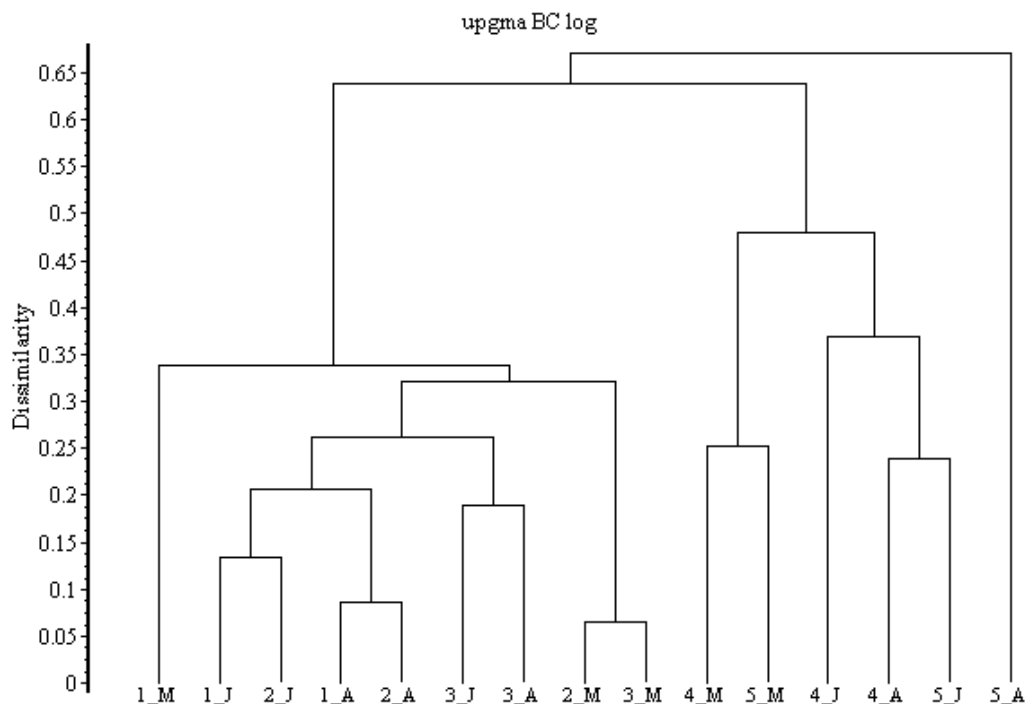
Oznake slik 36, 37, 38 in 39 so prikazane v prilogi N.

Združba kremenastih alg:

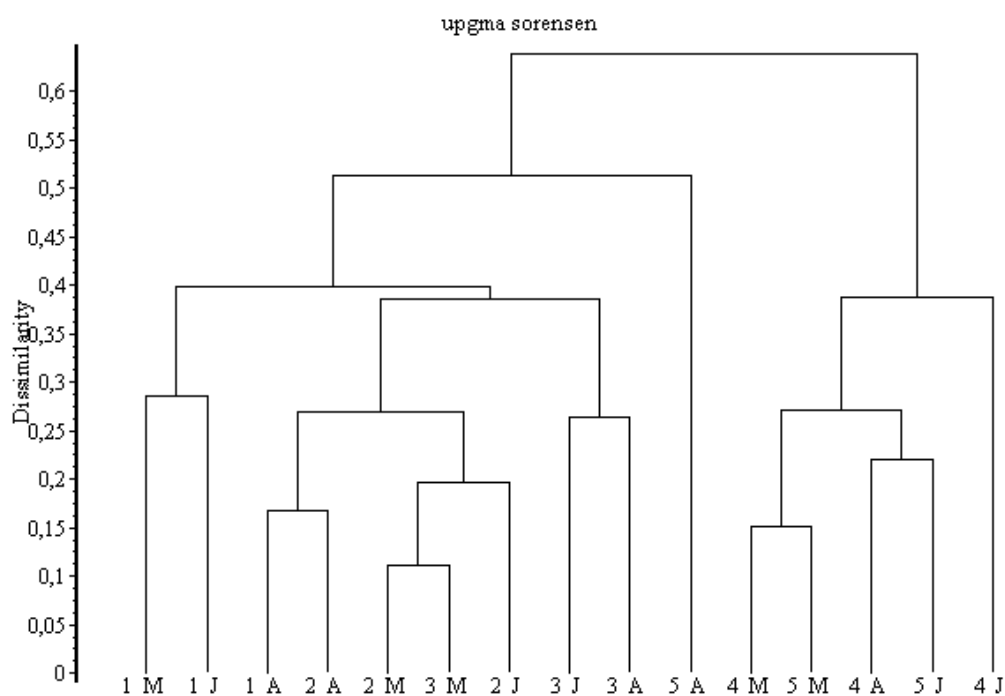
Oba dendrograma pokažeta podobnost združb kremenastih alg med različnimi vzorčnimi mesti. Razvidna je podobnost v dveh sistemih.

Oba dendrograma kažeta večjo podobnost med vzorčnimi mesti kot pa med sezonami. Dendrograma kažeta večjo podobnost v prvem sistemu med mesti KB1A in KB2A, KB2M in KB3M ter KB3J in KB3A. Pri Sørensenovem indeksu pokaže večjo podobnost z omenjenimi mesti tudi mesto KB2J, ki je podoben predvsem KB2M in KB3M ter mesti KB1M in KB1J. Manjšo podobnost z omenjenimi mesti kaže tudi mesto KB15A. Po Bray-Curtisovem indeksu pa pokažeta večjo podobnost z vzorčnimi mesti prvega sistema mesti KB1J in KB2J, nekoliko manjšo podobnost pa kaže tudi mesto KB1M.

Drugi sistem podobnosti kažejo vzorčna mesta KB4M in KB5M, KB4A in KB5J. Po Bray-Curtisovem indeksu pa kaže večjo podobnost mesto KB4J z KB4A in KB5J ter nekoliko manjšo podobnost mesto KB5A.



Slika 36: Klastrska analiza združb kremenastih alg v vodotoku Kamniška Bistrica z uporabo Bray-Curtisovega indeksa podobnosti

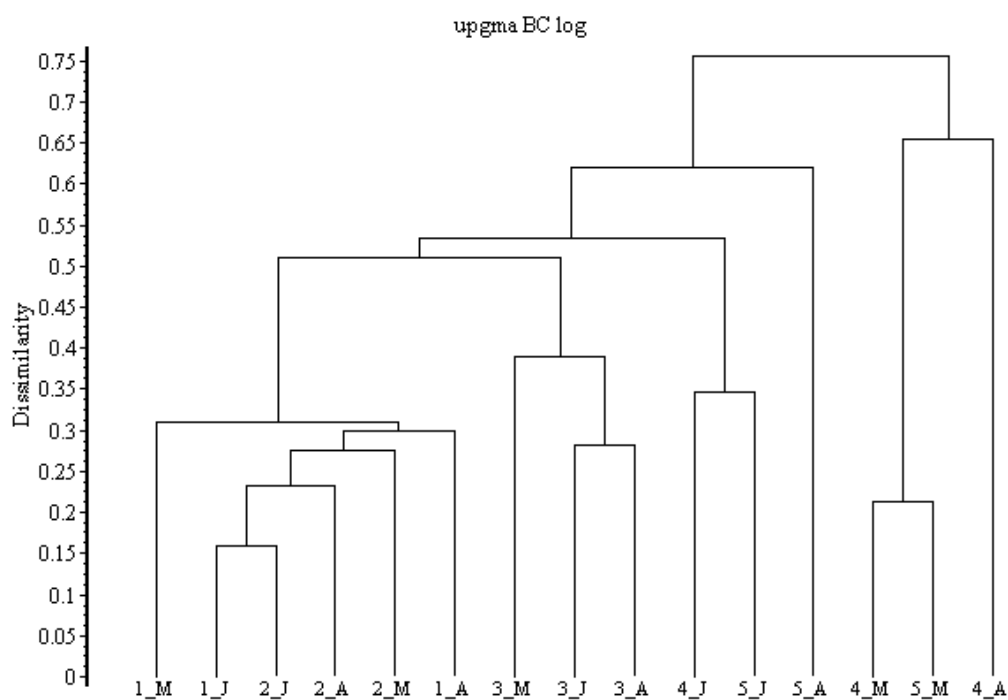


Slika 37: Klastrska analiza združb kremnastih alg v vodotoku Kamniška Bistrica z uporabo Sørensenovega indeksa podobnosti

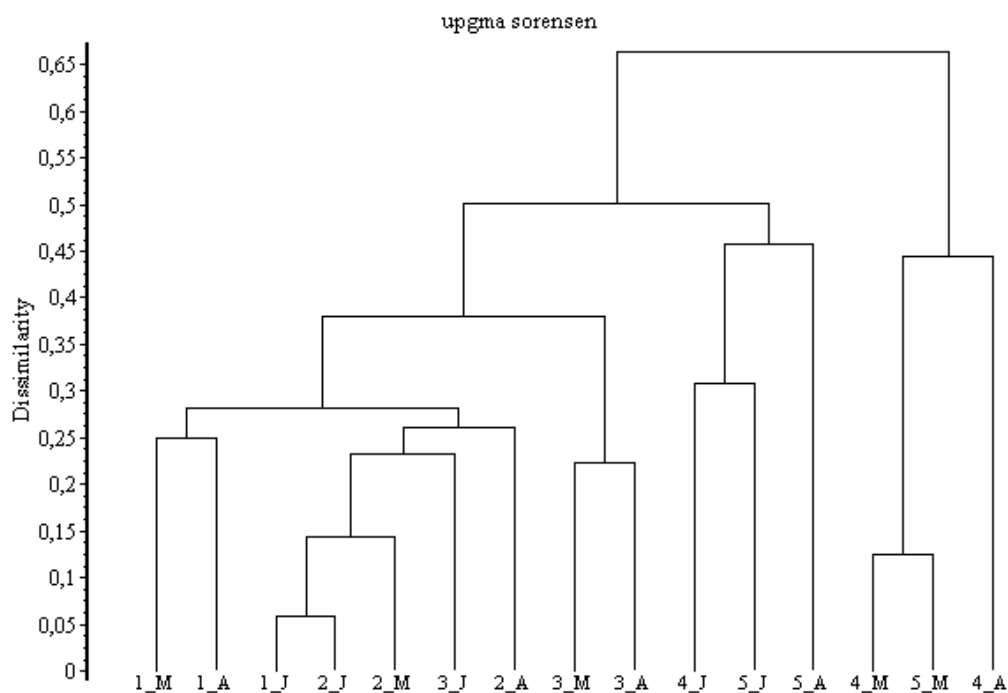
Združba vseh skupin alg:

Analiza obeh dendrogramov pokaže večjo podobnost med vzorčnimi mesti KB1J in KB2J ter mesti KB2A in KB1M. Dendrogram po Bray-Curtisovemu indeksu pokaže, da ima s temi mesti večjo podobnost tudi mesto KB2M. Gre za največjo podobnost med mestoma KB 1 in KB 2, ne glede na sezono. Poseben klaster predstavlja vzorčno mesto KB 3. Vzorci KB 4 in KB 5 so si najmanj podobni. Tu gre za večjo razliko med sezonami kot med vzorčnimi mesti. Po Sørensenju pa dendrogram pokaže z omenjenimi mesti tega sistema večjo podobnost vzorčno mesto KB3J. Oba indeksa po podobnosti uvrščata v ta sistem tudi mesto KB1A, s tem da ima to mesto po Sørensenju nekoliko večjo podobnost z mestom KB1M.

Svoj sistem podobnosti tvorita vzorčni mesti KB3M in KB3A, po Bray-Curtisovemu indeksu pa se jima pridruži še mesto KB3J. Sledi sistem podobnosti med KB4J, KB5J in KB5A ter KB4M, KB5M in KB4A.



Slika 38: Klastrska analiza združb vseh alg v vodotoku Kamniška Bistrica z uporabo Bray-Curtisovega indeksa podobnosti.



Slika 39: Klastrska analiza združb vseh alg v vodotoku Kamniška Bistrica z uporabo Sørensenovega indeksa podobnosti.

5 RAZPRAVA

V obravnavanem hudourniškem vodotoku je naravna struga ohranjena v zgornji polovici vodotoka. V Kamniku je rečna struga spremenjena v betonski kanal. Od Duplice dolvodno je struga bolj ali manj spremenjena, bregovi so utrjeni s skalami, pogoste so pregrade, vendar kljub temu daje vtis razmeroma naravne struge.

Temperatura vode

V Kamniški Bistrici se temperatura vode spreminja diurnalno, sezonsko ter prostorsko.

Najvišje temperature na vseh vzorčnih mestih so bile avgusta, razen na KB 2, kjer je temperatura izmerjena avgusta le nekoliko nižja od julijske. Najnižje temperature na vseh vzorčnih mestih so bile izmerjene v marcu, razen na KB 1, kjer je bila temperatura celo nekoliko višja kot v juliju in avgustu.

Po vodotoku navzdol so vedno bolj izrazite sezonske spremembe v temperaturi vode. Velike razlike so predvsem med zimskimi in poletnimi meritvami, medtem ko so razlike v temperaturi med julijem in avgustom minimalne. Temperatura vode in razlike v temperaturi med različnimi letnimi časi so najmanjše na vzorčnem mestu KB 1. Za izvirske vode je značilna stalna temperatura, giblje se okoli povprečne letne temperature kraja, kakršna je tudi temperatura v podzemlju, od koder izvirska voda priteče (Sket, 2010).

Razponi med najnižjo in najvišjo temperaturo naraščajo po toku, razen na KB 5, kjer so temperaturne razlike manjše kot na KB 4 zaradi višje hitrosti toka. KB 1 je relativno blizu izvira s stalno temperaturo, zato je razlika med najvišjo in najnižjo izmerjeno temperaturo najnižja. Izraziti sta veliki temperaturni razliki na KB 4 in KB 5 (13,6 °C, 10,8 °C). Z vegetacijo najbolj zasenčen je izvirski del, po toku se struga širi in odpira sončnemu sevanju. Vegetacija ublaži temperaturne spremembe, ker pa je struga na KB 4 in KB 5 bistveno širša, so tudi razlike v temperaturi večje. Na temperaturo vpliva tudi dnevni čas vzorčenja. Meritve opravljene na spodnjem delu struge so bile v popoldnaskih urah, sončenje tekom dneva je prispevalo k višjim temperaturam vode.

V marcu so razlike v temperaturi majhne. V juliju in avgustu se kaže trend rahlega povečevanja temperature vode po vodotoku navzdol. Najvišje temperature smo izmerili julija in avgusta na KB 4. Pri večini vodotokov velja, da se temperatura vode logaritemsko povečuje z oddaljenostjo od izvira po vodotoku navzdol (Toman, 2009/10). Na znižanje temperatur na KB 5 vplivajo čas merjenja (17.00), ko je bilo zmanjšanje osvetljenosti, večje hitrosti toka in s tem manjše segrevanje vode. Na temperaturo vodotoka vpliva tudi dolžina reke in pritoki, obrežna vegetacija ter regulacije na rečni strugi v spodnjem delu. Na primeru K. Bistrice so to utrjene brežine in jezovne pregrade. Dodatno lahko k povišanju temperature prispeva pritek z urbanih površin (in različni kanalizacijski odtoki – industrijski obrati, farma Ihan, CČN – DK).

Svetloba

Visoke vrednosti so v vseh mesecih na drugem vzorčnem mestu (meritve so potekale na v vseh mesecih med 11 in 12 uro dopoldne), visoke meritve so tudi na drugih mestih v

mesecu juliju in avgustu, saj so takrat dnevi daljši (zadnje meritve smo v vseh mesecih opravili na KB 5 ob 17.00). Nižja osvetljenost je v vseh mesecih na KB 1, saj so bile meritve opravljene med 8 in 10 uro dopoldne. Nizke vrednosti marca na vseh vzorčnih mestih, razen na KB 2 so tudi zaradi delne oblačnosti.

Koncentracija kisika

V marcu so po toku večje koncentracije kisika. Le te so posledica povečevanje perifitonske obrasti in s tem večje fotosintezne aktivnosti. Povečano rast sprožijo višje temperature.

Z izjemo KB 1 so bile vrednosti izmerjene v toplih mesecih nižje. Opažen je trend padanja koncentracije kisika od mesta KB 2 do KB 5. Nižje vrednosti so verjetno posledica višjih temperatur vode tekom celotne struge. Vzrok bi lahko bilo oblačno vreme, saj je količina sončevega sevanja, ki doseže vodotok manjša, posledično se močno zmanjša aktivnost (produktivnost) primarnih producentov, tudi, če je delež primarnih producentov višji.

Rezultati merjenja koncentracije kisika so odvisni tudi od tega, v katerem delu dneva opravimo meritve, saj fotosinteza poteka le čez dan, zato so dnevne koncentracije kisika večje od nočnih in zgodnjih jutranjih ter od teoretičnih pri dani temperaturi (Giller in Malmqvist, 1998).

