

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ŠTUDIJ EKOLOGIJE IN BIODIVERZITETE

Tadeja BALANČ

**PESTROST ZDRUŽB KREMENASTIH ALG V RAZLIČNIH
HABITATIH LIMNOKRENEGA IZVIRA ZELENCI**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij – 2. stopnja

**DIVERSITY OF DIATOM COMMUNITIES IN DIFFERENT
HABITATS OF THE LIMNOCRENE SPRING ZELENCI**

M. SC. THESIS

Master Study Programmes

Ljubljana, 2016

Magistrsko delo je zaključek magistrskega študijskega programa druge stopnje Ekologija in biodiverziteta na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani. Opravljeno je bilo na Katedri za ekologijo in varstvo okolja Oddelka za biologijo.

Komisija za študij 1. in 2. stopnje je dne 20. 2. 2015 odobrila temo magistrskega dela. Za mentorja magistrskega dela je imenovala prof. dr. Igorja Zelnika, za recenzenta pa prof. dr. Mihaela Jožefa Tomana.

Komisija za oceno in zagovor:

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

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

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

Datum zagovora:

Podpisana izjavljam, da je naloga rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Tadeja Balanč

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Du2
- DK UDK 561.261(497.4Zelenci)(043.2)=163.6
- KG limnokreni izvir/Zelenci/kremenaste alge/epipelon/tihoplankton
- AV BALANČ, Tadeja, diplomirana biologinja (UN)
- SA ZELNIK, Igor (mentor)/TOMAN, Mihael Jožef (recenzent)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Študij ekologije in biodiverzitete
- LI 2016
- IN PESTROST ZDRUŽB KREMENASTIH ALG V RAZLIČNIH HABITATIH
LIMNOKRENEGA IZVIRA ZELENCI
- TD Magistrsko delo (Magistrski študij – 2. stopnja)
- OP XI, 47 str., 5 pregl., 21 sl., 4 pril., 49 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Preučevali smo vpliv podvodnih izvirov in drugih okoljskih dejavnikov na pestrost in sestavo združb kremenastih alg v limnokrenem izviru Zelenci. S planktonsko mrežo smo v izvirski kotanji pridobili semikvantitativne vzorce tihoplanktona. V najplitvejših delih izvira smo odvzeli vzorce epipelona. Ob vsakem vzorčenju smo merili izbrane abiotске dejavnike. Sezonsko sta se spreminjali temperatura vode in nasičenost vode s kisikom, pH in prevodnost vode pa sta bili preko leta razmeroma konstantni. Zaznali smo občasna povišanja vrednosti koncentracij PO_4^{3-} in NH_4^+ . Določili smo 120 različnih vrst kremenastih alg, med katerimi sta bili najbolj številčni vrsti *Achnanthydium minutissimum* in *Denticula tenuis*. Vrstno najbolj bogati rodovi so bili *Navicula*, *Fragilaria*, *Nitzschia*, *Cymbella* in *Gomphonema*. V tihoplanktonski združbi smo v vseh vzorcih našli skupaj 93 vrst, v epipelonski pa 104 vrste kremenastih alg. Izračunali smo zelo visoke vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa, ki je bil razen v decembrskem vzorcu vedno višji v epipelonu. Vrednosti saprobnega indeksa kažejo na to, da so Zelenci malo obremenjeni z organskimi snovmi, vrednosti trofičnega indeksa pa kažejo na oligotrofne do mezo-evtrofne razmere. Med seboj so si bili bolj podobni epipelonski vzorci, kjer je bil bolj stabilen mezohabitat E1. Med tihoplanktonskimi vzorci so si bolj podobni sestoji na Z1, kjer so podvodni izviri stalno delujoči. Največji vpliv na vrstno sestavo tihoplanktonske združbe sta imeli temperatura vode in nasičenost s kisikom. Prave planktonske vrste smo našli le v tihoplanktonu, kjer so sicer prevladovale nizkoslojne vrste, prisotne pa so bile tudi visokoslojne in hitro gibljive vrste, ki so značilne za epipelon. Na Z2 smo določili nekoliko večji delež vrst, ki so značilne za epipelon, zaradi nestalnega delovanja podvodnih izvirov in posledično večjega vpliva motenj.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Du2
 DC UDC 561.261(497.4Zelenci)(043.2)=163.6
 CX limnocene spring/Zelenci/diatoms/epipelon/tychoplankton
 AU BALANČ, Tadeja
 AA ZELNIK, Igor (supervisor)/TOMAN, Mihael Jožef (reviewer)
 PP SI-1000, Ljubljana, Jamnikarjeva 101
 PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Master Study Programmes in Ecology and Biodiversity
 PY 2016
 TI DIVERSITY OF DIATOM COMMUNITIES IN DIFFERENT HABITATS OF THE LIMNOCRENE SPRING ZELENCI
 DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)
 NO XI, 47 p., 5 tab., 21 fig., 4 ann., 49 ref
 LA sl
 AL sl/en
 AB We investigated the impact of underwater springs and other environmental factors on the diversity and composition of diatom communities in limnocene spring Zelenci. With a plankton net in the spring cavity we gained semi-quantitative samples of tychoplankton. Epipelon samples were sampled in the shallower parts of the spring. At each sampling we measured selected abiotic factors. The water temperature and the oxygen saturation were changed by season while the pH and conductivity were relatively constant throughout the year. We detected occasional increases in concentrations of PO_4^{3-} and NH_4^+ . We found 120 different diatom species among which the most abundant were *Achnanthydium minutissimum* and *Denticula tenuis*. The most species-rich genera were *Navicula*, *Fragilaria*, *Nitzschia*, *Cymbella* and *Gomphonema*. In samples of tychoplankton communities we found 93 different species while in epipelon samples we found 104 different species. The Shannon-Wiener diversity index was very high in all samples. The values of saprobic index indicate that Zelenci are just little loaded with organic matter. The trophic index values show on the meso-oligotrophic to eutrophic conditions. Epipelon samples were more similar where the mezohabitat E1 was more stable. In tychoplankton samples communities on Z1 were more similar where underwater springs are continuously functioning. Water temperature and oxygen saturation had the biggest impact on the tychoplankton species composition. Real planktonic species were found only in tychoplankton samples where high profile and fast moving species which are typical for epipelon communities were also found. Because of inconstant functioning of underwater springs and consequently a greater impact of disorders in Z2 slightly higher proportions of species that are characteristic of epipelon were found.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PREGLEDNIC	IX
KAZALO PRILOG	X
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XI
1 UVOD	1
1.1 NAMEN IN CILJI	1
1.2 HIPOTEZE	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 IZVIR.....	2
2.1.1 Fizikalne in kemijske značilnosti vode v izvirih	3
2.1.2 Življenjske združbe izvirov	4
2.2 KREMENASTE ALGE	5
2.3 KREMENASTE ALGE V IZVIRIH	7
3 MATERIAL IN METODE	9
3.1 PREUČEVANO OBMOČJE.....	9
3.1.1 Vzorčna mesta	10
3.2 MERITVE NA TERENU IN VZORČENJE	12
3.2.1 Vzorčenje vode in diatomej	12
3.3 LABORATORIJSKE ANALIZE	13
3.3.1 Kemijske analize vode	13
3.3.2 Priprava in pregled vzorcev	13
3.3.3 Delitev vrst kremenastih alg v različne tipe	13
3.4 STATISTIČNE ANALIZE.....	15
3.4.1 Gostota celic	15
3.4.2 Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks	15

3.4.3	Saprobni indeks	16
3.4.4	Trofični indeks	16
3.4.5	Klastrska analiza združb	17
3.4.6	Multivariatne analize	17
3.4.7	Analize različnih tipov vrst	18
4	REZULTATI	19
4.1	ABIOTSKI DEJAVNIKI	19
4.1.1	Vodostaj nad kotanjo Z1 in Z2	19
4.1.2	Temperatura	19
4.1.3	Vsebnost kisika in nasičenost s kisikom	19
4.1.4	pH	19
4.1.5	Električna prevodnost	19
4.1.6	Skupne raztopljene snovi	19
4.1.7	Ortofosfat	22
4.1.8	Nitrat	22
4.1.9	Amonij	22
4.2	ZDRUŽBE KREMENASTIH ALG	24
4.2.1	Pestrost vrst kremenastih alg	24
4.2.2	Gostota celic	25
4.2.3	Saprobni indeks	26
4.2.4	Trofični indeks	26
4.2.5	Podobnost med združbami	28
4.2.6	Vpliv okoljskih dejavnikov na taksonomsko sestavo tihoplanktona	29
4.2.7	Primerjava sestave in ekoloških tipov kremenastih alg v različnih habitatih .	29
5	RAZPRAVA	33
5.1	ABIOTSKI DEJAVNIKI	33
5.1.1	Vodostaj nad kotanjo Z1 in Z2	33
5.1.2	Temperatura	33
5.1.3	Vsebnost kisika in nasičenost s kisikom	34
5.1.4	pH	34
5.1.5	Električna prevodnost	34

5.1.6	Skupne raztopljene snovi	35
5.1.7	Ortofosfat	35
5.1.8	Nitrat	35
5.1.9	Amonij	35
5.2	ZDRUŽBE KREMENASTIH ALG	36
5.2.1	Pestrost kremenastih alg	36
5.2.2	Gostota celic	37
5.2.3	Saprobni indeks	37
5.2.4	Trofični indeks	38
5.2.5	Podobnost med združbami	38
5.2.6	Vpliv okoljskih dejavnikov na taksonomsko sestavo tihoplanktona	38
5.2.7	Primerjava sestave in ekoloških tipov kremenastih alg v različnih habitatih .	39
6	SKLEPI	41
7	POVZETEK	42
8	VIRI	44

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO SLIK

Slika 1: Skica frustule bilateralno simetrične kremenaste alge.	6
Slika 2: Mokrišče Zelenci iz zračne perspektive	9
Slika 3: Zemljevid, ki ponazarja nastanek Zelencev.	10
Slika 4: Prikaz lokacij vzorčnih mest.	11
Slika 5: Temperatura vode po vzorčnih mestih v različnih mesecih.	20
Slika 6: Nasičenost vode s kisikom po vzorčnih mestih v različnih mesecih.	20
Slika 7: pH vrednosti po vzorčnih mestih v različnih mesecih.	21
Slika 8: Prevodnost vode po vzorčnih mestih v različnih mesecih.	21
Slika 9: Vrednosti ortofosfata v vodi po vzorčnih mestih v različnih mesecih.	22
Slika 10: Vrednosti nitrata v vodi po vzorčnih mestih v različnih mesecih.	23
Slika 11: Vrednosti amonija v vodi po vzorčnih mestih v različnih mesecih.	23
Slika 12: Število določenih vrst po vzorčnih mestih v različnih mesecih.	24
Slika 13: Vrednosti S-W diverzitetnega indeksa po vzorčnih mestih v različnih mesecih.	24
Slika 14: Gostota kremenastih alg v tihoplanktonu v različnih mesecih.	25
Slika 15: Gostota kremenastih alg v tihoplanktonu v različnih mesecih brez vrednosti vzorca jun15 Z1.	25
Slika 16: Vrednosti SI po vzorčnih mestih v različnih mesecih.	27
Slika 17: Vrednosti TI po vzorčnih mestih v različnih mesecih.	27
Slika 18: Ordinacijski diagram DCA analize	28
Slika 19: Ordinacijski diagram RDA analize za tihoplanktonske vzorce.	29
Slika 20: Deleži različnih tipov diatomej, ki so značilne za združbo tihoplanktona in epipelona.	32
Slika 21: Deleži različnih tipov vseh vrst diatomej v Z1, Z2, E1 in E2, kjer so upoštevane relativne pogostosti vrst.	32

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Razredi kakovosti vodnega okolja na osnovi S-W diverzitetnega indeksa.	15
Preglednica 2: Kakovostni razredi vodnega okolja na osnovi SI.	16
Preglednica 3: Stopnja trofije na podlagi TI.	17
Preglednica 4: Seznam vrst, ki imajo statistično značilno različno prisotnost in abundanco v epipelonski, oziroma tihoplanktonski združbi.	30
Preglednica 5: Pregledna tabela deležev najpogostejših vrst v obeh mezohabitatih, samo v tihoplanktonskih vzorcih in samo v epipelonskih vzorcih	31

KAZALO PRILOG

Pril. A: Preglednica vseh izmerjenih fizikalno-kemijskih parametrov.

Pril. B: Seznam deležev pojavljanja vrst.

Pril. C: Abiotski dejavniki.

Pril. D: Podobnost med združbami.

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
DCA	kanonična analiza z odstranjenim trendom (multivariatna analiza)
NH ₄ ⁺	amonij
NO ₃ ⁻	nitrat
PO ₄ ³⁻	ortofosfat
RDA	redundančna analiza (direktna gradientna multivariatna analiza)
SI	saprobni indeks
S-W	Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks
TI	trofični indeks
VM	vzorčno mesto

1 UVOD

Izviri so naravni heterogeni habitati. Njihova mozaična struktura in številni mezohabitati omogočajo veliko biodiverzitetu in večje gostote populacij. Limnokreni izviri lahko oblikujejo precej veliko izvirsko kotanjo, počasen tok vode v tem tipu izvirov in običajno drobnozrnat substrat pa omogočata še večjo pestrost vrst. Neenakomerno razporejeni podvodni izviri na različnih delih izvirske kotanje ustvarjajo različne razmere za življenje kremenastih alg in drugih organizmov. Na mestih, kjer iz dna izvirske kotanje priteka voda, nastajajo vertikalni tokovi. Stalne motnje v obliki vertikalnih tokov povzročajo dvigovanje drobnozrnatih usedlin in s tem tudi prehajanje bentoških organizmov v prosto vodo. Intenzivnost vertikalnih tokov je odvisna od hidroloških razmer v širšem prispevnem območju.

Kremenaste alge so ena od najpomembnejših skupin evkariontskih avtotrofov. Proizvedejo 20–25 % celotne biomase na Zemlji. Najdemo jih v skoraj vseh vodnih in občasno namočenih habitatih, nekatere pa tudi v suhih okoljih. Z veliko raznovrstnostjo predstavljajo velik del biodiverzitete, imajo relativno ozko toleranco za različne okoljske dejavnike in s kremenom prepojeno celično steno. Zaradi vseh teh lastnosti so dobro proučene in so uporabno orodje za analizo ekološkega stanja okolja.

1.1 NAMEN IN CILJI

Z nalogo smo želeli ugotoviti, ali podvodni izviri vplivajo na strukturo združb kremenastih alg v prosti vodi in v litoral, oziroma kako izrazit je njihov vpliv v različnih mezohabitatih izvira.

Zanimalo nas je, kakšna je pestrost združb kremenastih alg v različnih delih jezera in kakšna je podobnost med njimi v različnih sezonah.

1.2 HIPOTEZE

- V tihoplanktonu bo zaradi delovanja podvodnih izvirov in vertikalnih tokov število vrst kremenastih alg v prosti vodi manjše, kot je v epipelonu z bolj stabilnimi razmerami.
- Na vrstno sestavo in pestrost združb kremenastih alg bodo vplivali okoljski dejavniki in čas vzorčenja.
- Delež vrst, ki so sicer značilne za bentos, bo zaradi delujočih podvodnih izvirov in vertikalnih tokov v prosti vodi visok in bo višji v kotanji z bolj dejavnimi izviri.

2 PREGLED OBJAV

2.1 IZVIR

V naravnih krajinah so vodni habitati ključni element biodiverzitete vodne favne in flore, pomembno vlogo pa imajo tudi pri razvoju kopenskih združb. Izvir je s hidrogeološkega vidika definiran kot točno določeno mesto, kjer podzemna voda prihaja na površje. Z ekološkega vidika pa je izvir veliko bolj kompleksno okolje, ki ima velik vpliv na krajino. Glavne fizikalne in kemijske lastnosti izvirov (npr. bolj ali manj stabilna temperatura in prevodnost, vsebnost kisika in stopnja mineralizacije) ter nekatere biološke posebnosti (prisotnost stigofilnih in stigobiontskih organizmov) določa njihov vodonosnik. Preko vodonosnika se na vodi, ki polni izvir, kažejo vsi neposredni in posredni vplivi s celotnega prispevnega območja. Večji in globlji kot je vodonosnik, bolj stabilne razmere ima izvirska voda (Cantonati in sod., 2006).

Na izvir večinoma gledamo kot na začetek vodotoka in dogodke dolvodno povezujemo s stanjem v izviru. Vendar so migracije nekaterih nevretenčarjev gorvodno do izvira izjemnega pomena za kolonizacijo izvirskega habitata. Krenocenozo ali izvirsko združbo tako poleg izvirskih živali in rastlin tvorijo še podzemni organizmi iz vodonosnika in reofilna favna (vezana na hitro tekoče vode) iz okoliških vodnih habitatov (Cantonati in sod., 2006). Z ekološkega vidika izviri predstavljajo ekoton (prehodni pas med dvema različnima ekosistemoma (Tarman, 1992)), ki povezuje površje s podzemno vodo. Pomembna lastnost izvirov je tudi njihova mozaična struktura (Cantonati in Ortler, 1998). Kljub njihovi omejeni velikosti so heterogeno okolje, ki ga sestavljajo številni mezohabitati. Ravno mozaična struktura v kombinaciji z raznovrstnostjo substrata in široko izbiro hrane omogoča veliko biodiverzitetu in visoke gostote populacij (Cantonati in sod., 2006). Kljub temu da so nekateri raziskovalci prepoznali njihovo visoko biodiverzitetu, so izvirski habitati slabo raziskani.

Hynes (1970) je definiral 3 tipe izvirov: helokreni, limnokreni in reokreni izvir. Zaradi fizičnih razlik med oblikami izvirov nastanejo razlike v kemični in biološki strukturi, kar se kaže tudi v drugačni vrstni sestavi (Hynes, 1970).

Pri helokrenem izviru voda počasi mezi iz tal in le počasi nastaja studenček. Prostorsko ni tako omejen kot reokreni ali limnokreni izvir. Takšno območje je zamočvirjeno, vsa tla v okolici so namočena (Rejic, 1963).

Reokreni izviri se nahajajo na strmih območjih (Rejic, 1963). Voda, ki pride na površje, takoj odteče po strugi (Hynes, 1970). Dno izvirske kotanje je sprano, kamnito ali skalnato (Rejic, 1963).

Limnokreni izviri so prisotni na ravnih predelih nižin in gora (Rejic, 1963). Voda, ki pride iz podzemlja, oblikuje stalno jezero, ki je globlje kot pri helokrenih izviri (Hynes, 1970). Blatno dno in počasi tekoča voda v takšnih oblikah izvirov omogočata naselitev vodnih rastlin, tako nižjih kot višjih (Rejic, 1963).

2.1.1 Fizikalne in kemijske značilnosti vode v izvirih

Kisik

Kisik potrebujejo vsi aerobni organizmi za respiracijo. V vodi je kisik manj dostopen kot v zraku. V največji meri vstopa v vodo preko difuzije iz zraka, njegova topnost v vodi pa je odvisna od temperature vode. Nivo kisika v vodi je odvisen tudi od hitrosti toka. Pri hitro tekočih in turbulentnih vodah je difuzija iz zraka večja, medtem ko je pri stoječih vodah manjša. Pomemben vpliv na vsebnost kisika imajo tudi avtotrofni organizmi. S fotosintezno aktivnostjo lahko povzročijo prenasičenost s kisikom preko dneva. Ponoči zaradi dihanja in odsotnosti fotosinteze vrednosti lahko močno padejo (Giller in Malmqvist, 1998). V podzemlju večinoma potekajo le respiracijski in dekompozicijski biološki procesi, kjer je poraba kisika velika. Posledično je voda, ki priteče na površje, revna s kisikom in bogata z ogljikovim dioksidom (Cantonati in sod., 2006).

Temperatura

Fiziološki procesi (respiracija, fotosinteza itd.) temeljijo na biokemičnih reakcijah, te pa so odvisne od okoliške temperature. Tudi stopnja rasti, produktivnost in dolžina življenjskega cikla so pri poikilotermnih organizmih (večina živali celinskih voda in vse rastline) temperaturno odvisni. Temperatura tako neposredno vpliva na vodne združbe, posredni vpliv pa ima preko koncentracije kisika, ki je omenjena zgoraj. Vodo ogreva sončno sevanje, toplota pa se prevaja tudi iz zraka ali iz podlage. Vodno telo izgublja toploto preko radiacije na površini, z evaporacijo in preko prevajanja na površini in v substratu (Giller in Malmqvist, 1998).

Temperatura izvirske vode je za razliko od ostalih vodnih habitatov dokaj konstantna preko celega leta. Med najpomembnejšimi dejavniki, ki določajo temperaturo v izviru, so globina in hitrost podvodnega toka ter velikost in nadmorska višina prispevnega območja (Cantonati in sod., 2006).

Svetloba

Glavni vir energije v površinskih vodah je sončno sevanje. Nivo svetlobe vpliva na rastlinske populacije in stopnjo primarne produkcije. Količina sončnega sevanja, ki doseže rastline, je odvisna od obdobja v letu, geografije, nadmorske višine, stanja atmosfere in lokalnih dejavnikov, kot sta vodna globina in prosojnost vode (Giller in Malmqvist, 1998).

Substrat

Substrat zagotavlja habitatni prostor za številne dejavnosti, kot so gibanje, razmnoževanje, ukoreninjanje, zatočišče pred plenilci in tokom (Giller in Malmqvist, 1998). Pomembno vlogo ima tudi pri kroženju elementov. Vpliva na transport hranil in odpadnih snovi ter sodeluje pri izmenjavi snovi z vodo. Substrat delimo na anorganski in organski substrat (Urbanič in Toman, 2003).

pH

Vodno telo na trdnih magmatskih kamninah ima nizko vsebnost raztopljenih soli in majhno pufersko sposobnost. Zato so vode na takšnem območju mehke in dokaj kisle (pH od 3,5 do 5,5). Vodna telesa na sedimentnih kamninah, še posebej na apnenčastih, so bogata s karbonati, ki zagotavljajo pH-stabilnost vode. Ob nizkih koncentracijah ogljikovega dioksida kalcijev bikarbonat razpade. V reakciji se sproščata apnenec in ogljikov dioksid, ki

zagotavljata ravnotežje. Takšne vode so običajno trde in imajo višje vrednosti pH (od 7,5 do 8,5) (Giller in Malmqvist, 1998).

Na pH vrednost poleg substrata vplivajo tudi vsebnost ogljikovega dioksida, kislini onesnaževalci (nitrati in sulfati) in fotosintezna aktivnost rastlin (Cantonati in sod., 2006).

Dušik

Nitratni ioni (NO_3^-) so končni produkt aerobne razgradnje organskih dušikovih spojin in so naravno prisotni v vodnih telesih. So pomembna hranilna snov za avtotrofne organizme, ki jih asimilirajo in vgrajujejo v svoje celične proteine. Sezonsko nihanje nitratov v neonesnaženih vodnih telesih je posledica različne stopnje primarne produkcije in odmiranja organizmov. Povišanje koncentracij povzročita spiranje gnojenih kmetijskih površin in prisotnost komunalnih in industrijskih odpadnih voda (Urbanič in Toman, 2003). V stoječih vodah večje vrednosti spodbudijo razrast alg. Večina tal ima slabo absorpcijsko sposobnost, zato so v izvirih značilne višje vrednosti nitrata kot v okoliških površinskih vodah (Cantonati in sod., 2006).

Anorganski dušik v obliki amonija je prisoten v izvirih s slabimi kisikovimi razmerami. Vrednosti NH_4^+ , ki so višje od 0,04 mg/L, so posledica organskega onesnaževanja (Cantonati in sod., 2006).

