

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Sanja ŽAGAR

FAVNA POLŽEV V IZVIRIH OKOLICE CERKNIŠKEGA JEZERA

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**FAUNA OF SNAILS IN SPRINGS SURROUNDING THE
CERKNIŠKO LAKE**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2012

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija biologije. Opravljeno je bilo na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani, na oddelku za biologijo.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za biologijo BF je dne 3.6.2011 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Rudija Verovnika, za somentorja dr. Rajka Slapnika, za recenzentko pa doc. dr. Simono Prevorčnik.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. Cene FIŠER

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Biologijo

Član: doc. dr. Simona PREVORČNIK

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Biologijo

Član: doc. dr. Rudi VEROVNIK

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Biologijo

Član: dr. Rajko SLAPNIK

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti,
Biološki inštitut Jovana Hadžija

Datum zagovora: 23.4.2012

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Sanja Žagar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 564.3(285.2 Cerknško jezero)(043.2)=163.6
KG	polži/vrstna pestrost/izviri/Cerknško jezero
AV	ŽAGAR, Sanja
SA	VEROVNIK, Rudi (mentor); SLAPNIK, Rajko (somentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
LI	2012
IN	FAVNA POLŽEV V IZVIRIH OKOLICE CERKNŠKEGA JEZERA
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	VII, 54 str., 20 sl., 5 pregl., 7 pril. (+9 sl.), 46 vir.
IJ	sl
JI	sl/en

AI Čepprav izvirske vode formalno prištevamo k površinskim vodam, je njihova favna večinoma podzemeljska. Z raziskavo smo poskusili dopolniti popis podzemeljskih in izvirskih mehkužcev v izviri v okolici Cerknškega jezera, avtorjev Jožeta Boleta (1979) in Rajka Slapnika (2002). Polže hišice in žive polže smo nabirali v 26 izviri. Poskusili smo prepoznati dejavnike, ki lahko vplivajo na razširjenost posamezne vrste. Merili smo fizikalno-kemijske parametre izvirske vode (pH, temperaturo in vsebnost O₂) ter podali opise posameznega izvira. Ugotovili smo, da se v izviri Cerknškega jezera pojavlja 15 različnih vrst polžev, večinoma iz sladkovodne družine Hydrobiidae, ter hišice kopenskih polžev iz rodu *Zospeum* (Carychiidae). Kot smo predvidevali, se vrstna sestava favne izvirskih polžev nekaterih, že pred desetletji raziskanih, izvirov ni bistveno spremenila. Večinoma je bila v izviri, ki so geografsko blizu in so hkrati del istega povodja, vrstna sestava podobna. Ugotovili smo, da je količina najdenih hišic v posameznem izviri največkrat povezana s: tipom izvira (reokreni, limnokreni, helokreni, linearni), presihanjem vode v izviri ter dostopnostjo hišic iz podzemeljskih vod. Te značilnosti posledično vplivajo tudi na prisotnost določenih vrst v posameznem izviri. Da bi ugotovili ali se vrste iz rodu *Belgrandiella* med seboj razlikujejo po konhioloških znakih, smo preučili morfološke značilnosti hišic. Glede na konhiološke značilnosti smo uspeli razlikovati le vrste: *Belgrandiella robusta*, *B. kuesteri*, *B. globulosa*.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDC 564.3(285.2 Cerkniško jezero)(043.2)=163.6
CX Snails/biodiversity/springs/Cerkniško lake
AU ŽAGAR, Sanja
AA VEROVNIK, Rudi (supervisor); SLAPNIK, Rajko (co-advisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Biology
PY 2012
TI FAUNA OF SNAILS IN SPRINGS SURROUNDING THE CERKNIŠKO LAKE
DT Graduation thesis (University studies)
NO VII, 54 p., 20 fig., 5 tab., 7 epp. (+9 fig.), 46 ref.
LA sl
AL sl/en

AB Even though spring water formally belongs to surface water, its fauna is usually subterranean. With a detailed research we tried to supplement lists of the subterranean and spring molluscs of individual Cerknica Lake springs provided by Jože Bole (1979) and Rajko Slapnik (2002). Snail shells and live specimens were collected in 26 springs. We tried to establish which factors influence the distribution of individual species, therefore we measured the physical-chemical parameters of spring water (pH, temperature and O₂ content) and added a description of each spring. In Lake Cerknica springs 15 different snail species were found, mostly belonging to the freshwater family Hydrobiidae and to the land snail genus *Zospeum* (Carychiidae). As we anticipated, the spring snail fauna of the springs that were examined a few decades ago, has not changed significantly. The fauna of the springs, which are geographically close and also belong to the same catchment area was mostly very similar. We determined that an amount of shells in the individual spring depends on the type of spring (reocrene, limnocrene, helocrene, linear), intermittance of the spring and accessibility of shells from the underground waters. Consequently, this characteristics can influence the presence of individual species. To determine whether species of the genus *Belgrandiella* can be distinguished according to their conchological characteristics, we closely examined some morphological characteristics of their shells. Only *Belgrandiella robusta*, *B. kuesteri*, *B. globulosa* are recognisable by their conchological characteristics.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
KAZALO SLIK.....	VIII
KAZALO PRILOG.....	IX

1 UVOD	1
2 PREGLED LITERATURE	3
2.1 PRESIHAJOČE CERKNŠKO JEZERO IN IZVIRI V NJEGOVI OKOLICI	3
2.2 SPLOŠNE ZNAČILNOSTI IZVIROV	8
2.3 POLŽI (GASTROPODA)	9
2.3.1 Morfologija polžev	10
2.3.1.1 Osnovna telesna zgradba (zunanj videz)	10
2.3.1.2 Hišica	10
2.3.2 Vpliv fizikalno-kemijskih parametrov vode na življenje polžev	11
2.3.3 Hidrološke razmere pomembne za življenje in razporejenost polžev na Cerknškem polju	12
2.3.4 Pregled podzemeljskih in izvirskih vrst polžev v okolici Cerknškega jezera	12
2.3.5 Ekologija podzemeljskih in izvirskih vrst polžev	17
2.3.6 Varstvo podzemeljske in izvirske favne	18
3 MATERIAL IN METODE	19
3.1 ZNAČILNOSTI OBRAVNAVANIH IZVIROV	19
3.2 VZORČENJE	20
3.3 MERJENJE KONHIOLOŠKIH ZNAKOV	22
3.4 MERJENJE FIZIKALNO-KEMIJSKIH PARAMETROV	22
3.5 OBDELAVA PODATKOV	23
4 REZULTATI.....	24
4.1 PRIMERJAVA MED IZVIRI	24
4.1.1 Razširjenost in številčnost vrst v izviri	24
4.1.2 Fizikalno-kemijski parametri v izviri.....	31
4.2 PRIMERJAVA VRST IZ RODU <i>Belgrandiella</i>	33
5 RAZPRAVA IN SKLEPI.....	38
5.1 RAZPRAVA.....	38
5.1.1 Izvirske in podzemeljske vrste	38
5.1.2 Razširjenost vrst v izviri in povodjih okolice Cerknškega jezera.....	39
5.1.3 Vpliv biotskih in abiotskih dejavnikov na pojavljanje vrst.....	41
5.1.3.1 Geografija	41
5.1.3.2 Tip izvira	42
5.1.3.3 Vpliv fizikalno-kemijskih parametrov	44
5.1.3.4 Geološka podlaga	45
5.1.4 Primerjava vrst iz rodu <i>Belgrandiella</i>	46
5.1.5 Problem determinacije hidrobiid	46
5.2 SKLEPI.....	47