Na prvem mestu je bila nižja koncentracija kisika. Za izvire je značilna nižja koncentracija kisika, kot je prisotna v ritralnih delih vodotoka. Manjša sta difuzija in delež primarnih producentov.

Nasičenost vode s kisikom

Iz slike 11 je razvidna težnja povečevanja nasičenosti vode s kisikom po toku navzdol. Vpliv obrežne vegetacije (senčenje) se po toku navzdol manjša, saj se struga izrazito širi. Na KB 5 je drevesna obrežna vegetacija skoraj v celoti odsotna. Na teh mestih je količina sončnega sevanja, ki doseže vodotok, bistveno večja kot na zgornjih vzorčnih mestih, zato so temu primerno vrednosti višje in skoraj nikoli ne padejo pod 100 %. Na velik biogen vnos kažejo tudi prisotne alge (*Hydrurus foetidus*, *Homeotrix varians*, *Phormidium autumnale*, *Ph. papulosum*). Primerljivi sta tudi vzorčenja v juliju, kjer se delež vodnih primarnih producentov le malo spreminja, temu primerno se le malo spreminjajo tudi vrednosti nasičenosti vode s kisikom, in v avgustu, kjer je podobno.

Na nasičenost vode s kisikom vpliva tudi čas merjenja in vreme. Oblačnost, krajši dan in nižje temperature (zraka in vode) zmanjšajo stopnjo biogenega vnosa kisika. Pričakovali bi zato najnižje vrednosti v zgornjih predelih vodotoka, kar potrjujejo tudi naše meritve. Večina vrednosti je nižjih. Temu primerno bi tudi pričakovali, da bi bile v mesecu marcu vrednosti tekom struge podobne, pa vendar izmed vseh vzorčenj najbolj variirajo, in sicer od 75 % na KB 1 vse do 131 % na KB 5. Razlog je več hranil (N, P), iztok iz čistilne naprave in več alg v obrasti.

Hitrost vodnega toka

V mesecu juliju so bile povprečne hitrosti vode, na predelih kjer sem vzela vzorčne kamne visoke. Na mestih KB 1 in KB 2 so si hitrosti v vseh mesecih podobne. Na KB 1 hitrosti

zelo malo varirajo, razlog je zaježitev pred vzorčnim mestom. Najvišje hitrosti smo izmerili julija na KB 5, najnižje pa avgusta na KB 4. Če povzamemo se hitrosti po toku višjajo v mesecu marcu $KB\ 2 < KB\ 3 < KB\ 4 < KB\ 5$ in juliju $KB\ 1 < KB\ 2 < KB\ 3 < KB\ 5$, v mesecu avgustu se hitrosti višjajo iz KB 1 na KB 2 in KB 4 na KB 5. Verjetno je vzrok v manjšem strmecu in v vrsti substrata; v KB 3, KB 4 in KB 5 prevladuje finejši substrat, mezolital, mikrolital, akal, na KB 3 in KB 5 celo psamal ter agrilal na KB 5.

Električna prevodnost

Elektroprevodnost je odvisna od temperature raztopine, koncentracije ionov v raztopini in njihovih lastnosti. Vrednosti električne prevodnosti v vseh letnih časih so naraščale po toku navzdol, zaradi spiranja iz bližnjih kmetijskih površin, povečane količine raztopljenih snovi in drugih delcev sedimenta (povečana količina mineralov poveča prevodnost) (Urbanič in Toman, 2003), ki se po večjih nalivih dvignejo z usedlin ali zaradi dotoka številnih pritokov mlinščic, Rače, pritokov odpadne komunalne vode (številna naselja ob Kamniški Bistrici z mnogimi industrijskimi obrati, Centralna čistilna naprava Domžale – Kamnik, farne Ihan, idr.).

Izmerjene vrednosti na KB 1 in KB 2 so bile nizke (okoli $160\ \mu\text{S}/\text{cm}$) in ne odstopajo bistveno od vrednosti, ki v povprečju veljajo za neobremenjene evropske vodotoke. Vrednosti od drugega do petega vzorčnega mesta pa so bile visoke, na KB 5 so se dvignile do $503\ \mu\text{S}/\text{cm}$. Predvsem v toplih mesecih, bi lahko k temu malo prispevala višja temperatura v spodnjem delu vodotoka. Vplivajo tudi večje količine alohtonih organskih snovi. Poveča se stopnja razgradnje, posledično pa količina ionov.

Kislost/bazičnost

pH je bil na različnih odsekih Kamniške Bistrice med 7,3 in 8,7. Rahlo bazična reakcija vode je značilna za vodotoke na karbonatnih kamninah. Na vseh vzorčnih mestih je bil najvišji pH izmerjen v mesecu marcu, najnižji pa v poletnih mesecih. Z izjemo julija na KB 2 se pH na vseh mestih v vseh mesecih povečuje po vodotoku navzdol.

TDS

V naravi se vrednosti skupnih raztopljenih snovi v odvisnosti od tipa vodnega telesa in vira vode. Za reke so značilne vrednosti od 100 do 1000 mg/L. Vrednosti v Kamniški Bistrici so bile od 144 mg/L na KB 1 do 486 mg/L na KB 5. Vrednosti naraščajo od izvira do KB 5 v vseh mesecih, izjema je le mesto KB 4 v marcu, ko so skupne raztopljene snovi malenkost nižje od KB 3.

Vrednosti se med posameznimi meseci na istem mestu le malo razlikujejo. V marcu so vrednosti v vseh (razen KB 4) mesecih najvišje, nekoliko nižje so v avgustu in najnižje v juliju.

Razlog za naraščajoče vrednosti so verjetno pritoki – drift sedimentov, dotoki komunalne vode ter spiranje s kopnega.

Nitrati

Nitrati so najpomembnejši in najdostopnejši vir dušika za avtotrofne organizme (Toman 2009/10). Koncentracije nitratnih ionov so se spreminjale od 1,1 do 9,4 mg/L. Med letom na posameznih vzorčnih mestih ni izrazitih sprememb, razen na KB 2, kjer je bila porast nitratnih ionov v mesecu juliju za skoraj 4 mg/L. Manjše so bile tudi razlike med posameznimi vzorčnimi mesti v istem mesecu z izjemo julija na KB 2 in mesta KB 5, kjer je izmerjena višja koncentracija nitratnih ionov v vseh mesecih. Na KB 1 so vrednosti najnižje za vse letne čase, po toku navzdol naraščajo. Na KB 5 smo zabeležili najvišje koncentracije nitratnih ionov v vseh letnih časih. Sklepamo, da je bil razlog za porast nitratov v mesecu juliju dotok nitratno bogate vode, porast na mestu KB 5 pa je bil predvsem dotok s hranili bogate vode iz CČN-DK in farm Ihan.

Nizke vrednosti bi lahko bile tudi posledica asimilacije avtotrofov, na kar nakazujejo relativno visoke vrednosti nasičenosti vode s kisikom in kot visok delež vodnih primarnih producentov.

Na višanje koncentracij nitratov vpliva tudi spiranje s kmetijskih površin.

Fosfati

Primarna produkcija v vodotokih je odvisna tudi od fosforja. Ker ga avtotrofi vežejo v majhnih količinah potuje po toku navzdol. Če je prisoten visok vodostaj zaradi padavin in taljenja snega so vrednosti nižje zaradi odplavljanja in redčenja (Urbanič in Toman, 2003). Na večanje koncentracij ortofosfatnih ionov vplivajo številni pritoki in komunalni dotoki onesnažene vode ter spiranja s kmetijskih površin. Daljši dnevi, višje temperature vplivajo ugodno na hitrejšo rast in fotosintezno aktivnost primarnih producentov. Pri tem se poveča stopnja privzemanja fosforja in vgradnja v biomaso.

Izmerjene vrednosti ortofosfatnih ionov so bile v vseh mesecih na vseh vzorčnih mestih pod mejo detekcije, z izjemo na KB 5, kjer so bile vrednosti v vseh obdobjih vzorčenja visoke (do 0,22 mg/L). Meritve sovpadajo tudi z visokimi koncentracijami nitratnih ionov (slika 18), skupnih raztopljenih snovi (TDS) (slika 17) in najvišjo elektroprevodnostjo na petem vzorčnem mestu (slika 15).

Anorganski substrat

Heterogenost substrata je velika na vseh vzorčnih mestih. Na začetku struge prevladujejo večji kamni (megalital in makrolital), kar je značilno za izvirne dele vodotokov. Navzdol po strugi se delež večjega substrata manjša, povečuje se delež mikrolitala in akala. To pomeni tudi manjšo stabilnost substrata, večjo verjetnost premikanja prodnikov in stres za perifitonske združbe. Vendar so v našem deleži perifitonske obrasti na KB 4 in KB 5 najvišji. Razlog za nizji delež perifitonske obrasti na KB 2 je večja hitrost toka in valjanje prodnikov, ki uničita obrast. Na KB 3 pa usedanje delcev zmanjša svetlobne razmere, kar vpliva na manjšo perifitonsko obrast na tem delu vodotoka.

Na KB 1 prevladuje megalital, ki pokriva skoraj polovico površine. Po deležu mu sledi makrolital z 20 % in akal s 15 %, temu pa mezolital in mikrolital. Psamala in argilala ne najdemo. Podobno je tudi mesto KB 2, tu je delež velikega substrata celo večji kot na KB

1. Makrolital in megalital zavzemata 80 % površine, sledita mikrolital s 15 % in akal s 5 %. V zgornjih delih ne ločimo tolmunov in brzic, zato psamala in agrilala ne najdemo. Od KB 3 dalje se poveča delež manjšega anorganskega substrata. Tudi brzice in tolmini so bolj izraziti. Megalital se v vseh treh mestih pojavlja z manj kot 5 % pokrovnostjo, makrolitala je med 10 % na KB 3 in KB 4 ter 15 % na KB 5. Približno polovico površine pokriva mikrolital na vseh treh vzorčnih mestih. Najdemo tudi sledi akala na vseh mestih, psamala na četrtem in petem mestu in manj kot 5 % delež pokriva agrilal na zadnjem, petem vzorčnem mestu.

Na tip substrata vpliva tudi širina struge in regulacija rečnega korita. Kar se pokaže v bolj heterogenem substratu predvsem v izvornem delu in ko reka priteče iz gozda. Struga v teh delih je naravna, relativno široka v primerjavi z drugimi vodotoki. Na spodnjih delih vodotoka se pokaže vpliv regulacije rečnega korita (utrjene brežine), kar vpliva na manj heterogen substrat.

Organski substrat

V skupino organskega substrata poleg različno velikih organskih ostankov iz terestričnega in vodnega ekosistema uvrščamo tudi žive organizme. V živem delu organske komponente sta pomembna predvsem deleža alg in makrofitov. To so organizmi, ki v procesu fotosinteze kot stranski produkt izločajo kisik v vodo in tako prezračujejo vodo (t.i. biogeno prezračevanje). Če primerjamo nasičenost vode s kisikom z deležem alg ugotovimo sorazmeren odnos. Torej na mestih, kjer je delež alg večji, bo večja tudi nasičenost vode s kisikom, vendar moramo vedno upoštevati tudi druge biotske in abiotske dejavnike.

Za neobremenjene vodotoke je značilno, da v krenalni del pride največ organskih snovi iz terestričnih ekosistemov. Avtohtona produkcija je v tem delu vodotoka manjša od respiratorne, zato bi bil sistem brez alohtonega vnosa organskih snovi (listni opad in drugi delci) podhranjen. Izviri so navadno oligotrofni življenjski prostori, če je zaledje ali zbirno območje še neobremenjeno s hranili (Toman, 2009/10). Izviri imajo nižje in bolj konstantne temperature ter večjo zasenčenost struge kot na ostalih predelih. Manj ugodni okoljski dejavniki sicer omogočajo slabši razvoj in manjšo pestrost združbe perifitona in drugih vodnih producentov, vendar se je v našem primeru pokazalo, da je bil organski substrat sicer revnejši kot na spodnjem delu vodotoka, vendar bolj bogat kot na KB 2 in KB 3.

V marčevskem vzorčenju se na KB 1 v večjem deležu pojavljajo alge in potopljen makrofit, ti pokrivajo 35 % površine substrata (alge 20 % in mahovi 15 %). V sledeh se pojavljata ksilal in CPOM. Julija in avgusta se je obdržal podoben delež organskega substrata na KB 1. V juliju je bil razmeroma enoten organski substrat (alge in mahovi s po 15 %, sledi ksilala, CPOM ter živih delov kopenskih rastlin). V avgustu najdemo največ mahov (20 %), ki se razraščajo od izvira navzdol, sledijo alge, živih deli kopenskih rastlin, ksilal in CPOM.

KB 2 in KB 3 sta si v vseh mesecih po deležih organskega substrata zelo podobna. V marcu je manj kot 5 % alg in mahov, ksilala in FPOM, enako velja tudi za julij, le da tu najdemo še CPOM in na KB 2 še FPOM. Tudi v avgustu najdemo slednje elemente le v

majhni količini, le da najdemo poleg že naštetih tudi žive dele kopenskih rastlin, na KB 3 pa še FPOM.

Podobna sta si tudi KB 4 in KB 5, kjer prevladujejo alge in najdemo sledi potopljenih makrofitov in ksilala. V mesecu juliju in avgustu je bil izrazit padec organskega substrata, predvsem alg. V juliju je bilo 20 % alg, nekaj mahov, ksilala, živih delov kopenskih rastlin, CPOM ter FPOM. Tudi v avgustu so bili deleži podobni julijskem (20 - 25 % alg, do 10 % delež ksilala in mahov ter sledi živih delov kopenskih rastlin, CPOM in FPOM).

V ritralnem delu toka postanejo razmere za perifiton ugodnejše, zato biodiverzitetna združbe narašča. Za ta odsek je značilno, da je produkcija večja od respiracijske aktivnosti. V našem primeru, se je obrast močno razrasla šele v potamonu. Perifiton se na KB 4 in KB 5 v vseh vzorčnih mesecih razraste. Velika biomasa obrasti je predvsem v marcu, kjer prevladujejo alge. Vendar je v vseh mesecih zelo malo zelenih alg. Najbolj revna sta bila KB 2 in KB 3 kar bi lahko bil vzrok zasenčenost in razmeroma hiter tok. Avgusta je bila voda predvsem na KB 5 kalna, kar bi lahko poleg drugih razlogov (previsoka temperatura, poškodbe zaradi suspendiranih delcev, ...) vplivalo na nizko biomaso obrasti.

Suha masa

Kot smo pričakovali glede na delež alg, smo največjo suho maso določili v mesecu marcu na vseh vzorčnih mestih. Najmanjšo vrednost suhe mase pa smo zabeležili v mesecu avgustu. Višje vrednosti suhe mase smo izmerili na KB 1, KB 4 in KB 5, manjše pa na KB 2 in KB 3. Vrednost suhe mase je naraščala od drugega mesta navzdol po strugi. Glede na deleže alg oz. perifitonske obrasti so naše meritve po pričakovanjih, vendar smo pričakovali, da bo delež obrasti višji v toplejših mesecih kot v hladnem obdobju.

Klorofil *a*

Merjenje klorofila *a* je najpogosteje uporabljena metoda za posredno merjenje biomase alg in oceno trofičnega stanja vodnega telesa (Urbanič in Toman, 2003). Vrednosti klorofila *a* naraščajo od drugega mesta dolvodno. Količina klorofila *a* je zelo velika za vzorčenja v mesecu marcu, predvsem za prvi, četrti in peti vzorec in nizka na vseh vzorčnih mestih za avgustovski vzorec. Vsebnost klorofila *a* v avgustu je nizka in ne pokaže nekega tipičnega vzorca, čeprav bi glede na kvalitativen vzorec pričakovali vrednosti sicer manjše od marčevskih, vendar višje predvsem na prvem, četrtem in petem vzorčnem mestu. Razlog za naše meritve je predvsem, da je bil volumen vzorca SK (50 mL) prevelik, zato v 10 mL vzorec, za meritve klorofila *a*, nismo zajeli pravega razmerja alg. Rezultate lahko primerjamo tudi z vrednostmi suhe mase (slika 21).

Kakovost vode glede na fizikalne in kemijske parametre

V času meritev v mesecu marcu spadata odseka KB 2 in 3 v prvi kakovostni razred. Na KB 1 se nasičenost s kisikom nekoliko zniža, kar ga uvršča v drugi kakovostni razred. Razlog za znižanje nasičenosti vode s kisikom so lahko tip izvira; Kamniška Bistrica ima kraški izvir in pogosto so v podzemni vodi razgrajevalci, ki porabijo kisik, poleg tega na izviru voda zastaja in je malo turbulenc, ki vplivajo na raztapljanje kisika, pomembna dejavnika sta še osvetljenost, ta je nižja na izviru in čas merjenja. Merili smo v zgodnjih jutranjih urah, ko primarni producenti še niso bili aktivni in ni prišlo do biogenega prezračevanja.