Fosfor

Fosfor se izpira s podlage v manjših količinah. V biosferi je omejujoč dejavnik, ki ga aktivno privzemajo primarni producenti. Zato je v naravnih vodnih sistemih prisoten v nizkih koncentracijah. Na območjih s kmetijskimi površinami so vrednosti višje (Giller in Malmqvist, 1998). V neonesnaženih izvirih, ki so oligotrofna okolja, so vrednosti nižje od 0,01 mg/L (Cantonati in sod., 2006).

2.1.2 Življenjske združbe izvirov

Posebnosti izvirskih okolij so povzročile evolucijo krenobiontskih (živijo samo v izvirih), krenofilnih (živijo večinoma v izvirih) in krenoksenih (samo občasno živijo v izvirih) organizmov (Cantonati in Ortler, 1998).

Prevladujoče skupine fitobentosa v izvirih so kremenaste alge in cianobakterije. Kremenaste alge so podrobneje opisane v spodnjih poglavjih. Od ostalih skupin alg so za izvire značilne: zlatorjava alga *Hydrurus foetidus*, nitaste in enocelične zelene alge (Desmidiaceae in Zygnematales), ki so zlasti razširjene v helokrenih izvirih z muljastim substratom, različne vrste rumenih alg iz rodu *Vaucheria* pa so pogoste predvsem na karbonatni podlagi (Cantonati in sod., 2006). Med cianobakterijami so najbolj pogosti in vrstno najbolj bogato zastopani rodovi *Chamaesiphon*, *Homoeothrix* in *Phormidium* (Cantonati in sod., 2006).

Mahovi so v vodah običajno najbolj pogosti v izvirskem delu in so mezohabitat za specifično mikrofavno. *Cratoneuron* spp., *Brachytecium rivulare* in *Philonotis* spp. so primeri mahov z ekološkim optimumom v izvirih (Cantonati in sod., 2006).

Vrstno najbolj bogate skupine makrozoobentosa so dvokrilci, mladoletnice, vrbnice, raki, vodne pršice in mnogoščetinci. Veliko družin mehkužcev je krenofilnih ali krenoksenih. Nekaj vrst iz rodu *Theodoxus* in *Ancylus* najdemo v reokrenih izvirih, vrste iz rodu *Radix* spp. pa v limnokrenih izvirih. Naddružina Hydrobioidea vključuje veliko stenotermnih krenobiontskih vrst, ki so indikatorji vode s stalno temperaturo preko leta. Mnogoščetinci so v izvirih zelo pogosti, zlasti v habitatih z veliko vsebnostjo organskih snovi lahko prevladujejo. Najbolj pogosta družina je Enchytraeidae, velike populacije pa lahko tvorijo tudi predstavniki družine Lumbriculidae. Med vodnimi pršicami je presenetljivo število krenobiontov, zlasti iz družin Hydryphantidae, Anisitsiellidae in Lebertiidae (Tarman, 1992). Rake v izvirih zastopajo predvsem ceponožci in dvoklopniki, ki jih lahko označimo kot stigobionte. Tako kot v ostalih vodnih telesih pa so tudi v izvirih najbolj pestra živalska skupina insekti. Večina jih preživi v vodi le del svojega življenjskega cikla. Tipični predstavniki krenobiontov so ličinke mladoletnic (npr. *Agapetus fuscipes*, *Crunoecia irrorata*) in dvokrilcev (*Pedicia rivosa*) ter vrbnic (Cantonati in sod., 2006; Tarman, 1992).

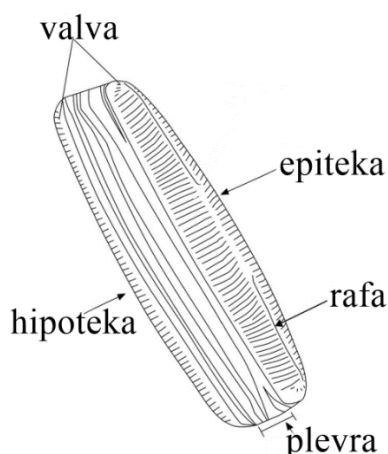
Edini tipični predstavnik vretenčarjev v izvirih je navadni močerad (*Salamandra salamandra*). Ribe so običajno odsotne, razen nekaj izjem. Odsotnost te pomembne komponente ima močan vpliv na strukturo prehranske verige, na tip avtotrofnih združb in na preživetje nevretenčarjev, ki nimajo potencialnih plenilcev (Cantonati in sod., 2006).

2.2 KREMENASTE ALGE

Kremenaste alge ali diatomeje so enocelične evkariontske alge z velikostjo od 10 do 400 μm . So ena od najpomembnejših skupin med fotosintetskimi evkarionti. Proizvedejo 20–25 % celotne organske mase na Zemlji. Prisotne so v planktonu in bentosu v oceanih, v brakičnih vodah, v različnih habitatih celinskih voda ter v občasno namočenih kopenskih ekosistemih.

Njihova s kremenom prepojena celična stena, ki jo imenujemo frustula, je zgrajena iz dveh polovic, ki se prekrivata kot škatla za čevlje. Večjo polovico imenujemo epiteka, manjšo pa hipoteka. Ravno površino frustule imenujemo valva, ukrivljen bočni rob pa plevra. Celotna lupina je bogato strukturirana. Če gledamo celice iz bočne (plevralne) strani, so večinoma pravokotne oblike, valva pa je zelo različno oblikovana in je skupaj s strukturo frustule najpomembnejši znak za določevanje vrst (Jogan, 2001).

Celice so večinoma kokalne, predstavniki nekaterih vrst pa lahko tvorijo različne oblike kolonij. Razmnožujejo se nespolno z delitvijo. Ob delitvi celic vsaka novonastala celica dobi en del materinskega protoplasta in en del teke, manjkajoči del pa nadomesti s hipoteko. Ob takšnem procesu se velikost celic postopoma zmanjšuje. Pri kritični velikosti (30–40 % maksimalne velikosti) pride do spolnega razmnoževanja z izogamijo ali oogamijo (Jogan, 2001; Vrhovšek, 1985).



Slika 1: Skica frustule bilateralno simetrične kremenaste alge.

Kremenaste alge, z visoko raznovrstnostjo tako na lokalni kot na regionalni ravni, predstavljajo velik del biodiverzitete celinskih voda. Njihova relativno ozka toleranca za različne okoljske dejavnike se kaže kot tesna povezava med združbo in okoljem. Zaradi kremenaste celične stene so dobro preučene. Kombinacija vseh teh lastnosti omogoča, da je analiza kremenastih alg uporabno orodje za določanje trenutnega ekološkega stanja. Predpogoj za določitev ekoloških razmer pa je pravilno razumevanje osnovnih ekoloških in evolucijskih procesov, ki vplivajo tako na regionalno razširjenost vrst kot na lokalno številčnost (Cantonati in sod., 2006).

Na prostorsko razširjenost kremenastih alg imajo močan vpliv okoljske značilnosti, kot so npr. tip podlage (granit, karbonat) in pa zemljepisna širina ter dolžina, ki imata posreden vpliv na fizične in kemijske lastnosti vodnega telesa. Pomembnost okoljskih in zgodovinskih vplivov variira z obsegom opazovanega območja. Na kontinentalni ravni so združbe podvržene vplivom zgodovinskih dogodkov (npr. glacial) in speciacije, pomembni pa so tudi lokalni okoljski dejavniki. Na lokalni ravni (npr. izvir) je heterogenost definirana z okoljskimi dejavniki, kot so stopnja osvetljenosti, objedanja in sukcesije ter sestava substrata (Soininen, 2007).

Glede na življenjsko okolje ločimo bentoške in planktonske združbe kremenastih alg. Bentoške alge so vezane na substrat oziroma na katero koli površino v vodnih okoljih. Med temi združbami glede na habitat in na hidromorfološke razmere razlikujemo: (a) epipelične alge, ki naseljujejo drobnozrnate sedimente; (b) epilitične alge, ki se razraščajo po kamenju in skalah; (c) epifitske alge, ki preraščajo površine makrofitov; (d) epizoične alge, ki naseljujejo površine različnih živali, in (e) epipsamične alge, ki jih najdemo na ali med premikajočim se peskom.

Planktonske združbe živijo v vodnem stolpcu in imajo številne prilagoditve (zračni mehurčki, oljne kapljice, različni izrastki itd.), s katerimi preprečujejo tonjenje. Široko so razširjene v lentičnih (stoječih) vodah in v večjih tekočih vodah s počasnim tokom (Vrhovšek, 1985; Wetzel, 2001)

Tihoplankton predstavlja neko vmesno stopnjo. Tvorijo ga primarno bentoške alge, ki lahko v odvisnosti od hidrodinamike vstopijo v vodni stolpec.

Epipelon

Epipelonsko združbo gradijo večje (običajno $> 10 \mu\text{m}$) mobilne vrste, ki se prosto gibljejo med delci sedimenta (Herlory in sod., 2004). Ta skupina je pogostejša na razmeroma sprijetih muljastih sedimentih (Haubois in sod., 2005). Njihove značilne vertikalne migracije v sedimentu uravnavajo endogeni dnevni ritmi in okoljski dejavniki, kot sta temperatura in sončno sevanje (Saburova in Polikarpov, 2003; Coelho in sod., 2011). Formacija biofilma je dvofazni proces. Razmeroma majhen skupek celic na površini se pojavi že nekaj ur pred začetkom sončnega sevanja (endogeno uravnavanje), izpostavljenost svetlobi pa sproži popolno formacijo biofilma (eksogeno uravnavanje) (Coelho in sod., 2011). Z migracijo navzgor pridejo do svetlobe, ki jo potrebujejo za fotosintezo. Ob mraku se umaknejo v globlje plasti. Takšna prilagoditev jim omogoča preživetje pri povečanem toku in ob nanosu večje plasti sedimenta (Saburova in Polikarpov, 2003).

Tihoplankton

Tihoplankton je slabo definirana skupina večjih, večinoma negibljivih prostoživečih kremenastih alg, ki živijo v prostorčkih med delci sedimenta. Te primarno bentoške vrste lahko v odvisnosti od hidrodinamike vstopijo v vodni stolpec namenoma ali nenamenoma in začasno živijo kot plankton (Koh in sod., 2006). Tihoplanktonske vrste so zelo pogoste v jezerih, zlasti v majhnih, kjer so zelo pogoste bentoške vrste, ki niso močno pritrjene in jih lažje zanese v vodni stolpec (Smol in sod., 2001).

Plankton

Planktonsko združbo lahko razdelimo na tiste vrste, ki preživijo ves življenjski cikel v vodnem stolpcu (holoplankton), in na tiste, ki preživijo samo del življenjskega cikla v vodnem stolpcu (meroplankton). Prave holoplanktonske vrste so pogoste v morskih okoljih. V jezerih je večina planktonskih vrst meroplanktonskih, saj preživijo neugodne razmere v sedimentu (Smol in sod., 2001).

2.3 KREMENASTE ALGE V IZVIRIH

Kremenaste alge so najpomembnejša komponenta mikroflore izvirov. Zaradi nizke vsebnosti hranil, zmerne toka vode in konstantne temperature so izviri lahko ustrezen habitat za širok razpon vrst (Cantonati, 1998).

Najpogostejši in številčno najbolj zastopani vrsti v izvirih sta *Achnantheidium minutissimum* in *Diatoma mesodon*, najbolj vrstno bogati rodovi pa so *Achnantheidium* (zlasti na silikatni podlagi), *Cymbella* (zlasti na karbonatni podlagi) in *Navicula*, medtem ko sta *Eunotia* in *Pinnularia* pomembna rodova na silikatni kamniti podlagi (Cantonati in sod., 2006). Izvire na silikatni podlagi bolj zaznamujejo vrste z borealno-alpsko razširjenostjo, medtem ko izvire na apnenčasti podlagi večinoma naseljujejo kozmopolitske vrste (Sabater in Roca, 1992). Na strukturo združb kremenastih alg v izvirih imajo največji vpliv vodni tok, pH in prevodnost vode (Cantonati in sod., 2006).

Tipične izvirske združbe se razvijejo v izviri z bolj umirjenim tokom, medtem ko se v hitro tekočih izviri pojavljajo širše razširjene reofilne vrste (Cantonati in sod., 2006). V izviri s počasnim tokom (limnokreni), kjer sama hitrost toka nima bistvenega vpliva na sestavo združb, do izraza pridejo ostali pomembni dejavniki, kot so: pH in prevodnost vode, vsebnost anorganskega dušika, velikost delcev substrata, svetloba in temperatura (Cantonati in Spitale, 2009). Počasen tok omogoča kolonizacijo več različnih mezohabitatov, zato je diverziteta v takšnih izviri večja, združbe pa so bolj karakteristične (Sabater in Roca, 1992).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 PREUČEVANO OBMOČJE

Zelenci so 54 ha veliko mokrišče pri Podkorenu na Gorenjskem, poznano kot izvir Save Dolinke. Posebnost in edinstvenost tega mokrišča je njegova kompleksnost in krajinska pestrost, saj se na majhni površini nahajajo tako povirje, jezerca z brbotajočimi podvodnimi izviri, vodna okna in meandrirajoča struga kot prehodno in nizko barje. Tu se pojavljajo številne redke in ogrožene rastlinske in živalske vrste (Po poteh WETMAN-A, 2014). Leta 1992 so bili zaradi izrednega biološkega, hidrološkega, geološkega in krajinskega pomena razglašeni za naravni rezervat (Odlok o razglasitvi Zelencev za naravni rezervat, Ur. l. RS, št. 53/92). Zelenci so naravna vrednota državnega pomena (id. št. 360), del ekološko pomembnega območja (id. št. 26800) in posebno ohranitveno območje (SCI SI3000087) (Uredba o Naravnem rezervatu Zelenci, Ur. l. RS, št. 53/2013).

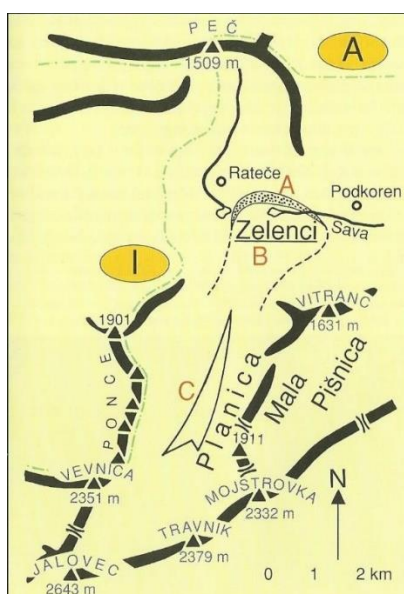


Slika 2: Mokrišče Zelenci z zračne perspektive (foto: Matevž Lenarčič). Videti je izvirsko kotanjo in iztok vode, ki se razliva v močvirje.

Na severni strani mokrišča so Karavanke, ki so precej enoten niz paleozojskih kamnin. V celoti jih pokrivajo gozdovi z redkimi travniki. Drugačno kamninsko sestavo in videz imajo Julijske Alpe na južni strani, ki jih gradijo apnenci in dolomiti iz srednjega in zgodnjega triasa. Vitranc (1631 m) je poraščen z gozdovi in travniki, medtem ko so višje okoliške gore poraščene v spodnjih legah, v višjih legah pa opazimo golo skalovje (Gregori, 1980; Gregori, 2011). Gorenjesavska dolina je tektonskega nastanka, saj leži vzdolž Savske prelomnice. Tektonskega nastanka so tudi okoliške doline, ki potekajo v smeri proti jugu (Gregori, 1980).

V zadnji poledenitvi (pred 20.000 leti) je segal iz Planice t. i. planiški ledenik. Ob njegovi čelni moreni je nastalo jezero Zelenci (Gregori, 2011).

Voda slapa Nadiže v Tamarju in drugi pritoki s pobočij doline Planice, ki prispevajo več vode kot sama Nadiža, se kmalu izgubijo v kamnitih nanosih. Ko pod planiškim vršajem pritečejo na najnižji del, zadenejo ob neprepustni morenski nasip in voda privre na dan v številnih izvirih. Zbira se v Zelence, 1400 m² veliko izvirsko kotanjo, ki je ostanek nekdanj veliko večjega Korenškega jezera. Voda izvira tudi iz samega dna Zelencev, videti je, kot bi vrela iz majhnih »vulkančkov«. Pozemna voda je nasičena s karbonatom, iz nje se ob spremenjenih fizikalno-kemičnih pogojih izloča apnenec in se zaradi mirnega vodnega okolja jezerc odlaga (obarja) na dno kot kemijski sediment (Gregori, 1994). Voda odteka proti vzhodu, počasi vijuga med grmovjem po poplavni ravnici oziroma nekdanjem dnu Podkorenskega jezera in se razliva v obširno močvirje z nizkim barjem v osrednjem delu. Proti koncu močvirja se voda ponovno zliva v strugo in odteka iz močvirja (Gregori, 1980).



Slika 3: Zemljevid, ki ponazarja nastanek Zelencev: A – čelna morena; B – vršaj; C – nekdanji ledenik (Gregori, 1994:15).

3.1.1 Vzorčna mesta

Vzorčno mesto Z1

Vzorčno mesto Z1 je v izvirski kotanji pri prvem pomolu. Velikost kotanje je približno 40 m². Povprečna globina kotanje je 2 metra, vendar se dejanska globina konstanto spreminja v odvisnosti od okoljskih dejavnikov. Na desni strani pomola se razrašča latasti šaš (*Carex paniculata*). V vodi je prisotna lasastolistna vodna zlatica (*Ranunculus trichophyllus*). Na tem vzorčnem mestu je več podvodnih izvirov v primerjavi z vzorčnim mestom Z2. Število delujočih izvirov se v obdobju spreminja. Avgusta in oktobra leta 2014 jih je bilo okoli 15 in so v premeru merili do 20 cm. Aprila in junija leta 2015 pa smo v tej kotanji opazili največ 2 delujoča podvodna izvira.

Vzorčno mesto Z2

Vzorčno mesto Z2 je v izvirski kotanji pri drugem pomolu. Velikost kotanje je približno 5 m². Globina na tem vzorčnem mestu je manjša v primerjavi z vzorčnim mestom Z1, in sicer je povprečna globina 1,1 metra. Na desni strani pomola se razrašča kljunasti šaš (*Carex rostrata*), na levi strani pa latasti šaš (*Carex paniculata*). V vodi je prav tako prisotna lasastolistna vodna zlatica (*Ranunculus trichophyllus*). Na tem vzorčnem mestu je manj podvodnih izvirov. Avgusta in oktobra leta 2014 sta bila opažena največ 2 izvira, ki sta bila v premeru manjša od 10 cm, pri ostalih vzorčenjih pa delujočih izvirov nismo opazili.

Vzorčno mesto Z4

Vzorčno mesto Z4 je na drugi strani lesenega mostička, za drugim pomolom. Voda na tem mestu priteka iz severne strani in ima nizek vodostaj (do 0,5 m). Mesto v celoti prerašča latasti šaš (*Carex paniculata*).

Vzorčno mesto Z6

Vzorčno mesto Z6 je v smrekovem gozdu levo od opazovalnice. Voda ima zelo majhen pretok in se izteka mimo vzorčnega mesta Z4 v izvirsko kotanjo. Voda je bila v času vzorčenja prisotna le od avgusta 2015 do februarja 2016.

Vzorčno mesto A

Vzorčno mesto A je pritok zahodno od izvirske kotanje. Je stalni površinski dotok, ki napaja izvirsko kotanjo. Natančnejša lokacija vzorčenja je približno 40 metrov nad vtokom, med vrbovjem. Gre za pritok z razmeroma hitrim tokom in prodnato-kamnitim substratom.



Slika 4: Prikaz lokacij vzorčnih mest (foto: Matevž Lenarčič).

3.2 MERITVE NA TERENU IN VZORČENJE

Vzorčenje smo izvajali v obdobju od avgusta 2014 do avgusta 2015 v dvomesečnih presledkih. Na ta način smo pridobili sedem vzorcev: avg. 14, okt. 14, dec. 14, feb. 15, apr. 15, jun. 15 in avg. 15.

Na vzorčnih mestih Z1, Z2, Z4, Z6 in A smo z multimetrom (EUTECH, PCD 650) izmerili pH, temperaturo vode [°C], prevodnost [$\mu\text{S}/\text{cm}$], TDS [mg/L], vsebnost kisika [mg/L] in nasičenost vode s kisikom [%]. Če na vzorčnih mestih ni bilo dovolj vode, kar se je zgodilo aprila na Z6 in junija ter avgusta na Z4 in Z6, analiz nismo izvedli.

Na točkah Z1 in Z2 smo z lesenim metrom izmerili razdaljo od gladine vode do spodnjega roba pomola. Na ta način smo izračunali vodostaj.

3.2.1 Vzorčenje vode in diatomej

Na vzorčnih mestih Z1, Z2, Z4 in A smo s čistimi platenkami zajeli vzorce vode, jih primerno označili in zamrznili. Kasneje smo jih odmrznili in v laboratoriju izvedli kemijske analize vode. Če na vzorčnih mestih ni bilo dovolj vode (junija in avgusta 2015 na Z4), vzorcev vode nismo odvzeli.

S planktonsko mrežo smo na vzorčnih mestih Z1 in Z2 pridobili koncentrirane semikvantitativne planktonske vzorce. Mrežo smo vrgli v vodo na približno isto točko, ki je bila oddaljena 4 m od pomola, počakali, da potone skoraj do dna, in jo potegnili iz vode (vertikalni poteg). Tak met smo ponovili še dvakrat. Četrtrič smo mrežo vrgli na enak način, le da nismo počakali, da bi mreža potonila (površinski poteg). Vzorec iz mreže (70 mL) smo prelili v plastične lončke, jih primerno označili ter dodali lugol.

Na točkah Z1 in Z2 smo iz najplitvejših delov vzeli še vzorce epipelona (E1 in E2). Neposredno s plastičnim lončkom smo iz jezerskega dna postrgali najvišjo plast. Počakali smo, da se je vzorec v lončku nekoliko posedel, in odlili nekaj vode. Vzorce smo označili in jim dodali toliko 37% formalina, da je bila njegova končna koncentracija vsaj 4 %.

3.3 LABORATORIJSKE ANALIZE

3.3.1 Kemijske analize vode

Zamrznjene vzorce vode smo en dan pred analizo odmrznili. S kivetnimi testi HACH Lange smo po standardnih metodah izvedli analize za vsebnost amonija (LCK 304), nitrata (LCK 339) in ortofosfata (LCK 349). S spektrofotometrom HACH Lange LT 200 smo izmerili vsebnost parametrov.

3.3.2 Priprava in pregled vzorcev

Vzorce epipelona in tihoplanktona smo homogenizirali z magnetnim mešalom. S pipeto smo odvzeli 5 mL premešanega vzorca in ga prelili v stekleno centrifugirko. Vzorce smo centrifugirali 10 minut pri 4000 obratih na minuto in odlili supernatant. S stekleno pipeto smo v digestoriju prilili 2 mL 65 % dušikove kisline (HNO₃). Nad gorilnikom smo vzorce segrevali toliko časa, da se je iz centrifugirke pokadil bel dim. Na ta način smo uničili vso organsko snov, zato so v vzorcu ostale le čiste kremenaste lupinice diatomej. Vzorce smo ohladili in jih ponovno centrifugirali 10 minut pri 4000 obratih na minuto. Supernatant smo odlili, prilili 2 mL destilirane vode in ponovno centrifugirali. Spiranje z destilirano vodo smo ponovili še dvakrat. Na koncu smo dodali 2 mL destilirane vode. Iz vsakega vzorca smo pripravili štiri trajne preparate, da smo dobili čim bolj ugoden preparat za pregledovanje. To smo storili tako, da smo na vsako objektno stekelce kapnili kapljico vzorca (0,125 mL). V sušilniku smo pri 50 °C posušili vzorce, dodali Naphrax® in jih pokrili s krovnim stekelcem.