6 POVZETEK	48
7 VIRI	50
ZAHVALA	
PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Pojavljanje polžev v izviri okoli Cerknškega jezera.....	25
Preglednica 2: Prisotnost živih sladkovodnih polžev v izviri okoli Cerknškega jezera.....	29
Preglednica 3: Primerjava med izviri, glede na število sladkovodnih vrst, tip izvira, geološko podlago ter količino in najdišče nabranih praznih hišic sladkovodnih polžev v izviri okoli Cerknškega jezera	30
Preglednica 4: Primerjava med posameznimi vrstami iz rodu <i>Belgrandiella</i> , iz izvirov okoli Cerknškega jezera, glede na konhiološke meritve hišic	34
Preglednica 5: Izračunani konhiološki indeksi za posamezne vrste iz rodu <i>Belgrandiella</i> , iz izvirov okoli Cerknškega jezera.....	34

KAZALO SLIK

Slika 1: Karta Cerknškega jezera z okolico	3
Slika 2: Geološka karta Cerknškega polja.....	5
Slika 3: Povodja ob Cerknškem jezeru in razporeditev izvirov raziskovanih v diplomski nalogi....	6
Slika 4: Morfologija polže hišice	11
Slika 5: Endemične vrste sladkovodnih polžev iz porečja Ljubljane	14
Slika 6: Različne oblike in velikosti hišice vrste <i>Neohortia subpiscinalis</i>	16
Slika 7: Karta Cerknškega jezera z označenimi vzorčenimi izviri.....	20
Slika 8: Prikaz merjenih konhioloških znakov.....	22
Slika 9: Število sladkovodnih vrst polžev v izviri okoli Cerknškega jezera.....	26
Slika 10: Prisotnost vrst sladkovodnih polžev v izviri okoli Cerknškega jezera, glede na povodje, ki mu izviri pripadajo.....	26
Slika 11: Dendrogram podobnosti vrstne sestave sladkovodnih polžev med povodji in tremi izviri okoli Cerknškega jezera, katerih pripadnost povodju je neznana.....	27
Slika 12: Dendrogram podobnosti vrstne sestave sladkovodnih polžev med izviri okoli Cerknškega jezera.....	28
Slika 13: Naplavine polžjih hišic	29
Slika 14: Primerjava T-razmer in pestrosti sladkovodnih vrst polžev v izviri okoli Cerknškega jezera	31
Slika 15: Primerjava pH-razmer in pestrosti sladkovodnih vrst polžev v izviri okoli Cerknškega jezera.....	32
Slika 16: Primerjava O ₂ -razmer in pestrosti sladkovodnih vrst polžev v izviri okoli Cerknškega jezera	33
Slika 17: Odnos med višino in širino hišice pri vrstah iz rodu <i>Belgrandiella</i> v izviri okoli Cerknškega jezera.....	35
Slika 18: Primerjava višine hišic <i>Belgrandiella crucis</i> v različnih izviri okoli Cerknškega jezera	36
Slika 19: Primerjava višine hišic <i>Belgrandiella robusta</i> v različnih izviri okoli Cerknškega jezera	36
Slika 20: Primerjava višine hišic <i>Belgrandiella globulosa</i> v različnih izviri okoli Cerknškega jezera	37

KAZALO PRILOG

Priloga A: Lasnosti izvirov okoli Cerknškega jezera (opažanja s terena).

Priloga B: Opisi in fotografije vzorčenih izvirov okoli Cerknškega jezera.

Slika 21: Izviri okoli Cerknškega jezera; Marija Magdalena, Sv. Vid, izvir Martinjščice, Trstenik, izvir Grahovščice in Mala Grahovščica.

Slika 22: Izviri okoli Cerknškega jezera; Lisični studenec, izvir Žerovniščice, izvir Štebrščice, Štebrski cemun, Petričev slap in Goriški brežiček.

Slika 23: Izviri okoli Cerknškega jezera; Zdravjak, Obrh Žaga, Kotrljaš, Cemun in Pod stenami.

Slika 24: Izviri okoli Cerknškega jezera; Rupa, Krapini, Strmci, Kamini viri, Vidrenca in Laški studenec.

Slika 25: Izviri okoli Cerknškega jezera; Tresenec, Otoški obrh, Mrzlek in Skadulca 2.

Priloga C: Fizikalno-kemijski parametri in število sladkovodnih vrst polžev (N) v posameznem izviru okoli Cerknškega jezera.

Priloga D: Konhiološke meritve vrst iz rodu *Belgrandiella* v izviri okoli Cerknškega jezera.

Priloga E: Konhiološki podatki za sladkovodne polže iz izvirov okoli Cerknškega jezera, povzeti po Radoman-u (1983) in Boletu (1979).

Priloga F: Fotografije raziskovanih sladkovodnih vrst polžev v izviri okoli Cerknškega jezera.

Slika 26: Sladkovodne vrste polžev v izviri okoli Cerknškega jezera; *Belgrandiella crucis*, *B. superior*, *B. schleschi*, *B. fontinalis*, *B. globulosa* in *B. kuesteri*.

Slika 27: Sladkovodne vrste polžev v izviri okoli Cerknškega jezera; *Belgrandiella kusceri*, *B. robusta* in *Bythinella opaca*.

Slika 28: Sladkovodne vrste polžev v izviri okoli Cerknškega jezera; *Hadziella ephippiostoma*, *Iglica luxurians*, *Neohoratia subpiscinalis*, *Sadleriana fluminensis*, *Acroloxus tetensi* in *Ancylus fluviatilis*.

Priloga G: Opisi posameznih vrst polžev, ki se pojavljajo v izviri okoli Cerknškega jezera.

Slika 29: Razširjenost rodu *Belgrandiella* v Evropi.