Na KB 4 smo izmerili zelo visok pH, zato odsek uvrščamo v tretji kakovostni razred in KB 5 odsek s povečano koncentracijo nitratov in povišano nasičenostjo vode s kisikom uvrščamo v četrti kakovostni razred.

Julija meritve pokažejo, da odseka KB 1 in KB 4 lahko umestimo v prvi kakovostni razred, ker pa ima KB 2 nekoliko povišano koncentracijo nitratov v vodi in KB 3 povišano nasičenost kisika v vodi oba uvrščamo v drugi kakovostni razred. Povišani koncentraciji nitratov in ortofosfatov uvrščajo tudi KB 5 v drugi kakovostni razred.

Avgusta po izmerjenih meritvah uvrščamo KB 1 v prvi kakovostni razred, KB 2 in KB 3 ponovno zaradi povišane nasičenosti vode s kisikom v drugi kakovostni razred. Tudi KB 5 odsek so povišana nasičenost vode s kisikom in visoke koncentracije nitratov in ortofosfatov umestile v drugi kakovostni razred. KB 4 mesto pa smo zaradi visoke nasičenosti s kisikom uvrstili v tretji kakovostni razred.

Zaradi povečevanja nasičenosti vode s kisikom vzdolž vodotoka uvrščamo odseke v slabše kakovostne razrede. Nasičenost vode s kisikom se poveča, če se poveča aktivnost primarnih producentov, ta pa je večja zaradi višje vsebnosti hranil, ki v vodotok pridejo z izpusti komunalnih odplak in spiranjem s terestičnih površin. Spomladi in poleti je bila poraba hranil tolikšna, da je njihov vpliv na onesnaženje in na slabšanje kakovosti vode manjši. Na vzorčnem mestu spodnjega dela vodotoka je bila količina primarnih producentov zaradi nezasenčenosti večja, ob sončnih dneh pa tudi aktivnost. Poraba hranil je bila velika, kar vodi v manjšo količino hranil v vodi. Vendar moramo upoštevati tudi, da je bil dotok obremenjene vode vzdolž vodotoka večji. Homogenost substrata in večja hitrost toka pa odnese veliko herbivornih organizmov, kar pripomore k razraščanju primarnih producentov (Toman, 2009/10).

Izmerjeni parametri in uvrstitev posameznih odsekov v kakovostne razrede:

Prvo mesto je takoj pod izviro, uvrščanje v 2. kakovostni razred je posledica manjše nasičenosti vode s kisikom. KB 2 nima večjih dotokov, prikazuje mesto, kjer K. Bistrica zapusti gozd, tako v marcu kot v juliju ga uvrščamo v 1. kakovostni razred. Po pričakovanjih so tudi uvrščanje KB 3 in KB 4 v 2. in 3. kakovostni razred, kar je posledica kamnoloma (vir agresivnih delcev, ki ob nalivih pridejo v reko in poškodujejo perifiton) ter industrijske in komunalne vode z bližnjega naselja. Na peti odsek pa vpliva celoten seštevek dovodne vode, predvsem izliv iz čistilne naprave in farne Ihan.

Perifitonska združba

Na sezonsko dinamiko združbe perifitonskih alg najbolj vplivajo svetloba, temperatura ter hranilne snovi (Hynes, 1972). V tekočih vodah so ti dejavniki odvisni od številnih lokalnih sprememb sekundarnih dejavnikov (hitrost vodnega toka, substrat, temperatura, poplave, velikost prostora primerne za naselitev,...), zato je sezonska sukcesija v primerjavi s fitoplanktonom manj poznana. Za nekatere alge pa je primarni dejavnik tudi substrat, saj vse vrste nimajo sposobnosti pritrjanja na različne vrste substrata, temveč se specifično pritrjujejo na točno določen substrat (Stevenson in sod., 1996; Martínez de Fabricius, 2003).

- **Združba kremenastih alg**

V zmernih klimatih se najpogosteje pojavljajo kremenaste alge in so navadno v vodotokih s kamnito podlago najštevilčnejše (najbolj abundantne). Najvišje deleže v vrstni sestavi združb dosežejo v pomladanskem in jesenskem obdobju (Hynes, 1972). V naših vzorčenjih smo našli največ taksonov v avgustovskem vzorčenju (40), verjetno je bil vzrok v zelo majhni biomasi zelenih in drugih alg. Visoke relativne deleže in ocene pogostosti so dosegale zgodnje sukcesijske vrste (*Achnanthes biasolettiana*, *A. minutissima* in *Navicula atomus*). Z višjimi deleži so bile prisotne tudi nekatere vrste iz rodov *Gomphonema* in *Nitzschia*, značilnih pozno sukcesijskih rodov (Stevenson in sod., 1996), in *Cocconeis*.

Julija smo zabeležili 38 in marca 34 taksonov. Najvišje relativne deleže in ocene pogostosti v mesecu juliju so dosegale vrste iz zgodnje sukcesijskih rodov in rodov značilnih za zimsko obdobje leta. Prevladovala so vrste *Achnanthes biasolettiana*, *A. minutissima* in *Gomphonema pumilum*. Z deležem 5 % ali več so bile prisotne tudi nekatere vrste iz rodu *Cocconeis* in *Amphora*.

Najvišje relativne deleže in ocene pogostosti v marcu so dosegale vrste iz zgodnje sukcesijskih rodov in rodov značilnih za zimsko obdobje leta. Prevladovala so vrste *Achnanthes biasolettiana*, *A. minutissima*, *Gomphonema pumilum* in *Navicula lanceolata*. Z deležem 5 % ali več so bile prisotne tudi nekatere vrste iz rodu *Diatoma*, *Gomphonema*, *Navicula* in *Nitzschia*.

Med zgodnje sukcesijske vrste kremenastih alg spadajo majhne vrste iz rodov *Achnanthes*, *Cocconeis* in *Navicula*. Za zimsko obdobje so značilni rodovi *Achnanthes*, *Meridion*, *Gomphonema*, *Navicula* in *Diatoma* (Hynes, 1972)

- **Združba vseh alg**

Zgodaj spomladi zimske vrste diatomej, z izjemo rodov *Cocconeis*, *Fragillaria* in *Navicula*, propadejo, pojavijo pa se vrste iz rodov *Cymbella* in *Melosira*. V tem obdobju postanejo bolj raznolike tudi cianobakterije, še posebno vrste rodov *Chamaesiphon* in *Oscillatoria* ter vrste zelenih alg iz rodov *Oedogonium* in *Cladophora*. V naših vzorčenjih smo našli le posamezne alge iz rodu *Chamaesiphon*. V tem obdobju lahko s prostim očesom postanejo vidne tudi rdeče alge. Na splošno pa v spomladanskem obdobju po številu vrst prevladujejo diatomeje, pridružijo pa se še ostale alge (*Hydrurus*, *Ulotrix* in *Phormidium*) (Hynes, 1972).

Večina zelenih alg se značilno množično pojavlja spomladi in zgodaj poleti, zaradi boljših svetlobnih razmer in nekoliko višjih temperatur. V pozno poletnem obdobju zaradi različnih razlogov (večja zasenčenost ter manj primerne svetlobne razmere in temperature) propade večje število vrst, predvsem nitastih zelenih alg, kar povzroči povečanje števila cianobakterij (Hynes, 1972; Stevenson in sod., 1996). Naši rezultati niso po pričakovanjih, saj so se zelene alge pojavljale v zelo majhnem številu. V juliju je sicer delež večji, vendar le na račun vrste *Ulotrix zonata*.

Zgodaj spomladi se kremenastim algam pridružijo še druge vrste, npr. *Hydrurus foetidus*, ki se lahko pojavlja tudi vso zimo, *Ulotrix*, *Batrachospermum* in *Phormidium*, ki vztrajajo, dokler je temperatura vode dovolj nizka oz. dokler je vodotok še dovolj zasenčen

(*Batrachospermum*) (Hynes, 1972). V našem vzorčenju se je v mesecu marcu z velikim deležem pojavljal le *Homeotrix varians*.

V vzorcu vseh alg smo največ taksonov zabeležili avgusta (44), marca smo našli 40 taksonov in julija le 29 taksonov. Vrste, ki so se na vseh vzorčnih mesecih pojavljale z vsaj 5 % deležem so od kremenastih alg *Gomphonema pumilum*, *Achnanthes minutissima* in *A. biasolettiana*, od ostalih alg pa *Homeotrix varians*. Slednji najvišje gostote dosega od poletnem času, kjer porašča kamne in skale predvsem v počasnih in srednje hitrih rekah.

V mesecu avgustu so se z vsaj 5 % deležem pojavljale še: *Gomphonema olivaceum*, *Navicula atomus*, *Diatoma vulgare*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Cocconeis placentula* in *Navicula menisculus* ter *Phormidium* sp.

V juliju so se z vsaj 5 % deležem pojavljale še: *Cocconeis placentula* ter *Phormidium autumnale*, *Pleurocapsa minor* in *Ulotrix zonata*.

Marca pa so se z vsaj 5 % deležem pojavljale še: *Navicula lanceolata*, *Nitzschia fonticula*, *Nitzschia palea*, *Nitzschia dissipata* ter *Phormidium autumnale*, in heterotrofne bakterije. V Rodu *Phormidium* najdemo vrste z zelo različnimi ekološkimi zahtevami.

- Spreminjanje deleža glavnih skupin alg

Glede na število določenih vrst smo izračunali kolikšen delež združbe predstavljajo naslednji taksoni alg: Bacillariophyta, Cyanophyta, Chlorophyta in Chrysophyceae.

Na vseh vzorčnih mestih in v vseh letnih časih so največji delež združbe alg predstavljale kremenaste alge in cianobakterije. Ostali, minimalen delež, so zavzemale zlatorjave in zelene alge, ostalih alg nismo našli. Na KB 1 je visok delež kremenastih alg, ki na KB 2 malo upade in nato se začne višati vse do zadnjega KB 5 mesta, kjer je delež kremenastih alg najvišji. Izjema sta le mesti KB 1 v avgustu, ko je delež na prvem mestu manjši kot na KB 2 ter KB 5 v mesecu juliju, ko se delež kremenastih alg zmanjša na račun zelenih alg. Ravno obratno kot pri kremenastih algah je cianobakterij na KB 1 relativno malo, ki se na KB 2 nekoliko zviša, nato pa pada vse do mesta KB 5, kjer je delež cianobakterij najnižji. Izjema je mesto KB 1 v avgustu, kjer je delež višji kot na drugem mestu.

Zelene in zlatorjave alge so v marcu predstavljale na KB 4 in 5 < 1 %, prav tako smo v avgustu v združbi na KB 1 našli do 1 % zelenih in zlatorjavih alg ter na KB 4 < 1 % zelenih alg. Največji delež, 37 % zelenih alg, smo zabeležili na KB 5 v juliju (na račun vrste *Ulotrix zonata*), verjetno zaradi visokih temperatur in intenzivne osvetlitve. Na tem mestu so brežine utrjene s skalami, obrežna vegetacija pa je zelo nizka (visoke steblike, nizko grmičevje, mlada vegetacija topolov in vrb), na tem mestu so konc. nitratov vedno bisteno višje kot na ostalih. Večjega nihanja med posameznimi skupinami alg ni bilo.

Na spodnjem delu vodotoka so lahko nizki deleži zelenih alg posledica visokih vrednosti TDS, nizkih vrednosti pH, visoke elektroprevodnosti, relativno visokih hitrosti vodnega toka (0,43 – 0,93 m/s), v zgornjem delu pa bi bila to lahko posledica nižjih temperatur in zasenčenosti ter relativno nizkih količin hranil.

Sørensenov indeks in klastrska analiza

S Sørensenovim indeksom smo ugotavljali podobnosti med združbami. Indeks ne upošteva deležev posameznih taksonov, ampak samo njihovo prisotnost.

Z izjemo mesta KB 1, je podobnost med posameznimi vzorčnimi mesti majhna. Število vrst in prisotnost posamezne vrste je na posameznem vzorčnem mestu odvisno od biotskih in abiotskih dejavnikov. Iz tega sklepamo, da so nizke podobnosti posledica razlik v okoljskih dejavnikih na posameznem vzorčnem mestu, ki določajo prisotnost vrst. Vzorcev KB 1 so potekala blizu izvira, kjer so bile bolj ali manj konstantne razmere skozi vse leto, zato je tudi podobnost med različnimi obdobji večja. Govorimo predvsem o razlikah v prisotnosti obrežne vegetacije (osončenost), razlik v strukturi organskega in anorganskega substrata, v vodostaju in hitrosti vodnega toka, temperaturi, koncentraciji kisika in drugih. Na vsakem vzorčnem mestu so prisotne izjemne razmere, ki določajo edinstveno združbo.

V grobem, bi lahko povzeli, da prevladuje višja stopnja podobnosti med višje ležečimi mesti; KB 1, KB 2 in KB 3 ter med nižjima ležečima mestoma KB 4 in KB 5. Nižja stopnja podobnosti je med višje in nižje ležečimi mesti. Razlog bi bili podobni biotski in abiotski dejavniki med višje ležečimi mesti in podobni dejavniki med nižje ležečimi mesti in temu nasprotno večje razlike v dejavnikih med nižje in višje ležečimi mesti.

S klastersko analizo združb perifitonskih alg posameznih vzorčnih mest smo prikazali kvalitativno podobnost vseh vzorcev. Vzorcev se v grobem združujejo v skupine glede na letni čas nabiranja in mesto vzorčenja. Naša pričakovanja sta potrdila oba dendrograma. Večja podobnost je med višje ležečih vzorčnih mestih in med nižje ležečimi mesti.

Podobnost v tovrstni organizaciji se kaže že v abiotskih dejavnikih, na primer substrat vzorčnih mest na zgornji polovici struge je med seboj zelo podoben, enako velja večja podobnost substrata nižje ležečih mest. Tudi ostale razmere imajo podobno sliko. Na primer temperatura, TDS, koncentracije nitratov in fosfatov se močno razlikujejo med nižje in višje ležečimi mesti.

V mnogih meritvah vzorčno mesto KB 5 odstopa od vzorca meritev (pH se močno zniža, koncentracije nitratov se močno zvišajo, osenčenost je zaradi poseke manjša), kar pokažeta tudi dendrograma. Pri analizi dendrogramov kremenastih alg po Sørensenu KB5A kaže večjo podobnost z višje ležečimi mesti.

Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks

Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks smo izračunali samo na podlagi diatomejske združbe. Vrstna diverziteta perifitonskih alg je razmeroma nizka. Na vrednost indeksa poleg obremenjujočih dejavnikov (onesnaženje) vplivajo tudi stabilnost posameznega ekosistema, diverziteta mikrohabitatov, količina hranilnih snovi, temperatura vode in drugi ekološki dejavniki (Urbanič in Toman, 2003). Vrednosti indeksa so z izjemo mest KB 4 in KB 5 nizke, gibljejo se od 1,2 do 2,45, kar nakazuje na majhno do zmerno stopnjo obremenjenosti vodotoka. Nižje so tudi vrednosti nitratov in fosfatov ter vrednosti TDS in temperatura. Mesti KB 4 in 5 imata visoke vrednosti, vendar ne presegajo 3,74. Na višje vrednosti vpliva manjša zasenčenost in večja koncentracija hranil.

Nizke vrednosti diverzitetnega indeksa so poleg majhnega števila vrst tudi posledica večjega števila osebkov ene vrste oz. prevlade ene vrste, zato lahko tudi v odsotnosti onesnaženja ali katerega drugega vpliva, dominantne vrste znižajo vrednost indeksa.

Avgusta na KB 4, kjer je bila vrednost diverzitetnega indeksa najvišja, je glede na druga mesta veliko vrst z deležem nad 5 %, najvišje deleže dosegajo *Achnanthes minutissima*, *Cocconeis placentula* in *Achnanthes biasolettiana*, ki skupaj tvorijo približno 50 % celotne obrasti kremenastih alg. Na KB 5, kjer je bila vrednost diverzitetnega indeksa najnižja je močno prevladovala *Navicula atomus* z 82 %. Za slednjo je značilno, da se pojavlja v toplejših mesecih in je tako kot *Gomphonema parvulum*, *Fragillaria capucina* var. , *Navicula saphrophila* in *Navicula gregaria* zelo tolerantna na organsko polucijo (Hürlimann in Schanz, 1993; Goma, 2005).

Na prvem vzorčnem mestu v vseh treh vzorčnih mesecih prevladujeta *Achnanthes biasolettiana* in *Achnanthes minutissima*. Podobno situacijo imata tudi mesti KB 2 in KB 3, kjer v vseh treh vzorčenjih prevladujeta zgoraj omenjeni vrsti iz rodu *Achnanthes*. V marcu pa ima večji delež tudi *Gomphonema pumilum* (63 - 69 %).