Na tako pripravljenih preparatih vzorcev tihoplanktona smo pod mikroskopom Olympus CX41 pri 400 × povečavi prešteli število frustul kremenastih alg v kapljici in iz tega števila določili gostoto celic na 1 mL.

Kremenaste alge smo nato določili pod svetlobnim mikroskopom Olympus CX41 pri 1000 × povečavi. Pri vsakem tihoplanktonskem vzorcu smo pregledali in določili 200 celic, pri epipelonskem pa 300. Kremenaste alge smo določevali po ključih Hofmann in sod. (2013) in Kramer in Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, 1991b (1. Teil, 2. Teil, 3. Teil, 4. Teil). Poimenovanje v tem delu sledi po ključu Hofmann in sod. (2011), z izjemo vseh vrst iz rodov *Cyclotella* in *Aulacoseira*, katerih poimenovanje sledi ključem Kramer in Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a in 1991b).

3.3.3 Delitev vrst kremenastih alg v različne tipe

Vrste diatomej smo razdelili med planktonske, nizkoslojne, visokoslojne in hitro gibljive vrste po Rimet in Bouchez (2012).

V skupino nizkoslojnih vrst sodijo vrste manjše rasti. Skupina vključuje ležeče vrste, ki so na podlago pritrjene s celotno površino valve, kipeče, ki so na površino pritrjene samo točkovno in postavljene diagonalno na podlago, pokončne vrste, ki so ravno tako pritrjene

samo točkovno, postavljene pa so pravokotno na podlago, in počasi gibljive vrste. Vrste iz te skupine diatomej so odporne na fizične motnje (turbulenca vode) in ne tolerirajo visoke vsebnosti hranil v vodi.

V skupino visokoslojnih vrst sodijo večje vrste ali vrste, ki tvorijo različne oblike kolonij. Vrste iz te skupine so občutljive za fizične motnje, tolerirajo pa visoko vsebnost hranil v vodi.

V skupino hitro gibljivih vrst sodijo vrste, ki so zmožne premikanja (npr. *Navicula*, *Nitzschia*). Te vrste so občutljive za turbulenten tok vode, tolerirajo pa visoke vsebnosti hranil v vodi.

Planktonske vrste so na lentična okolja prilagojene z morfološkimi adaptacijami, s katerimi preprečujejo sedimentacijo.

3.4 STATISTIČNE ANALIZE

3.4.1 Gostota celic

Gostota celic je definirana kot število celic na enoto volumna. Z izračunom smo določili število kremenastih alg v 1 mL vode.

$$G = \frac{f * V_v * 1000}{\pi * r^2 * p * d * V_k} \quad \dots(1)$$

G – gostota celic v 1 mL vode

d – dolžina potega planktonske mreže

f – število frustul v eni kapljici vzorca

p – število potegov planktonske mreže

r – polmer planktonske mreže

V_k – volumen 1 kapljice

V_v – volumen skoncentriranega vzorca

3.4.2 Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks

Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks je danes najbolj razširjena analiza za merjenje diverzitete. Prednost tega diverzitetnega indeksa je neodvisnost od površine vzorčenja in upoštevanje relativnih abundanc posamičnih taksonov. Višja kot je vrednost indeksa, večja je diverziteta (Urbanič in Toman, 2003). Izračun poteka po enačbi:

$$H' = \sum_{i=1}^n p_i * \log_2 p_i \quad \dots(2)$$

H' – diverziteta

p_i – delež taksona i

n – število taksonov

Wilhm in Dorris (1966) sta na osnovi Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa predlagala razrede kakovosti vodnega okolja.

Preglednica 1: Razredi kakovosti vodnega okolja na osnovi S-W diverzitetnega indeksa (Wilhm in Dorris, 1966).

Vrednost diverzitetnega indeksa	Kakovost vode
H' > 3	neobremenjena
H' = 2–3	malo obremenjena
H' = 1–2	srednje obremenjena
H' < 1	močno obremenjena

3.4.3 Saprobní indeks

Saprobní indeks prikazuje organsko obremenitev v vodi. Vsaka vrsta ima določeno saprobno vrednost, ki je ocena ekološkega pojavljanja vrste, določena pa ji je tudi indikatorska vrednost. Vrste, ki imajo ozko ekološko valenco, imajo višjo indikatorsko vrednost in obratno (Urabnič in Toman, 2003). Saprobní in indikatorske vrednosti smo povzeli po Kosi in sod. (2006). Za izbrano vzorčno mesto izračunamo vrednost saprobnega indeksa po enačbi:

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^n (h_i * G_i * s_i)}{\sum_{i=1}^n (h_i * G_i)} \quad \dots(3)$$

h_i – relativna abundanca taksona i

G_i – indikatorska vrednost taksona i

s_i – saprobna vrednost taksona i

n – število taksonov

Glede na vrednost indeksa uvrstimo vodno telo na posamičnih vzorčnih mestih v ustrezen kakovostni razred (Sladeček, 1975).

Preglednica 2: Kakovostni razredi vodnega okolja na osnovi SI (Sladeček, 1975).

Kakovostni razred	Vrednosti SI	Saprobná stopnja	Stopnja obremenjenosti
1	1–1,5	oligosaprobna	neobremenjen do zelo malo obremenjen
1–2	1,51–1,8	oligo- do β -mezosaprobna	malo obremenjen
2	1,81–2,3	β -mezosaprobna	zmerno obremenjen
2–3	2,31–2,7	β - do α -mezosaprobna	srednje obremenjen
3	2,71–3,2	α -mezosaprobna	srednje do močno obremenjen
3–4	3,21–3,5	α -mezo- do polisaprobna	močno obremenjen
4	3,51–4	polisaprobna	zelo močno obremenjen

3.4.4 Trofični indeks

Trofični indeks je namenjen ocenjevanju trofičnega stanja. Trofične in indikatorske vrednosti smo povzeli po: Kosi in sod. (2006). Vrednost TI izračunamo po enačbi:

$$TI = \frac{\sum_{i=1}^n (TW_i * G_i * H_i)}{\sum_{i=1}^n (G_i * H_i)} \quad \dots(4)$$

H_i – relativna abundanca taksona i

G_i – indikatorska vrednost taksona i

TW_i – trofična vrednost taksona i

n – število taksonov

Na podlagi vrednosti trofičnega indeksa določimo stopnjo trofičnosti (Rott in sod., 1999).

Preglednica 3: Stopnja trofije na podlagi TI (Rott in sod., 1999).

Trofični indeks	Stopnja trofičnosti	Skupni letni fosfor (mg/L)	Ekstremne vrednosti skupnega fosforja (mg/L)
≤ 1	ultraoligotrofno	< 0,005	< 0,010
1,1–1,3	oligotrofno	< 0,010	< 0,020
1,4–1,5	oligo-mezotrofno	0,010–0,020	< 0,050
1,6–1,8	mezotrofno	< 0,030	< 0,100
1,9–2,2	mezo-evtrofno	0,030–0,050	< 0,150
2,3–2,6	evtrofno	0,030–0,100	< 0,250
2,7–3,1	ev-politrofno	> 0,100	> 0,250
3,2–3,4	politrofno	0,250–0,650	> 0,650
> 3,5	poli-hipertrofno	> 0,650	> 0,650

3.4.5 Klastrska analiza združb

Z Bray-Curtisovim indeksom podobnosti izračunamo stopnjo podobnosti v vrstni sestavi med različnimi združbami. Indeks upošteva vrstno sestavo in pogostost pojavljanja posamične vrste. Indeks podobnosti izračunamo po enačbi (5) ali (6). Podobnost prikažemo v obliki dendrograma.

$$S_{BC} = \frac{2w}{(A + B)} \quad \dots(5)$$

ali

$$S_{BC} = 1 - \frac{\sum |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum (y_{ij} + y_{ik})} \quad \dots(6)$$

w – število skupnih osebkov v obeh vzorcih

A – število osebkov v prvem vzorcu

B – število osebkov v drugem vzorcu

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

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

3.4.6 Multivariatne analize

Vpliv posameznih dejavnikov in jakost vpliva določenega dejavnika na sestavo združbe kremenastih alg smo preverjali z direktno gradientno analizo. Najprej smo za tihoplanktonsko združbo izvedli analizo razporejenosti podatkov o vrstni sestavi, in sicer s korespondenčno analizo z odstranjenim trendom (DCA). S to analizo smo želeli ugotoviti, ali so taksoni vzdolž potencialnih gradientov porazdeljeni unimodalno ali linearno. Ugotovili smo, da so porazdeljeni linearno (dolžina gradienta = 1,7), zato smo v nadaljevanju uporabili redundančno analizo (RDA). Analize smo izvedli s programskim paketom CANOCO 4.5 (ter Braak in Šmilauer, 2002).

Redundančna analiza (RDA)

S to direktno gradientno analizo lahko poiščemo povezave med vrstno sestavo preučevane združbe kremenastih alg in med vsemi izbranimi dejavniki oziroma na ta način preverimo, ali le-ti vplivajo na vrstno sestavo. Omenjeni vpliv smo preverjali z redundančno analizo (**RDA**). Za izvedbo analize smo uporabili program CANOCO 4.5 (Software for Canonical Community Ordination, verzija 4.5 (ter Braak in Šmilauer, 2002)). Z analizo smo ugotovili, s katerimi okoljskimi dejavniki lahko najboljše pojasnimo variabilnost v vrstni sestavi. Njihov vpliv na vrstno sestavo smo preverjali z vnaprejšnjo izbiro spremenljivk. Po treh krogih preverjanja vpliva posameznih spremenljivk na variabilnost združbe smo upoštevali le tiste, ki imajo statistično značilen vpliv. Na osnovi teh parametrov smo izrisali ordinacijski diagram. Ordinacijski diagram smo izrisali tudi na osnovi rezultatov DCA, le da je tam razporeditev vzorcev/sestojev rezultat podobnosti oziroma različnosti v vrstni sestavi. Za okoljske spremenljivke smo izbrali: datum vzorčenja, pH, temperaturo, prevodnost, skupne raztopljene snovi (TDS), vsebnost kisika in nasičenost s kisikom ter vsebnost ortofosfata, amonija in nitrata.

3.4.7 Analize različnih tipov vrst

Razdelitev tipov vrst smo izvedli po Rimet in Bouchez (2012). Vrste smo ločili glede na pogostost v tihoplanktonu in v epipelonu. Ta postopek vključuje samo arbitrarno določen nabor vrst in ne upošteva njihove pogostosti pojavljanja v združbah (glej sliko 20). V nadaljnjo analizo pa smo vključili vse vrste za vse mezohabitate (Z1, Z2, E1 in E2) in upoštevali njihove deleže pogostosti (glej sliko 21).

4 REZULTATI

4.1 ABIOTSKI DEJAVNIKI

4.1.1 Vodostaj nad kotanjo Z1 in Z2

Kotanja na vzorčnem mestu Z2 je plitvejša kot kotanja na VM Z1. Najvišji vodostaj smo izmerili meseca decembra, najnižjega pa aprila (Priloga C).

4.1.2 Temperatura

Razpon med najnižjo in najvišjo izmerjeno temperaturo je bil 4,7 °C. Najnižja vrednost (4,9 °C) je bila izmerjena v vzorcu dec. 14, najvišja (9,6 °C) pa v vzorcu jun. 15 (Slika 5).

4.1.3 Vsebnost kisika in nasičenost s kisikom

Vrednosti koncentracije raztopljenega kisika so bile med 4,4 in 10,3 mg/L (Priloga C), nasičenost s kisikom pa med 39 in 92 % (Slika 6). V izvirski kotanji (Z1 in Z2) so se vrednosti vsebnosti kisika gibale od 7,2 do 10,3 mg/L. V glavnem površinskem pritoku (A) so se pojavljale vrednosti od 7,8 do 9,8 mg/L. Večja nihanja smo izmerili na VM Z4 in Z6, kjer so se vrednosti gibale od 4,4 do 9,1 mg/L.

4.1.4 pH

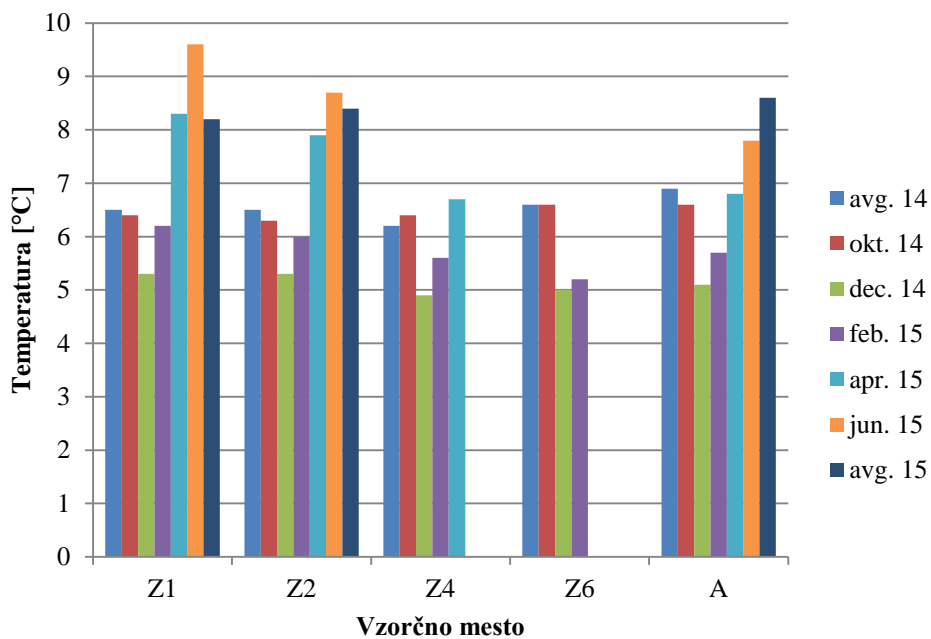
Izmerjene pH vrednosti so nihale med 6,6 in 7,7. Na vseh vzorčnih mestih, razen na Z6, so vse vrednosti kazale na rahlo bazično okolje (pH 7–7,7). Na Z6 smo opazili večja nihanja vrednosti. Tu smo oktobra izmerili precej nižjo vrednost (Slika 7).

4.1.5 Električna prevodnost

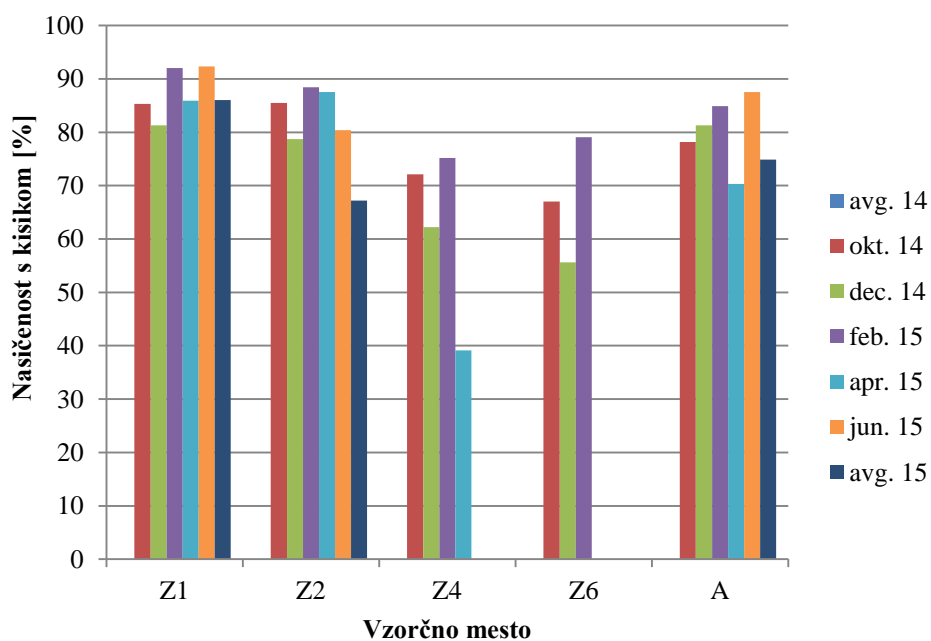
Povprečna prevodnost je bila 261 $\mu\text{S}/\text{cm}$ z amplitudo nihanj 234–337 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Slika 8). Do nekoliko večjih nihanj je prišlo na Z4 in Z6, kjer smo opazili trend naraščanja vrednosti, dokler je bila voda na teh mestih prisotna.

4.1.6 Skupne raztopljene snovi

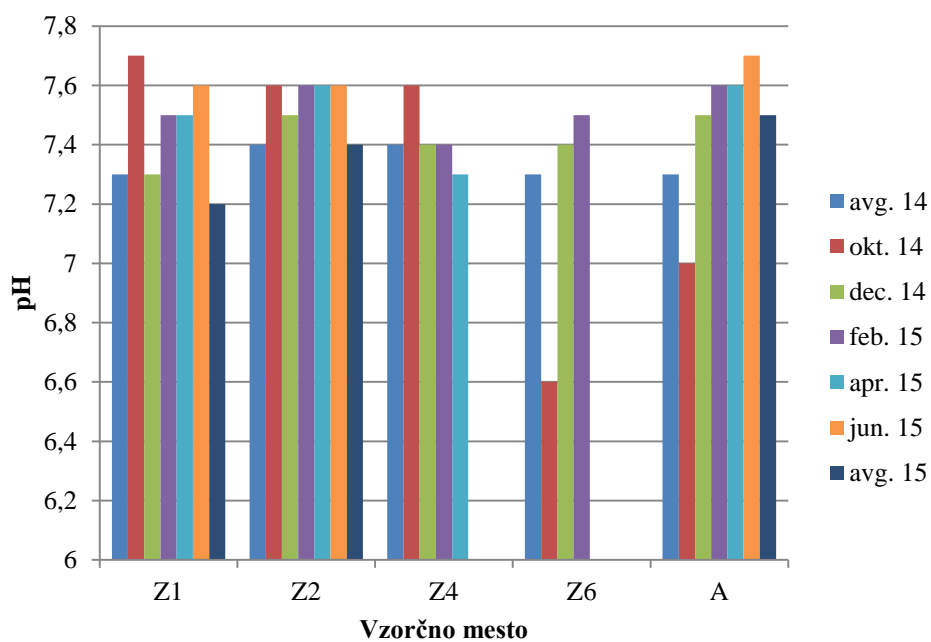
Izmerjene vrednosti skupnih raztopljenih snovi (TDS) so bile 282 ± 51 mg/L (Priloga C). Trend nihanj je bil zelo podoben nihanju prevodnosti. Te vrednosti so namreč izpeljane iz prevodnosti vode.



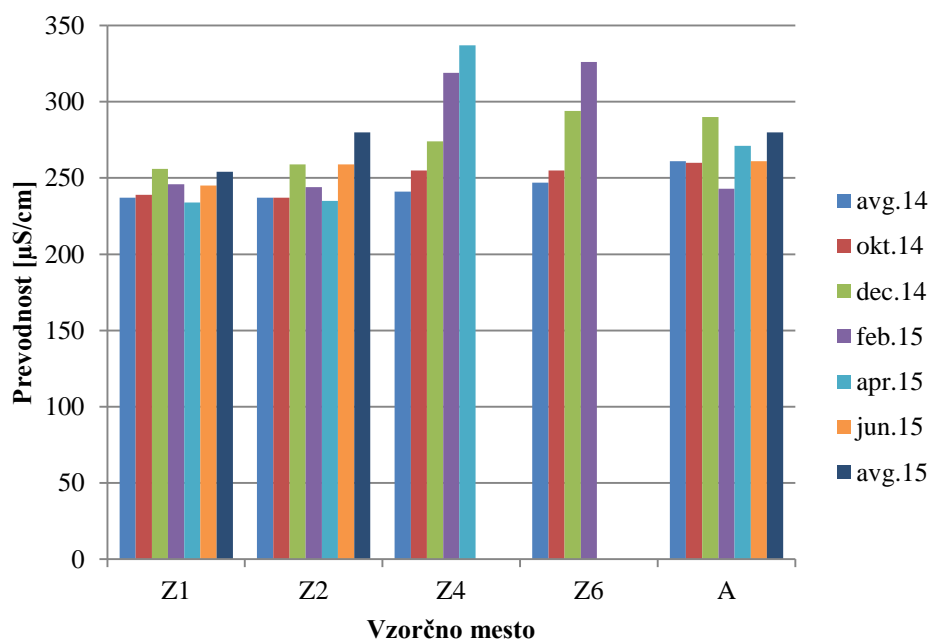
Slika 5: Temperatura vode po vzorčnih mestih v različnih mesecih.



Slika 6: Nasičenost vode s kisikom po vzorčnih mestih v različnih mesecih.



Slika 7: pH vrednosti po vzorčnih mestih v različnih mesecih.



Slika 8: Prevodnost vode po vzorčnih mestih v različnih mesecih.

4.1.7 Ortofosfat

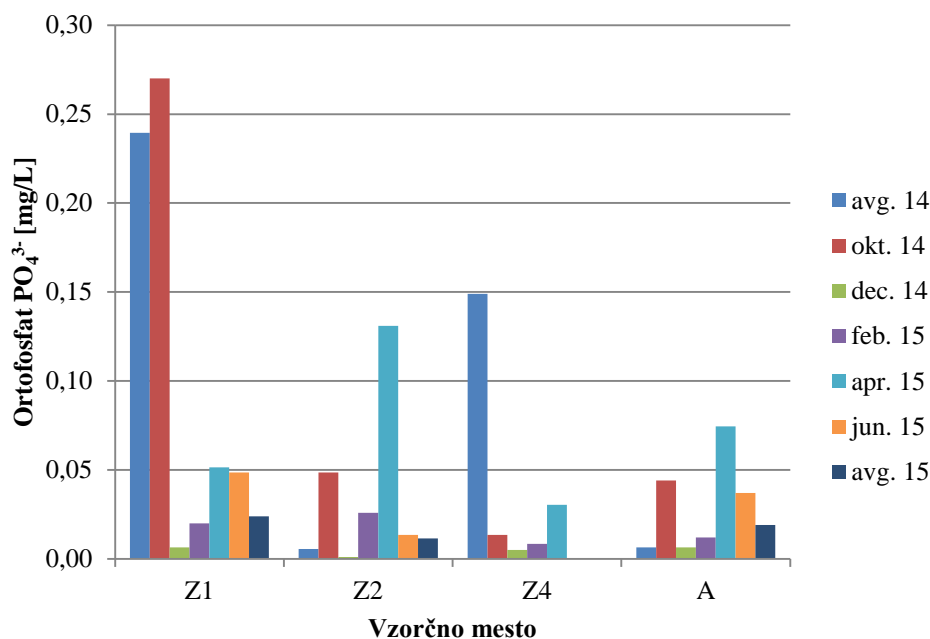
Vrednosti PO_4^{3-} so se preko leta in glede na vzorčna mesta precej spreminjale. Najvišje vrednosti (do 0,27 mg/L) smo izmerili v vzorcih avg. 14 in okt. 14 na VM Z1. Zelo podobne trende smo opazili na Z2 in A. Tu so se najvišje vrednosti pojavile v apr. 15 (Slika 9).