1 UVOD

Izviri so mejni biotopi med podzemeljskimi in površinskimi vodami. Ekološke razmere se bistveno ne ločijo od razmer v podzemlju. Kot robni biotopi so lahko ugodna prebivališča podzemeljskih vrst. Na naplavinah v okolici večjih ali manjših kraških izvirov, kjer voda odlaga fini material, pogosto najdemo prazne hišice podzemeljskih vrst. V mnogih izvirih lahko pod kamenjem najdemo tudi žive polže, ki jih tja naplavi iz podzemlja. V podzemeljskih vodah, kot tudi v izvirih, živijo predstavniki z visoko ekološko toleranco, t.i. evribionti (Bole, 1963; 1965; 1985a).

Pred 20. stoletjem so bili mehkužci Cerkniškega jezera praktično neraziskani; v literaturi so le posamezne navedbe za določene vrste. Kuščer je prvi leta 1923 na območju Slovenije opisal veliko število novih podzemeljskih vrst (Velkovrh 2003). Odkril je tudi, da so posebno zanimivi polži iz podzemeljskih vod v okolici Cerkniškega jezera. Kasneje je podrobneje raziskoval mehkužce v okolici Cerkniškega jezera, še posebej podzemeljske in izvirske polže, akademik Jože Bole. Intenzivne raziskave so potekale predvsem v obdobju med 1972 in 1975, na osnovi česar je Bole napisal seznam do takrat najdenih polžev in školjk. Podzemeljske in izvirske vrste so pritegnile posebno pozornost, ker so jim morali taksonomski položaj šele prepoznati, oz umestiti v rodove in opisati nove vrste (Bole, 1979; Slapnik, 2002).

Bole (1985a) omenja, da je velika večina izvirskih in podzemeljskih polžev iz podrazreda predškrigarjev (Prosobranchia) in sicer iz naddružine hidroboid (Hydrobioidea). Opisanih je 62 vrst in podvrst iz Slovenije, od teh jih 38 živi v podzemlju. Družina hidrobiide (Hydrobiidae) vključuje predvsem sladkovodne živali, ki živijo skoraj v vseh tipih voda. Prvotno so bile pretežno izvirske in jezerske, nato so poselile še podzemlje. Po danes znanih podatkih je največ vrst podzemeljskih in predstavljajo najštevilčnejšo skupino polžev v podzemlju. Jamske vrste naseljuje tudi izvire, če le v izvirih ni koncentracija ogljikovega dioksida ali temperatura previsoka (Velkovrh, 2003). Podzemeljski tok Ljubljane, kamor sodijo tudi vode Cerkniškega polja, je v Sloveniji med najbogatejšimi

nahajališči podzemeljskih hidrobiid. Na tem območju živi veliko endemnih vrst, ki imajo v nekaterih primerih zelo velike populacije (Bole, 1967).

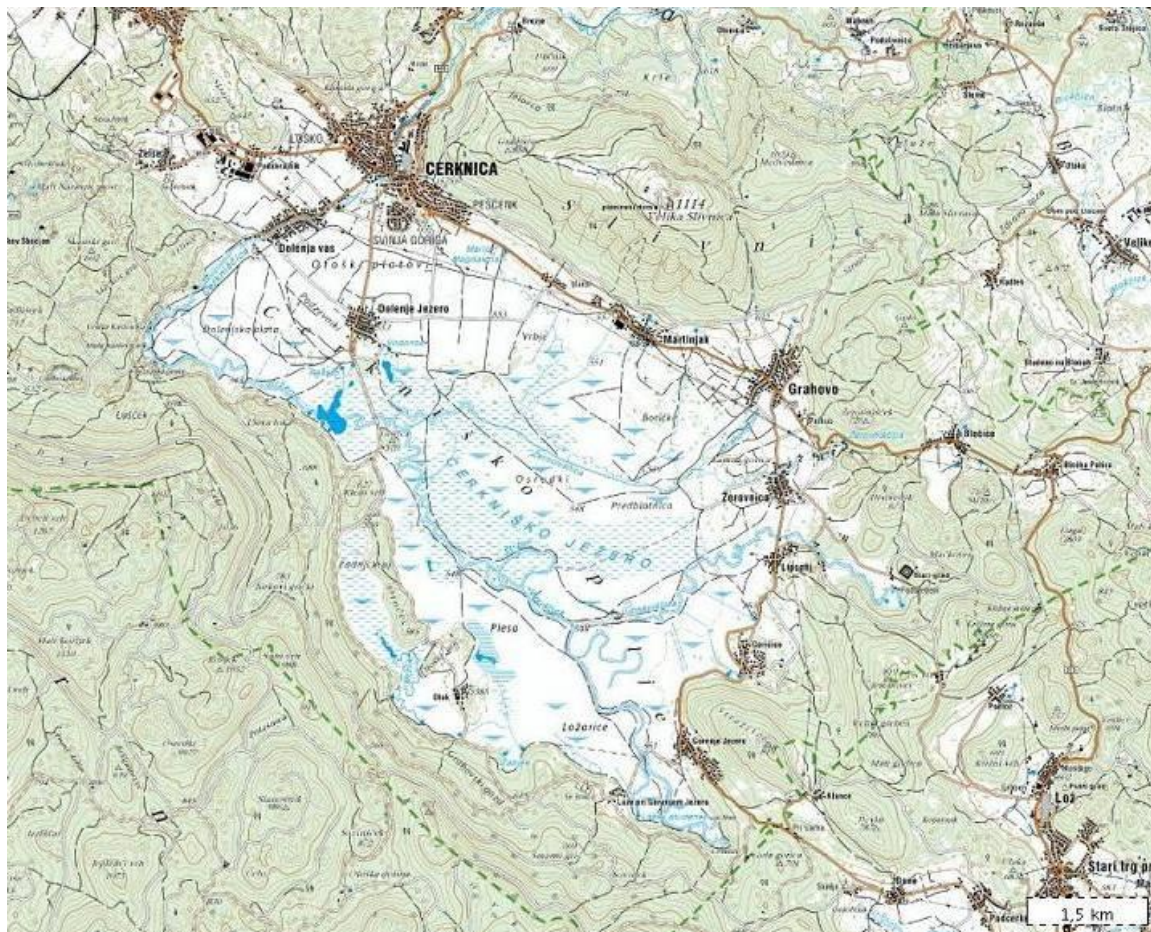
V izvirih lahko najdemo tudi prazne hišice vrst iz podrazreda pljučarjev (Pulmonata), iz družine zavojčic (Carychiidae), in sicer iz rodu jamničarjev (*Zospeum* Bourguignat 1856), ki so suhozemski podzemeljski polži (Bole, 1979).