Na četrtem mestu marca z visokim diverzitetnim indeksom (3,09) prevladuje *Navicula lanceolata* z 38 %, sledi ji *Nitzschia fonticula* s 15 % ter *Diatoma vulgaris* z 12 %. Julija močno prevladuje *Achnanthes biasolettiana* (64 %), sledi mu *Achnanthes minutissima* z 11 %. Tudi tukaj je diverzitetni indeks nad povprečjem. Za KB 5 v mesecu marcu velja, da prevladuje *Navicula lanceolata* z 58 %, v juliju pa si skoraj 50 % delita *Achnanthes biasolettiana* in *A. minutissima*. Tako za marec, kot za julij (na KB 5) velja, da imata mesti visok diverzitetni indeks, in sicer marca je vrednost indeksa 2,59, julija pa 3,36.

V času nizkih vodostajev (zima, pomlad) verige taksonov *Diatoma vulgaris*, *Diatoma moniliformis* in *Fragillaria ulna* v nižjih delih vodotokov delno nadomeščajo vrste iz rodov *Navicula* and *Nitzschia* (Martínez de Fabricius, 2003).

A. minutissima tolerira rahlo višje koncentracije hranilnih snovi, je zgodnje – sukcesijska ali pionirska vrsta, saj se je sposobna naseliti na različne vrste substratov (Hynes, 1972). Nekoliko povečane koncentracije polutantov v vodi poleg majhnih *Achnanthes* dobro tolerirajo tudi *Nitzschia palea* in *Gomphonema parvulum* (Sabater, 2000).

Vrste, ki so bolj odporne na brušenje in strižne sile so predvsem majhne, enocelične in pritrjene alge, ki so navadno plosko in tesno pritrjene na podlago, s kompaktno rastjo. V hitrejšem vodnem toku v združbi prevladujejo predvsem vrste iz rodu *Achnanthes*, *Cocconeis*, *Cymbella* in nekatere vrste iz rodu *Navicula* (*N. lanceolata*). Take vrste prevladujejo na substratu, ki je stalno izpostavljen močnejšemu delovanju vode, kjer pride do pogostega mešanja majhnih delcev substrata, ter v združbah, ki so izpostavljene močnemu pritisku paše. Take vrste so značilne predstavnice zgodnje sukcesijskih stadijev (Stevenson in sod., 1996; Martínez de Fabricius, 2003; Soininen, 2004). V počasnem toku najdemo predvsem pecljate alge ali alge, ki so na substrat vezane z apikalno stranjo. Hitrosti vodnega toka na nobenem od vzorčnih mest niso presegle 1 m/s, vseeno pa so bile dovolj velike, da so skupaj z ostalimi dejavniki vzdrževale pionirsko in manj pestro združbo.

Stevenson in sodelavci (1996) navajajo, da je po vsaki motnji potreben določen čas, da se prvotna združba, prisotna pred motnjo, ponovno vzpostavi. Čas ponovne vzpostavitve po motnji pa je odvisen od stopnje sukcesije v kateri se je združba ob motnji nahajala, stopnje motnje, prisotnih imigrantov v višjih delih vodotoka, hitrosti razmnoževanja posameznih vrst, velikosti in stabilnosti substrata na katerem so alge pritrjene, velikosti in/ali trajanja motnje, zunanje zgradbe (habitus), fizioloških lastnosti in vrste osebka, gostote celic ter svetlobe in hranilnih snovi pred motnjo. Čas, ki je potreben za popoln razvoj združbe do maksimalne biomase zaradi zunanjih dejavnikov variira, običajno v naravnih razmerah ne presega dveh tednov (Wetzel, 2001). Kamniška Bistrica je hudourniški vodotok, ki potrebuje vsaj 3 tedne za popolno stabilizacijo perifitonske združbe.

Saprobni indeks

Vrednost saprobnega indeksa nam pove stopnjo organskega onesnaženja vodotoka. Temelji na (intenzivnosti) razgradnji organskih snovi, ki je odvisna od količine biogena in fizikalno vnesenega kisika ter na posledičnem vplivu določene (preostanka) količine kisika na vodne organizme. Alge so primarni producenti, zato na intenzivnost razgradnje organskih snovi ne vplivajo neposredno. Slednje definira saprobnost, zato so alge mnogi avtorji izključili iz saprobnega sistema.

Povprečna vrednost uvršča vodotok pri kremenastih in vseh algah v 2. kakovostni razred. Saprobnost stopnja v tem območju je β -mezosaprobnost, kar pomeni, da je vodotok zmerno organsko obremenjen. Z visokim deležem se pojavljata vrsti *Achnanthes minutissima* in *A. biasolettiana*, značilni za β -mezosaprobnost stopnjo. Na izvornem delu prevladuje *Gomphonema pumilum*, značilna izvirska, oligosaprobnost vrsta, ki ji ugaja karbonatna podlaga. Je indikator neonesnaženih voda. Tudi analize fizikalnih in kemijskih parametrov kažejo v večini meritev 2. kakovostni razred, predvsem za mesto KB 1, spodnji del vodotoka pa parametri uvrščajo celo v 3. (marec, avgust) in 4. kakovostni razred (marec). Sezonsko meritve ne kažejo določenega vzorca glede kakovosti vodotoka po sezonskih obdobjih. Posamezna vzorčna mesta parametri uvrščajo celo v 1. kakovostni razred. Tako vodotok po izračunih relativne pogostosti kremenastih alg v 1. kakovostni razred uvrščamo KB 2 v juliju, po izračunih vseh alg pa mesti KB 2 v marcu in KB 5 v juliju. Julija in marca sta na KB 2 prevladovali vrsti *Homeotrix varians*, značilna za neobremenjene in malo obremenjene vodotoke, in *Gomphonema pumilum*, nekoliko višje deleže pa so v juliju imeli še *Achnanthes biasolettiana*, *Achnanthes minutissima* ter *Phormidium autumnale* (široko razširjen). V juliju na KB 5 je prevladovala vrsta *Ulotrix zonata* (široko razširjena), pogosta v malo do zelo onesnaženih vodah, večinoma se pojavlja pomladi in zgodaj poleti, ob stabilnem, počasnem toku vode. Dominira tudi v obrasti v visokogorskih vodotokih pomladi in pozno poleti. Velikost je odvisna od vodostaja. Če bi bilo konstantno vreme (nizek vodostaj) dlje časa, bi se alga močno razvejala, povišan vodostaj pa jo potrga in uniči. Višje vrednosti so imeli še *Phormidium autumnale*, *Achnanthes minutissima*, *Achnanthes biasolettiana*, *Homeotrix varians* in *Cocconeis placentula*. Slednja je pogosta in zelo razširjena, najdemo jo v čistih in obremenjenih vodah, pogosto je epifitska.

Večina mest KB 2, KB 3 in KB 1 pri kremenastih algah v različnih obdobjih uvrščamo v 1 – 2. kakovostni razred. V visokem deležu se pojavlja *Homeotrix varians*, višje deleže pa imajo še *Achnanthes minutissima* in *A. biasolettiana*, *Gomphonema pumilum*, *Phormidium autumnale* in *Phormidium sp.* Marca na KB 4 se je v visokem deležu pojavljala *Navicula lanceolata*, značilna je za β - α mezosaprobnost stopnjo.

Mi po saprobnem indeksu uvrščamo vodotok v β -mezosaprobnno stopnjo, fizikalne in kemijske meritve pa v 3. oz. 4. kakovostni razred.

Vzrok za neobičajno sezonsko dinamiko alg v vodotoku je nestabilnost ekoloških dejavnikov. Pojavljale so se tudi vrste, ki so odporne na višje vsebnosti organskih snovi, kot so *Nitzchia palea*, *Cymbella minuta* in *Cymbella silesiaca*. Posamezno pa sta se nahajali še *Denticula tenuis* in *Diatoma mesodon*, bioindikatorja neonesnaženih voda. *Diatoma mesodon* je značilna za karbonatno podlago, pojavlja se predvsem v zimskem obdobju, na sončnih mestih, pri nas je bila prisotna v avgustu.

Kanonična korespondenčna analiza

S spremenljivkami okolja in časa smo pojasnili odstotek variabilnosti združb perifitonskih alg v vodotoku Kamniška Bistrica.

Z metodo izbiranja smo pri kremenastih algah iz matrike okolja in časa (E+T) (preglednica 5) izbrali 3 spremenljivke, s katerimi smo statistično značilno pojasnili varianco ($P < 0,05$) matrike taksonov in s tem variabilnost združb perifitonskih alg. Največ variabilnosti smo pojasnili s spremenljivkami oddaljenost od izvira z 31,3 %, suha masa s 15,2 % in elektroprevodnost z 12,3 %.

Z metodo izbiranja smo pri vseh algah iz matrike okolja in časa (E+T) (preglednica 7) izbrali 5 spremenljivk, s katerimi smo statistično značilno pojasnili ($P < 0,05$) varianco matrike taksonov in s tem variabilnost združb perifitonskih alg. Največ variabilnosti smo pojasnili s spremenljivko elektroprevodnost (18,9 %), nato so sledili temperatura (15,8 %), oddaljenost od izvira (12,2 %), mezolital (11 %) in povprečna globina na mestih, kjer smo vzeli vzorčne kamne (9,14 %).

Zunanji dejavniki na perifitonsko združbo vplivajo v kombinaciji z različnimi dejavniki in ne posamič, zato je težko definirati vpliv le ene spremenljivke na vrstni sestav, pestrost in druge značilnosti združbe. Z več okoljskimi spremenljivkami tako pojasnimo pomemben del variabilnosti združb perifitonske obrasti.

Analize korelacij okoljskih dejavnikov z razvitostjo perifitonske združbe so pokazale, da so najpomembnejše pozitivne korelacije s suho maso oz. debelino obrasti: pretok, red vodotoka, delež mezolitala, delež FPOM, širina struge, osončenost, oddaljenost od izvira ter nitrati in elektroprevodnost.

Najpomembnejše negativne korelacije s suho maso oz. debelino obrasti so s pokrovnostjo potopljenih makrofitov (mahov), deležem megalitala in nadmorsko višino.

Diverzitetata alg je v pozitivni korelaciji z deležem mezolitala in kakovostnim razredom.

Vrstna pestrost alg pa je v pozitivni korelaciji z saprobnim indeksom deleža kremenastih alg in saprobnim indeksom deleža vseh alg, pokrovnostjo alg, deležem krilala ter kakovostnim razredom.

6 SKLEPI

Tudi v naši raziskavi se je izkazalo, da so kljub večji občutljivosti na biotske in abiotske dejavnike kremenaste alge boljši pokazatelj sprememb sestave in kakovosti vodotoka. Presenetljivi so rezultati, da se delež kremenastih alg vzdolž vodotoka povečuje, delež ostalih alg pa zmanjšuje.

Kamniška Bistrica je hudourniški vodotok z izrazito nestabilnostjo ekoloških dejavnikov, ki lahko zelo hitro variirajo. Dendrograma narejena na podlagi Bray-Curtisovega in Sørensenovega indeksa pokažeta večje podobnosti med višje ležečimi mesti in podobnosti med nižje ležečimi mesti.

Na sezonsko dinamiko perifitonskih alg najbolj vplivajo svetloba, temperatura, hranilne snovi in v mnogih primerih substrat.

S kanonično analizo smo največ variabilnosti pojasnili s spremenljivkami elektroprevodnost, temperatura, oddaljenost od izvira, mezolital, suha masa (debelina obrasti) in povprečna globina na mestih, kjer smo vzeli vzorčne kamne.

Po saprobnem indeksu uvrščamo vodotok v β -mezosaprobnostno stopnjo, fizikalne in kemijske meritve pa ga uvrščajo od 1. do 4. kakovostnega razreda, odvisno od mesta pritokov in dotokov.

V neobremenjenih odsekih, v zgornjem delu vodotoka Kamniške Bistrice, se pojavljajo indikatorske vrste neonesnaženih voda. Na odsekih, ki so bolj obremenjeni, predvsem spodnji del vodotoka Kamniška Bistrica, se pojavljajo vrste bolj odporne na višje vsebnosti organskih snovi. Na nobenem odseku vzdolž vodotoka nismo našli vrste, ki bi bila značilna za močno onesnažene vode.

Večja pestrost perifitonske združbe je bila v spodnjih delih vodotoka.

Iz rezultatov analiz združb kremenastih alg in vseh perifitonskih alg lahko zaključimo, da je vodotok Kamniška Bistrica v boljšem stanju, kot smo predpostavili.

7 POVZETEK

Kakovost vode določajo fizikalne, kemične in biološke značilnosti. 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.

Kljub nekaterim omejitvam (majhnost, težave pri vzorčenju, po obdelavi ni razlik med živimi in mrtvimi celicami) so med skupinami alg v ekoloških raziskavah najpogosteje uporabljene diatomeje, zaradi svoje široke distribucije in njihove sposobnosti integracije sprememb sestave in kakovosti vode (Toman, 2009/10; Delgado in sod., 2011).

Ker so perifitonske alge zelo dobri bioindikatorji onesnaženosti vode, smo želeli oceniti ali so te alge tudi dober pokazatelj sprememb kakovosti hudourniškega vodotoka. Namen naloge je bil ugotoviti kakovost hudourniškega vodotoka Kamniška Bistrica s pomočjo sprememb v sestavi perifitonske združbe.

V vodotoku Kamniška Bistrica smo izbrali pet vzorčnih mest. Vzorčenje perifitona je potekalo med marcem in avgustom 2011. Izvedli smo tri vzorčenja, v hladnem, temperaturno prehodnem in vročem obdobju. Za nabiranje alg smo uporabili metodo strganja alg s površine kamnov, ob vsakem vzorčenju smo spremljali tudi izbrane fizikalne in kemijske parametre. Alge so bile večinoma določene do vrste. Kvalitativna analiza vzorcev je pokazala, da od glavnih skupin alg vse leto prevladujejo kremenaste alge, po deležu jim sledijo cianobakterije. S Sørensenovim indeksom podobnosti smo ugotavljali podobnost med združbami na različnih vzorčnih mestih, s Shannon-Wienerjevim diverzitetnim indeksom smo ocenili raznovrstnost teh združb, s saprobnim indeksom smo ocenili kakovost vode, s klustersko analizo smo ugotavljali kako in koliko so si te združbe različnih vzorčnih mest različne, s CCA analizo pa smo ugotavljali kakšen (kolikšen) je vpliv izbranih okoljskih spremenljivk na sestavo perifitonske združbe.

Rezultati naše raziskave so pokazali, da so kljub večji občutljivosti na biotske in abiotske dejavnike kremenaste alge boljši pokazatelj sprememb sestave in kakovosti vodotoka Kamniška Bistrica kot vse druge perifitonske alge. Iz rezultatov analiz združb kremenastih alg in vseh združb perifitonskih alg lahko zaključimo, da je vodotok Kamniška Bistrica v boljšem stanju, kot smo predpostavili.