4.1.8 Nitrat

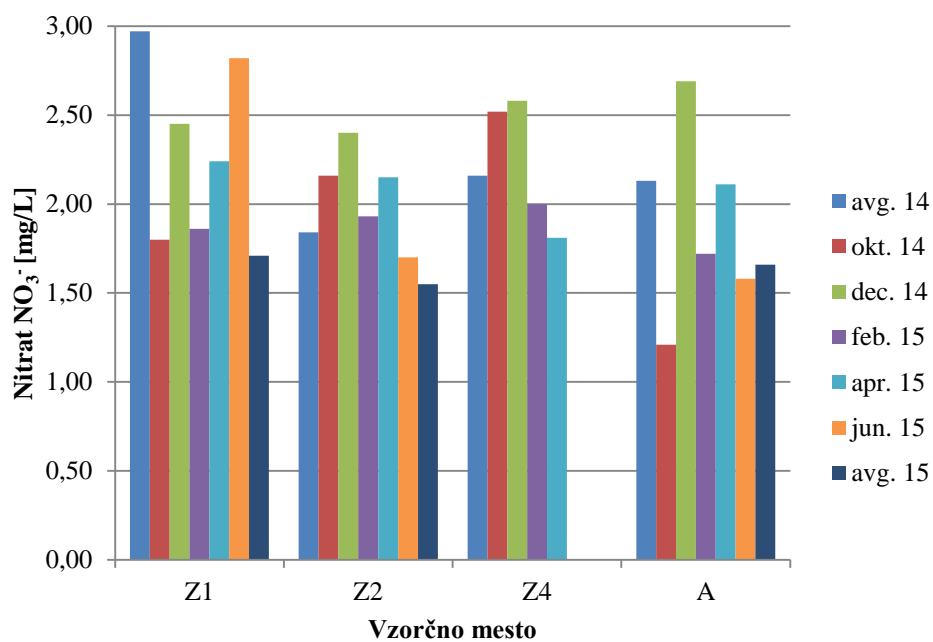
Koncentracije nitrata so se gibale od 1,21 mg/L do 2,97 mg/L. Najnižjo vrednost smo izmerili v vzorcu okt. 14 na VM A, najvišjo pa v avg. 14 na VM Z1 (Slika 10).

4.1.9 Amonij

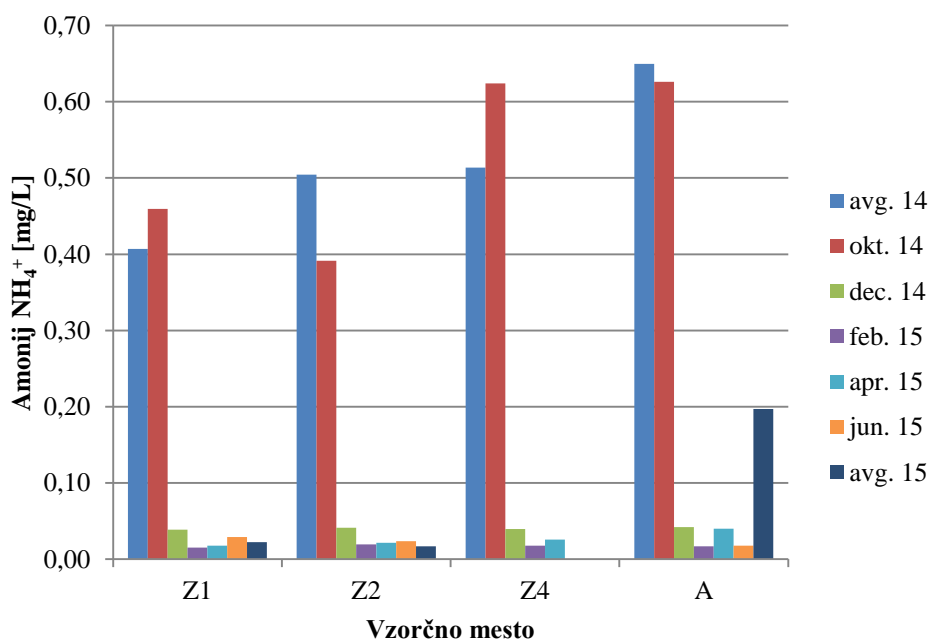
Koncentracije NH_4^+ so segale do 0,65 mg/L. Ta najvišja vrednost je bila izmerjena v avg. 14 na A. Očitne so bile višje vrednosti v avg. 14 in okt. 14 na vseh vzorčnih mestih (Slika 11).



Slika 9: Vrednosti ortofosfata v vodi po vzorčnih mestih v različnih mesecih.



Slika 10: Vrednosti nitrata v vodi po vzorčnih mestih v različnih mesecih.

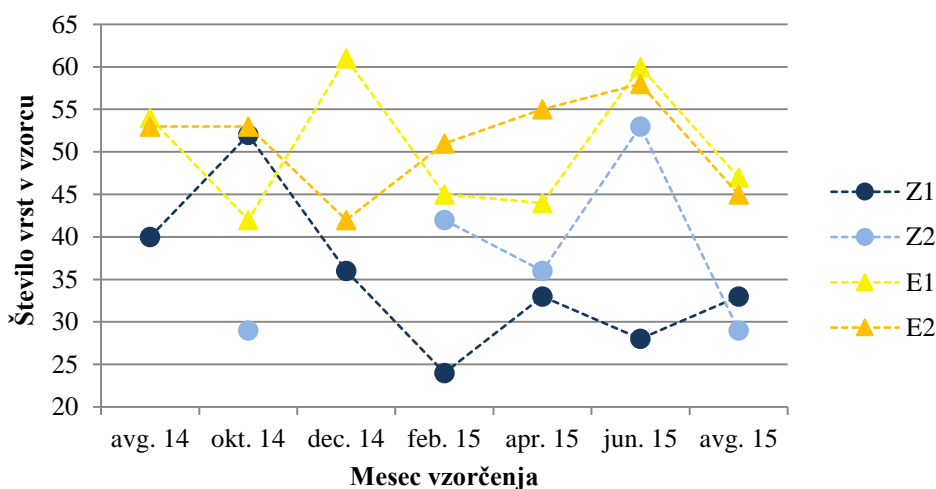


Slika 11: Vrednosti amonija v vodi po vzorčnih mestih v različnih mesecih.

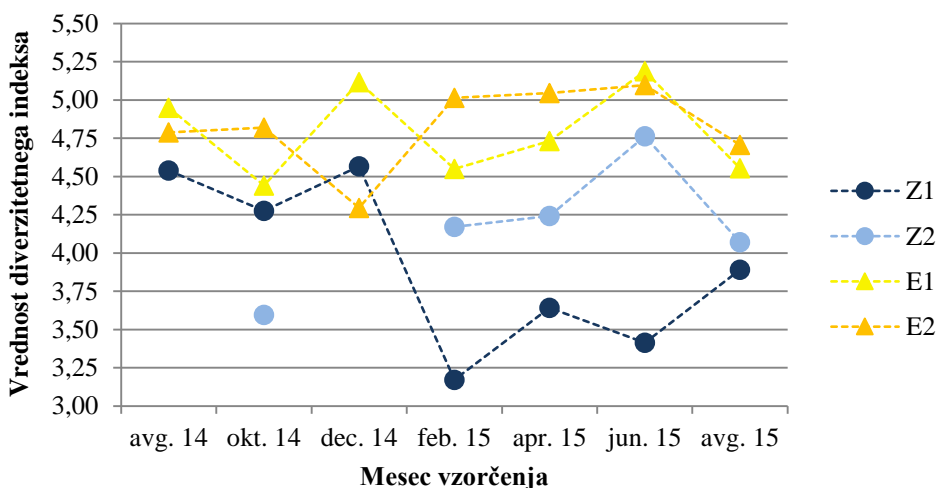
4.2 ZDRUŽBE KREMENASTIH ALG

4.2.1 Pestrost vrst kremenastih alg

V vseh vzorcih skupaj smo zabeležili 120 različnih vrst kremenastih alg. V tihoplanktonskih vzorcih (Z1 in Z2) smo določili 93 različnih vrst iz 36 rodov, v vzorcih epipelona (E1 in E2) pa 104 vrste iz 37 rodov. Seznama vseh določenih vrst z deleži pogostosti sta v prilogi B. V posameznih vzorcih tihoplanktona smo določili od 24 (feb. 14 Z1) do 53 (jun. 15 Z2) vrst (Slika 12), v vzorcih epipelona pa od 42 (okt. 14 E1) do 61 (dec. 14 E1) vrst (Slika 12).



Slika 12: Število določenih vrst po vzorčnih mestih v različnih mesecih.



Slika 13: Vrednosti S-W diverzitetnega indeksa po vzorčnih mestih v različnih mesecih.

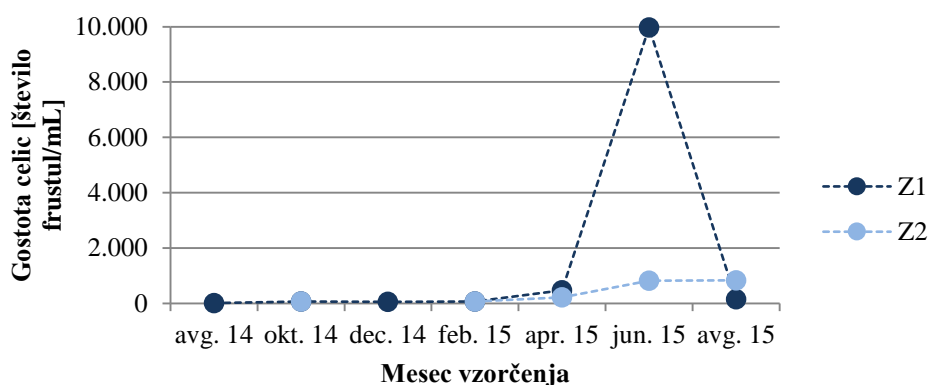
Najbolj vrstno pestri rodovi so bili *Navicula* spp. (12 vrst v planktonskih vzorcih in 14 vrst v epipelonskih vzorcih), *Fragilaria* spp. (8 vrst v obeh vzorcih), *Nitzschia* spp. (7 vrst v obeh vzorcih), *Cymbella* spp. (5 vrst v planktonskih in 7 vrst v epipelonskih vzorcih) in *Gomphonema* spp. (5 vrst v planktonskih in 7 vrst v epipelonskih vzorcih).

Skupno so bile v vseh vzorcih najštevilčnejše vrste *Achnanthydium minutissimum*, *Denticula tenuis*, *Navicula cryptotenella*, *Cocconeis placentula* in *Fragilaria pinnata*.

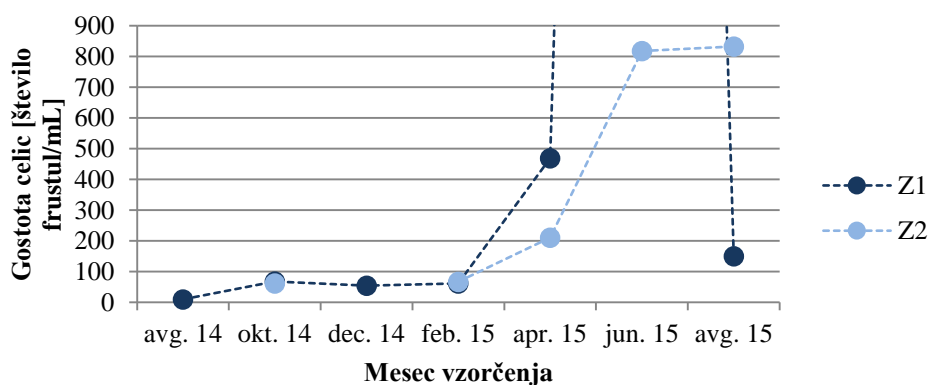
Vse vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa so bile razmeroma velike, vendar so v času in med združbami precej variirale (od 3,17 do 5,19). Opazna je bila večja stabilnost združb na E1 in E2 kot na Z1 in Z2 (Slika 13).

4.2.2 Gostota celic

Število kremenastih alg je bilo največje v vzorcu jun. 15 na Z1 (9974 frustul/mL). Ostale vrednosti so bile znatno nižje (Slika 14 in 15). Gibale so se od 10 frustul/mL (avg. 14 Z1) do 833 frustul/mL (avg. 15 Z2).



Slika 14: Gostota kremenastih alg v tioplanktonu v različnih mesecih.



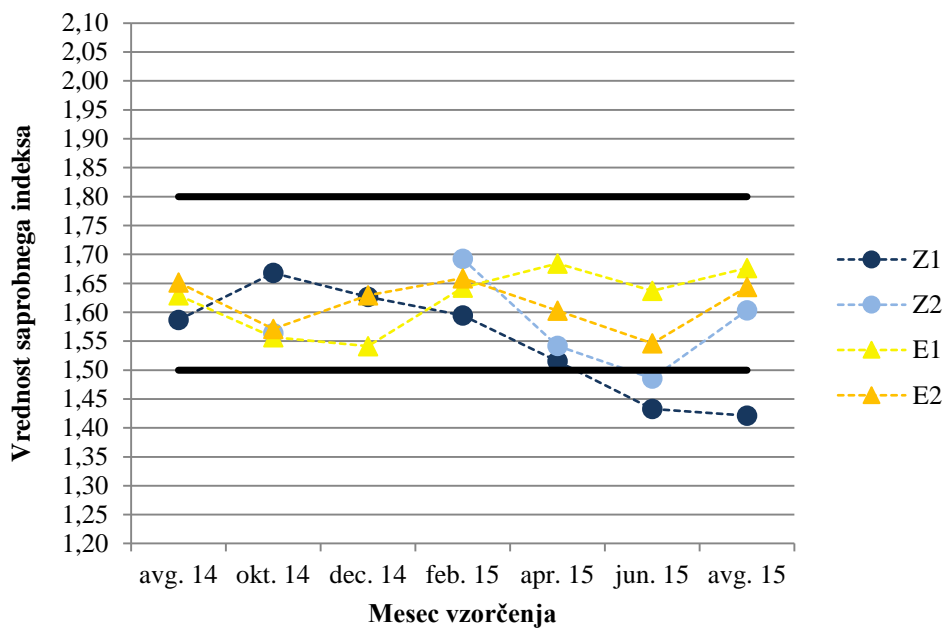
Slika 15: Gostota kremenastih alg v tioplanktonu v različnih mesecih brez vrednosti vzorca jun. 15 Z1.

4.2.3 Saprobnni indeks

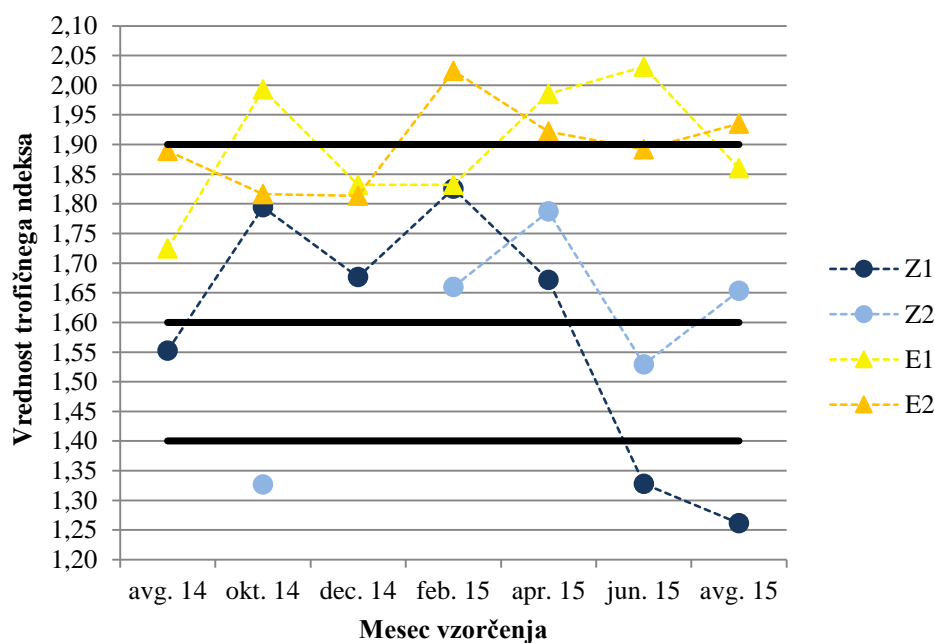
Najnižjo vrednost SI (1,42) smo izračunali v vzorcu avg. 15 na Z1, najvišjo vrednost (1,69) pa v feb. 15 na Z2 (Slika 16). Vrednosti so bile na E1 in E2 bolj stabilne kot na Z1 in Z2. Na podlagi rezultatov lahko vodno telo označimo kot oligosaprobno (jun. 15 na Z1 in Z2 ter avg. 15 na Z1) in oligosaprobno do β -mezosaprobno (Preglednica 2). To pomeni, da je vodno telo neobremenjeno oziroma malo obremenjeno.

4.2.4 Trofični indeks

Vrednosti TI so se gibale od 1,26 do 2,03 (Slika 17). Ti rezultati uvrščajo vodno telo v razrede od olifotrofnega do mezo-evtrofnega. Tihoplanktonski vzorci kažejo na oligotrofno do mezotrofno vodno okolje, medtem ko epipelonski vzorci kažejo na mezotrofne do mezo-evtrofne razmere (Preglednica 3).



Slika 16: Vrednosti SI po vzorčnih mestih v različnih mesecih. Vrednosti nižje od 1,5 (spodnja debelejša črta) označujejo vodno telo kot oligosaprobno, višje od 1,5 pa kot oligo- do β -mezosaprobno.

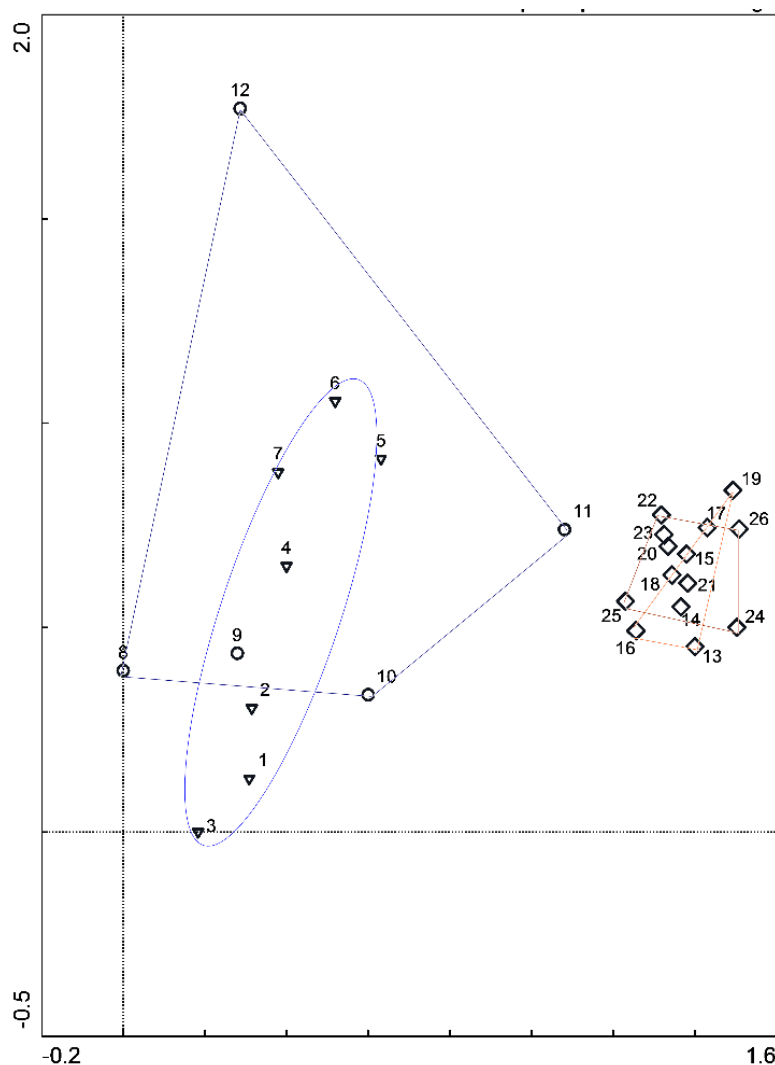


Slika 17: Vrednosti TI po vzorčnih mestih v različnih mesecih. Vrednosti, nižje od 1,4 (spodnja debelejša črta), označujejo vodno telo kot oligotrofno, vrednosti 1,4–1,6 kot oligo- do mezotrofno, vrednosti 1,6–1,9 kot mezotrofno, vrednosti, višje od 1,9 (zgornja debelejša črta), pa kot mezo- do evtrofno.

4.2.5 Podobnost med združbami

Iz dendrograma klastrske analize je vidna večja podobnost znotraj združb epipelona (E1 in E2), ki znaša približno 60 %, kot znotraj tihoplanktonskih združb (Z1 in Z2), ki znaša približno 31 % (Priloga D). Pri tihoplanktonskih združbah opazimo večjo podobnost združb na Z1 kot na Z2. Znotraj Z1 opazimo vsaj 44 % podobnost združb na nivoju leta. Pri Z2 znaša podobnost združb le 31 %, kar pomeni, da se sestava združb na tem vzorčnem mestu med letom bolj spreminja kot na Z1. Najbolj podobna sta si vzorca jun. 15 na E1 in jun. 15 na E2, kar kaže na sezonski vpliv.

Pri DCA-analizi se jasno pokaže večja stabilnost epipelonske združbe v primerjavi s tihoplanktonsko (Slika 18). Znotraj epipelona je bolj stabilen mezohabitat E1. Večjo stabilnost znotraj tihoplanktona pa jasno kažejo vzorci iz mezohabitata Z1 v primerjavi z Z2.



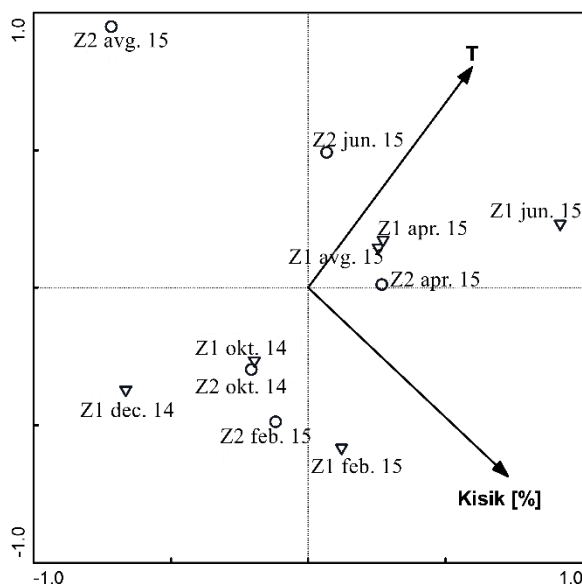
Slika 18: Ordinacijski diagram DCA-analize. Oznake 1–7 predstavljajo vzorce na Z1, oznake 8–12 vzorce na Z2, oznake 13–19 vzorce na E1 in oznake 20–27 vzorce na E2.

4.2.6 Vpliv okoljskih dejavnikov na taksonomsko sestavo tihoplanktona

S pomočjo analize RDA smo izračunali, da imata na sestavo tihoplanktona statistično značilen vpliv temperatura vode in nasičenost vode s kisikom.

Oktober, februarja in aprila sta si združbi na vzorčnih mestih Z1 in Z2 razmeroma podobni, medtem ko v vzorcih jun. 15 in avg. 15 opazimo precejšnje razlike (Slika 19). Vzorca iz Z1 sta v teh dveh mesecih bistveno višje na gradientu nasičenosti s kisikom kot vzorca iz Z2. To pomeni, da je habitat na Z1 v poletnem času bolj preskrbljen s kisikom.

Oba dejavnika, ki vplivata na vrstno sestavo planktonske združbe, skupaj razložita 32 % njene variabilnosti, vsak od njiju (temperatura, kisik) po približno 16 %. Na ostalih 68 % imajo vpliv dejavniki, ki jih nismo zajeli v raziskavo, oz. gre za naključno pojavljanje določenih vrst v habitatu.