V preteklosti je bila konhiološka obravnava vrst iz naddružine Hydrobioidea večinoma najpomembnejša za določanje vrst, kot tudi višjih taksonov. Še danes ostaja eno izmed pomembnih orodij za prepoznavo taksonov, predvsem vrst istega rodu, ki so si anatomsko in genetsko zelo podobne. Poleg tega je njena prednost v primerjavi z anatomske raziskavami dejstvo, da je za slednje potrebno veliko število živih polžev, ki jih večinoma lahko nabere le v podzemlju. Konhiološka obravnava najpogosteje vključuje opisno podajanje oblike hišice in ustja, značilnosti in obliko robov ustja, ter značilnosti popka, vrha in zavojev. Če so si vrste istega rodu zelo podobne po omenjenih značilnostih, je priporočljivo dodatno izmeriti višino in širino hišice, ter višino in širino ustja (Radoman 1983).

Raziskovali smo polže v izvirih v okolici Cerknškega jezera. V nalogi smo obravnavali izvirske in podzemeljske vrste. Glavni namen raziskave je bil ugotavljanje razširjenosti posameznih vrst in primerjava polžje favne med izviri. Predvidevali smo, da se vrstna sestava favne izvirskih polžev na nekaterih, že pred desetletji raziskanih izviri, ni bistveno spremenila. Zanimalo nas je tudi, ali fizikalno-kemijski parametri v posameznem izviru vplivajo na vrstno pestrost. Domnevali smo, da v geografsko bližnjih izviri, ki so hkrati del istega povodja, živijo iste vrste polžev. V med seboj bolj oddaljenih izviri (na različnih straneh jezera), smo pričakovali večje razlike v vrstni sestavi izvirskih polžev. Želeli smo preveriti možnost razlikovanja vrst v okviru rodu *Belgrandiella* na osnovi konhioloških meritev.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 PRESIHAJOČE CERKNŠKO JEZERO IN IZVIRI V NJEGOVI OKOLICI



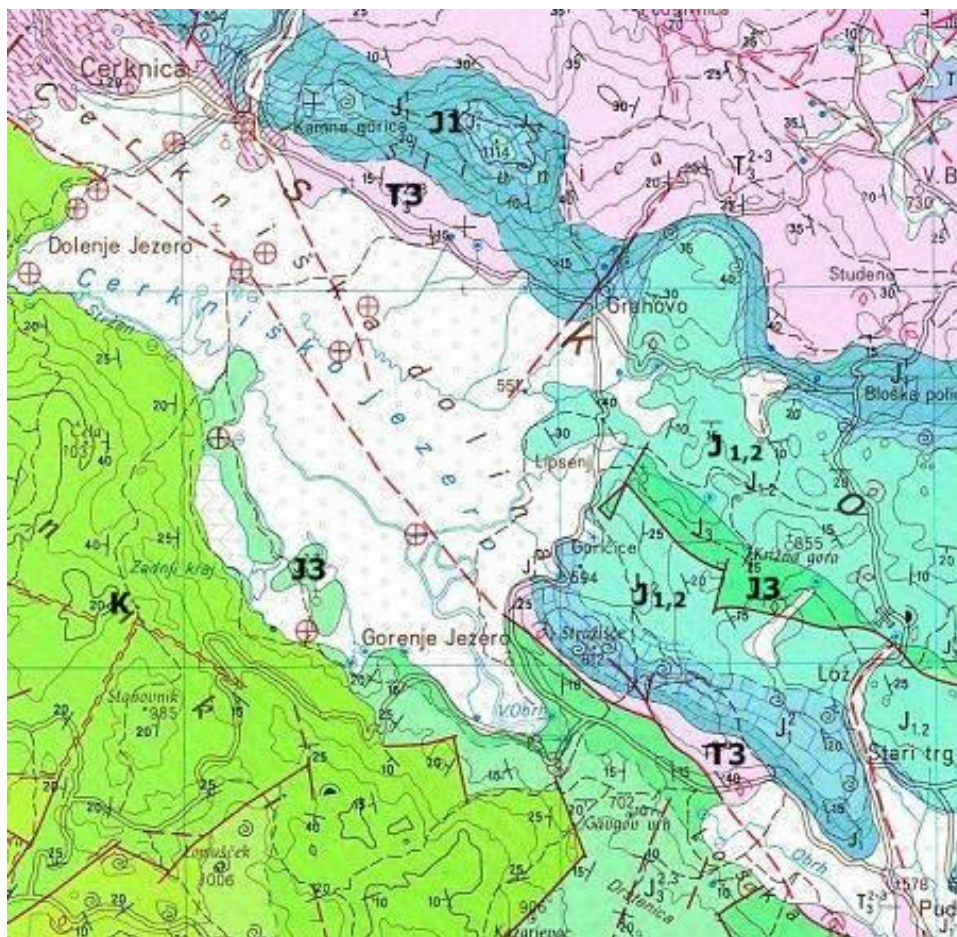
Slika 1: Karta Cerknškega jezera z okolico(www.geopedia.si).

Cerknško polje, pogosto imenovano kar Cerknško jezero (Slika 1), je tipičen primer presihajočega jezera na kraškem polju ter ena izmed najbolj znanih kraških znamenitosti v Sloveniji in v svetu (Kranjc, 1986). Je del Notranjskega podolja, pas nižjega sveta med grebeni, ki se raztezajo od Babnega polja na jugovzhodu do Godoviča na severozahodu (Gams, 2003). Po obsegu je največje kraško polje v Sloveniji (Gospodarič in Habič, 1978). Vode Notranjskega podolja z okolico pripadajo porečju Ljubljanice. Del tega porečja je tudi povodje Cerknškega jezera, ki vključuje Babno in Loško polje, okoliško kraško hribovje in planoto Bloke.

Povodje Cerknškega jezera obsega 475 km², od tega predstavlja dno Cerknškega jezera 38 km², kar je 8% celotnega povodja (Kranjc, 1986: 79). Jezerska gladina skoraj vsako leto doseže koto 550 m, a se, zaradi nihanja vodne gladine med 548 in 552 m n. m., tudi obseg jezera spreminja (Gospodarič in Habič, 1978: 11; Kranjc 2002a). V jezeru je voda povprečno do osem mesecev na leto, približno dva meseca pa je dno suho. Zato ga uvrščamo med presihajoča kraška jezera. Jezero je najpogosteje polno aprila, maja in decembra, suho pa med avgustom in decembrom. Včasih se zgodi, da jezero niti poleti ne presahne, izredne poplave pa nastopajo povprečno na vsakih sedem let. Jezerska gladina narašča hitreje kot upada. Ob močnejšem deževju se jezero običajno napolni v dveh do treh dneh, ob suši pa presiha tri do štiri tedne (Kranjc, 2002). Jezero nastaja zaradi omejene prepustnosti požiralnikov in podzemeljskih kanalov. Na prehodu iz dolgotrajne suše v nenadne padavine se lahko jezero nad požiralnikom dvigne za 6 m. Razlog za nadaljnje počasne spremembe v vodni gladini gre pripisati veliki površini ravnega območja (polja). Skratka, kadar je pritok na polje večji ali v ravnotežju z odtokom, je polje poplavljen, ko pa je dotok manjši od požiralne sposobnosti ponikev, jezero upada in končno presahne (Gospodarič in Habič, 1978).