8 REFERENCE

- Álvarez, M., Peckarsky, L.B. 2004. How do grazers affect periphyton heterogeneity in streams? *Oecologia*, 142: 576–587
- Barsanti, L., Gualtieri, P. 2006. *Algae: Anatomy, Biochemistry and Biotechnology*. New York, Taylor & Francis Group: 301 str.
- Berki, N. 2010. Prostorski razvoj občine Domžale s poudarkom na prometu: dipl. delo. Ljubljana, FF, Odd. za geografijo: 92 str.
- Biggs, B.J.F., Kilroy, C. 2000. *Stream Periphyton Monitoring Manual*. Christchurch, The New Zealand Ministry for the Environment: 226 str.
- Blumauer, S. 2010. Primerjava začetnega in večletnega delovanja ekoremediacijskega objekta (ERM) za čiščenje onesnaženega dotoka Glinščice: dipl. delo. Ljubljana, BF, Odd. za biologijo: 89 str.
- Cerar, P. 2007. Izboljšave tehnologije vodenja na centralni čistilni napravi Domžale – Kamnik: specialistično delo. Ljubljana, FE: 62 str.
- Canter-Lund, H., Lund J.W.G. 1995. *Freshwater Algae: Microscopic world explored*. Bristol, Biopress Limited: 360 str.
- Čepelnik, P. 2009. Primerjava biofiltracijskega reaktorja in ČN s podaljšano aeracijo: dipl. delo. Ljubljana, FGG: 102 str.
- Delgado, C., Pardo, I., Garcia, L. 2011. Diatom communities as indicators of ecological status in Mediterranean temporary streams (Balearic Islands, Spain). *Ecological Indicators*, 15, 1: 131-129
- Frankovich, F. A., Gaiser, E. E., Zieman, J. C., Wachnicka, A. H. 2006. Spatial and temporal distributions of epiphytic diatoms growing on *Thalassia testudinum* Banks ex König: relationships to water quality. *Hydrobiologia*, 569: 259–271
- Giller, P.S., Malmqvist, B. 1998. *The Biology of streams and Rivers: biology of habitats*. Oxford, New York, Toronto, Oxford University press: 296 str.
- Globevnik, L., Koren, S., Steinman, F., Plestenjak, I., Veselič, M. 2008. Stanje in perspektive ravnanja z vodo v Sloveniji: zbornik prispevkov. Ljubljana, Društvo vodarjev Slovenije: 92 str.
- Graham L.E., Wilcox, L.W. 2009. *Algae*. San Francisco, Pearson Education: 616 str.
- Grbović, J. 1994. Uporabnost različnih postopkov za oceno kakovosti hudourniških vodotokov: dipl. delo. Ljubljana, BF, Odd. za biologijo: 113 str.
- Gustavson, K., Møhlenberg, F in Schlüter. 2003. Effects of Exposure Duration of Herbicides on Natural Stream Periphyton Communities and Recovery. New York, *Archives of environmental contamination and toxicology*, 45: 48–58
- Hauer, F.R., Hill, W.R. 2007. Temperature, light and oxygen. V: *Methods in stream ecology*. Hauer, F.R. in Lamberti, G.A. (ur). Burlington, Academic press: 366 str.
- Hill, W.R., Ryon, M.G., Smith, J.G., Adams, S.M., Boston, J.G., Stewart, A.J. 2010. The role of periphyton in mediating the effects of pollution in a stream ecosystem. *Environmental Management*, 45: 563–576
- Hindak, F., Marvin P., Komarek J., Rosa K. 1978. *Sladkovodne Riasy*. Bratislava, Slovenske pedagogicke nakladatelstvo: 419 str.
- Hlatan, T. 2008. *Hudourniški jez*. Ljubljana, Narodna in univerzitetna knjižnica: 18 str.
- Hürlimann, J. in Schanz, F. 1993. The effects of artificial ammonium enhancement on riverine periphytic diatom communities. *Aquatic Sciences*, 55: 40-64
- Hutchinson, G.E. 1975. *A Treatise on Limnology*. Vol. III, *Limnological Botany*. New York, John Wiley & Sons: 660 str.

- Hynes, H.B.N. 1972. *The Ecology of Running Waters*. Liverpool, Liverpool University Press: 555 str.
- Jesenovec, S. 1995. Pogubna razigranost: 110 let organiziranega hudourništva na Slovenskem: 1884-1994. Ljubljana, Narodna in univerzitetna knjižnica: 276 str.
- Jogan, N. 2001. Navodila za vaje iz sistematske botanike. 3. izdaja delovne verzije. Ljubljana, [N. Jogan]: 105 str.
- John, D.M., Whitton, B.A., Brook, A.J. 2005. *The freshwater algal flora of British isles: an identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Cambridge, The natural history museum, Cambridge University Press: 702 str.
- Klemenčič – Lipovec, M. 2010. Selektivnost umetnega substrata pri razvoju perifitonske združbe v rečnem ekosistemu: dipl. delo. Ljubljana, BF, Odd. za biologijo: 67 str.
- Koren, A. 2009. Vpliv izpusta centralne čistilne naprave Celje na združbo obrasti reke Savinje: dipl. delo. Ljubljana, BF, Oddelek za biologijo: 73 str.
- Kramer, K., Lange-Bertalot, H. 1986. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, 1. Teil, Band 2/1. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 876 str.
- Kramer, K., Lange-Bertalot H., 1988. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, 2. Teil, Band 2/2. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 596 str.
- Kramer, K., Lange-Bertalot H., 1991. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, 3. Teil, Band 2/3. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 598 str.
- Kramer, K., Lange-Bertalot H., 1991. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, 4. Teil, Band 2/4. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 437 str.
- Krebs, C.J. 2001. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*, 5th edition. San Francisco, B. Cummings: 695 str.
- Krivograd, A. 1997. Prisotnost kremenastih alg v reki Meži: dipl. delo. Ljubljana, BF, Odd. za biologijo: 81 str.
- Komárek, J., Anagnostis, K. 2002. Cyanoprokaryota 2, 19/2, 2. Teil. Oscillatoria V: Süßwasserflora von Mitteleuropa. Budel B., Gartner G., Kvienitz L, Schagerl M. (ur.). Elsevier, Spektrum akademischer Verlag: 760 str.
- Larned, S.T. 2010. A prospectus for periphyton: recent and future ecological research. New Zealand. *Journal of the North American Benthological Society*: 27(1): 182-206
- Lei, A., Lam, K.P. in Hu, Z. 2011. Comparison of two sampling methods when studying periphyton colonization in Lam Tsuen River, China. *Hong Kong, Chinese journal of oceanology and limnology*, 29, 1: 141-149
- Lesjak, J., Oreški, D. 2007. Mikroskopska identifikacija aktivne biomase v procesu čiščenja odpadnih vod: projektno delo. Ljubljana, BIC, Gimnazija in veterinarska šola: 97 str.
- Liess, A., Kahlert, M. 2009. Gastropod grazers affect periphyton nutrient stoichiometry by changing benthic algal taxonomy and through differential nutrient uptake. *Journal of the North American Benthological Society*, 28, 2: 283-293.
- Liess, A. in Lange, K. 2011. The snail *Potamopyrgus antipodarum* grows faster and is more active in the shade, independent of food quality. *Oecologia*, 167: 85-96
- Lowe, R. 1974. Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms. Washington, USEPA, Environmental Protection Agency: EPA-670/4-74-005: 175 str.
- Lowe, R.L., LaLiberte, G.D. 2007. Benthic stream algae: distribution and structure. V: *Methods in stream ecology*. Hauer, F.R. in Lamberti, G.A. Burlington, California. London, Academic press: 502 str.
- Maarel, E. van der. 2005. *Vegetation ecology*. Malden, Blackwell Publishing: 395 str.

- Martínez de Fabricius, A.L. Maidana, N., Gómez, N., Sabater, S. 2003. Distribution patterns of benthic diatoms in a Pampean river exposed to seasonal floods: the Cuarto River (Argentina). *Biodiversity and Conservation*, 12: 2443–2454
- Morley, S.A., Duda, J.J., Coe, H.J., Kloehn, K.K., McHenry, M.L. 2008. Benthic Invertebrates and Periphyton in the Elwha River Basin: Current Conditions and Predicted Response to Dam Removal. Washington, Northwest Science Association, 82, 1: 179 – 196
- Myers, A.K., Marcarelli, A.M., Arp, C.D., Baker, M.A. in Wurtsbaugh, W.A. 2007. Disruptions of stream sediment size and stability by lakes in mountain watersheds: potential effects on periphyton biomass. *Journal of the North American Benthological Society*, 26, 3: 390-400
- Nose, M. 2001. Razvoj združbe kremenastih alg (*Bacilliarophyceae*) na umetnih substratih v potoku: dipl. delo. Ljubljana, BF, Odd. za biologijo: 75 str.
- OŠ Rodica. Vodovje Kamniška Bistrica.
<http://www2.arnes.si/~osljro2s/vilma/text/vodeK.htm>. (3. mar. 2011)
- Park, G.M., Yih, W., Coats D.W. 2004. Parasites and phytoplankton, with special emphasis on dinoflagellate infections. Glendon Beach, Oregon, *The Journal of eucaryotic microbiology*, 51(2): 451-155
- Pleško, T. 1985. Vpliv onesnaženja na perifiton v Savi na odseku Ljubljana – Zidani most: dipl. delo. Ljubljana, BF: 66 str.
- Plut, D, Lenarčič, M. 1995. Vode v Sloveniji. Ljubljana, Narodna in univerzitetna knjižnica: 205 str.
- Podani, J. 2001. SYN-TAX-2000: computer Programs for Data Analysis in Ecology and Systematics. Budapest, Scientia Publishing: 316 str.
- Sabater, S. 2000. Diatom communities as indicators of environmental stress in the Guadiamar River, S-W. Spain, following a major mine tailings spill. *Journal of Applied Phycology*, 12, 113–124
- Sket, B. 2010. Zapiski iz predmeta Speleobiologija. (neobjavljeno)
- Slapnik, R. 1986. Cenotske, ekološke in fenološke raziskave karabidov (*Carabidae*) v Kamniški Bistrici: dipl. naloga. Ljubljana, BF, Odd. za biologijo. 79 str.
- Smolar, N. 1992. Perifiton kot indikator onesnaženosti reke Meže: dipl. delo. Ljubljana, BF, Odd. za biologijo: 83 str.
- Smolar, N. 1997. Ocena vpliva odvzema vode iz različnih tipov vodotokov na perifiton v času nizkih pretokov: mag. delo. Ljubljana, BF, Oddelek za biologijo: 120 str.
- Soininen, J. 2004. Assessing the current related heterogeneity and diversity patterns of benthic diatom communities in a turbid and a clear water river. *Aquatic Ecology*, 38: 495–501
- Stražar, M., Humar, B., Toman, M.J., Urbanič, G., Firbas, P. 2001. Vrednotenje kakovosti vodotoka Kamniška Bistrica: strok. poročilo. (neobjavljeno)
- Stevenson, R.J. 1996. An Introduction to Algal Ecology in Freshwater Benthic Habitats. V: *Algal Ecology Freshwater Benthic Ecosystems*. Stevenson R.J., Bothwell M.L., Lowe R.L. San Diego, California, Academic Press: 753 str.
- Štendler, E. 2008. Perifitonska združba v potoku glinščica: dipl. naloga. Ljubljana, BF, Odd. za biologijo: 107 str.
- ter Braak, C.J.F., Šmilauer, P. 2002. CANOCO release 4 reference manual and user's guide to Canoco for Windows: software for canonical community ordination. Ithaca, New York, Microcomputer Power: 499 str.

- Toda, Y., Tsujimoto T. 2009. Numerical modeling of interspecific competition between filamentous and nonfilamentous periphyton on a flat channel bed. *Landscape Ecological Engineering*, 6: 81–88
- Toman, M.J. 2009/10. Zapiski iz predmeta Limnologija. (neobjavljeno)
- Toman, M.J. 1996. Alge. V: *Biotehnologija*. Raspor P. (ur). Ljubljana, Bia: 129 – 147
- Uehlinger, U., Robinson, C. T., Hieber, M. in Zah, R. 2010. The physico-chemical habitat template for periphyton in alpine glacial streams under a changing climate. *Hydrobiologia*, 657: 107–121
- Urbanič, G., Toman, M.J. 2002. Varstvo celinskih voda. Ljubljana, Scripta: 92 str. (neobjavljeno)
- Vahtar, M., Gradišek, S., Bokal, M., Ramovš, A. 2008. Trkamo na vrata dediščine. Dol pri Ljubljani, Občina: 61 str.
- Voda. 2001. Agencija republike Slovenije za okolje. 2011.
<http://www.arso.gov.si/vode/podatki/> (marec – avgust 2011)
- Vrhovšek, D. 1985. Sladkovodne alge: ali jih poznamo? Ljubljana, DZS: 117 str.
- Vrtačnik Merčun, V. 2003. Učna pot ob Mlinščici: vodne naprave na Mlinščici ter zaton mlinarstva v Jaršah in na Rodici. Ljubljana. Narodna in univerzitetna knjižnica, 104 str.
- Wetzel, R. G. 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. 3rd edition. San Diego, Academic press: 1006 str.
- Žvokelj, M. 2003. Vrednotenje delovanja rastlinskih čistilnih naprav z biološkimi pokazatelji: dipl. naloga. Ljubljana, BF, Odd. za biologijo: 84 str.

ZAHVALA

Najlepše se zahvaljujem prof. dr. M. J. Tomanu za mentorstvo, strokovne nasvete in ves čas, ki mi ga je naklonil ter kritičnem pregledu naloge.

Zahvaljujem se somentorju doc. dr. I. Zelniku za pomoč pri terenskem in pisnem delu naloge, obdelavi podatkov in določanju alg. Najlepša hvala za vse odgovore na moja številna vprašanja.

Zahvaljujem se dr. Gorazdu Kosiju za pomoč pri določanju alg, za informacije o algah in ves čas, ki mi ga je namenil.

Zahvaljujem se Petru Firbasu za pomoč pri vzorčenju. Še posebej se zahvaljujem za vse informacije in literaturo, ki mi jo je svetoval in podaril.

Hvala vsem zaposlenim na katedri za ekologijo in varstvo okolja, da sem imela vedno na razpolago mikroskop in ostale pripomočke za laboratorijska dela. Predvsem hvala tebi Dragan za pomoč pri pripravi materiala za terensko delo in za pomoč pri laboratorijskem delu.

Hvala tudi vsem sošolcem in sošolkam, s katerimi sem preživljala dneve na faksu in se z njimi dobro imela.

Na koncu bi se rada zahvalila še mami Danici, saj brez nje ne bi dosegla to kar sem danes; zahvalila bi se tudi bratu Janu, rejenkama Urški in Andreji ter vsem prijateljem, ki so mi pomagali na terenu ter spremljali moje delo.

PRILOGE

Priloga A

Umestitev hudourniškega vodotoka Kamniška Bistrica v geografsko karto



Alge smo šteli po lupinicah oz. po nitkah, delčkih niti ali nekaj celic. Kar pomeni, da je ena lupinica ena alga oz. ena nitka, del nitke, nekaj celic ena alga.

Priloga B

Delež (%) vrst kremenastih alg na posameznih vzorčnih mestih v različnih letnih časih

VZORČNO MESTO KB 1:

	4.3.2011	7.7.2011	28.8.2011
<i>Achnanthes biasolettiana</i>	27,55	55,75	36,55
<i>Achnanthes minutissima</i>	32,3	37,55	50,2
<i>Achnanthes lanceolata</i>	0,05	0	0
<i>Closterium moniliferum</i>	0	0	0
<i>Amphora pediculus</i>	0,1	0,15	0,4
<i>Amphora sp.</i>	0	0	0
<i>Cocconeis pediculus</i>	0	0,05	0,05
<i>Cocconeis placentula</i>	0,15	0,15	0,1
<i>Cyclotella sp.</i>	0	0	0
<i>Cymbella affinis</i>	2,2	0,9	0,25
<i>Cymbella minuta</i>	2,55	1	0,3
<i>Cymbella silesiaca</i>	1,4	0,2	0,4
<i>Cymbella sinuata</i>	0	0	0
<i>Denticula kuetzingii</i>	0	0	0
<i>Denticula tenuis</i>	0,05	0	0
<i>Diatoma mesodon</i>	0,3	0	0
<i>Diatoma moniliformis</i>	0	0	0
<i>Diatoma vulgare</i>	0,05	0,2	0
<i>Didymosphaenia geminata</i>	0	0	0
<i>Fragillaria arcus</i>	0	0	0
<i>Fragillaria construens</i>	0	0,05	0
<i>Fragillaria capucina v.</i>	0	0,25	0,25
<i>Fragillaria ulna</i>	0	0	0
<i>Gomphonema angustatum/micropus</i>	0,2	0	0
<i>Gomphonema clavatum</i>	0	0	0
<i>Gomphonema olivaceum</i>	2,3	0,25	0,7
<i>Gomphonema parvulum</i>	0	0,1	0
<i>Gomphonema pumilum</i>	22,9	3,05	7,15
<i>Melosira varians</i>	0	0	0
<i>Meridion circulare</i>	0	0,1	0,15
<i>Navicula atomus</i>	0	0	2,4
<i>Navicula capitata</i>	0	0	0
<i>Navicula clementis</i>	0	0	0
<i>Navicula cryptocephala</i>	0	0	0
<i>Navicula cryptotenella</i>	0	0	0
<i>Navicula geoppertiana</i>	0	0	0
<i>Navicula gregaria</i>	0	0	0

<i>Navicula lanceolata</i>	0	0,1	0,15
<i>Navicula menisculus</i>	0	0	0
<i>Navicula pupula</i>	0	0	0
<i>Navicula reichardtiana</i>	0	0	0
<i>Navicula tripunctata</i>	0	0,1	0,3
<i>Navicula veneta</i>	0	0	0
<i>Navicula viridula rostellata</i>	0	0	0
<i>Nitzschia acicularis</i>	0	0	0
<i>Nitzschia dissipata</i>	0,2	0,05	0,1
<i>Nitzschia fonticola</i>	4,85	0	0,55
<i>Nitzschia palea</i>	2,85	0	0
<i>Nitzschia sp.</i>	0	0	0
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	0	0	0
<i>Stephanodiscus sp.</i>	0	0	0
<i>Surirella angusta</i>	0	0	0

VZORČNO MESTO KB 2:

	4.3.2011	7.7.2011	28.8.2011
<i>Achnanthes biasolettiana</i>	8,25	54,75	29,8
<i>Achnanthes minutissima</i>	19,6	32,05	55,95
<i>Achnanthes lanceolata</i>	0	0	0
<i>Closterium moniliferum</i>	0	0	0
<i>Amphora pediculus</i>	0,15	0,1	
<i>Amphora sp.</i>	0	0	0
<i>Cocconeis pediculus</i>	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i>	0,15	0,05	0,1
<i>Cyclotella sp.</i>	0	0	0
<i>Cymbella affinis</i>	0,05	0,2	0,2
<i>Cymbella minuta</i>	0,2	0,3	0,15
<i>Cymbella silesiaca</i>	0	0,2	0
<i>Cymbella sinuata</i>	0	0	0
<i>Denticula kuetzingii</i>	0	0	0
<i>Denticula tenuis</i>	0	0	0
<i>Diatoma mesodon</i>	0	0	0
<i>Diatoma moniliformis</i>	0	0	0
<i>Diatoma vulgaris</i>	0	0,15	0
<i>Didymosphaenia geminata</i>	0	0	0
<i>Fragillaria arcus</i>	0	0	0
<i>Fragillaria construens</i>	0	0,05	0
<i>Fragillaria capucina v</i>	0	0	0
<i>Fragillaria ulna/</i>	0	0,05	0
<i>Gomphonema angustatum/micropus</i>	0	0	0

<i>Gomphonema clavatum</i>	0	0	0
<i>Gomphonema olivaceum</i>	2,15	0,35	0,6
<i>Gomphonema parvulum</i>	0	0	0
<i>Gomphonema pumilum</i>	68,85	11,7	10,6
<i>Melosira varians</i>	0	0	0
<i>Meridion circulare</i>	0,05	0	0,2
<i>Navicula atomus</i>	0	0	1,9
<i>Navicula capitata</i>	0	0	0
<i>Navicula clementis</i>	0	0	0
<i>Navicula cryptocephala</i>	0	0	0
<i>Navicula cryptotenella</i>	0	0	0
<i>Navicula geoppertiana</i>	0	0	0
<i>Navicula gregaria</i>	0	0	0
<i>Navicula lanceolata</i>	0,4	0	0,5
<i>Navicula menisculus</i>	0,05	0	0
<i>Navicula pupula</i>	0	0	0
<i>Navicula reichardtiana</i>	0	0	0
<i>Navicula tripunctata</i>	0	0	0
<i>Navicula veneta</i>	0	0	0
<i>Navicula viridula rostellata</i>	0	0	0
<i>Nitzschia acicularis</i>	0	0	0
<i>Nitzschia dissipata</i>	0,05	0,05	0
<i>Nitzschia fonticola</i>	0,05	0	0
<i>Nitzschia palea</i>	0	0	0
<i>Nitzschia sp.</i>	0	0	0
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	0	0	0
<i>Stephanodiscus sp.</i>	0	0	0
<i>Surirella angusta</i>	0	0	0

VZORČNO MESTO KB 3:

	4.3.2011	7.7.2011	28.8.2011
<i>Achnanthes biasolettiana</i>	9,4	69,75	52,7
<i>Achnanthes minutissima</i>	22,95	21,35	33,55
<i>Achnanthes lanceolata</i>	0	0	0
<i>Amphora pediculus</i>	0,35	1,35	0,3
<i>Amphora sp.</i>	0	0	0
<i>Cocconeis pediculus</i>	0	0,1	1,25
<i>Cocconeis placentula</i>	0,65	1,25	3,5
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	0	0
<i>Cyclotella sp.</i>	0	0	0
<i>Cymbella affinis</i>	0,05	1,05	1,05
<i>Cymbella minuta</i>	0,4	0,3	1,2
<i>Cymbella silesiaca</i>	0,05	0,25	0,2

<i>Cymbella sinuata</i>	0,35	0,2	0,65
<i>Denticula kuetzingii</i>	0	0	0
<i>Denticula tenuis</i>	0	0	0
<i>Diatoma mesodon</i>	0	0	0
<i>Diatoma moniliformis</i>	0	0	0
<i>Diatoma vulgaris</i>	0,15	0	0,3
<i>Didymosphaenia geminata</i>	0	0	0,15
<i>Fragillaria arcus</i>	0,05	0	0
<i>Fragillaria construens</i>	0,05	0	0
<i>Fragillaria capucina</i> v.	0,1	0,3	0,25
<i>Fragillaria ulna</i>	0	0	0
<i>Gomphonema angustatum/micropus</i>	0	0	0
<i>Gomphonema clavatum</i>	0	0	0
<i>Gomphonema olivaceum</i>	1,4	0,55	0,6
<i>Gomphonema parvulum</i>	0	0,1	0
<i>Gomphonema pumilum</i>	63,45	2,05	2,05
<i>Melosira varians</i>	0	0	0
<i>Meridion circulare</i>	0	0	0,1
<i>Navicula atomus</i>	0	0	0,8
<i>Navicula capitata</i>	0	0	0
<i>Navicula clementis</i>	0	0	0
<i>Navicula cryptocephala</i>	0	0	0
<i>Navicula cryptotenella</i>	0	0,1	0
<i>Navicula geoppertiana</i>	0	0	0
<i>Navicula gregaria</i>	0	0	0
<i>Navicula lanceolata</i>	0,05	0,6	0,5
<i>Navicula menisculus</i>	0,2	0	0,1
<i>Navicula pupula</i>	0	0	0
<i>Navicula reichardtiana</i>	0	0	0
<i>Navicula tripunctata</i>	0,05	0	0,25
<i>Navicula veneta</i>	0	0	0
<i>Navicula viridula rostellata</i>	0	0	0
<i>Nitzschia acicularis</i>	0	0	0
<i>Nitzschia dissipata</i>	0,2	0,35	0,15
<i>Nitzschia fonticola</i>	0,1	0,35	0,35
<i>Nitzschia palea</i>	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	0	0	0
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	0	0	0
<i>Stephanodiscus</i> sp.	0	0	0
<i>Surirella angusta</i>	0	0	0

VZORČNO EMSTO KB 4:

	4.3.2011	7.7.2011	28.8.2011
<i>Achnanthes biasolettiana</i>	5,25	63,85	13,45
<i>Achnanthes minutissima</i>	9,1	11,1	20,3
<i>Achnanthes lanceolata</i>	0	0	0
<i>Amphora pediculus</i>	2,7	2,65	2,35
<i>Amphora sp.</i>	0	0	0
<i>Cocconeis pediculus</i>	0,1	0,3	2,15
<i>Cocconeis placentula</i>	0,15	10	16,1
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	0	0,1
<i>Cyclotella sp.</i>	0	0	0,05
<i>Cymbella affinis</i>	0,1	0,9	0
<i>Cymbella minuta</i>	1,4	1,35	2,75
<i>Cymbella silesiaca</i>	0,2	0,35	0,65
<i>Cymbella sinuata</i>	0,4	0,55	0,6
<i>Denticula kuetzingii</i>	0	0,1	0
<i>Denticula tenuis</i>	0	0	0
<i>Diatoma mesodon</i>	0	0	0
<i>Diatoma moniliformis</i>	1,25	0	0
<i>Diatoma vulgare</i>	12,45	0,8	3,45
<i>Didymosphaenia geminata</i>	0	0	0
<i>Fragillaria arcus</i>	0,15	0	0
<i>Fragillaria construens</i>	0,6	0,05	1,15
<i>Fragillaria capucina v.</i>	0,35	0,35	0,6
<i>Fragillaria ulna</i>	1	0,05	0,1
<i>Gomphonema angustatum/micropus</i>	0,45	0	0,4
<i>Gomphonema clavatum</i>	0	0	0
<i>Gomphonema olivaceum</i>	4	1,1	9,2
<i>Gomphonema parvulum</i>	0	0	0
<i>Gomphonema pumilum</i>	0,1	0,4	0
<i>Melosira varians</i>	0,25	0,1	0,25
<i>Meridion circulare</i>	0,05	0	0,1
<i>Navicula atomus</i>	0	0	0,3
<i>Navicula capitata</i>	0	0	0,1
<i>Navicula clementis</i>	0	0,1	0
<i>Navicula cryptocephala</i>	0,05	0	0
<i>Navicula cryptotenella</i>	0,3	0,1	0,6
<i>Navicula geoppertiana</i>	0	0	0,1
<i>Navicula gregaria</i>	0,95	0,25	3,95
<i>Navicula lanceolata</i>	38,1	0	0,85
<i>Navicula menisculus</i>	0,1	1,4	7,2
<i>Navicula pupula</i>	0	0	0
<i>Navicula reichardtiana</i>	0	0,75	0

<i>Navicula tripunctata</i>	0,65	0,55	2,25
<i>Navicula veneta</i>	0	0,1	0,15
<i>Navicula viridula rostellata</i>	0	0,1	0
<i>Nitzschia acicularis</i>	0	0	0,3
<i>Nitzschia dissipata</i>	3,05	0,35	0,45
<i>Nitzschia fonticola</i>	14,55	1,5	5,4
<i>Nitzschia palea</i>	1,85	0,1	0,6
<i>Nitzschia sp.</i>	0	0	0,05
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	0,25	0,55	3,5
<i>Stephanodiscus sp.</i>	0	0,05	0
<i>Surirella angusta</i>	0,1	0,1	0,45

VZORČNO MESTO KB 5:

	4.3.2011	7.7.2011	28.8.2011
<i>Achnanthes biasolettiana</i>	1,3	25,5	1,3
<i>Achnanthes minutissima</i>	2,5	21,8	5,05
<i>Achnanthes lanceolata</i>	0	0	0
<i>Amphora pediculus</i>	2,35	5,4	0,4
<i>Amphora sp.</i>	0	0	0,05
<i>Cocconeis pediculus</i>	0	2,05	0
<i>Cocconeis placentula</i>	0,1	17,05	1,1
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	0	0,1
<i>Cyclotella sp.</i>	0	0	0
<i>Cymbella affinis</i>	0	0	0
<i>Cymbella minuta</i>	0,95	2,45	0,3
<i>Cymbella silesiaca</i>	0,1	0,35	0,05
<i>Cymbella sinuata</i>	0,15	0,2	0
<i>Denticula kuetzingii</i>	0	0	0
<i>Denticula tenuis</i>	0	0	0
<i>Diatoma mesodon</i>	0	0	0
<i>Diatoma moniliformis</i>	0,2	0	0
<i>Diatoma vulgare</i>	2,65	1,2	0,05
<i>Didymosphaenia geminata</i>	0	0	0
<i>Fragillaria arcus</i>	0,05	0	0
<i>Fragillaria construens</i>	0,7	0,2	0
<i>Fragillaria capucina v.</i>	0,9	0,2	0,45
<i>Fragillaria ulna</i>	0,7	0,5	0,15
<i>Gomphonema angustatum/micropus</i>	0,65	0,3	0,1
<i>Gomphonema clavatum</i>	0	0,6	0
<i>Gomphonema olivaceum</i>	6,85	2,2	0,55
<i>Gomphonema parvulum</i>	0	0,25	0
<i>Gomphonema pumilum</i>	0,35	0,1	0
<i>Melosira varians</i>	0,25	0	0

<i>Meridion circulare</i>	0	0	0
<i>Navicula atomus</i>	0	1,6	82,3
<i>Navicula capitata</i>	0	0	0
<i>Navicula clementis</i>	0	0	0
<i>Navicula cryptocephala</i>	0	0	0,2
<i>Navicula cryptotenella</i>	2,8	0,5	0,05
<i>Navicula geoppertiana</i>	0	0	0
<i>Navicula gregaria</i>	2,1	2,45	0,1
<i>Navicula lanceolata</i>	58,1	3,7	0
<i>Navicula menisculus</i>	2,4	3,65	0,6
<i>Navicula pupula</i>	0	0,05	0,1
<i>Navicula reichardtiana</i>	0	0	0
<i>Navicula tripunctata</i>	0,85	0,9	0,15
<i>Navicula veneta</i>	0	0	0
<i>Navicula viridula rostellata</i>	0	0	0
<i>Nitzschia acicularis</i>	0	0	0
<i>Nitzschia dissipata</i>	7,45	1,9	0,05
<i>Nitzschia fonticola</i>	4,7	4	5,8
<i>Nitzschia palea</i>	0,4	0,4	0,95
<i>Nitzschia sp.</i>	0	0	0
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	0,2	0,5	0
<i>Stephanodiscus sp.</i>	0	0	0
<i>Surirella angusta</i>	0,25	0	0,05

Alge smo šteli po lupinicaх oz. po nitkah, delčkah niti ali nekaj celic. Kar pomeni, da je ena lupinica ena alga oz. ena nitka, del nitke, nekaj celic ena alga.

Priloga C

Delež (%) vrst vseh alg na posameznih vzorčnih mestih v različnih letnih časih

VZORČNO MESTO KB 1:

		4.3.2011	7.7.2011	28.8.2011
BACILLARIOPHYTA	<i>Achnanthes biasolettiana</i>	5,39	32,35	9,6
BACILLARIOPHYTA	<i>Achnanthes minutissima</i>	18,44	16,04	8,98
BACILLARIOPHYTA	<i>Achnanthes lanceolata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Amphora pediculus</i>	0,19	0,33	0,14
BACILLARIOPHYTA	<i>Amphora sp.</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cocconeis pediculus</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cocconeis placentula</i>	0,11	0,27	0,05
BACILLARIOPHYTA	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cyclotella sp.</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella affinis</i>	1,9	0,54	0,47
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella minuta</i>	1,11	0,71	1,6
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella silesiaca</i>	0,78	0,05	0,09
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella sinuata</i>	0	0,05	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Denticula kuetzingii</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Denticula tenuis</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Diatoma mesodon</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Diatoma moniliformis</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Diatoma vulgare</i>	0,02	0,27	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Didymosphenia geminata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria arcus</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria construens</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria capucina v.</i>	0	0,16	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria ulna</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema angustatum/micropus</i>	0,11	0,11	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema clavatum</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema olivaceum</i>	0,54	0,54	0,42
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema parvulum</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema pumilum</i>	14,86	1,2	2,3
BACILLARIOPHYTA	<i>Melosira varians</i>	0,05	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Meridion circulare</i>	0,08	0	0,14
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula atomus</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula capitata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula clementis</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula cryptocephala</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula cryptotenella</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula geoppertiana</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula gregaria</i>	0	0	0

BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula lanceolata</i>	0,13	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula menisculus</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula pupula</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula reichardtiana</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula tripunctata</i>	0	0,11	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula veneta</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula viridula rostellata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia acicularis</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia dissipata</i>	0	0,11	0,24
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia fonticola</i>	8,9	0,22	4
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia palea</i>	6,34	0	0,14
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia sp.</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Stephanodiscus sp.</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Surirella angusta</i>	0	0	0
CHLOROPHYTA	<i>Cladophora glomerata</i>	0	0	0
CHLOROPHYTA	<i>Closterium moniliferum</i>	0	0	0
CHLOROPHYTA	<i>Ulotrix zonata</i>	0	0	0,33
CHLOROPHYTA	<i>Ulotrix sp.</i>	0	0	0
CHLOROPHYTA	<i>Scenedesmus sp.</i>	0	0	0
CHRYSOPHYTA	<i>Hydrurus foetidus</i>	0	0,33	0,89
CYANOPHYTA	<i>Chamaesiphon incrustans</i>	0	0	0
CYANOPHYTA	<i>Chamaesiphon sp.</i>	0	0	0
CYANOPHYTA	<i>Homoeotrix varians</i>	22,57	34,53	66,56
CYANOPHYTA	<i>Pleurocapsa minor</i>	0,24	0,11	0,14
CYANOPHYTA	<i>Phormidium autumnale</i>	8,71	8,98	2,35
CYANOPHYTA	<i>Phormidium papulosum</i>	4,75	3	0,56
CYANOPHYTA	<i>Phormidium sp.</i>	0,67	0	0,52
	<i>Bacteria sp.</i>	4,07	0	0,47

VZORČNO MESTO KB 2

		4.3.2011	7.7.2011	28.8.2011
BACILLARIOPHYTA	<i>Achnanthes biasoletiana</i>	0,51	9,73	9,09
BACILLARIOPHYTA	<i>Achnanthes minutissima</i>	4,59	9,73	21,82
BACILLARIOPHYTA	<i>Achnanthes lanceolata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Amphora pediculus</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Amphora sp.</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cocconeis pediculus</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cocconeis placentula</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cyclotella</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella affinis</i>	1,53	0,23	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella minuta</i>	0,51	0,9	0

BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella silesiaca</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella sinuata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Denticula kuetzingii</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Denticula tenuis</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Diatoma mesodon</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Diatoma moniliformis</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Diatoma vulgare</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Didymosphaenia geminata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria arcus</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria construens</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria capucina</i> v.	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria ulna</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema angustatum/micropus</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema clavatum</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema olivaceum</i>	0	1,81	0,61
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema parvulum</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema pumilum</i>	36,22	13,57	11,52
BACILLARIOPHYTA	<i>Melosira varians</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Meridion circulare</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula atomus</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula capitata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula clementis</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula cryptocephala</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula cryptotenella</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula geoppertiana</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula gregaria</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula lanceolata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula menisculus</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula pupula</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula reichardtiana</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula tripunctata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula veneta</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula viridula rostellata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia acicularis</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia dissipata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia fonticola</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia palea</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia</i> sp.	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Stephanodiscus</i> sp.	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Surirella angusta</i>	0	0	0
CHLOROPHYTA	<i>Cladophora glomerata</i>	0	0	0
CHLOROPHYTA	<i>Closterium moniliferum</i>	0	0	0