Slika 19: Ordinacijski diagram RDA-analize za tihoplanktonske vzorce.

4.2.7 Primerjava sestave in ekoloških tipov kremenastih alg v različnih habitatih

Statistično značilne razlike obstajajo med vzorci tihoplanktonskih in epipelonskih združb v številu taksonov (Tukey post-hoc test), pri indeksu dominanc (Kruskall-Wallis post-hoc test), pri S-W diverzitetnem indeksu (Kruskall-Wallis post-hoc test) in pri Margalefovem diverzitetnem indeksu (Kruskall-Wallis post-hoc test). Med sestojema na Z1 in Z2 in sestojema na E1 in E2 nismo izračunali značilnih razlik pri nobenem testu.

Določili smo 78 vrst, ki so se pojavljale v obeh mezohabitatih, 16 vrst, ki so se pojavljale samo v tihoplanktonu, in 26 vrst, ki so se pojavljale samo v epipelonu.

Z izračunom Studentovega t-testa smo določili vrste, ki se statistično značilno pojavljajo v tihoplanktonskih oz. v epipelonskih vzorcih (Preglednica 4).

Preglednica 4: Seznam vrst, ki imajo statistično značilno različno prisotnost in abundanco v epipelonski oziroma tihoplanktonski združbi (navedene po abecedi).

Epipelon	Tihoplankton
<i>Cymbopleura amphicephala</i>	<i>Achnanthydium minutissimum</i>
<i>Diploneis fontium</i>	<i>Achnanthydium pyrenaicum</i>
<i>Diploneis krammeri</i>	<i>Amphora pediculus</i>
<i>Diploneis oculata</i>	<i>Aulacoseira ambigua</i>
<i>Eunotia bilunaris</i>	<i>Cocconeis placentula</i>
<i>Fragilaria austriaca</i>	<i>Cyclotella bodanica</i>
<i>Fragilaria radians</i>	<i>Cyclotella distinguenda</i>
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	<i>Fragilaria pinnata</i>
<i>Navicula capitatoradiata</i>	<i>Gyrosigma sciotense</i>
<i>Navicula cryptotenella</i>	<i>Lemnicola hungarica</i>
<i>Navicula gregaria</i>	
<i>Navicula oblonga</i>	
<i>Navicula viridula</i>	
<i>Neidium binodeforme</i>	
<i>Neidium dubium</i>	
<i>Nitzschia dissipata</i>	
<i>Nitzschia microcephala</i>	
<i>Nitzschia recta</i>	
<i>Planothydium frequentissimum</i>	
<i>Stauroneis smithii</i>	
<i>Surirella angusta</i>	

Najbolj značilni vrsti za tihoplanktonsko združbo diatomej sta bili *Achnanthydium pyrenaicum* in *Cocconeis placentula*. Za epipelonsko združbo diatomej sta bili najbolj značilni vrsti *Navicula cryptotenella* in *Nitzschia dissipata*.

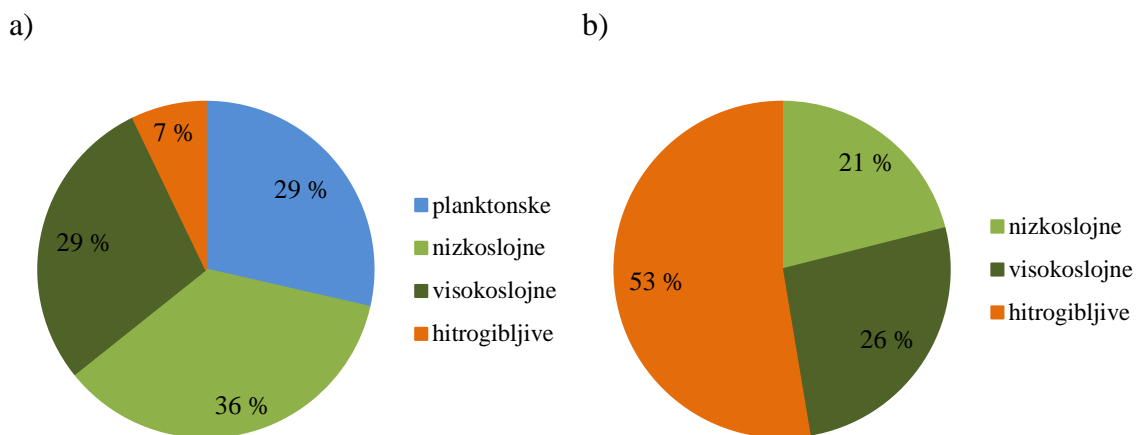
Pogoste v tihoplanktonu so bile planktonske vrste, medtem ko jih med najpogostejšimi vrstami v epipelonu ni bilo (Slika 20). V tihoplanktonu so sicer bile najpogostejše nizkoslojne vrste, hitro gibljive vrste pa so bile manj pogoste. V epipelonu so večino zastopale hitro gibljive vrste (Slika 20). Podatke o tipu vrst smo povzeli po Rimet in Bouchez (2012).

Pri upoštevanju deležev pogostosti vrst so se spremenila razmerja med tipi vrst. V tihoplanktonu (Slika 21 a in b) so še vedno prevladovali nizkoslojne vrste. Zmanjšal se je delež planktonskih, povečal pa delež hitro gibljivih vrst. V vzorcu Z2 imajo planktonske nekoliko manjši delež v primerjavi z vzorcem Z1. V epipelonu se je nekoliko povečal delež nizkoslojnih in zmanjšal delež visokoslojnih vrst (Slika 21 c in d).

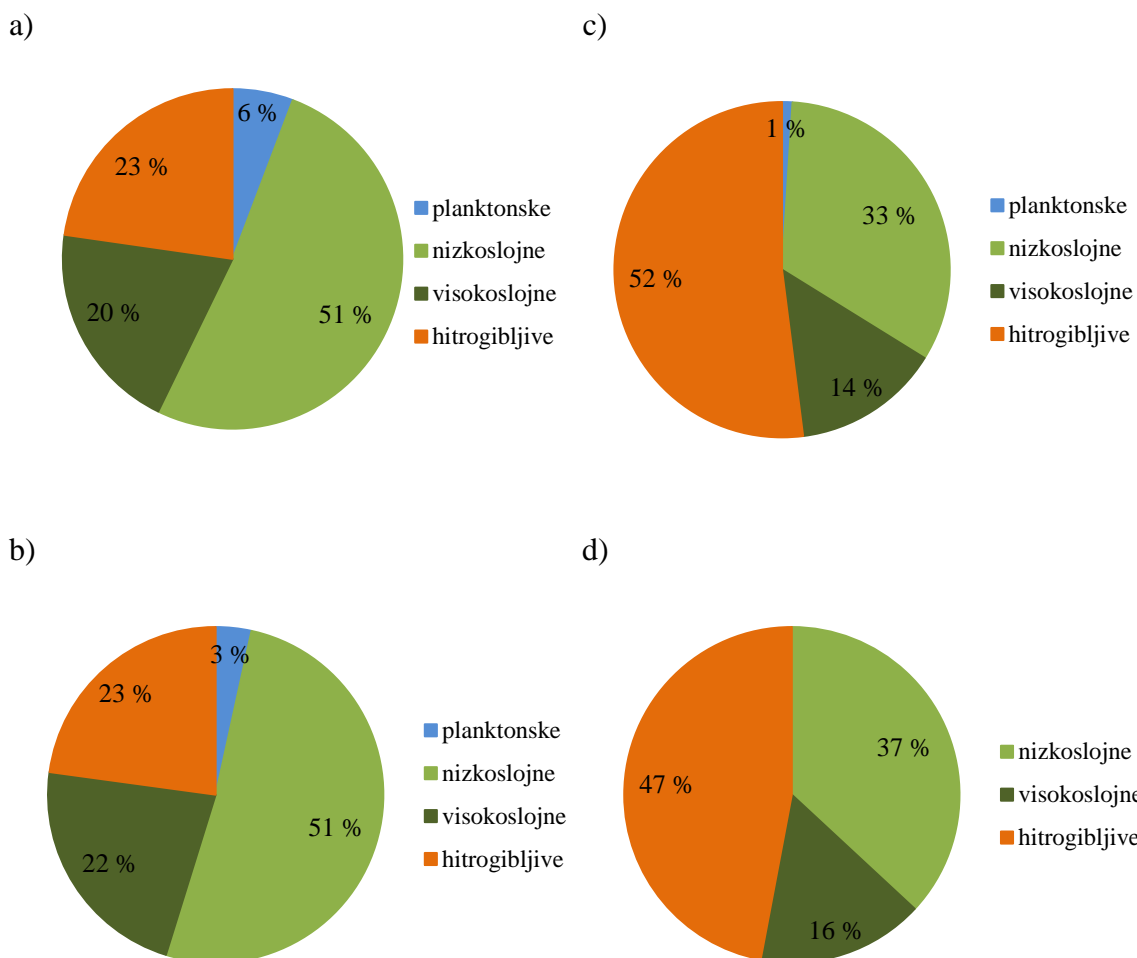
Preglednica 5: Pregledna tabela deležev najpogostejših vrst: a) v obeh mezohabitatih (neobarvane), b) samo v tihoplanktonskih vzorcih (modra polja) in c) samo v epipelonskih vzorcih (rumena polja).

. - vrsta ni prisotna; +- delež vrste < 1%. Tipi vrst: PL – planktonska; G – hitro gibljiva; N – nizkoslojna; V – visokoslojna vrsta; pio – pionirska.

Oznaka vzorca	Tip vrste	okt.14					okt.14					okt.14					okt.14								
		Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z2	Z2	Z2	Z2	Z2	E1	E1	E1	E1	E1	E2	E2	E2	E2	E2				
Vzorčno mesto		52	24	33	28	33	29	42	36	53	29	42	45	44	60	47	53	51	55	58	45				
Št. vrst v vzorcu		4,3	3,2	3,6	3,4	3,9	3,6	4,2	4,2	4,8	4,1	4,4	4,6	4,7	5,2	4,6	4,8	5,0	5,1	5,1	4,7				
S-W diverzitetni indeks																									
<i>Achnanthis minutissimum</i>	N _{pio}	13	35	27	37	14	126	26	25	13	19	10	92	15	14	11	10	20	70	17	11	9	13	18	69
<i>Denticula tenuis</i>	G	3	6	12	14	12	48	5	+	8	7	1	22	6	3	7	8	4	28	6	7	8	9	3	33
<i>Cocconeis placentula</i>	N	21	21	17	6	9	74	12	5	4	9	2	32	2	2	2	3	2	10	+	4	4	4	.	11
<i>Navicula cryptotenella</i>	G	2	1	2	3	3	12	.	1	3	5	2	11	13	9	9	6	5	41	8	4	9	6	4	32
<i>Fragilaria pinnata</i>	V	7	2	1	1	6	19	5	7	21	8	2	43	.	+	.	4	2	6	3	4	4	4	5	20
<i>Cymatopleura solea</i>	G	5	.	.	.	2	7	7	4	2	4	3	20	2	4	4	3	7	21	1	+	4	3	2	10
<i>Diploneis fontium</i>	N	+	.	+	.	+	2	.	1	9	+	.	11	3	11	5	1	1	22	5	6	5	+	2	18
<i>Diploneis oculata</i>	N	+	1	.	+	1	3	2	+	3	1	.	7	5	3	7	3	3	21	4	2	4	3	3	17
<i>Navicula capitatoradiata</i>	G	+	5	1	.	+	8	.	.	.	.	+	1	2	7	7	1	5	22	+	6	4	1	5	17
<i>Achnanthis gracilimum</i>	N	.	2	8	7	3	20	2	1	1	5	.	9	+	1	2	+	5	10	+	2	+	+	4	8
<i>Planothidium frequentissimum</i>	N	+	+	+	+	+	1	.	.	2	2	.	4	2	1	2	3	4	13	7	7	4	4	6	27
<i>Diatoma mesodon</i>	V	+	1	.	.	23	25	.	+	.	.	6	6	+	.	.	+	.	2	1	2	.	1	+	5
<i>Gomphonema pumilum</i>	V	1	3	3	5	1	13	2	+	2	+	.	6	1	3	+	2	+	7	4	2	2	1	+	9
<i>Nitzschia recta</i>	G	+	1	.	.	+	3	1	+	.	+	.	2	3	4	3	4	2	16	2	2	2	3	3	11
<i>Lemnicola hungarica</i>	N	3	.	3	1	3	11	.	9	1	+	4	15	.	.	2	1	+	4	.	.	1	1	.	3
<i>Nitzschia pura</i>	G	+	+	2	+	.	3	+	.	.	3	8	11	3	2	2	.	1	8	+	1	1	2	3	8
<i>Navicula menisculus</i>	G	+	1	2	+	+	5	.	+	+	+	4	5	3	+	1	3	2	9	2	1	+	3	+	9
<i>Amphipleura pellucida</i>	V	2	1	+	+	.	4	.	+	.	+	.	1	+	7	2	+	+	12	+	2	+	.	2	6
<i>Achnanthis pyrenaicum</i>	N	3	10	8	4	3	28	21	13	4	1	17	56	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	0
<i>Aulacoseira ambigua</i>	PL	4	.	.	.	.	4	5	3	+	.	.	9	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	0
<i>Fragilaria ulna</i>	V	12	.	.	.	1	13	+	2	.	+	2	5	1	.	+	.	.	2	+	.	+	.	.	1
<i>Fragilaria leptostauron</i>	V	3	.	.	.	.	3	.	.	+	.	+	1	.	+	.	.	.	0	.	.	.	1	+	2
<i>Encyonema minutum</i>	V	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	13	13	.	+	+	.	+	1	.	+	.	.	.	0
<i>Cyclotella bodanica</i>	PL	.	.	+	4	3	8	.	.	.	1	2	3	.	+	.	+	.	1	.	.	.	.	.	0
<i>Gomphonema tergestinum</i>	V	.	.	.	.	.	0	.	+	.	.	10	10	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	0
<i>Meridion circulare</i>	N	3	.	.	.	.	3	+	2	.	.	.	2	.	.	+	+	.	1	+	+	.	+	.	1
<i>Cyclotella comensis</i>	PL	+	.	+	.	1	2	.	3	.	.	.	3	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	0
<i>Gyrosigma sciotense</i>	G	+	2	+	+	+	4	+	.	2	.	.	3	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	0
<i>Amphora pediculus</i>	N _{pio}	+	+	+	.	.	1	+	+	.	1	2	4	.	.	.	.	.	0	+	.	.	.	.	0
<i>Cymbopleura inequalis</i>	N	+	+	.	.	1	2	1	.	+	.	.	1	.	.	.	+	.	1	.	+	.	+	.	1
<i>Amphora ovalis</i>	N	.	+	+	.	.	1	1	.	.	+	.	1	.	.	.	1	.	1	.	+	+	+	.	2
<i>Cyclotella distinguenda</i>	PL	.	.	.	+	+	1	2	.	.	.	+	2	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	0
<i>Nitzschia dissipata</i>	G	+	.	2	+	1	3	.	1	+	2	1	4	8	9	6	5	7	34	5	4	4	3	8	25
<i>Navicula oblonga</i>	G	.	.	.	.	+	0	.	.	+	+	.	1	11	2	5	4	9	30	+	+	3	+	2	8
<i>Stauroneis smithii</i>	G	+	.	+	.	+	1	.	.	+	+	1	2	+	+	.	4	+	6	+	3	2	5	4	14
<i>Nitzschia fonticola</i>	G	+	.	+	.	.	1	.	+	+	.	3	3	+	.	1	2	2	5	+	3	.	+	3	7
<i>Navicula viridula</i>	G	.	.	+	.	.	0	.	+	.	+	.	1	2	+	2	3	+	7	2	1	2	1	.	6
<i>Eumotia bilunaris</i>	V	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	0	+	+	1	+	.	4	1	+	.	+	+	4
<i>Nitzschia frustulum</i>	G	+	.	.	+	.	1	.	.	+	+	+	2	.	+	.	+	+	2	3	2	+	.	.	6
<i>Navicula radiosa</i>	G	+	+	.	.	.	1	2	.	.	.	+	3	+	+	1	2	.	4	.	1	+	3	+	5
<i>Cymbopleura amphicephala</i>	N	.	.	+	.	.	0	.	+	+	.	.	1	.	+	.	+	.	2	+	+	2	+	+	4
<i>Eucoconeis flexella</i>	V	.	.	+	.	.	0	.	.	.	1	.	1	+	1	2	+	+	5	.	.	+	+	+	2
<i>Planothidium lanceolatum</i>	N	+	.	.	.	.	1	.	1	+	+	.	3	.	.	1	.	+	2	2	2	+	+	+	6
<i>Fragilaria radians</i>	V	.	.	.	.	.	0	.	+	.	.	.	1	+	.	+	+	+	3	+	+	+	+	1	4
<i>Encyonopsis cesatii</i>	N	.	.	.	.	.	0	.	.	.	1	.	1	.	+	.	.	+	1	+	.	3	+	.	4
<i>Diploneis krammeri</i>	V	.	.	.	.	.	0	.	.	.	+	.	0	+	2	+	+	.	3	.	.	+	+	+	2
<i>Surirella bifrons</i>	G	1	.	.	+	.	2	.	.	.	+	.	1	2	+	1	+	+	5	+	.	+	+	+	2
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	G	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	0	.	+	.	.	+	1	+	2	1	+	.	4
<i>Cymbella laevis</i>	N	+	+	.	.	.	1	.	+	2	+	.	3	.	+	.	1	.	2	+	.	+	2	+	4
<i>Navicula gregaria</i>	G	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	0	.	.	1	2	+	3	.	.	.	+	1	2
<i>Neidium dubium</i>	G	.	.	.	.	.	0	.	.	+	+	.	1	.	.	1	+	+	3	+	.	+	2	+	3
<i>Gomphonema micropus</i>	V	.	.	.	.	.	0	.	.	.	+	.	1	.	.	+	+	+	1	2	+	.	+	.	3



Slika 20: Deleži različnih tipov diatomej, ki so značilne za združbo a) tihoplanktona in b) epipelona.



Slika 21: Deleži različnih tipov vseh vrst diatomej v a) Z1, b) Z2, c) E1 in d) E2, kjer so upoštevane relativne pogostosti vrst.

5 RAZPRAVA

5.1 ABIOTSKI DEJAVNIKI

5.1.1 Vodostaj nad kotanjo Z1 in Z2

Vodostaj v preučevanih kotanjah Z1 in Z2 ni povsem v skladu s količino padavin, izmerjenih v merilni postaji v Ratečah (ARSO-met, 2016). Prispevno območje limnokrenega izvira Zelenci je precej večje in sega v okoliška gorovja, zato ti dejavniki niso sovpadajoči. Poleg tega je vodostaj v limnokrenem izviru Zelenci v pomladanskih mesecih tudi pod močnim vplivom taljenja snega v gorah.

5.1.2 Temperatura

Temperatura vode v izvirih je pogosto enaka povprečni letni temperaturi zraka v prispevnem območju (Ward, 1992). Povprečna temperatura zraka v obdobju od leta 2014 do leta 2015 v Ratečah je bila 8 °C (ARSO-met, 2016). Povprečje izmerjenih temperatur vode v izviru in v okolici znaša 6,9 °C, na sliki 7 pa lahko vidimo, da so vrednosti višje od povprečne temperature zraka le v poletnih mesecih. Iz tega sklepamo, da je prispevno območje izvira v Zelencih na območju z nekoliko višjo nadmorsko višino, kjer je povprečna letna temperatura zraka nižja.

Za izvirsko vodo je značilna dokaj konstantna temperatura (Cantonati, 1998; Menegalija, 2001; Menegalija in Kosi, 2008). V našem primeru je razpon med najvišjo in najnižjo izmerjeno temperaturo v izvirski kotanji (Z1 in Z2) 4,3 °C. Tolikšno nihanje je za izvire že precej veliko (Cantonati, 1998; Menegalija, 2001). Do nekoliko večjega sezonskega nihanja temperature pride zaradi zadrževanja vode v limnokrenem izviru, ki je izpostavljeno soncu, in se zato v poletnih mesecih bolj segreje (Gerecke in sod., 2011; Menegalija in Kosi, 2008). Tudi decembrski padec temperature lahko povežemo z večjim zadrževalnim časom vode v izviru. V tem mesecu je bila namreč izmerjena precej nižja temperatura zraka (-7 °C) kot v ostalih mesecih.

Trend nihanja temperature na vzorčnem mestu A se ujema z nihanjem povprečnih mesečnih temperatur na območju Rateč (ARSO-met, 2016). Podoben trend opazimo tudi na Z1 in Z2, le da je pri zadnjem vzorčenju temperatura upadla. To povezujemo z večjo količino padavin v poletnih mesecih (ARSO-met, 2016), kar povzroči večji dotok vode iz višje ležečega zbirnega območja preko podvodnih izvirov, ki nato ohladi vodo v izvirski kotanji.

Na Z4 v aprilu opazimo nižjo temperaturo kot v izvirski kotanji (Z1 in Z2). Mesto, kjer smo izvajali meritve, leži med sestoji kljunastega šaša, ki zasenči vodno površino. Tu voda priteče iz gozda. Posledično sončno sevanje ne ogreje vode v tolikšni meri, kot jo na mestih, ki so večji del dneva osončena. Tudi A ima aprila in junija, ko je sončno sevanje že precej močno, nižjo temperaturo kot Z1 in Z2. Razlog je prav tako senčenje, tokrat povsem gozdnega sestoja.

5.1.3 Vsebnost kisika in nasičenost s kisikom

Koncentracija kisika je odvisna od fizikalnih, kemijskih in biotskih procesov v vodi. Spreminja se v odvisnosti od temperature, turbulence, fotosintezne aktivnosti primarnih producentov in respiratorne aktivnosti življenjske združbe (Urbanič in Toman, 2003).

V splošnem so kisikove razmere najboljše na vzorčnem mestu Z1, ki ga prerašča bogat sestoj lasastolistne vodne zlatice (*Ranunculus trichophyllus*). Nekoliko slabše razmere se pojavljajo na vzorčnih mestih Z2 in A. Na Z2 je prisoten manjši sestoj lasastolistne vodne zlatice, ki zagotavlja manjše količine kisika. Vzorčno mesto A leži v gozdu in ga sončno sevanje ne doseže v takšni meri kot izvirsko kotanjo. Zaradi slabe osvetljenosti in posledično nižje stopnje fotosintezne aktivnosti avtotrofov bi bile lahko kisikove razmere še slabše, vendar je potok zaradi turbulentnega vodnega toka dobro oskrbljen s kisikom. Tudi vzorčni mesti Z4 in Z6 sta zasenčeni; Z4 s šašem, Z6 pa z gozdnim sestojem, zato je na teh mestih vsebnost kisika precej nizka.

Izmerjena nasičenost s kisikom se sklada z vrednostmi, izmerjenimi v gorskem limnokrenem izviru v italijanskem delu južnih apeniških Alp (62–88 %) (Cantonati, 1998), medtem ko so v Julijskih Alpah izmerili precej višje vrednosti (125 %) (Menegalija in Kosi, 2008). Limnokreni izvir Kropa v Julijskih Alpah je močno preraščen s perifitonom (Menegalija, 2001), kar je vzrok za precej večjo nasičenost kot v našem primeru.

Nekoliko nižje vrednosti kisika v A opazimo v vzorcih apr. 15 in avg. 15. Predvidevamo, da je vzrok za aprilski padec na vzorčnem mestu A gnojenje kmetijskih površin, ker je prišlo do povečanja vsebnosti ortofosfata (Slika 9), opazimo pa tudi višjo prevodnost v primerjavi z Z1 in Z2. Nižje vrednosti v avgustu povezujemo s povečanimi vrednostmi amonija (Slika 11) na tem vzorčnem mestu, ki so verjetno prav tako posledica gnojenja oziroma posledične obremenjenosti vode z organskimi snovmi.