Kotanja Cerknškega polja je oblikovana v karbonatnih kamninah (Slika 2), to je triasnih in jurskih dolomitih ter jurskih in krednih apnencih (Kranjc, 2002b; Gospodarič in Habič, 1978). Čez polje poteka pas triasnega dolomita, ki zavzema skoraj 2/3 dna. Zaradi manjše prepustnosti dolomita površje prečkajo vodotoki, ki pritekajo od vzhoda in severa izpod Slivnice. Med slednjimi je najbolj stalna Cerknščica. Poleg stalnih pritekajo v podnožje Slivnice tudi občasni manjši pritoki (Gams, 2003). Triasni dolomit se vnovič pojavi v ozkem pasu pri Gorenjem jezeru, od koder seže na Loško polje. Tako je tudi severovzhodni del skalne podlage polja v dolomitu, razen pod Grahovim, Žerovnico in Lipsenjem, kjer je dno v liasnem apnencu (Kranjc 2002b; Gospodarič in Habič, 1978). Jurske kamnine se pojavljajo na jugovzhodnem delu polja (vključno z gričem Goričico, polotokom Drvošcem in Zadnjim krajem). Stalni izviri se nahajajo med naseljema Gorenje jezero in Otok, kjer je podlaga iz gostega jurskega oolitnega apnenca. Poleg manjšega izvira pri Lazah, je tu še največji izvir Obrh (z bližnjim Cemunom), ki dovaja vodo iz Loškega polja. Posebno hidrogeološko vlogo imajo kamnine jugozahodne polovice polja, kjer se menjata apnenec in dolomitiziran apnenec. Ta sestava vpliva na drobno

oblikovanost estavel in ponikev ter na nastajanje novih požiralnikov (Kranjc, 2002b; Gospodarič in Habič, 1978). Od Otoka do Suhadolice kamninsko podlago gradi jurski dolomit izmenično z apnencem. V dolomitu so izviri in ponori, prevladujejo pa estavele. Kredni temno sivi apnenec in v manjši meri dolomit gradi preostali del jugozahodnega obrobja, kjer so le ponori; v Jamskem zalivu pa tudi jama Karlovica (Gams, 2003). Med severovzhodnim in severozahodnim robom na eni, ter jugozahodnim in jugovzhodnim obrobjem na drugi strani, je velika razlika. Na severovzhodnem delu, kjer dno počasi prehaja v pobočja pod Slivnico oziroma griče, ni ostre meje med dnem in obodom. Tukaj je površina relativno gladka in 'mehko' zaobljena. Na jugozahodni strani, kjer je obod iz apnenca, je prehod z ravnega dna polja v pobočja zelo oster in takoj se pokažejo značilnosti kraškega površja (Kranjc, 2002b).

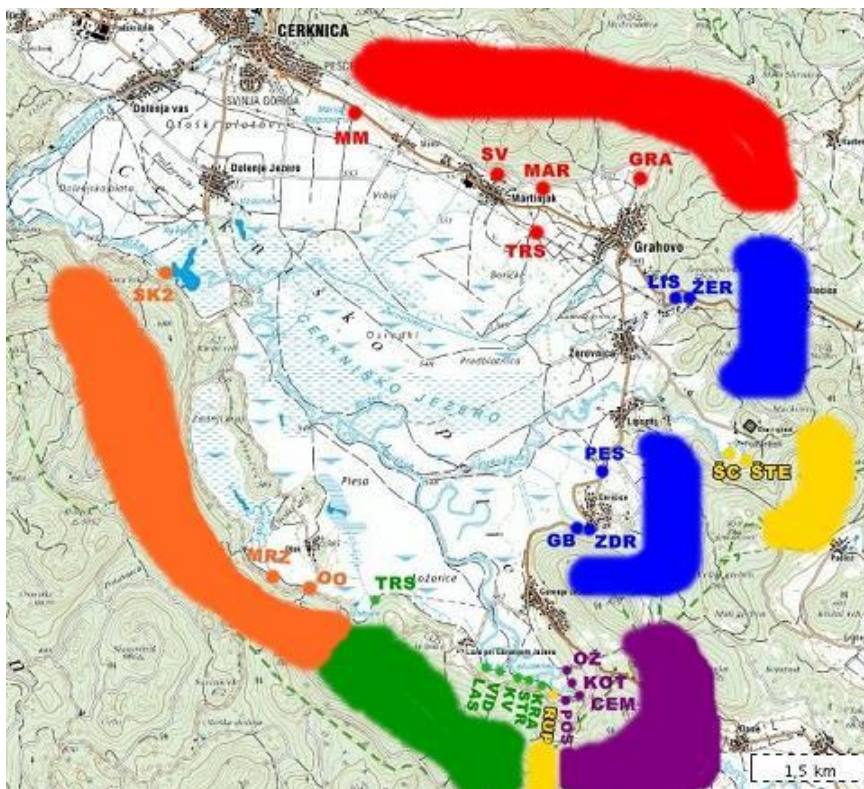


Slika 2: Geološka karta Cerkniškega polja. Gams, 2003: str. 330.

J1 – apnenec, dolomit; J_{1,2} – jurski apnenec; J3 – apnenec, dolomit; T3 – triasni dolomit; K – kreda, v glavnem apnenec.

Cerkniško polje dobi 80% vode po kraškem podvodnem sistemu, 15% pa je površinskih dotokov. Enak je tudi količinski delež kraških in površinskih voda v jezerski vodi. Edini daljši površinski dotok je Cerkniščica, ki izvira pod Sv. Vidom in zbira svoje vode v hribovju za Slivnico. Kranjc (1986, 2002b) deli dotoke v štiri večje skupine (Slika 3):

- Slivniški studenci (na severnem robu Cerkniškega polja, med Cerkniščico in Žerovniščico),
- Bloške vode (od vasi Žerovnica do Goričice),
- Loške vode (od vasi Gorenje jezero do konca gornjejezerskega zatrepa),
- Snežniško-javorniške vode iz vznožja Javornikov (od gornjejezerskega zatrepa do ponikev Rešeta).