CHLOROPHYTA	<i>Ulotrix zonata</i>	0	0	0
CHLOROPHYTA	<i>Ulotrix sp.</i>	0	0	0
CHLOROPHYTA	<i>Scenedesmus sp.</i>	0	0	0
CHRYSOPHYTA	<i>Hydrurus foetidus</i>	0	0	0
CYANOPHYTA	<i>Chamaesiphon incrustans</i>	0	0	0
CYANOPHYTA	<i>Chamaesiphon sp.</i>	0	0	0
CYANOPHYTA	<i>Homoeotrix varians</i>	49,49	53,17	46,06
CYANOPHYTA	<i>Pleurocapsa minor</i>	1,53	0,45	1,82
CYANOPHYTA	<i>Phormidium autumnale</i>	3,06	7,24	3,64
CYANOPHYTA	<i>Phormidium papulosum</i>	2,55	2,71	1,21
CYANOPHYTA	<i>Phormidium sp.</i>	0	0,45	1,21
	<i>Bacteria sp.</i>	0	0	3,03

VZORČNO MESTO KB 3

		4.3.2011	7.7.2011	28.8.2011
BACILLARIOPHYTA	<i>Achnanthes biasolettiana</i>	1,1	38,08	19,17
BACILLARIOPHYTA	<i>Achnanthes minutissima</i>	3,84	11,03	9,58
BACILLARIOPHYTA	<i>Achnanthes lanceolata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Amphora pediculus</i>	0	0	0,42
BACILLARIOPHYTA	<i>Amphora sp.</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cocconeis pediculus</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cocconeis placentula</i>	0,14	0,36	1,67
BACILLARIOPHYTA	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cyclotella sp.</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella affinis</i>	0	0	0,83
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella minuta</i>	1,64	0	1,25
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella silesiaca</i>	0,14	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella sinuata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Denticula kuetzingii</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Denticula tenuis</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Diatoma mesodon</i>	0	0	0,42
BACILLARIOPHYTA	<i>Diatoma moniliformis</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Diatoma vulgare</i>	0,27	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Didymosphaenia geminata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria arcus</i>	0,14	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria construens</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria capucina v.</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria ulna</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema angustatum/micropus</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema clavatum</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema olivaceum</i>	0,41	0,36	0,42
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema parvulum</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema pumilum</i>	42,33	5,34	5

BACILLARIOPHYTA	<i>Melosira varians</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Meridion circulare</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula atomus</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula capitata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula clementis</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula cryptocephala</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula cryptotenella</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula geoppertiana</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula gregaria</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula lanceolata</i>	0	0,36	0,42
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula menisculus</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula pupula</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula reichardtiana</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula tripunctata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula veneta</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula viridula rostellata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia acicularis</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia dissipata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia fonticola</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia palea</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia sp.</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Stephanodiscus sp.</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Surirella angusta</i>	0	0	0
CHLOROPHYTA	<i>Cladophora glomerata</i>	0	0	0
CHLOROPHYTA	<i>Closterium moniliferum</i>	0	0	0
CHLOROPHYTA	<i>Ulotrix zonata</i>	0	0	0
CHLOROPHYTA	<i>Ulotrix sp.</i>	0	0	0
CHLOROPHYTA	<i>Scenedesmus sp.</i>	0	0	0
CHRYSOPHYTA	<i>Hydrurus foetidus</i>	0	0	0
CYANOPHYTA	<i>Homoeotrix varians</i>	46,58	35,59	43,75
CYANOPHYTA	<i>Chamaesiphon incrustans</i>	0	0	0
CYANOPHYTA	<i>Chamaesiphon sp.</i>	0	1,42	0
CYANOPHYTA	<i>Pleurocapsa minor</i>	2,19	0,36	0,83
CYANOPHYTA	<i>Phormidium autumnale</i>	0,82	5,34	4,17
CYANOPHYTA	<i>Phormidium papulosum</i>	0,41	1,78	0,42
CYANOPHYTA	<i>Phormidium sp.</i>	0	0	9,17
	<i>Bacteria sp.</i>	0	0	2,5

VZORČNO MESTO KB 4

		4.3.2011	7.7.2011	28.8.2011
BACILLARIOPHYTA	<i>Achnanthes biasolettiana</i>	1,14	24,53	4,59
BACILLARIOPHYTA	<i>Achnanthes minutissima</i>	2,65	14,62	6,72

BACILLARIOPHYTA	<i>Achnanthes lanceolata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Amphora pediculus</i>	0,67	0	0,77
BACILLARIOPHYTA	<i>Amphora sp.</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cocconeis pediculus</i>	0	0	0,34
BACILLARIOPHYTA	<i>Cocconeis placentula</i>	0	4,25	8,67
BACILLARIOPHYTA	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0,21	0	0,09
BACILLARIOPHYTA	<i>Cyclotella sp.</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella affinis</i>	0	0	0,09
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella minuta</i>	1,26	0,47	2,3
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella silesiaca</i>	0,19	0	0,26
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella sinuata</i>	0,09	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Denticula kuetzingii</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Denticula tenuis</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Diatoma mesodon</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Diatoma moniliformis</i>	0,37	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Diatoma vulgare</i>	15,99	0	2,13
BACILLARIOPHYTA	<i>Didymosphaenia geminata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria arcu</i>	0,07	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria construens</i>	0,56	0	0,43
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria capucina v.</i>	0	0	0,94
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria ulna</i>	0,79	0	0,09
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema angustatum/micropus</i>	0,16	0,47	0,34
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema clavatum</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema olivaceum</i>	1,82	1,42	18,79
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema parvulum</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema pumilum</i>	0	0,47	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Melosira varians</i>	0,12	0	0,34
BACILLARIOPHYTA	<i>Meridion circulare</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula atomus</i>	0	0	0,26
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula capitata</i>	0	1,42	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula clementis</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula cryptocephala</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula cryptotenella</i>	0,07	0	1,53
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula geoppertiana</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula gregaria</i>	1,93	0	1,87
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula lanceolata</i>	29,18	0,94	0,94
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula menisculus</i>	0,74	0,47	6,21
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula pupula</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula reichardtiana</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula tripunctata</i>	0,35	1,42	3,06
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula veneta</i>	0	0	1,45
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula viridula rostellata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia acicularis</i>	0	0	0,17

BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzchia dissipata</i>	6,73	0	0,17
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzchia fonticola</i>	23,13	0,47	2,47
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzchia palea</i>	3,84	0,47	0,26
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzchia sp.</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	0,07	0	11,48
BACILLARIOPHYTA	<i>Stephanodiscus sp.</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Surirella angusta</i>	0	0	0,09
CHLOROPHYTA	<i>Cladophora glomerata</i>	0	0	0,43
CHLOROPHYTA	<i>Closterium moniliferum</i>	0	0	0,09
CHLOROPHYTA	<i>Ulotrix zonata</i>	0,05	17,92	0
CHLOROPHYTA	<i>Ulotrix sp.</i>	0,07	0	0
CHLOROPHYTA	<i>Scenedesmus sp.</i>	0	0	0
CHRYSOPHYTA	<i>Hydrurus foetidus</i>	0,58	0	0
CYANOPHYTA	<i>Homoeotrix varians</i>	0,44	21,23	7,65
CYANOPHYTA	<i>Chamaesiphon incrustans</i>	0	0	4,68
CYANOPHYTA	<i>Chamaesiphon sp.</i>	0	3,3	0
CYANOPHYTA	<i>Pleurocapsa minor</i>	0,35	1,42	0,09
CYANOPHYTA	<i>Phormidium autumnale</i>	0	3,77	2,3
CYANOPHYTA	<i>Phormidium papulosum</i>	0,26	0,94	0,43
CYANOPHYTA	<i>Phormidium sp.</i>	0	0	7,31
	<i>Bacteria sp.</i>	6,12	0	0,26

VZORČNOMESTO KB 5

	Vzorčno mesto 5Z	4.3.2011	7.7.2011	28.8.2011
BACILLARIOPHYTA	<i>Achnanthes biasoletiana</i>	0,49	7,55	0,58
BACILLARIOPHYTA	<i>Achnanthes minutissima</i>	1,05	8,81	2
BACILLARIOPHYTA	<i>Achnanthes lanceolata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Amphora pediculus</i>	0,78	0,63	0,07
BACILLARIOPHYTA	<i>Amphora sp.</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cocconeis pediculus</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cocconeis placentula</i>	0	6,29	0,58
BACILLARIOPHYTA	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	0	0,03
BACILLARIOPHYTA	<i>Cyclotella sp.</i>	0,07	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella affinis</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella minuta</i>	0,63	0,26	0,31
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella silesiaca</i>	0,02	0	0,17
BACILLARIOPHYTA	<i>Cymbella sinuata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Denticula kuetzingii</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Denticula tenuis</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Diatoma mesodon</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Diatoma moniliformis</i>	0,27	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Diatoma vulgare</i>	10,6	0,63	0,2
BACILLARIOPHYTA	<i>Didymosphaenia geminata</i>	0	0	0

BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria arcus</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria construens</i>	0,58	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria capucina v.</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Fragillaria ulna</i>	0,63	0	0,03
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema angustatum/micropus</i>	0	0	0,07
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema clavatum</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema olivaceum</i>	2,24	0,26	0,2
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema parvulum</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Gomphonema pumilum</i>	0,1	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Melosira varians</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Meridion circulare</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula atomus</i>	0	0	57,6
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula capitata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula clementis</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula cryptocephala</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula cryptotenella</i>	1,75	0	0,1
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula geoppertiana</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula gregaria</i>	2,61	0	0,17
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula lanceolata</i>	47,15	0,63	0,1
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula menisculus</i>	2,29	0	1,19
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula pupula</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula reichardtiana</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula tripunctata</i>	0,41	0	0,1
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula veneta</i>	0	0	0,2
BACILLARIOPHYTA	<i>Navicula viridula rostellata</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia acicularis</i>	0	0	0,17
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia dissipata</i>	7,21	0	0,1
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia fonticola</i>	5,53	1,89	4,72
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia palea</i>	0,51	0	0,92
BACILLARIOPHYTA	<i>Nitzschia sp.</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	0,24	0	0,03
BACILLARIOPHYTA	<i>Stephanodiscus sp.</i>	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	<i>Surirella angusta</i>	0,07	0	0
CHLOROPHYTA	<i>Cladophora glomerata</i>	0	0	0
CHLOROPHYTA	<i>Closterium moniliferum</i>	0	0	0
CHLOROPHYTA	<i>Ulotrix zonata</i>	0,22	36,48	0
CHLOROPHYTA	<i>Ulotrix sp.</i>	0,02	0	0
CHLOROPHYTA	<i>Scenedesmus sp.</i>	0	0,63	0
CHRYSOPHYTA	<i>Hydrurus foetidus</i>	0,22	0	0
CYANOPHYTA	<i>Chamaesiphon incrustans</i>	0	0	0
CYANOPHYTA	<i>Chamaesiphon sp.</i>	0	0	0
CYANOPHYTA	<i>Homoeotrix varians</i>	10,67	6,92	14,12
CYANOPHYTA	<i>Pleurocapsa minor</i>	0,07	5,03	1,43

CYANOPHYTA	<i>Phormidium autumnale</i>	0,19	17,61	12,73
CYANOPHYTA	<i>Phormidium papulosum</i>	0,12	4,4	0,1
CYANOPHYTA	<i>Phormidium sp.</i>	0,24	0	1,7
	<i>Bacteria sp.</i>	6,12	0	0,26

Priloga D

Ocena pogostosti posameznih vrst alg iz različnih skupin na posameznem vzorčnem mestu v različnih letnih časih

VZORČNO MESTO KB 1:

		4.3.2011	7.7.2011	28.8.2011
BACILLAROPHYCEAE	<i>Achnanthes biasoletiana</i>	1	2	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Achnanthes minutissima</i>	2	2	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Amphora pediculus</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cocconeis placentula</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cymbella affinis</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cymbella minuta</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cymbella silesiaca</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cymbella sinuata</i>		1	
BACILLAROPHYCEAE	<i>Diatoma vulgare</i>	1	1	
BACILLAROPHYCEAE	<i>Fragillaria capucina</i> v.		1	
BACILLAROPHYCEAE	<i>Gomphonema angustatum/micropus</i>	1	1	
BACILLAROPHYCEAE	<i>Gomphonema olivaceum</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Gomphonema pumilum</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Melosira varians</i>	1		
BACILLAROPHYCEAE	<i>Meridion circulare</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Navicula lanceolata</i>	1		
BACILLAROPHYCEAE	<i>Navicula tripunctata</i>		1	
BACILLAROPHYCEAE	<i>Nitzschia dissipata</i>		1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Nitzschia fonticola</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Nitzschia palea</i>	1		1
CHLOROPHYTA	<i>Ulotrix zonata</i>			1
CHLOROPHYTA	<i>Ulotrix</i> sp.			
CHLOROPHYTA	<i>Scenedesmus</i> sp.			
CHRYSOPHYCEAE	<i>Hydrurus foetidus</i>		1	1
CYANOPHYTA	<i>Homoeotrix varians</i>	2	2	3
CYANOPHYTA	<i>Pleurocapsa minor</i>	1	1	1
CYANOPHYTA	<i>Phormidium autumnale</i>	1	1	1
CYANOPHYTA	<i>Phormidium papulosum</i>	1	1	1
CYANOPHYTA	<i>Phormidium</i> sp.	1		1
	<i>Bacteria</i> sp.	6,12	0	0,26

VZORČNO MESTO KB 2

		4.3.2011	7.7.2011	28.8.2011
BACILLAROPHYCEAE	<i>Achnanthes biasoletiana</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Achnanthes minutissima</i>	1	1	2
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cymbella affinis</i>	1	1	

BACILLAROPHYCEAE	<i>Cymbella minuta</i>	1	1	
BACILLAROPHYCEAE	<i>Gomphonema olivaceum</i>		1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Gomphonema pumilum</i>	2	1	1
CYANOPHYTA	<i>Homoeotrix varians</i>	3	3	3
CYANOPHYTA	<i>Pleurocapsa minor</i>	1	1	1
CYANOPHYTA	<i>Phormidium autumnale</i>	1	1	1
CYANOPHYTA	<i>Phormidium papulosum</i>	1	1	1
CYANOPHYTA	<i>Phormidium sp.</i>		1	1
	<i>Bacteria sp.</i>			1

VZORČNO MESTO KB 3

		4.3.2011	7.7.2011	28.8.2011
BACILLAROPHYCEAE	<i>Achnanthes biasolettiana</i>	1	2	2
BACILLAROPHYCEAE	<i>Achnanthes minutissima</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Amphora pediculus</i>			1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cocconeis placentula</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cymbella affinis</i>			1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cymbella minuta</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cymbella silesiaca</i>	1		
BACILLAROPHYCEAE	<i>Diatoma mesodon</i>			1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Diatoma vulgaris</i>	1		
BACILLAROPHYCEAE	<i>Fragillaria arcus</i>	1		
BACILLAROPHYCEAE	<i>Gomphonema olivaceum</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Gomphonema pumilum</i>	2	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Navicula lanceolata</i>		1	1
CYANOPHYTA	<i>Homoeotrix varians</i>	3	2	2
CYANOPHYTA	<i>Chamaesiphon sp.</i>		1	
CYANOPHYTA	<i>Pleurocapsa minor</i>	1	1	1
CYANOPHYTA	<i>Phormidium autumnale</i>	1	1	1
CYANOPHYTA	<i>Phormidium papulosum</i>	1	1	1
CYANOPHYTA	<i>Phormidium sp.</i>			1
	<i>Bacteria sp.</i>			1

VZORČNO MESTO KB 4

		4.3.2011	7.7.2011	28.8.2011
BACILLAROPHYCEAE	<i>Achnanthes biasolettiana</i>	1	2	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Achnanthes minutissima</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Amphora pediculus</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cocconeis pediculus</i>			1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cocconeis placentula</i>		1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cymbella affinis</i>			1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cymbella minuta</i>	1	1	1