5.1.4 pH

Voda je bila na vseh vzorčnih mestih rahlo bazična. Majhna nihanja pH kažejo na veliko pufersko kapaciteto, kar je značilno za vode na karbonatni podlagi (Giller in Malmqvist, 1998). Vrednosti pH so se gibale med 7 in 7,7. Tudi Menegalija (2001) je v limnokrenem izviru na karbonatni podlagi izmerila rahlo bazične vrednosti pH. Rahlo je izstopal okt. 14 iz Z6, kjer je vrednost padla na 6,6. VM Z6 leži v gozdu, zato je oktobrsko odpadlo listje povečalo vsebnost organskih snovi v vodi, kar je znižalo vrednost pH.

5.1.5 Električna prevodnost

Prevodnost nam poda informacijo o skupni vsebnosti raztopljenih ionov. Določajo jo lastnosti substrata oz. njegova topnost v vodi (Cantonati in sod., 2006). Izmerili smo visoke vrednosti prevodnosti (234–337 $\mu\text{S}/\text{cm}$), kar je značilno za karbonatno podlago (Cantonati, 1998; Cantonati in Ortler, 1998; Cantonati in Spitale, 2009; Menegalija, 2001; Menegalija in Kosi, 2008, Sabater in Roca, 1992, Smith in Wood, 2002).

Prevodnost je na Z1, Z2 in A preko leta konstanta. Večja nihanja opazimo na Z4 in Z6, kjer vrednosti naraščajo ves čas vzorčenja, dokler je voda prisotna. Iz tega sklepamo, da se višje vrednosti pojavljajo zaradi sušnosti in koncentriranja ionov. Ker se povečanje pojavlja decembra, februarja in aprila in voda na teh mestih priteče iz smeri ceste Podkoren-Rateče, pa bi bil možen vzrok tudi soljenje cest.

5.1.6 Skupne raztopljene snovi

Vrednosti TDS so bile zelo podobne vrednostim električne prevodnosti. Zabeležili smo nihanje od 231 do 333 mg/L. Povišanje v vzorcih feb. 15 na Z4 in Z6 ter apr. 15 na Z4 pripisujemo enakim vzrokom, ki so povzročili povišanje električne prevodnosti.

5.1.7 Ortofosfat

Količina fosforja v vodotokih je odvisna od prispevnega območja in od izpiranja s kopnega (Menegalija in Kosi, 2008). V neobremenjenih vodnih telesih koncentracije fosforja ne presegajo vrednosti 0,1 mg/L. Izviri so oligotrofna okolja in imajo običajno zelo nizke koncentracije dostopnega ortofosfata (Cantonati in sod., 2006). V gorskih limnokrenih izviri se izmerjene vrednosti gibljejo med 0,003 in 0,006 mg/L (Cantonati in Spitale, 2009; Falasco in Bona, 2011; Menegalija in Kosi, 2008). V ta rang lahko uvrstimo tudi naše izmerjene vrednosti, z nekaj izjemami. Zelo veliko povečanje vrednosti v avg. 14 in okt. 14 (do 0,27 mg/L) na Z1, kamor se steka voda iz bolj oddaljenih predelov (npr. Tamar), kaže na velik človekov vpliv. Na Z2 in A so vrednosti narasle v apr. 14, na Z4 pa v avg. 14. Sklepamo, da imajo vpliv na povečanje vrednosti turizem in kmetijstvo v okolici, deloma pa tudi naravna razgradnja organskih snovi.

Opazimo podoben trend nihanja pri Z2 in A, medtem ko je pri ostalih vzorčnih mestih trend drugačen. Iz tega sklepamo, da imajo na izvirsko kotanjo Z1 večji vpliv podvodni izviri, medtem ko imajo na ostale dele limnokrenega izvira večji vpliv površinski pritoki.

5.1.8 Nitrat

Nitratne vrednosti se v površinskih vodah in v izviri gibljejo od 0,4 do 8 mg/L, v gorskih izviri pa običajno le do 3 mg/L (Cantonati, 1998; Cantonati in sod., 2007, Menegalija, 2001; Menegalija in Kosi, 2008). Nihanje koncentracij nitrata je pokazatelj človekovega vpliva (kmetijstvo, turizem, promet) (Cantonati in sod., 2006; Menegalija in Kosi, 2008). Tudi mi smo na vseh vzorčnih mestih izmerili vrednosti, nižje od 3 mg/L, kar kaže na to, da te vode niso obremenjene z NO_3^- .

5.1.9 Amonij

Amonij se tvori pri dekompoziciji organskih snovi in hitro oksidira v nitrat, tako da prisotnost amonija v vodi kaže trenutno onesnaženje. Vrednosti amonija v neonesnaženih vodah so $< 0,063$ mg/L (Cantonati in sod., 2007). Če je amonija $> 0,038$ mg/L, gre za organsko onesnaževanje (Cantonati in sod., 2006).

Večina izmerjenih vrednosti amonija je bila nižja od 0,05 mg/L, kar je podobno izmerjenim vrednostim izvirov v italijanskih Alpah (Falasco in Bona, 2011; Cantonati, 1998). Izjema so vzorci avg. 14 in okt. 14 na vseh vzorčnih mestih in vzorec avg. 15 na A. Vrednosti so se tu povzpele do 0,65 mg/L. V poletnih mesecih je padlo več padavin kot v spomladanskih mesecih (ARSO-met, 2016), zato je lahko prišlo do pospešenega spiranja koncentriranih hranil (ortofosfat in amonij) s prispevnega območja, ki bi se sicer bolj enakomerno sproščali in dotekali v Zelence, kot vidimo na sliki 14 od vzorca dec. 14 dalje.

5.2 ZDRUŽBE KREMENASTIH ALG

5.2.1 Pestrost kremenastih alg

Skupaj smo v vseh vzorcih določili 120 različnih vrst. Več vrst smo zabeležili v bolj stabilnem epipelonu (104), nekaj manj pa v tihoplanktonu (93). Aboal in sod. (1998) so v različnih izviri vzhodne Španije popisali od 11 do 51 različnih vrst, Cantonati in Ortler (1998) pa sta jih v stalnih izviri v južnih Alpah našla 9–54. Menegaliya (2001) je v limnokrenem izviru Kropa v Julijskih Alpah našla le 9 vrst. Ker je vzorčila epiliton, je manjše število vrst pričakovano, znano je namreč, da se v vzorcih epilitiona pojavlja manj vrst kot v vzorcih epipelona (Cantonati, 1998). V primerjavi z drugimi izviri so Zelenci vrstno zelo pester izvir. Predvidevamo, da je eden od pomembnih razlogov za tako veliko raznolikost izpostavljenost soncu in relativna stabilnost okoljskih dejavnikov. Za osončene izvire in za izvire s konstantnimi razmerami je značilna večja pestrost vrst (Menegaliya in Kosi, 2008).

Številčno najbolj zastopana vrsta je bila *Achnantheidium minutissimum* (8–37 %), ki je najbolj značilna vrsta v izviri (Aboal in sod., 1998; Cantonati, 1998; Cantonati in Spitale, 2009; Menegaliya in Kosi, 2008). Druga najbolj pogosta vrsta je bila *Denticula tenuis*, ki pa je med najpogostejšimi tudi v karbonatnih izviri v Pirenejih (Sabater in Roca, 1992). Medtem ko je v alpskih izviri druga najbolj zastopana vrsta *Diatoma mesodon* (Cantonati, 1998; Cantonati in Spitale, 2009), je bila v naši raziskavi dominantna le v vzorcu avg. 15 na Z1. Cantonati (1998) je za dominantne vrste v izviri južnih apneniških Alp označil še vrste *Achnantheidium pyrenaicum*, *Cocconeis placentula* in *Gomphonema pumilum*, ki so tudi v Zelencih med 15 najpogostejšimi vrstami, ter *Encyonema minutum*, *Brachysira brebissonii*, ki pa jih v naši raziskavi nismo opazili.

Za izvirske habitate je značilna velika vrstna pestrost rodov *Navicula* spp. in *Gomphonema* spp., velika pestrost rodu *Cymbella* spp. pa je značilna le na karbonatni podlagi (Cantonati in Ortler, 1998). V naši raziskavi sta se med 5 najbolj bogatimi rodovi poleg omenjenih pojavila tudi *Fragilaria* spp. in *Nitzschia* spp.

Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks

Vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa so v življenjskih združbah, ki jih najdemo v izviri, običajno nizke. Cantonati (1998) je v izviri v južnih Alpah zabeležil vrednost diverzitete okoli 2, Menegaliya (2001) v izviri v Julijskih Alpah pa od 1,6 do 2,04.

Nekoliko višje vrednosti navajajo Aboal in sod. (1998) v izvirih vzhodne Španije (2,1–3,8). Nizka diverzitetna diatomej je posledica majhnega števila prisotnih vrst in prevlade ene vrste (Menegaliya in Kosi, 2008). Diverzitetna v našem primeru je bila precej višja; povprečje vseh vrednosti je bilo 4,4 (od 3,17 do 5,19). Zelenci so velik izvir s stalno prisotnostjo vode, veliko različnimi habitatami in mezohabitati ter so izpostavljeni sončnemu sevanju, poleg tega pa je tok vode v izviru počasen. Vse te lastnosti omogočajo ugodne razmere in koeksistenco velikega števila vrst ter s tem višjo diverzitetno.

Na karbonatni podlagi se vrstna sestava diatomej preko leta ne spreminja veliko, število vrst pa je najvišje v pozni pomladi oz. v zgodnjem poletju (Cantonati, 1998). Največje število vrst smo na E2 in Z2 tudi mi določili junija. Največje število vrst na E1 smo določili v vzorcu dec. 14, le eno vrsto manj pa v vzorcu jun. 15 (Slika 12). Na Z1 pa smo v vzorcu jun. 15 v primerjavi z ostalimi vzorci določili skoraj najmanjše število vrst.

V vzorcih epipelona je bila diverzitetna preko leta dokaj konstantna in zelo visoka (4,3–5,2), medtem ko je v planktonskih vzorcih precej nihala. Na E2 smo opazili padec diverzitetne v vzorcu dec. 14 (4,3). Na Z4 smo decembra izmerili temperaturo, nižjo od 5 °C, kar je nižje od temperature, ki jo diatomeje potrebujejo za primarno produkcijo. Sklepamo, da zaradi tega vpliva Z4 na E2 pride do padca diverzitetne. Poleg tega smo na Z4 izmerili najvišje vrednosti prevodnosti (Slika 8), kar ugodno vpliva na E2 in posledično najvišjo diverzitetno na tem mestu.

Najnižja diverzitetna je bila v vzorcu feb. 15 na Z1. V tem primeru ni šlo za prevlado ene vrste, saj je imela vrsta *Achnantheidium minutissimum* tudi v drugih vzorcih visoke deleže. V tem vzorcu smo določili najmanj vrst (24), kar je bil verjetno glavni razlog za nizko vrednost S-W diverzitetnega indeksa. Manjše število vrst je lahko posledica pomanjkanja hranil v izviri (Menegaliya in Kosi, 2008). V decembrskih in februarjskih vzorcih vode smo izmerili najnižje vrednosti ortofosfata na Z1 (Slika 9), kar je bil lahko vzrok za padec diverzitetne februarja.

5.2.2 Gostota celic

Število kremenastih alg v posameznih vzorcih se je gibalo od 10 do 833 frustul/mL. Edina izjema je bil vzorec jun. 15 na Z1, ko je število naraslo na 9974 frustul/mL. Predvidevamo, da se je takšen porast zgodil zaradi neobičajno povišane temperature (Slika 5), kar je verjetno ugodno vplivalo na združbo diatomej.

5.2.3 Saprobni indeks

S saprobnim indeksom (SI) prikažemo obremenjenost vodnega ekosistema z razgradljivimi organskimi snovmi. Večina vrednosti je bila med 1,5 in 1,8, kar uvršča Zelence med malo obremenjena vodna telesa (Sladeček, 1975). Izjema so bili vzorci jun. 15 in avg. 15 na Z1 ter vzorec jun. 15 na Z2, ki imajo nekoliko nižje vrednosti. Razrast nitastih zelenih alg po dnu jezerske kotanje je bila junija najbolj očitna. Predvidevamo, da so absorbirale veliko količino hranil, zaradi česar so bile zato vrednosti SI, izračunane na podlagi diatomej, nižje.

5.2.4 Trofični indeks

Vrednosti TI so bile v tihoplanktonu nižje kot v epipelonu, kjer so bile vrednosti tudi bolj konstantne. Za razliko od E1 in E2 pa pri tihoplanktonskih vzorcih vrednost v jun. 15 in avg. 15 močno pade, v Z1 pa v avg. 15 še dodatno. Večji padec TI na Z1 povezujemo s povečanjem deleža stenooligotrofne vrste *Diatoma mesodon* v avg. 15 (23 %, v drugih vzorcih samo 1 % ali manj) in vrste *Denticula tenuis* (jun. 15 14 %, avg. 15 12 %), ki imata nizko trofično (TW = 0,7 oz. 1,4) in visoko indikatorsko vrednost (G = 4) (Kosi in sod., 2006). Nizka trofična vrednost pomeni, da imata vrsti majhno potrebo po hranilih, oziroma da je njun optimum v okolju z majhno količino hranil. Hranila v izviru so dejansko v veliki meri porabile nitaste zelene alge, ki so se razrasle ravno v tem obdobju.

5.2.5 Podobnost med združbami

Tudi med seboj najbolj različni vzorci so imeli vsaj tretjino istih taksonov. Najbolj podobne sestoje kremenastih alg pa sestavlja do 75 % istih taksonov. Iz dendrograma klastrske analize je razvidno, da se na podlagi podobnosti sestoji povežejo v dva večja klastra glede na habitat in čas vzorčenja (Priloga D). Levi klaster vključuje epipelonske vzorce (E1 in E2) in kaže na večjo podobnost med sestoji, kot jo kažejo tihoplanktonski vzorci (Z1 in Z2). To je razvidno tudi z ordinacijskega diagrama, ki je rezultat indirektna gradientne analize DCA (Slika 18). Epipelonska združba diatomej ima veliko bolj stalno vrstno sestavo tako v različnih sezonah kot tudi v različnih mezohabitatih, kar si lahko razlagamo s stabilnejšimi razmerami, ki jih zagotavlja razmeroma homogen drobnozrnat (muljast) substrat v litoralu limnokrenega izvira, medtem ko različno močni vertikalni tokovi v prosti vodi povzročajo konstantne motnje oziroma spremembe in ustvarjajo zelo dinamičen in nestanovit habitat, v katerem se razvije tihoplanktonska združba diatomej. Večjo stabilnost diatomejskih združb na Z1 v primerjavi z združbo na Z2 povezujemo s stalno delujočimi izviri na Z1. Stalnost izvirov na nek način omogoča prilagoditev organizmov na konstantne motnje. Na Z2 so izviri delujoči le ob večjih količinah padavin in je zato vpliv motenj, ko izviri začnejo delovati, veliko večji, saj to predstavlja razmeroma veliko spremembo razmer, kar se kaže v večji raznolikosti sestojev oziroma manjši podobnosti.

5.2.6 Vpliv okoljskih dejavnikov na taksonomsko sestavo tihoplanktona

Vrsta lahko zasede prostor, če so izpolnjene njene fiziološke in ekološke zahteve in če je vrsta prisotna na regionalnem območju, iz katerega se lahko vključi na lokalno območje (Hillebrand in Blenckner 2002).

Kot navajajo Cantonati in sod. (1998) ter Cantonati in Ortler (1998), na vrstno sestavo diatomejske združbe najbolj vplivata pH in prevodnost vode. Na avtotrofne organizme imajo močan vpliv tudi kemični dejavniki in jakost sončnega sevanja, medtem ko ima pretok vpliv na vse združbe (Cantonati in Ortler, 1998, Menegalija in Kosi, 2008). Ker je v limnokrenem izviru tok vode zelo počasen in sta prevodnost in pH vode na karbonatni podlagi preko leta razmeroma konstantni (pH 7,2–7,7 in prevodnost 230–280 $\mu\text{S}/\text{cm}$), v Zelencih do izraza pridejo drugi okoljski dejavniki.

V naši raziskavi sta imeli največji vpliv na variabilnost združb temperatura vode in nasičenost vode s kisikom. Temperatura vode je sezonsko odvisna (Slika 5), in tako odraža časovno komponento.

5.2.7 Primerjava sestave in ekoloških tipov kremenastih alg v različnih habitatih

Planktonske vrste so na lentična okolja prilagojene z morfološkimi adaptacijami, s katerimi preprečujejo tonjenje (npr. *Cyclotella*) (Rimet in Bouchez, 2012). V naši raziskavi smo jih našli le v tihoplanktonu (Z1 in Z2). Največji delež (51 %) pa so v tihoplanktonu imele nizkoslojne vrste. V to skupino spadajo manjše in na fizične motnje odporne vrste, ki so lahko ležeče, kipeče, pokončne ali počasi gibljive vrste (Rimet in Bouchez, 2012). Zaradi delujočih podvodnih izvirov, ki ustvarjajo vertikalne tokove vode, so združbe v teh vzorcih stalno podvržene motnjam. Tako je pojavljanje vrst, ki so odporne na fizične motnje in se hitreje naselijo v bližini podvodnih izvirov, v teh vzorcih pričakovano. Delež visokoslojnih in hitro gibljivih vrst, ki so sicer značilne za epipelon, je v tihoplanktonu bistveno manjši (20–23 %), saj se te vrste zaradi nestabilnega dna v okolici izvirov redkeje in počasneje naseljujejo in s tem tudi v manjši meri prehajajo v prosto vodo zaradi delovanja vertikalnih tokov.

Na Z1, kjer so bili izviri bolj dejavni, smo določili večji delež planktonskih vrst diatomej in nekoliko večji delež visokoslojnih vrst v primerjavi z Z2. Predvidevamo, da so se združbe zaradi stalnosti delovanja izvirov na Z1 nekoliko prilagodile na stalne motnje. Na Z2, kjer izviri niso stalno prisotni, je vpliv motenj večji. Ko izviri začnejo delovati, porušijo obstoječe ravnotežje, zato se v tem delu izvira pojavlja več vrst, ki so značilne za bentos.

Podobno enakomerno porazdelitev med tipi vrst najdemo tudi v Bohinjskem jezeru. Združbo kremenastih alg v Bohinjskem jezeru lahko označimo za tihoplanktonsko, vsaj kar se tiče mikroplanktona (20–200 µm). Prisotnih je namreč več neplanktonskih vrst, ki se zaradi tokov razmeroma dolgo obdržijo v vodnem stolpcu (Remec-Rekar, 2016, neobjavljeno poročilo o ekološkem stanju jezer v Sloveniji). V Bohinjskem jezeru največji delež predstavljajo planktonske in visokoslojne vrste (30 %), nekoliko manjši delež pa nizkoslojne (23 %) in hitro gibljive (17 %) (Remec-Rekar, 2016, neobjavljeno poročilo o ekološkem stanju jezer v Sloveniji), kar je zelo podobno razporeditvi tipov v Zelencih (Slika 20).

Tipično planktonsko združbo kremenastih alg najdemo v Blejskem jezeru, kjer je zadrževalni čas vode 2–3 leta, tokovi pa se pojavljajo mnogo redkeje, le ob sezonskih mešanjih. V Blejskem jezeru je v planktonskih vzorcih dokaj malo vrst (15) (Remec-Rekar, 2016, neobjavljeno poročilo o ekološkem stanju jezer v Sloveniji), od tega pa jih je kar 9 planktonskih (60 %) (po Rimet in Bouchez, 2012).

Delovanje izvirov oz. vertikalni tokovi vode povzročajo stalne motnje v okolju. Zato so v izviri pogoste pionirske vrste, ki so majhne in kipeče (Rimet in Bouchez, 2012). V Zelencih sta se pojavljali vrsti *Amphora inariensis* in *Amphora pediculus* samo v planktonu, *Achnantheidium minutissimum* pa je bila najpogostejša vrsta v obeh mezohabitatih.

V epipelonu večino predstavljajo hitro gibljive vrste, ki so prilagojene na visoke vsebnosti hranil in so občutljive na visoke hitrosti vodnega toka (Rimet in Bouchez, 2012), poleg tega

pa jim gibalna sposobnost omogoča migracijo skozi muljast substrat, ki jih pogosto zasipava, oziroma se vanj skrijejo čez noč in se s tem izognejo plenilcem. To so večinoma vrste iz rodov *Navicula*, *Nitzschia*, *Sellaphora* in *Surirella* (Rimet in Bouchez, 2012). Najštevilčnejša rodova v epipelonskih združbah v Evropi sta *Nitzschia* in *Navicula* (Underwood, 1994), ki sta bila najpogostejša tudi v epipelonu izvira Zelenci.

Zabeležili smo 66 % alkalofilnih in 27 % cirkumnevtralnih vrst. Alkalofilne vrste so značilne za karbonatno podlago, cirkumnevtralne pa so splošno prisotne na karbonatnih in na magmatskih kamninah (Cantonati, 1998).

Glede na klasifikacijo po van Dam in sod. (1994) je bilo od 98 vrst 66 % alkalofilnih, 27 % cirkumnevtralnih in 5 % acidofilnih, 2 % pa pripadata vrstam, ki se pojavljajo izključno pri pH vrednostih, višjih od 7. Vrste, ki se pojavljajo večinoma pri pH, nižjem od 7, so: *Fragilaria tenera*, *Navicula angusta*, *Pinnularia lundii*, *Pinnularia nobilis*, *Tabellaria flocculosa*, vendar so zelo šibko zastopane. Največji delež je imela *Tabellaria flocculosa* (2,5 %) v vzorcu avg. 14 na Z1.

Med 80 različnimi vrstami se je pojavilo 54 % vrst, ki tolerirajo zmerne vsebnosti organskega dušika, 43 % vrst, ki tolerirajo le nizke koncentracije organskega dušika, 3 % vrst, ki potrebujejo stalno visoke koncentracije organskega dušika (*Nitzschia microcephala* in *Nitzschia frustulum*) in 1 % vrst, ki potrebujejo zmerne koncentracije organskega dušika (*Gomphonema parvulum*) (van Dam in sod., 1994).

Od 81 vrst smo zabeležili 42 % vrst, ki potrebujejo konstantno visoko nasičenost s kisikom (nad 100 %), 30 % vrst, ki potrebujejo dokaj visoko nasičenost (nad 75 %), 25 % vrst, ki potrebujejo vsaj 50 % nasičenosti, in 3 %, ki potrebujejo vsaj 30 % nasičenosti (van Dam in sod., 1994).

Največ vrst spada v skupino, ki živi večinoma v vodi, pojavlja pa se tudi na mokrih in vlažnih mestih (67 %), dokaj velik delež (31 %) predstavljajo tudi vrste, ki živijo izključno v vodi. Vrsti *Amphipleura pellucida* in *Navicula angusta* pripadata skupini, ki večinoma živi na mokrih in vlažnih, občasno suhih mestih (van Dam in sod., 1994).

6 SKLEPI

Pri **prvi hipotezi** smo predvidevali, da bo v tihoplanktonu zaradi delovanja podvodnih izvirov in vertikalnih tokov število vrst kremenastih alg v prosti vodi manjše, kot bo v epipelonu z bolj stabilnimi razmerami.