Slika 3: Povodja ob Cerkniškem jezeru in razporeditev izvirov raziskovanih v diplomski nalogi. **Oznake:** rdeče – **Slivniško povodje** (MM = Marija Magdalena, SV = Sv. Vid, MAR = Martinjščica, TRS = Trstenik, GRA = Grahovščica), **modro** – **Bloško povodje** (LIS = Lisični studenec, ŽER = Žerovniščica, PES = Petričev slap, GB = Goriški brežiček, ZDR = Zdravjak), **vijolično** – **Loško povodje** (OŽ = Obrh žaga, KOT = Kotrljaš, CEM = Cemun, POS = Pod stenami), **zeleno** – **Snežniško-javorniško povodje, studenci** (KRA = Krapini, STR = Strmci, KV = Kamini viri, VID = Vidrenca, LAS = Laški studenec, TRS = Trstenik), **oranžno** – **Snežniško-javorniško povodje, glavni izviri** (OO = Otoški obrh, MRZ = Mrzlek, SK2 = Skadulca 2), **rumeno** – **izviri, za katere nismo ugotovili, kateremu povodju pripadajo** (ŠTE = Štebrščica, ŠC = Štebrski cemun, RUP = Rupa).

Slivniški studenci imajo skupni pretok okoli $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Najmočnejši je Martinjski obrh (do $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$). Ostali izviri te skupine so: Globošček (studenec Sv. Magdalene), Kotliček, Grebenec (Suhadolica, studenec Sv. Vida), Trstenik in Grahovščica. Globošček teče v ponikvo Retje, Kotliček in Grebenec sta pritoka Martinjskega obrha, Martinjski obrh, Trstenik in Grahovščica pa so pritoki Žerovniščice (Kranjc, 1986, 2002b).

Večina kraških izvirov priteka z vzhodnega in jugozahodnega dela polja, to so t.i. Bloške vode. K njim sodijo porečja Žerovniščice, Lipsenjščice ter zaledje Križne jame, Bloške planote in Podloža. Skupaj imajo Bloške vode največji pretok, okoli $35 \text{ m}^3/\text{s}$. Največ vode ima Žerovniščica s pretokom od 300 l/s ob nizkih vodah. Izvira v obliki kraškega izvira – obrha, ponika pa v Retju. Ob višjih vodah pripomore k poplavljanju jezera. Njen izvir vsebuje tudi vodo iz ponikev Bloščice na Blokah. Nekoliko manjši pretok ima kraški izvir Lipsenjščica, in sicer 80 l/s ob nizkih vodah. Ob nizkem vodostaju vode presahnejo, ob visokem pa tečejo preko polja neposredno v Stržen. Z leve strani pritekajo v Lipsenjščico manjši studenčki in izviri: Na gabru, Krajčki, Gorički potok, Zlatovec. Nekaj manjših samostojnih pritokov, ki tudi sodijo k Bloškim vodam, je med Goričkim potokom in Cerknškim obrhom (Gorenje jezero), ki tečejo v Stržen: Žabjek, studenčki ob Gorenjem jezeru, Mostec, Kotrjaš, Urhov studenec, Rupa (Kranjc, 1986, 2002b).

Zaledje Loških vod v glavnem predstavlja Babno polje, vzhodni del Loškega potoka in širše območje Loškega polja. Izviri se nahajajo na koncu zatrepa nad Gorenjim jezerom. V glavnem gre za velike tolmane, ki so zasuti s kamnitim drobirjem. Skupno imajo te vode pretok okoli $84 \text{ m}^3/\text{s}$. Vodo iz Loškega polja dovaja Obrh, ki je eden izmed največjih izvirov skupine Loških vod (do 24 m^3). Poleg Obrha sta najizdatnejša Cemun (prav tako do 24 m^3) in Podpečmi (do 27 m^3). Cemun je estavela, saj ob močni suši požira Stržen, oziroma se spremeni v ponor. Takrat teče Stržen od studencev pod Lazami nazaj in ponika v Cemun. Stržen je glavni in največji vodotok Cerknškega jezera, vanj se zlivajo vsi pritoki skupine Loških vod, ob nizkih vodah pa teče voda pod dnom Cerknškega polja (Kranjc, 1986, 2002b).

V vznožju jugozahodnega oboda Cerknškega polja se ločijo vode Snežniško-javorniške skupine. Pojavljajo se med vasjo Laze in ponikvami Rešeto pri Dolenjem jezeru. To so

večinoma studenci ali obrhi, ki pritekajo iz snežniško-javorniškega podzemlja. V nasprotju z Loškimi vodami (ponikalnicami) so te vode čiste in hladne. Od Podpeči do Otoka se vrste izviri – stalni studenci s skupnim pretokom $18 \text{ m}^3/\text{s}$. To so: Krapina, Strmec, Morelka, Kameni vir, Vidrna, Laški studenec in studenec sv. Ane, ki so pritoki Stržena, ter Tresenec, Zlatovec in Retje, ki tečejo v ponikvo Levišča. Ob vznožju Javornikov, od Otoka preko Zadnjega kraja do ponorov v Narte, se pojavljajo glavni in najmočnejši izviri Snežniško-javorniške skupine. Najizdatnejša sta jami – bruhalnika Vranja jama in Suhadolica, katerih skupna vodnatost je ocenjena na $13 \text{ m}^3/\text{s}$ ter sta občasna, presihajoča izvira. Ostali izviri in studenčki, Otoški Obrh, Mrzlek, Bobnarice ter studenčki med Suhadolico in Nartami, prispevajo še okoli $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Zadnji stalni izvir te skupine je Ušiva loka (Kranjc, 1986, 2002b).

2.2 SPLOŠNE ZNAČILNOSTI IZVIROV

Izviri nastajajo tam, kjer podzemeljske vode pritečejo na površje. Glede na tip iztekanja podtalnice, oziroma geomorfološke značilnosti, izvire delimo na: reokrene, limnokrene in helokrene (Rejic, 1988; Tarman, 1992). Reokreni so izviri, kjer podtalnica takoj, ko pride na površino, začne odtekati v strugo, zato izvirski kotanje ni ali je ta neznatna. Številni kraški izviri so limnokreni. Večinoma nastajajo na ravnih tleh, kjer se voda zbira v večji ali manjši izvirski kotanji in odteka v strugo na njenem robu. Helokreni izviri so manj opazni, ker voda meži iz tal na večji površini in običajno odteka po komaj zaznavnih strugicah, ki se postopoma združujejo v večje. Ti izviri so pogosti zlasti na peščenih tleh, pogosto pa je opazna bogata vodna in higrofilna vegetacija. Žganec (2005, cit. po Gerecke in sod. in Zollhofer in sod. 2000) navaja še linearni tip izvira, kjer se izvir premika vzdolž na določenem delu struge. Pritekanje vode na površje se spreminja glede na hidrološke značilnosti in količino padavin. Ob večjem pretoku se izvir premakne gorvodno, če pa se pretok zmanjša, se tudi izvir premakne dolvodno. Gorvodni del tega segmenta presahne večkrat na leto, po velikem deževju pa lahko pride do mešanja podzemeljske in površinske vode. Posledica je lahko večja variabilnost fizikalno-kemijskih parametrov.