BACILLAROPHYCEAE	<i>Cymbella silesiaca</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cymbella sinuata</i>	1		
BACILLAROPHYCEAE	<i>Diatoma moniliformis</i>	1		
BACILLAROPHYCEAE	<i>Diatoma vulgare</i>	2		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Fragillaria arcus</i>	1		
BACILLAROPHYCEAE	<i>Fragillaria construens</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Fragillaria capucina</i> v.			1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Fragillaria ulna</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Gomphonema angustatum/micropus</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Gomphonema olivaceum</i>	1	1	2
BACILLAROPHYCEAE	<i>Gomphonema pumilum</i>		1	
BACILLAROPHYCEAE	<i>Melosira varians</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Navicula atomus</i>			1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Navicula capitata</i>		1	
BACILLAROPHYCEAE	<i>Navicula cryptotenella</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Navicula gregaria</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Navicula lanceolata</i>	2	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Navicula menisculus</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Navicula tripunctata</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Navicula veneta</i>			1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Nitzschia acicularis</i>			1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Nitzschia dissipata</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Nitzschia fonticola</i>	2	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Nitzschia palea</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Surirella angusta</i>			1
CHLOROPHYTA	<i>Cladophora glomerata</i>			1
CHLOROPHYTA	<i>Closterium moniliferum</i>			1
CHLOROPHYTA	<i>Ulotrix zonata</i>	1	2	
CHLOROPHYTA	<i>Ulotrix sp.</i>	1		
CHRYSOPHYCEAE	<i>Hydrurus foetidus</i>	1		
CYANOPHYTA	<i>Homoeotrix varians</i>	1	2	1
CYANOPHYTA	<i>Chamaesiphon incrustans</i>			1
CYANOPHYTA	<i>Chamaesiphon sp.</i>		1	
CYANOPHYTA	<i>Pleurocapsa minor</i>	1	1	1
CYANOPHYTA	<i>Phormidium autumnale</i>		1	1
CYANOPHYTA	<i>Phormidium papulosum</i>	1	1	1
CYANOPHYTA	<i>Phormidium sp.</i>			1
	<i>Bacteria sp.</i>	1		1

VZORČNO MESTO KB 5

		4.3.2011	7.7.2011	28.8.2011
BACILLAROPHYCEAE	<i>Achnanthes biasolettiana</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Achnanthes minutissima</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Amphora pediculus</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cocconeis placentula</i>		1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cyclotella meneghiniana</i>			1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cyclotella sp.</i>	1		
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cymbella minuta</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Cymbella silesiaca</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Diatoma moniliformis</i>	1		
BACILLAROPHYCEAE	<i>Diatoma vulgare</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Fragillaria construens</i>	1		
BACILLAROPHYCEAE	<i>Fragillaria ulna</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Gomphonema angustatum/micropus</i>			1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Gomphonema olivaceum</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Gomphonema pumilum</i>	1		
BACILLAROPHYCEAE	<i>Navicula atomus</i>			3
BACILLAROPHYCEAE	<i>Navicula cryptotenella</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Navicula gregaria</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Navicula lanceolata</i>	3	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Navicula menisculus</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Navicula tripunctata</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Navicula veneta</i>			1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Nitzschia acicularis</i>			1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Nitzschia dissipata</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Nitzschia fonticola</i>	1	1	1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Nitzschia palea</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	1		1
BACILLAROPHYCEAE	<i>Surirella angusta</i>	1		
CHLOROPHYTA	<i>Ulotrix zonata</i>	1	2	
CHLOROPHYTA	<i>Ulotrix sp.</i>	1		
CHLOROPHYTA	<i>Scenedesmus sp.</i>		1	
CHRYSOPHYCEAE	<i>Hydrurus foetidus</i>	1		
CYANOPHYTA	<i>Homoeotrix varians</i>	1	1	1
CYANOPHYTA	<i>Pleurocapsa minor</i>	1	1	1
CYANOPHYTA	<i>Phormidium autumnale</i>	1	2	1
CYANOPHYTA	<i>Phormidium papulosum</i>	1	1	1
CYANOPHYTA	<i>Phormidium sp.</i>	1		1
	<i>Bacteria sp.</i>	1		1

Priloga E

Kakovost vodnega okolja v odvisnosti od vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa

vrednost diverzitetnega indeksa H'	kakovost vode
>3	neobremenjena
2-3	malo obremenjena
1 - 2	srednje obremenjena
1	močno obremenjena

Priloga F

Vrednosti saprobnega indeksa in pripadajoči kakovostni razredi (Vir: Urbanič in Toman, 2003)

saprobna stopnja	vrednosti SI	kakovostni razred	opis kakovosti vodotoka
oligosaprobna	1,0 - 1,5	1	neobremenjen do zelo malo obremenjen
Oligo do β - mezosaprobno	<1,5 - 1,8	1 - 2	majhna obremenjenost
β - mezosaprobno	<1,8 - 2,3	2	zmerna obremenjenost
β - α mezosaprobno	<2,3 - 2,7	2 - 3	Srednja (kritična) obremenjenost
α - mezosaprobno	<2,7 - 3,2	3	Srednja do močna obremenjenost
α - mezosaprobna do polisaprobna	<3,2 - 3,5	3 - 4	(zelo) močna obremenjenost
polisaprobna	<3,5 - 4,0	4	(kritična) zelo močna obremenjenost

Priloga G

Razvrstitev anorganskega substrata po velikosti delcev (A) in razdelitev organskih substratov (B) (po AQEM, 2002; vir Urbanič in Toman, 2003)

(A)

Kategorija	Opis	Premer delcev (cm)
Megalital	Skale, živa skala	>40
Makrolital	Veliki kamni	20 – 40
Mezolital	Majhni kamni	6 – 20
Mikrolital	Veliki prodniki	2 – 6
Akal	Majhni in srednji prodniki	0,2 – 2
Psamal	Pesek in blato	0,006 – 0,2
Agrilal	Mulj, glina	<0,006

(B)

Kategorija	Opis
Alge	Nitaste alge, kosmi alg
Potopljeni makrofiti	Cvetnice, hare, mahovi
Emergentni makrofiti	Šaši, trst, rogoz, ježki itd.
Živi deli kopenskih rastlin	Majhne korenine, plavajoči deli obrežne vegetacije
Ksilal (les)	Debla, veje, odmrle korenine
Večji odmrli organski delci (CPOM)	Delci > 1mm; npr. odpadlo listje, iglice
Manjši odmrli organski delci (FPOM)	Delci v velikosti od 0,45 µm do 1 mm
»Sewage fungus«	Heterotrofne saprofitske bakterije (Sphaerotilus, Beggiatoa, Thiothrix) in glive (Leptomitius)

Priloga H

Deleži anorganskega (A) in organskega substrata (B, C, D) na različnih vzorčnih mestih v različnih dneh vzorčenja (+ - delež manjši od 5 %)

(A)

Anorganski substrat: premer delcev [cm]		VZORČNO MESTO				
		KB1	KB2	KB3	KB4	KB5
megalital [%]	> 40	50	35	+	+	+
makrolital [%]	20 - 40	20	45	35	30	25
mezolital [%]	6 - 20	10	15	45	50	45
mikrolital [%]	2 - 6	5	5	10	10	15
akal [%]	0,2 - 2	15	0	5	+	5
psamal [%]	0,006 - 0,2	0	0	+	0	5
agrilal [%]	< 0,006	0	0	0	0	+

(B)

DATUM: 4.3.2011	VZORČNO MESTO				
	KB1	KB2	KB3	KB4	KB5
alge	20	+	+	85	95
potopljeni makrofit	15	5	+	5	5
emergentni makrofiti	0	0	0	0	0
živi deli kopenskih rastlin	0	0	0	0	0
ksilal	+	+	0	+	+
večji odmrli organski delci (CPOM)	+	0	0	0	0
manjši odmrli organski delci (FPOM)	0	0	+	0	0

(C)

DATUM: 7.7.2011	VZORČNO MESTO				
	KB1	KB2	KB3	KB4	KB5
alge	15	3	3	20	20
potopljeni makrofit	15	5	+	+	+
emergentni makrofiti	0	0	0	0	0
živi deli kopenskih rastlin	+	+	+	+	+
ksilal	5	+	5	5	+
večji odmrli organski delci (CPOM)	+	+	+	+	+
manjši odmrli organski delci (FPOM)	0	0	+	+	+

(D)

DATUM: 28.8.2011	VZORČNO MESTO				
	KB1	KB2	KB3	KB4	KB5
alge	5	+	+	20	25
potopljeni makrofit	20	5	5	5	10
emergentni makrofiti	0	0	0	0	0
živi deli kopenskih rastlin	+	+	+	+	+
ksilal	+	+	5	10	5
večji odmrli organski delci (CPOM)	+	+	+	+	+
manjši odmrli organski delci (FPOM)	0	0	+	+	+

Priloga I

Število vrst iz posamezne skupine alg v različnih letnih časih na različnih vzorčnih mestih

Datum: 4.3.2011	KB 1	KB 2	KB 3	KB 4	KB 5
BACILLAROPHYCEAE	2188	85	365	3959	3499
CHAROPHYTA	0	0	0	0	0
CHLOROPHYTA	0	0	0	5	10
CHRYSOPHYCEAE	0	0	0	25	9
CYANOPHYTA	1521	111	365	308	586

Datum: 7.7.2011	KB 1	KB 2	KB 3	KB 4	KB 5
BACILLAROPHYCEAE	976	159	156	109	46
CHAROPHYTA	0	0	0	0	0
CHLOROPHYTA	6	0	0	0	59
CHRYSOPHYCEAE	0	0	0	0	0
CYANOPHYTA	857	283	125	65	54

Datum: 8.28.2011	KB 1	KB 2	KB 3	KB 4	KB 5
BACILLAROPHYCEAE	599	71	94	903	2052
CHAROPHYTA	0	0	0	0	0
CHLOROPHYTA	7	0	0	6	0
CHRYSOPHYCEAE	19	0	0	0	0
CYANOPHYTA	1501	94	146	267	894

Priloga J

Delež vrst (%) iz posamezne skupine alg v različnih letnih časih na različnih vzorčenjih.

Datum: 4.3.2011	KB 1	KB 2	KB 3	KB 4	KB 5
BACILLAROPHYCEAE	59	43	50	92	85
CHAROPHYTA	0	0	0	0	0
CHLOROPHYTA	0	0	0	0,1	0,2
CHRYSOPHYCEAE	0	0	0	0,6	0,2
CYANOPHYTA	41	57	50	7,2	14,3

Datum: 7.7.2011	KB 1	KB 2	KB 3	KB 4	KB 5
BACILLAROPHYCEAE	53	36	56	63	29
CHAROPHYTA	0	0	0	0	0
CHLOROPHYTA	0,3	0	0	0	37
CHRYSOPHYCEAE	0	0	0	0	0
CYANOPHYTA	47	64	44	37	34

Datum: 8.28.2011	KB 1	KB 2	KB 3	KB 4	KB 5
BACILLAROPHYCEAE	28	43	39	77	70
CHAROPHYTA	0	0	0	0	0
CHLOROPHYTA	0,4	0	0	0,5	0
CHRYSOPHYCEAE	1	0	0	0	0
CYANOPHYTA	70,6	57	60,8	22,7	30,3

Priloga K

Seznam najpogostejših vrst kremenastih alg (A) in vseh alg (B) vzdolž vodotoka Kamniška Bistrica.

(A)	ŠVM	ŠV	ŠV5	MRP
<i>Achnanthes biasolettiana</i>	5	15	13	69,75
<i>Achnanthes minutissima</i>	5	15	14	55,95
<i>Amphora pediculus</i>	5	14	1	2,65
<i>Cocconeis placentula</i>	5	15	3	17,05
<i>Cymbella minuta</i>	5	15	0	2,75
<i>Diatoma vulgare</i>	5	11	1	12,45
<i>Gomphonema olivaceum</i>	5	15	2	9,2
<i>Gomphonema pumilum</i>	5	13	6	68,85
<i>Navicula lanceolata</i>	5	11	2	58,1
<i>Navicula menisculus</i>	4	9	1	7,2
<i>Nitzschia dissipata</i>	5	14	1	7,45
<i>Nitzschia fonticola</i>	5	12	3	16,4

(ŠVM - število vzorčnih mest, kjer je bila vrsta prisotna; ŠV - število vzorcev, kjer je bila vrsta prisotna; ŠV5 - število vzorcev, v katerih je vrsta presežala 5 % delež; MRP - največja relativna pogostost v %)

(A)	ŠVM	ŠV	ŠV5	MRP
<i>Achnanthes biasolettiana</i>	5	15	9	38,08
<i>Achnanthes minutissima</i>	5	15	10	21,82
<i>Cocconeis placentula</i>	4	10	3	8,67
<i>Diatoma vulgare</i>	4	8	2	15,99
<i>Gomphonema olivaceum</i>	5	14	1	18,79
<i>Gomphonema pumilum</i>	5	11	8	42,33
<i>Navicula lanceolata</i>	4	9	2	47,15
<i>Navicula menisculus</i>	2	5	1	6,21
<i>Nitzschia dissipata</i>	3	6	2	7,21
<i>Nitzschia fonticola</i>	3	9	3	23,13
<i>Nitzschia palea</i>	3	7	1	6,34
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	2	4	1	11,48
<i>Homoeotrix varians</i>	5	15	14	66,56
<i>Pleurocapsa minor</i>	5	15	1	5,03
<i>Phormidium autumnale</i>	5	14	6	17,61
<i>Phormidium papulosum</i>	5	15	0	4,75
<i>Phormidium sp.</i>	5	8	2	9,17

(ŠVM - število vzorčnih mest, kjer je bila vrsta prisotna; ŠV - število vzorcev, kjer je bila vrsta prisotna; ŠV5 - število vzorcev, v katerih je vrsta ocenjena s pogostostjo 4 ali 5; MRP - največja relativna pogostost v %)

Priloga L

Lestvica za oceno pogostosti združbe obrasti (Urbanič in Toman, 2003)

Ocena pogostosti	Opis pogostosti	Takson prisoten v % (v 50-ih vidnih poljih)
1	posamič	>1-15
2	redko	>15-45
3	srednje	>45-60
4	pogosto	>60-80
5	množično	>80-100

Priloga M

Vrednosti saprobnega indeksa na posameznih vzorčnih mestih v različnih letnih časih izračunane na podlagi vseh prisotnih alg (A) in kremenastih alg (B). Ocena kakovosti voda za posamezna vzorčna mesta na podlagi vrednosti saprobnega indeksa za vse alge (C) in za kremenaste alge (D)

(A)	KB 1	KB 2	KB 3	KB 4	KB 5
4.3.2011	1,88	1,24	1,79	1,99	1,92
7.7.2011	1,83	1,72	1,88	1,88	1,41
28.8.2011	1,84	1,82	1,71	2,01	2,14

(B)	KB 1	KB 2	KB 3	KB 4	KB 5
4.3.2011	1,69	1,70	1,75	1,9	1,94
7.7.2011	1,79	1,22	1,77	1,77	1,88
28.8.2011	1,9	1,8	1,77	2,07	2,21

(C)	KB 1	KB 2	KB 3	KB 4	KB 5
4.3.2011	2	1	1-2	2	2
7.7.2011	2	1-2	2	2	1
28.8.2011	2	2	1-2	2	2

(D)	KB 1	KB 2	KB 3	KB 4	KB 5
4.3.2011	1-2	1-2	1-2	2	2
7.7.2011	1-2	1	1-2	1-2	2
28.8.2011	2	2	1-2	2	2

Priloga N

Kode vzorčnih mest (A) in oznak v grafu Bray- Curtisovega in Sørensenovega indeksa (B) ter ordinacijskega diagrama (B; koda 2)

(A)

oznaka	koda
KB 1	Vzorčno mesto 1
KB 2	Vzorčno mesto 2
KB 3	Vzorčno mesto 3
KB 4	Vzorčno mesto 4
KB 5	Vzorčno mesto 5

(B)

oznaka	koda	koda 2	opis
1	KB1M	1-M	Vzorčno mesto 1 v marcu
2	KB1J	1-J	Vzorčno mesto 1 v juliju
3	KB1A	1-A	Vzorčno mesto 1 v avgustu
4	KB2M	2-M	Vzorčno mesto 2 v marcu
5	KB2J	2-J	Vzorčno mesto 2 v juliju
6	KB2A	2-A	Vzorčno mesto 2 v avgustu
7	KB3M	3-M	Vzorčno mesto 3 v marcu
8	KB3J	3-J	Vzorčno mesto 3 v juliju
9	KB3A	3-A	Vzorčno mesto 3 v avgustu
10	KB4M	4-M	Vzorčno mesto 4 v marcu
11	KB4J	4-J	Vzorčno mesto 4 v juliju
12	KB4A	4-A	Vzorčno mesto 4 v avgustu
13	KB5M	5-M	Vzorčno mesto 5 v marcu
14	KB5J	5-J	Vzorčno mesto 5 v juliju
15	KB5A	5-A	Vzorčno mesto 5 v avgustu