V epipelonu smo določili 104 vrste, v tihoplanktonu pa 93 vrst kremenastih alg. Tudi v posameznih vzorcih smo določili več vrst v epipelonu kot v tihoplanktonu, z izjemo vzorca okt. 14, ko je bilo na Z1 več vrst kot na E1. Prvo hipotezo lahko torej potrdimo.

Pri **drugi hipotezi** smo predvidevali, da bodo na vrstno sestavo in pestrost združb kremenastih alg vplivali okoljski dejavniki in čas vzorčenja.

S pomočjo analize RDA smo izračunali, da imata na sestavo tihoplanktona statistično značilen vpliv temperatura vode in nasičenost vode s kisikom. Čas vzorčenja se posredno kaže prek temperature vode. Potrdimo lahko tudi drugo hipotezo.

Pri **tretji hipotezi** smo predvidevali, da bo delež vrst, ki so sicer značilne za bentos, zaradi delujočih podvodnih izvirov in vertikalnih tokov v prosti vodi visok in da bo višji v kotanji z bolj dejavnimi izviri.

V epipelonu so večino predstavljale hitro gibljive vrste, značilne pa so bile tudi visoko- in nizkoslojne vrste. V tihoplanktonu so se sicer pojavljale značilne planktonske vrste, prevladovali pa so vsi ostali tipi vrst. Torej se v prosti vodi pojavljajo vrste, značilne za bentos. Prvi del tretje hipoteze lahko tako potrdimo.

Na Z1, kjer so izviri bolj dejavni, smo določili večji delež planktonskih vrst diatomej in nekoliko večji delež visokoslojnih vrst. Torej je delež vrst, ki so značilne za bentos v tem delu, nekoliko nižji, zato drugi del tretje hipoteze ovržemo.

Limnokreni izvir Zelenci sestavlja več različnih habitatov, kar omogoča veliko pestrost diatomejskih združb. Čeprav je iz rezultatov razvidno, da ima človeška dejavnost v okolici izvira dokaj velik vpliv na izvirsko vodo, smo določili za izvir neobičajno veliko število vrst in izračunali zelo visoke vrednosti diverzitete. Visoko število vrst in visoke vrednosti S-W diverzitetnega indeksa povezujemo z velikim številom habitatov. Združbe so si namreč med posameznimi habitatami precej različne, poleg tega pa opazimo nekaj razlik tudi med združbami posameznih mezohabitatov (npr. Z1 in Z2). Izjemno visoka pestrost kremenastih alg v limnokrenem izviru Zelenci tako še povečuje njihovo vrednost naravnega spomenika oz. naravne vrednote.

7 POVZETEK

Izviri so naravni habitati z mozaično strukturo, ki jim omogoča veliko biodiverzitet in velike gostote populacij. Neenakomerno razporejeni podvodni izviri v limnokrenem tipu izvirov ustvarjajo različne razmere za življenje organizmov. Vertikalni tokovi predstavljajo stalne motnje, povzročajo dvigovanje drobnozrnatih usedlin in s tem tudi bentoških organizmov. V tem delu smo želeli ugotoviti, ali podvodni izviri vplivajo na strukturo združb kremenastih alg v prosti vodi in v litoralu in kako izrazit je njihov vpliv.

Zelenci so približno 1400 m² velik limnokreni izvir pri Podkorenu. Podzemna voda je nasičena s karbonatom, ki se izloča in useda na dno izvirske kotanje kot apnenec. Izbrali smo 5 različnih vzorčnih mest. Dve neposredno v izvirski kotanji (Z1 in Z2), dve v bližnji okolici izvirske kotanje (Z4 in Z6) in eno v glavnem površinskem pritoku (A). Na vseh vzorčnih mestih smo izmerili izbrane fizikalno-kemijske parametre. Iz izvirske kotanje smo s planktonsko mrežo pridobili koncentrirane semikvantitativne tihoplanktonske vzorce. V najplitvejših delih kotanje smo s podlage postrgali vzorce epipelona. Pripravljene preparate kremenastih alg smo pregledali pod mikroskopom.

Temperatura vode se je v izviru sezonsko spreminjala zaradi večjega zadrževalnega časa vode in izpostavljenosti sončnemu sevanju. Izvir je bil dobro preskrbljen s kisikom, boljše razmere na Z1 so ustvarjali podvodni sestoji makrofitov. Vrednosti pH so bile preko leta konstante in rahlo bazične, kar kaže na veliko pufersko kapaciteto karbonatne podlage. Za takšen tip podlage je značilna tudi visoka prevodnost vode, kar se je pokazalo tudi v naši raziskavi. V nekaterih vzorcih smo zaznali velika povečanja PO₄³⁻, kar kaže na vpliv antropološke dejavnosti. Povečanih vrednosti NO₃⁻ nismo zaznali, povišane vrednosti NH₄⁺ pa so bile posledica spiranja hranil s prispevnega območja zaradi velike količine padavin.

Skupaj smo določili 120 različnih vrst diatomej, kar označuje Zelence za zelo vrstno pester izvir. Številčno najbolj zastopani vrsti sta bili *Achnanthes minutissimum* in *Denticula tenuis*. Najbolj vrstno pestri rodovi so bili *Navicula*, *Fragilaria*, *Nitzschia*, *Cymbella* in *Gomphonema*. Vrednosti S-W diverzitetnega indeksa so bile zelo velike zaradi stalno prisotne vode, veliko mikrohabitatov in izpostavljenosti soncu. Vrednosti SI uvrščajo Zelence med malo obremenjena vodna telesa. Razrast nitastih zelenih alg je povzročila padec SI v poletnih mesecih. V epipelonu smo izmerili višje in bolj stalne vrednosti TI kot v tihoplanktonu. Padec vrednosti v tihoplanktonskih vzorcih v poletnem obdobju povezujemo s povečanjem deležev vrst *Diatoma mesodon* in *Denticula tenuis*, ki imata majhno potrebo po hranilih, ki so jih v večji meri porabile razrasle nitaste zelene alge.

Vzorci epipelona so si bili med seboj bolj podobni kot vzorci tihoplanktona. Na Z1 smo opazili večjo podobnost združb diatomej kot na Z2. Na Z1 stalno delujoči podvodni izviri omogočajo prilagoditev organizmov na stalne motnje, medtem ko samo občasno delujoči izviri na Z2 porušijo obstoječe ravnotežje.

Zaradi počasnega toka vode v izviru in konstantnih vrednosti pH in prevodnosti vode sta imeli v Zelencih največji vpliv na variabilnost združb diatomej nasičenost vode s kisikom in temperatura vode. Skupaj sta pojasnili 30 % variabilnosti. Prek temperature vode se je posredno kazal vpliv letnih časov oziroma časovna komponenta.

Prave planktonske vrste smo našli le v tihoplanktonskih vzorcih. Sicer so v tihoplanktonu prevladovale nizkoslojne vrste, ki so odporne na fizične motnje. Pojavljanje visokoslojnih in hitrogibljivih vrst v tihoplanktonskih vzorcih povezujemo z delovanjem vertikalnih tokov in dvigovanjem bentoških vrst v prosto vodo. Takšno združbo lahko primerjamo z združbo v Bohinjskem jezeru. Na Z2 je bil delež vrst, ki so značilne za bentos, nekoliko večji kot na Z1 zaradi nestalnega delovanja izvirov in večjega vpliva motenj na obstoječe združbe. V epipelonu so večino predstavljale hitro gibljive vrste, ki se z gibanjem lahko premikajo v plasteh sedimenta. Prisotne so bile tudi nizko- in visoko slojne vrste.

8 VIRI

- Aboal M., Puig M A., Prefasi M. 1998. Diatom assemblages in springs in Castellón province, Eastern Spain. *Algological Studies*, 90: 79-95
- ARSO-met, Javne informacije Slovenije. 2016. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.
<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/> (30. 9. 2016)
- Cantonati M. 1998. Diatom communities of springs in the southern Alps. *Diatom Research*, 13, 2: 201-220
- Cantonati M., Ortler K. 1998. Using spring biota of pristine mountain areas for long-term monitoring. *Hydrology, Water Resources and Ecology in Headwaters*. International Association of Hydrological Sciences, 248: 379-385
- Cantonati M., Gerecke R., Bertuzzi E. 2006. Springs of the Alps – sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long-term studies. *Hydrobiologia*, 562: 59-96
- Cantonati M., Spitale D. 2009. The role of environmental variables in structuring epiphytic and epilithic diatom assemblages in springs and streams of the Dolomiti Bellunesi National Park (south-eastern Alps). *Fundamental and Applied Limnology*, 174, 2: 117-133
- Coelho H., Vieira S., Serôdio J. 2011. Endogenous versus environmental control of vertical migration by intertidal benthic microalgae. *European Journal of Phycology*, 46, 3: 271-281
- Falasco E., Bona F. 2011. Diatom community biodiversity in an Alpine protected area: a study in the Maritime Alps Natural Park. *Journal of Limnology*, 70, 2: 157-167
- Gerecke R., Cantonati M., Spitale D., Stur E., Wiedenbrug S. 2011. The challenges of long-term ecological research in spring in the northern and southern Alps: indicator groups, habitat diversity, and medium-term change. *Journal of Limnology*, 70, 1: 168-187
- Giller P., Malmqvist B. 1998. *The biology of streams and rivers*. New York, Oxford University Press: 296 str.
- Gregori J. 1980. Zelenci, izvir Save Dolinke. Maribor, Obzorja: 30 str.
- Gregori J. 1994. Zelenci – naravni rezervat. Ljubljana, samozaložba Janez Gregori: 120 str.
- Gregori J. 2011. Zelenci: Naravni rezervat, izvir Save Dolinke. Kranjska Gora, Občina: 2 str.

- Haubois A.G., Sylvestre F., Guarini J.M., Richard P., Blanchard G.F. 2005. Spatio-temporal structure of the epipelagic diatom assemblage from an intertidal mudflat in Marennes-Oléron Bay, France. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64, 2-3: 385-394
- Herlory O., Guarini J.M., Richard P., Blanchard G.F. 2004. Microstructure of microphytobenthic biofilm and its spatio-temporal dynamics in an intertidal mudflat (Aiguillon Bay, France). *Marine Ecology Progress Series*, 282: 33-44
- Hofman G., Werum M., Lange-Bertalot H. 2013. Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa: Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis. Königstein, Koeltz Scientific Books: 908 str.
- Hillebrand H., Blenckner T. 2002. Regional and local impact on species diversity – from pattern to processes. *Oecologia*, 132: 479-491
- Hynes H. B. N. 1970. The ecology of running waters. Liverpool, Liverpool University Press: 555 str.
- Jogan N. 2001. Navodila za vaje iz sistematske botanike. Ljubljana, Univerza v Ljubljani: 110 str.
- Koh C, Khim J.S., Araki H., Yamanishi H., Mogi H., Koga K. 2006. Tidal resuspension of microphytobenthic chlorophyll *a* in a Nanura mudflat, Saga, Ariake Sea, Japan: flood-ebb and spring-neap variations. *Marine Ecology Progress Series*, 312: 85-100
- Kosi G., Šiško M., Bricelj M., Urbanič G., Grbovič J., Rotar B., Stanič K. 2006. Priložitev saprobnega indeksa zahtevam vodne direktive (Direktiva 2000/60/ES) za vrednotenje ekološkega stanja rek v Sloveniji na podlagi fitobentosa: 21 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. 1991a. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, 3. Teil, Band 2/3. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 598 str.
- Kramer K., Lange-Bertalot H. 1991b. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, 4. Teil, Band 2/4. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 437 str.
- Menegalija T. 2001. Razširjenost kremenastih alg (*Bacillariophyta*) v izviroh na območju Julijskih Alp: diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani: 80 str.
- Menegalija T., Kosi G., 2008. Razširjenost kremenastih alg v izviroh na območju Julijskih Alp (SZ Slovenija). *Natura Sloveniae*, 10, 1: 21-37
- Odlok o razglasitvi zelencev za naravni rezervat. 1992. Uradni list RS, št. 53/92

- Po poteh WETMAN-A. Poročilo o rezultatih projekta. 2014. Ljubljana, Zavod RS za varstvo narave.
http://www.wetman.si/modules/simplemod/uploads/files/koncna_verzija_tisk_small.pdf
(30. 9. 2016)
- Rejic M. 1963. Tisočeri obrazi sladke vode. Ljubljana, Cankarjeva založba: 261 str.
- Remec-Rekar Š. 2016. Poročilo o ekološkem stanju jezer v Sloveniji (neobjavljeno, 18. 10. 2016)
- Rimet F., Bouchez A. 2012. Life-forms, cell-sizes and ecological guilds of diatoms in European rivers. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 406: 1-12
- Rott E., Pipp E., Pfister P., Van Dahm H., Ortler K., Binder N., Pall K. 1999. Indikationslisten für Aufwuchsalgen in Österreichischen Fließgewässern, Teil 2: Trophienindikation so wie geochemische Präferenz, taxonomische und toxicologische Anmerkungen. Wien, Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft (Österreich): 248 str.
- Sabater S., Roca J.R. 1992. Ecological and biogeographical aspects of diatom distribution in Pyrenean springs. *British Phycological Journal*, 27: 203-213
- Saburova M.A., Polikarpov I.G. 2003. Diatom activity within soft sediments: behavioural and physiological processes. *Marine Ecology Progress Series*, 251: 115-126
- Sladeček V. 1975. The future of the saprobity system. *Hydrobiologia*, 25: 518-537
- Smith H., Wood P. J. 2002. Flow permanence and macroinvertebrate community variability in limestone spring systems. *Hydrobiologia*, 487: 45-58
- Smol J.P., Birks J.B., Last W.M., Bradley R.S., Alverson K. 2001. Tracking environmental change using lake sediments. Volume 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 745 str.
- Soininen J. 2007. Environmental and spatial control of freshwater diatoms – a review. *Diatom Research*, 22, 2: 473-490
- Tarman K. 1992. Osnove ekologije in ekologija živali. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 547 str.
- Ter Braak C. J. F., Šmilauer P. 2002. CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, New York
- Underwood J.C.G. 1994. Seasonal and spatial variation in epipellic diatom assemblages in the seven estuary. *Diatom Research*, 9, 2: 451-472
- Urbanič G., Toman M. J., Varstvo celinskih voda. Ljubljana, Študentska založba: 94 str.

Uredba o Naravnem rezervatu Zelenci. 2013. Uradni list RS, št. 53/13

van Dam H., Mertens A. Sinkeldam J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28,1: 117-133

Vrhovšek D. 1985. Sladkovodne alge: ali jih poznamo? Ljubljana, Državna založba Slovenije: 120 str.

Ward J. V. 1992. *Aquatic Insect Ecology, Part 1: Ecology and habitat*. New York, Wiley: 456 str.

Wetzel R. G. 2001. *Limnology: Lake and river ecosystems*. 3 izd. San Diego, Academic Press: 1006 str.

Wilhm J. L., Dorris C. T. 1966. Species diversity of benthic macroinvertebrates in a stream receiving domestic and oil refinery effluents. *The American Midland Naturalist*, 76, 2: 427-449

ZAHVALA

Rada bi se zahvalila vsem, ki so mi na kakršenkoli način pomagali na poti do zastavljenega cilja.

Iskrena hvala mentorju Igorju Zelniku za številne nasvete, pomoč, usmerjanje in spodbudo pri izdelavi magistrske naloge.

Hvala recenzentu Mihaelu Jožefu Tomanu in predsedniku komisije Nejcu Joganu za natančen pregled in strokovne predloge.

Hvala Draganu Abramcu za pomoč in nasvete pri laboratorijskem delu.

Zahvaljujem se vsem sošolcem in prijateljem za vse lepe trenutke in podporo med celotnim študijem. Posebna zahvala gre Katji, Tjaši, Urški, Sandri, Sebastijanu, Petri in Lenartu, ki so mi pomagali pri terenskem vzorčenju.

Hvala Heleni Šter za lektoriranje in slogovne popravke.

Hvala Matevžu Lenarčiču za čudovite fotografije Zelencev.

Najbolj pa sem hvaležna svoji družini in Lenartu za vso skrb, podporo, razumevanje in veliko mero potrpežljivosti med celotnim študijem.

Hvala!

PRILOGE

Priloga A Preglednica vseh izmerjenih fizikalno-kemijskih parametrov

Datum	Vzorčno mesto	Ura	Vreme	pH	Temperatura [°C]	Prevodnost [μ S/min]	TDS [mg/L]	Kisik [%]	Kisik [mg/L]	Ortofosfat [mg/L]	Nitrat [mg/L]	Amonij [mg/L]
28.8.2014	Z1	9:30	oblačno	7,3	6,5	237	231	-	-	0,240	2,97	0,407
	Z2	9:40	oblačno	7,4	6,5	237	234	-	-	0,006	1,84	0,505
	Z4	9:45	oblačno	7,4	6,2	241	237	-	-	0,149	2,16	0,514
	Z6	9:50	oblačno	7,3	6,6	247	241	-	-	-	-	-
	A	10:00	oblačno	7,3	6,9	261	258	-	-	0,007	2,13	0,650
21.10.2014	Z1	10:42	prečno oblačno	7,7	6,4	239	235	85	9,7	0,270	1,80	0,460
	Z2	10:35	delno oblačno	7,6	6,3	237	233	86	9,3	0,049	2,16	0,392
	Z4	10:50	sončno (v senci)	7,6	6,4	255	250	72	8,2	0,014	2,52	0,624
	Z6	11:35	delno oblačno	6,6	6,6	255	251	67	6,7	-	-	-
	A	13:05	oblačno	7	6,6	260	253	78	8,8	0,044	1,21	0,626
12.12.2014	Z1	9:35	jasno (v senci)	7,3	5,3	256	251	81	9,9	0,007	2,45	0,039
	Z2	9:40	jasno (v senci)	7,5	5,3	259	254	79	9,4	0,001	2,40	0,042
	Z4	9:45	jasno (v senci)	7,4	4,9	274	269	62	7,5	0,005	2,58	0,040
	Z6	9:50	jasno (v senci)	7,4	5	294	288	56	6,8	0,005	2,10	0,034
	A	10:50	jasno (v senci)	7,5	5,1	290	285	81	9,8	0,007	2,69	0,042
23.2.2015	Z1	10:35	oblačno	7,5	6,2	246	239	92	10,3	0,020	1,86	0,016
	Z2	10:45	oblačno	7,6	6	244	238	88	10,1	0,026	1,93	0,020
	Z4	10:40	oblačno	7,4	5,6	319	312	75	8,5	0,009	2,00	0,018
	Z6	10:50	oblačno	7,5	5,2	326	320	79	9,1	-	-	-
	A	12:50	delno oblačno	7,6	5,7	243	239	85	9,7	0,012	1,72	0,017
23.4.2015	Z1	11:05	sončno	7,5	8,3	234	231	86	9,1	0,052	2,24	0,018
	Z2	11:10	sončno	7,6	7,9	235	233	88	9,6	0,131	2,15	0,022
	Z4	11:15	sončno	7,3	6,7	337	333	39	4,4	0,031	1,81	0,026
	Z6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	A	13:05	delno jasno	7,6	6,8	271	267	70	7,8	0,075	2,11	0,040
12.6.2015	Z1	9:50	sončno	7,6	9,6	245	231	92	9,8	0,049	2,82	0,029
	Z2	9:55	sončno	7,6	8,7	259	244	80	8,4	0,014	1,70	0,024
	Z4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Z6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	A	11:35	jasno (v senci)	7,7	7,8	261	247	88	9,4	0,037	1,58	0,018
24.8.2015	Z1	9:25	oblačno	7,2	8,2	254	239	86	9,3	0,024	1,71	0,023
	Z2	9:35	oblačno	7,4	8,4	280	265	67	7,2	0,012	1,55	0,017
	Z4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Z6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	A	11:05	oblačno	7,5	8,6	280	264	75	8,1	0,019	1,66	0,197

Priloga B Seznam deležev pojavljanja vrst

Seznam deležev pojavljanja vrst v tihoplanktonu (Z1 in Z2).

oznaka vzorca	avg.14	okt.14	dec.14	feb.15	apr.15	jun.15	avg.15	okt.14	feb.15	apr.15	jun.15	avg.15
vzorčno mesto	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z2	Z2	Z2	Z2	Z2
<i>Achnanthydium gracilimum</i>	0,99		2,44	1,99	7,77	6,76	3,48	1,50	1,43	1,46	4,88	
<i>Achnanthydium minutissimum</i>	7,92	12,60	14,15	35,32	27,18	36,71	14,43	25,50	25,24	12,62	18,54	10,00
<i>Achnanthydium pyrenaicum</i>		3,44	6,34	9,95	7,77	4,35	2,99	21,00	12,86	3,88	1,46	16,50
<i>Amphipleura pellucida</i>	0,50	1,53		1,49	0,97	0,48			0,95		0,49	
<i>Amphora copulata</i>	1,98		2,93			0,48	0,50	2,00		1,46		
<i>Amphora inariensis</i>			1,46									
<i>Amphora ovalis</i>			3,41	0,50	0,49			1,00			0,49	
<i>Amphora pediculus</i>	0,99	0,76			0,49			0,50	0,95		1,46	1,50
<i>Aulacoseira ambigua</i>	9,90	3,82	7,80					4,50	3,33	0,97		
<i>Caloneis alpestris</i>							1,00		0,48			
<i>Caloneis silicula</i>	0,99	0,38				0,48					0,49	
<i>Cocconeis placentula</i>	7,43	20,99	4,39	20,90	16,99	6,28	8,96	12,00	5,24	4,37	8,78	2,00
<i>Craticula cuspidata</i>					0,49						0,49	
<i>Cyclotella bodanica</i>					0,49	4,35	3,48				1,46	2,00
<i>Cyclotella comensis</i>		0,38	4,88		0,49		1,00		2,86			
<i>Cyclotella distinguenda</i>	1,98		0,49			0,48	0,50	1,50				0,50
<i>Cyclotella ocellata</i>		0,38										
<i>Cymatopleura solea</i>	3,47	4,58	4,88				1,99	6,50	4,29	2,43	4,39	2,50
<i>Cymbella affinis</i>		0,38						0,50			0,98	
<i>Cymbella laevis</i>	0,50	0,38		0,50					0,48	1,94	0,49	
<i>Cymbella lange-bertalotii</i>	0,50	0,38			0,49	0,48			1,43	0,97	0,49	
<i>Cymbella neocistula</i>					0,49	1,45			0,95		0,49	
<i>Cymbella parva</i>		0,38		1,00		3,38	0,50					
<i>Cymbopleura amphicephala</i>					0,49				0,95	0,49		
<i>Cymbopleura inaequalis</i>	1,49	0,38	0,98	0,50			1,49	1,00		0,49		
<i>Delicata delicatula</i>											0,49	
<i>Denticula tenuis</i>	2,97	3,44	1,46	6,47	12,14	14,49	11,94	4,50	0,95	8,25	6,83	1,00
<i>Diatoma ehrenbergii</i>									0,48			
<i>Diatoma mesodon</i>	1,49	0,76		1,00			23,38		0,48			5,50
<i>Diploneis fontium</i>	0,99	0,76	1,46		0,49		0,50		1,43	8,74	0,49	
<i>Diploneis krammeri</i>	0,50		1,46								0,49	
<i>Diploneis oculata</i>	2,48	0,38	0,49	1,00		0,48	1,49	2,00	0,48	3,40	1,46	
<i>Encyonema minutum</i>												13,00
<i>Encyonema silesiacum</i>	1,49		0,98		0,49	0,97	0,50		0,95	0,97	0,49	5,50
<i>Encyonema ventricosum</i>											0,98	
<i>Encyonopsis cesatii</i>											1,46	
<i>Encyonopsis microcephala</i>						0,48					1,95	1,00
<i>Eucoconeis flexella</i>	0,50				0,49						1,46	
<i>Eucoconeis laevis</i>											0,49	
<i>Eumotia arcus</i>			0,98									
<i>Fragilaria austriaca</i>		0,38				1,93		0,50	1,43	1,46		0,50
<i>Fragilaria capucina</i>								1,00				
<i>Fragilaria leptostauron</i>	5,45	3,44	4,39							0,97		0,50
<i>Fragilaria mesolepta</i>				0,50					0,95			
<i>Fragilaria parasitica</i>	0,50			0,50				1,00		2,91	0,49	

se nadaljuje

nadaljevanje preglednice: Seznam deležev pojavljanja vrst v tioplanktonu.