Izvirski vode imajo relativno nespremenljive kemijske parametre, pretok in temperaturo (Giller in Malqvist, 1998). Letne spremembe temperature vode v stalnih izviri so majhne.

Temperatura vode je običajno podobna temperaturi tal, iz katerih voda priteka, ter ustreza srednji letni temperaturi kraja, zato narašča v smeri od severa proti jugu in pada z višanjem nadmorske višine. V zmernem pasu je temperatura vode v izvirih med 6°C in 10°C, glede na temperaturo zraka je voda poleti torej razmeroma hladna in pozimi topla (Tarman, 1992). Vsebnost kisika v vodi je v največji meri odvisna od temperature vode, količine soli ter nadmorske višine. Višja je temperatura vode, manjša je sposobnost raztapljanja kisika v njej (Giller in Malqvist, 1998; Božak, 2010, cit. po Kerovec, 1986). V podzemeljskih vodah je običajno koncentracija kisika nizka, a zaradi intenzivnega prezračevanja v izviru se lahko voda popolnoma zasiti s kisikom že tu (Giller in Malqvist, 1998; Žganec, 2005, cit po Lindegaard in sod., 1998). Koncentracija ogljikovega dioksida v izvirih je podobna kot v podzemeljskih vodah, pogosto torej veliko višja kot v površinskih. Tarman (1992) razlaga, da je v izvirih manj kisika in več ogljikovega dioksida predvsem zaradi mikrobov in edafskih živali, ki razgrajujejo organske ostanke v tleh. Trdota vode in pH sta odvisna predvsem od geološke zgradbe vodonosnika (Žganec, 2005, cit. po Glazier in Gooch, 1987). Na silikatni podlagi so izvirske vode mehke in imajo vrednost pH pod 7. Na apnenčasti podlagi je voda trša in pH višji od 7, ker je v podlagi več kalcijevega karbonata (Tarman, 1992).

Vrstna pestrost v izvirih je običajno majhna, za kar je možnih več vzrokov:

- omejene disperzije: izviri so pogosto geografsko precej oddaljeni med seboj,
- neugodnega življenjskega prostora: presihajoče vode, omejenega dostopa do hrane (Giller in Malqvist, 1998).

2.3 POLŽI (GASTROPODA)

Polži so največja in najbolj raznolika skupina mehkužcev (Mollusca). Znanih je 60.000–80.000 recentnih vrst polžev (<http://en.wikipedia.org/wiki/Gastropoda>). Največ jih živi v morju, poselili pa so tudi sladke vode in kopno, nekaj kopenskih in sladkovodnih se je vselilo celo v podzemlje. So edini mehkužci, ki živijo na kopnem (Matoničkin, 1978). V novejših časih se je dolgo uporabljana delitev razreda Gastropoda na podrazrede predškrjarji (Prosobranchia), zaškrjarji (Opisthobranchia) in pljučarji (Pulmonata)

spremenila. Danes priznavamo sicer le en podrazred polžev, Orthogastropoda (<http://www.faunaeur.org/>).

2.3.1 Morfologija polžev

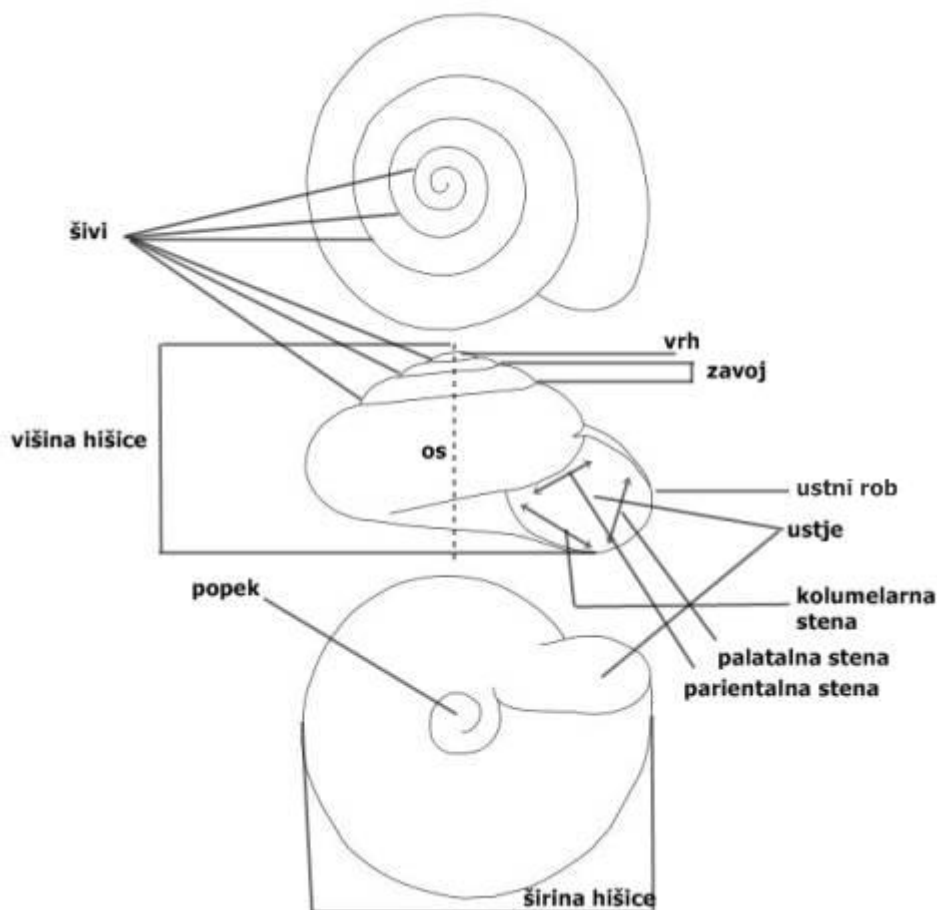
2.3.1.1 Osnovna telesna zgradba (zunanji videz)

Polži imajo mehko in nesomerno telo, ki je zgrajeno iz glave, noge in drobovnjaka. Telo, razen glave, ovija plašč. Ta je kot guba prirasel ob rob ustja hišice, ki jo izloča na hrbtni strani telesa. Na glavi, ki je na sprednjem delu telesa, imajo običajno do dva para tipalk, oči ter usta. Nekatere vrste imajo oči zakrnele, ker živijo v temi. Drobovnjak je največkrat podaljšan, zasukan (tordiran) in spiralno zavrt vstran, kot tudi po njem oblikovana apnenčasta lupina (hišica). Na trebušni strani se nahaja podplatasta noga, ki jo lahko polž skupaj z glavo vpotegne v hišico (Matoničkin, 1978; Velkovrh, 2003).