<i>Fragilaria pinnata</i>	15,35	7,25	4,88	2,49	1,46	1,45	6,47	4,50	7,14	21,36	7,80	2,00
<i>Fragilaria radians</i>	0,99								0,95			
<i>Fragilaria ulna</i>	6,93	11,83	0,49				1,49	0,50	1,90		0,49	2,00
<i>Gomphonema angustatum</i>						0,97						
<i>Gomphonema brebissonii</i>		0,38										
<i>Gomphonema micropus</i>	0,50										0,98	
<i>Gomphonema pumilum</i>	1,49	1,15		2,99	2,91	5,31	1,00	1,50	0,95	2,43	0,98	
<i>Gomphonema tergestinum</i>									0,48			10,00
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	0,99											
<i>Gyrosigma sciotense</i>	1,49	0,76		1,99	0,49		0,50	0,50		2,43		
<i>Hantzschia amphioxys</i>							0,50					
<i>Lemnicola hungarica</i>	4,95	2,67	1,95		3,40	1,45	2,99		9,05	1,46	0,49	4,00
<i>Meridion circulare</i>	3,96	3,44						0,50	1,90			
<i>Navicula capitatoradiata</i>		0,38	4,88	5,47	1,46		0,50					0,50
<i>Navicula cari</i>									0,48		0,49	0,50
<i>Navicula cryptotenella</i>	0,99	2,29		1,00	2,43	3,38	2,99		1,43	2,91	5,37	1,50
<i>Navicula elegans</i>			0,49		0,49			0,50		0,49		
<i>Navicula lanceolata</i>			0,49									
<i>Navicula menisculus</i>	0,50	0,76	2,44	1,00	1,94	0,48	0,50		0,48	0,49	0,98	3,50
<i>Navicula oblonga</i>			0,49				0,50			0,49	0,98	
<i>Navicula radiosa</i>	0,50	0,38	0,98	0,50				2,00				0,50
<i>Navicula reichardtiana</i>					0,97							
<i>Navicula subalpina</i>			7,32				0,50		1,43			
<i>Navicula trivialis</i>											0,49	
<i>Navicula viridula</i>			0,49		0,49				0,48		0,49	
<i>Neidium ampliatum</i>											0,49	
<i>Neidium dubium</i>									0,49	0,49		
<i>Nitzschia angustata</i>		0,38						0,50				
<i>Nitzschia denticula</i>	0,50											
<i>Nitzschia dissipata</i>		0,38	0,98		1,94	0,48	1,00		0,95	0,49	1,95	1,00
<i>Nitzschia fonticola</i>		0,38	0,49		0,49				0,48	0,49		2,50
<i>Nitzschia frustulum</i>		0,38				0,48				0,49	0,98	0,50
<i>Nitzschia pura</i>		0,38		0,50	1,94	0,48		0,50			2,93	7,50
<i>Nitzschia recta</i>		0,76		1,49			0,50	1,00	0,48		0,98	
<i>Pinnularia microstauron</i>		0,38						0,50				
<i>Pinnularia nobilis</i>									0,95	1,94		
<i>Pinnularia viridis</i>	0,99	0,76								0,49		
<i>Placoneis clementis</i>											1,95	
<i>Placoneis elginensis</i>											0,49	
<i>Planothidium frequentissimum</i>	1,49	0,38			0,49		0,50			1,94	2,44	
<i>Planothidium lanceolatum</i>		0,76							1,43	0,97	0,98	
<i>Sellaphora bacillum</i>			1,46								1,46	
<i>Sellaphora pupula</i>	0,50	1,15	4,39	1,00	0,49	0,97		1,00		2,43	0,98	1,00
<i>Stauroneis gracilis</i>		0,38									0,49	
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>							1,49					
<i>Stauroneis smithii</i>	0,50	0,38			0,49		0,50			0,49	0,49	1,00
<i>Surirella bifrons</i>		1,15	1,95			0,48					0,98	
<i>Tabellaria flocculosa</i>	2,48	0,76	0,49						0,48			

Seznam deležev pojavljanja vrst v epipelonu (E1 in E2).

oznaka vzorca	avg.14	okt.14	dec.14	feb.15	apr.15	jun.15	avg.15	avg.14	okt.14	dec.14	feb.15	apr.15	jun.15	avg.15
vzorčno mesto	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E2	E2	E2	E2	E2	E2	E2
<i>Achnanthydium gracilimum</i>	1,61	0,98	1,63	1,30	1,99	0,65	4,70	0,99	0,97	2,94	1,59	0,64	0,98	3,91
<i>Achnanthydium minutissimum</i>	8,39	15,41	11,73	14,01	10,63	10,13	20,06	10,20	17,42	15,03	10,83	9,27	12,79	18,24
<i>Amphipleura pellucida</i>	0,97	0,98	1,30	6,84	2,33	0,65	0,94		0,97	0,33	2,23	0,96		1,95
<i>Amphora copulata</i>	0,65		2,93		1,00	0,33	1,25	1,97	1,29		1,27	0,96	1,64	0,33
<i>Amphora ovalis</i>						1,31					0,32	0,32	0,98	
<i>Amphora pediculus</i>									0,32					
<i>Brachysira vitrea</i>		0,98							0,32	0,65				1,95
<i>Caloneis alpestris</i>		0,33							0,65					
<i>Caloneis bacillum</i>												0,32		
<i>Caloneis silicula</i>	0,32	0,33						0,33		0,33		0,32	0,66	
<i>Cocconeis placentula</i>	1,94	1,97	2,28	1,95	1,66	3,27	1,57	2,30	0,32	0,65	3,50	3,51	3,93	
<i>Craticula cuspidata</i>						0,98	0,31							
<i>Cyclotella bodanica</i>	0,32			0,33		0,33		0,33						
<i>Cyclotella radiosa</i>					0,66	0,33	0,94					0,32		1,95
<i>Cymatopleura solea</i>	4,19	2,30	2,61	4,23	3,99	2,94	7,21	3,62	1,29	1,63	0,32	3,51	2,62	1,95
<i>Cymbella affinis</i>						0,33								
<i>Cymbella excisa</i>													0,33	
<i>Cymbella laevis</i>	0,32			0,98		1,31			0,65	0,33		0,32	2,30	0,65
<i>Cymbella lanceolata</i>	0,32													
<i>Cymbella lange-bertalotii</i>	2,90		0,33				0,31	0,33	1,61			0,64		
<i>Cymbella neocistula</i>			0,65		0,33			0,66			0,32	1,28	0,33	
<i>Cymbella parva</i>			0,98					0,99					0,33	0,33
<i>Cymbopleura amphicephala</i>	1,29		0,65	0,65		0,98		0,66	0,97	0,98	0,64	1,60	0,33	0,65
<i>Cymbopleura inaequalis</i>						0,65		0,33			0,32		0,66	
<i>Denticula tenuis</i>	8,06	5,90	6,51	2,61	7,31	8,17	3,76	5,92	6,13	14,05	7,01	7,67	9,18	2,93
<i>Diatoma mesodon</i>	0,32	0,66	0,33			0,98			1,29		1,59		1,31	0,65
<i>Diatoma moniliformis</i>						0,65								
<i>Diploneis fontium</i>	4,19	2,95	8,14	11,07	5,32	1,31	1,25	3,29	4,52	3,59	6,37	5,11	0,66	1,63
<i>Diploneis krammeri</i>		0,98	0,98	1,63	0,33	0,33		1,32		0,33		0,32	0,66	0,98
<i>Diploneis oculata</i>	6,45	4,92	3,58	3,26	6,98	2,94	2,82	7,24	4,19	4,58	2,23	4,47	3,28	3,26
<i>Encyonema minutum</i>			0,33	0,33	0,33		0,31	0,33			0,32			
<i>Encyonema silesiacum</i>	1,61		0,98	0,98	1,00	1,63	2,19	0,33	0,32	1,96	1,27	2,56	1,64	1,95
<i>Encyonema ventricosum</i>			1,30		0,33		0,31	0,33	0,65					
<i>Encyonopsis cesatii</i>	0,97		0,98	0,65			0,31	0,33	0,65	0,98		2,56	0,66	
<i>Encyonopsis microcephala</i>										0,33			0,33	
<i>Eucoconeis flexella</i>	0,65	0,66	0,65	1,30	1,66	0,65	0,63			0,98		0,96	0,33	0,65
<i>Eucoconeis laevis</i>		0,98	0,33			0,33		0,33	0,32				0,33	
<i>Eumotia arcus</i>	0,65		0,33					0,33	0,97		1,27			
<i>Eumotia bilunaris</i>	2,90	0,98	0,98	0,98	1,00	0,98		0,66	1,29		0,96		0,98	0,33
<i>Fallacia subhamulata</i>		0,33	0,33					0,33	0,97		0,32			
<i>Fragilaria austriaca</i>	0,97	0,33	1,63	0,65	2,66	0,98	1,25	0,33	1,29	0,33	1,59	1,28	0,98	1,63
<i>Fragilaria leptostauron</i>				0,33									1,31	0,33
<i>Fragilaria parasitica</i>	0,97	0,33	0,33	0,65	0,33	2,61	0,63	1,97	0,97	0,33	2,55	0,32	0,33	1,30
<i>Fragilaria pinnata</i>	2,26		1,63	0,33		4,25	1,57	7,57	3,23	1,96	4,14	3,51	3,93	4,89
<i>Fragilaria radians</i>	0,97	0,98	0,65		0,66	0,33	0,63		0,32	0,65	0,96	0,32	0,66	1,30
<i>Fragilaria tenera</i>							0,31							
<i>Fragilaria ulna</i>	1,29	1,31	0,98		0,33				0,32			0,32		

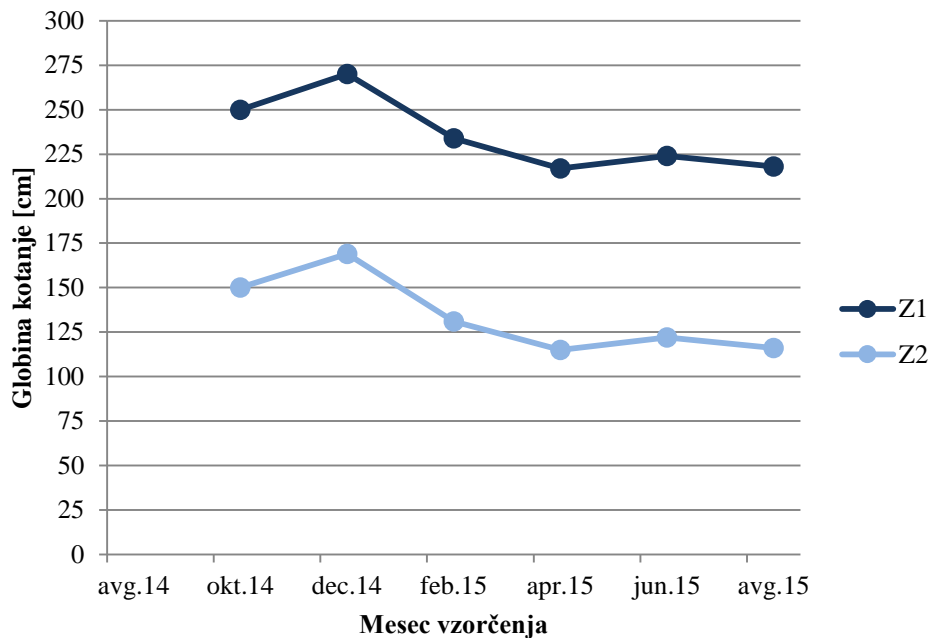
se nadaljuje

nadaljevanje preglednice: Seznam deležev pojavljanja vrst v epipelonu

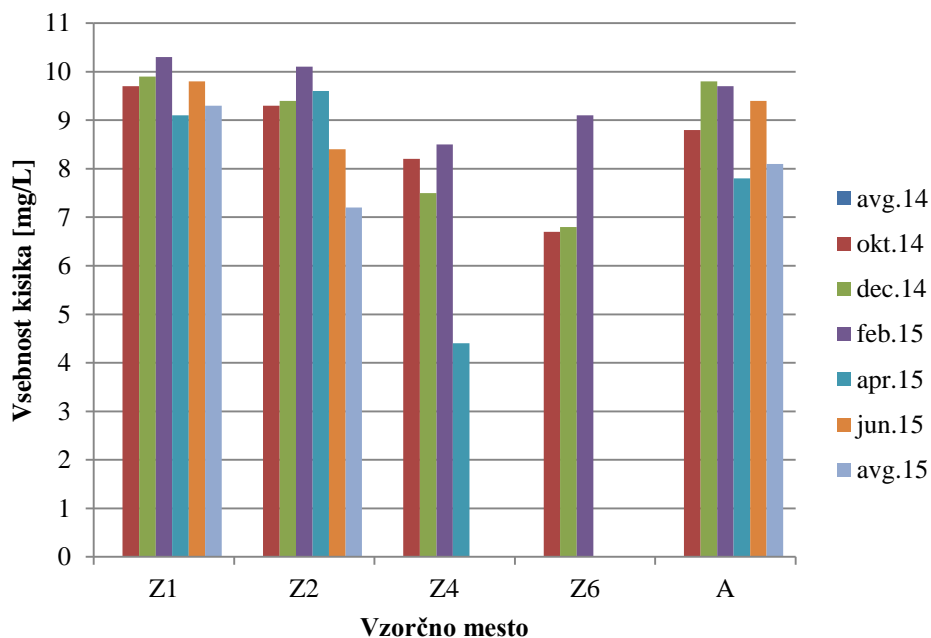
<i>Fragilaria vaucheriae</i>						0,33					0,32			
<i>Gomphonema angustatum</i>	0,32								0,32		1,27			
<i>Gomphonema brebissonii</i>	0,65			0,33								0,96		
<i>Gomphonema capitatum</i>			0,65											
<i>Gomphonema lateripunctatum</i>						0,33								
<i>Gomphonema micropus</i>			0,33		0,33	0,33	0,31	0,99	1,94	0,33	0,32		0,33	
<i>Gomphonema parvulum</i>	0,65											0,32	0,33	0,33
<i>Gomphonema pumilum</i>	1,94	1,31	1,63	3,26	0,66	1,63	0,31	3,29	3,87	1,96	1,59	2,24	1,31	0,33
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	0,65			0,33			0,63	2,63	0,32		1,59	1,28	0,33	
<i>Hantzschia amphioxys</i>			0,33											
<i>Lemnicola hungarica</i>			0,33		1,99	1,31	0,63	0,66		0,33		1,28	1,31	
<i>Meridion circulare</i>			0,98		0,33	0,33			0,65	0,33	0,32		0,33	
<i>Navicula angusta</i>					0,33									
<i>Navicula capitatoradiata</i>	6,77	1,97	0,65	6,51	7,31	1,31	5,02	2,63	0,65	8,17	6,05	4,47	0,98	4,56
<i>Navicula cari</i>	0,32	0,33		0,65		0,33		0,33	0,32	0,65	0,64	0,32		
<i>Navicula cryptotenella</i>	9,03	12,79	7,82	8,79	8,97	5,88	5,02	13,82	7,74	9,48	4,46	9,27	6,23	3,91
<i>Navicula elegans</i>		0,98		0,65		0,65								
<i>Navicula gregaria</i>	0,65				1,00	1,63	0,63			0,33			0,98	1,30
<i>Navicula menisculus</i>		2,95	3,58	0,33	1,33	2,94	1,88		2,26	1,63	1,27	0,96	3,28	0,98
<i>Navicula oblonga</i>	1,61	10,82	0,65	1,95	5,32	3,59	8,78	0,99	0,97		0,64	3,19	0,98	1,95
<i>Navicula radiosa</i>	0,97	0,33	0,33	0,33	1,00	1,96		0,66			1,27	0,64	2,95	0,33
<i>Navicula reichardtiana</i>			0,65					0,66						
<i>Navicula subalpina</i>	0,32	1,97	2,28	1,30		0,98		0,33	1,29				1,31	
<i>Navicula trivialis</i>						0,65	1,25							0,33
<i>Navicula viridula</i>	0,97	1,97	0,98	0,65	1,66	2,61	0,31	1,64	1,61		1,27	1,60	1,31	
<i>Navicula wildii</i>		0,33	0,65											
<i>Neidium ampliutum</i>						0,33	0,31	0,33	0,32					
<i>Neidium binodeforme</i>	0,32		0,65		0,33							0,32	0,33	0,33
<i>Neidium dubium</i>	0,32		0,65		1,00	0,98	0,63		0,32			0,64	1,64	0,33
<i>Nitzschia angustata</i>				0,33				0,33			0,32		0,66	0,65
<i>Nitzschia dissipata</i>	8,06	7,54	6,51	8,79	5,65	5,23	6,58	2,96	5,16	8,82	4,14	4,47	2,95	7,82
<i>Nitzschia fonticola</i>		0,33	0,98		1,33	1,63	1,88	0,99	0,65	5,23	2,55		0,98	3,26
<i>Nitzschia frustulum</i>	0,97		0,65	0,98		0,33	0,63	0,99	3,23	0,65	1,91	0,96		
<i>Nitzschia microcephala</i>								0,33		0,65	0,32	0,32	0,33	0,33
<i>Nitzschia pura</i>	1,61	2,95	0,98	1,95	1,99		1,25	0,99	0,97	1,31	1,27	1,28	1,64	2,93
<i>Nitzschia recta</i>	2,58	2,95	3,58	3,91	3,32	3,92	1,88	0,99	1,61	0,65	1,91	1,92	2,62	2,93
<i>Oestrupia bicontracta</i>				0,33										
<i>Pinnularia lundii</i>	0,32											0,32		
<i>Pinnularia microstauron</i>			0,65											
<i>Pinnularia rupestris</i>			0,33											
<i>Pinnularia viridis</i>	0,32			1,30						0,33	0,64			
<i>Placoneis clementis</i>						0,65								
<i>Placoneis elginensis</i>			0,33								0,64			
<i>Placoneis minor</i>												1,28		
<i>Planothidium frequentissimum</i>	1,29	2,30	1,30	1,30	1,66	3,27	4,08	4,93	7,42	3,92	7,01	3,51	3,61	5,54
<i>Planothidium lanceolatum</i>	0,32				1,00		0,94	0,66	1,61	0,33	1,91	0,64	0,66	0,98
<i>Planothidium rostratum</i>						0,33								
<i>Sellaphora pupula</i>	0,97	0,33	1,30	0,65	1,00	0,33	1,88	0,33	0,32	0,65	0,96	1,28	2,62	2,61
<i>Stauroneis anceps</i>		0,33					0,31					0,32		
<i>Stauroneis gracilis</i>	0,65		1,95									0,32		

se nadaljuje

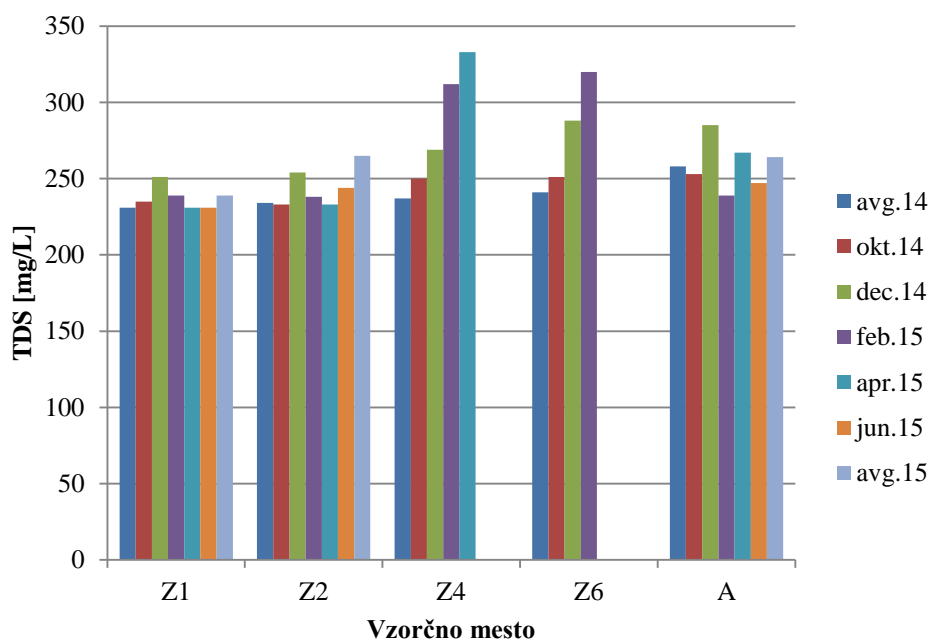
Priloga C Abiotski dejavniki



Slika: Vodostaj nad kotanjo Z1 in Z2 v različnih mesecih.

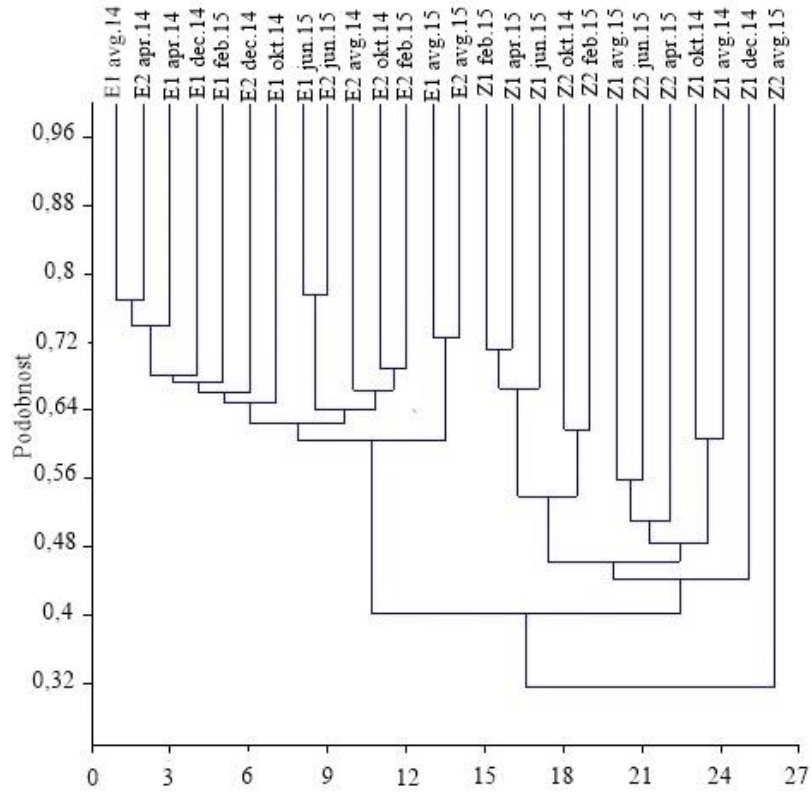


Slika: Vsebnost kisika v vodi po vzorčnih mestih v različnih mesecih.



Slika: Vrednosti TDS v vodi po vzorčnih mestih v različnih mesecih.

Priloga D Podobnost med združbami



Slika: Dendrogram podobnosti na osnovi Bray-Curtisovega indeksa podobnosti.