2.3.1.2 Hišica

Tipična hišica polžev naj bi bila v obliki stožca, ki se zavija okoli namišljene, vertikalne, centralne osi, ki gre skozi vrh (Slika 4). Vrh (apex) je najvišji in najstarejši, spodnji del, oziroma zadnji zavoj, pa najmlajši del hišice (Matoničkin, 1978). Število zavojev je zelo različno in spremenljivo med vrstami in med osebki iste vrste, večina pa jih ima 3–15 (Velkovrh, 2003). Tekom razvoja hišice se zavoji večajo v smeri ustja, zato je zadnji zavoj največji. Šivi ali suture (črte, ki ločijo posamezne zavoje) so lahko plitve ali globoke, kar je odvisno od stopnje izbočenosti ali nagiba rasti zavojev. Če se zavoji v osi dotikajo spirale, nastaja centralna vzdolžna os, kolumela. Ta je lahko masivna, če so zavoji zrasli, ali je votla, če se zavoji sploh ne dotikajo. Le takrat je opazen popek na spodnji strani hišice, na koncu vretena. Lahko je luknjica, ki sega do vrha, pogosto pa je le točka, okrog katere je zavrt zadnji zavoj (Matoničkin, 1978). Popek je lahko širok, ozek, delno ali pa popolnoma zaprt. Odprtina na hišici je ustje, ki je lahko različnih oblik, od okrogle, ovalne, podolgovate, polkrožne itd. (Bole, 1969). Skozi ustje iztegne žival glavo in nogo oziroma se vpotegne v hišico. Predškrgarji imajo na zadnjem delu noge večinoma prirasel stalni pokrovček (*operculum*) za zapiranje ustja hišice. Hišica polžev je troslojna. Zunanja plast, periostrak (*periostracum*), je iz organskega konhiolina, srednja plast je iz kalcijevega

karbonata, ki je v obliki kalcita ali aragonita, notranja plast pa je le iz aragonita. Apnenčasti del hišice je pretežno iz kalcijevega karbonata (95%) vsebuje pa tudi druge minerale (Matoničkin, 1978; Velkovrh, 2003).



Slika 4: Morfologija polžje hišice (www.en.wikipedia.org/wiki/Gastropoda_shell).

2.3.2 Vpliv fizikalno-kemijskih parametrov vode na življenje polžev

Pomemben in omejujoč dejavnik za prisotnost sladkovodnih polžev je pH vode. Ne najdemo jih v vodah z izredno nizkimi vrednostmi, letalne pa so tudi previsoke vrednosti pH-ja. Večina vrst živi v vodi, ki ima pH višji od 5, optimalna vrednost pa znaša 6.

Za predškrge je količina raztopljenega kisika v vodi pomembnejša kot za pljučarje. Slednji lahko na vodni gladini prevzamejo atmosferski kisik.

Temperaturna toleranca sladkovodnih polžev je zelo različna. Običajno je le redko neposredno omejujoč dejavnik za življenje polžev v njihovem naravnem okolju. Lahko pa vpliva na primarno produkcijo in posledično tudi na dostopnost hrane v vodi. Tako je prisotnost določene vrste polžev predvsem odvisna od tipa dostopne hrane v okolju (Vagner 2001; Matoničkin, 1978; Božak 2010, cit. po Gloer 2002).

2.3.3 Hidrološke razmere pomembne za življenje in razporejenost polžev na Cerkniškem polju

Bole (1979) razlaga, da so za življenje in razporejenost mehkužcev na Cerkniškem polju in okolici pomembne hidrološke razmere, predvsem trije pojavi: (1) periodično poplavljanje dna Cerkniške kotline, (2) nastanek obsežnih podzemeljskih vodotokov v pritočnem in odtočnem delu jezera, ter (3) razmeroma dolg in osamljen razvoj jezera, ki je s podzemeljskimi odtoki vred, izolirano od okoliških površinskih voda. Posledično se po pleistocenu vanj niso mogle naseliti nekatere vrste vodnih polžev, ki sicer žive v okolišnjih vodah porečja Ljubljane.

2.3.4 Pregled podzemeljskih in izvirskih vrst polžev v okolici Cerkniškega jezera

Družino hidrobiid (Hydrobiidae) sedaj uvrščajo v podrazred Orthogastropoda (glej poglavje 2.3), nadred Caenogastropoda, red Neotaenioglossa ter naddružino Rissooidea (<http://www.faunaeur.org/>). Večina vrst iz te družine je majhnih (ne presežejo 13 mm¹), evolucijsko zelo starih in jih najdemo v podzemlju. Veliko je takih, ki imajo v površinskih vodah najbližje sorodnike ali celo populacije iste vrste (Bole, 1963).

Podzemeljske in izvirske vrste te družine (Slika 5) so še vedno med najslabše raziskanimi polži. Njihova imena so se skozi zgodovino večkrat spreminjala, zato je lahko uvrstitev v sistem še dandanes zelo težavna. Največ težav je pri uvrščanju vrst v rodove, saj uvrščanje temelji na konhioloških znakih. Da so ti marsikdaj nezanesljivi in so torej sorodstveni odnosi med rodovi drugačni, so pokazale anatomske raziskave (Bole, 1970). Že Kuščer (1923) je trdil, da ima posamezna vrsta različne 'varietete' in je tako rekoč sestavljena iz

¹ Konhiološke mere posameznih vrst iz pregleda objav se nahajajo v Prilogi E

mozaika podvrst ter da je dokaj težko določiti posamezno vrsto in jo uvrstiti v sistem. Za sistematiko je pogosto pomemben tudi geografski moment, zlasti tipska lokaliteta. Če imamo na novo nabran material s tipskega najdišča, lahko preverimo, ali je določena 'varieteta' res sistematska enota ali ne. Bole (1970) je zagovarjal stališče, da naj bi bile izhodišče za anatomske raziskave generotipične vrste, nabrane na tipskih najdiščih, temu pa naj bi sledile anatomske primerjave z drugimi vrstami in preučevanje sorodstvenih odnosov med vrstami.

V obdobju 1972–75 je Bole, v okviru raziskovanja mehkužcev Cerknškega jezera, naredil seznam podzemeljskih in izvirskih vrst polžev. Spodaj je seznam takrat najdenih vrst iz okolice Cerknškega jezera (Sliki 5 in 6), njihovi opisi pa so podani v Prilogi G.

fam. Hydrobiidae

rod *Belgrandiella* – močvirnice, belgrandiele

Belgrandiella kusceri (Wagner, 1914) – Kuščerjeva močvirnica

Bole (1979) piše, da so bili v okolici Cerknškega jezera primerki vrste *Belgrandiella kusceri* (Slika 5) najdeni le v odtokih (Karlovice, Svinjska jama), je pa ta vrsta zelo pogosta v podzemeljskih vodah in Rakovem Škocjanu.

Belgrandiella schleschi (Kuščer, 1932)

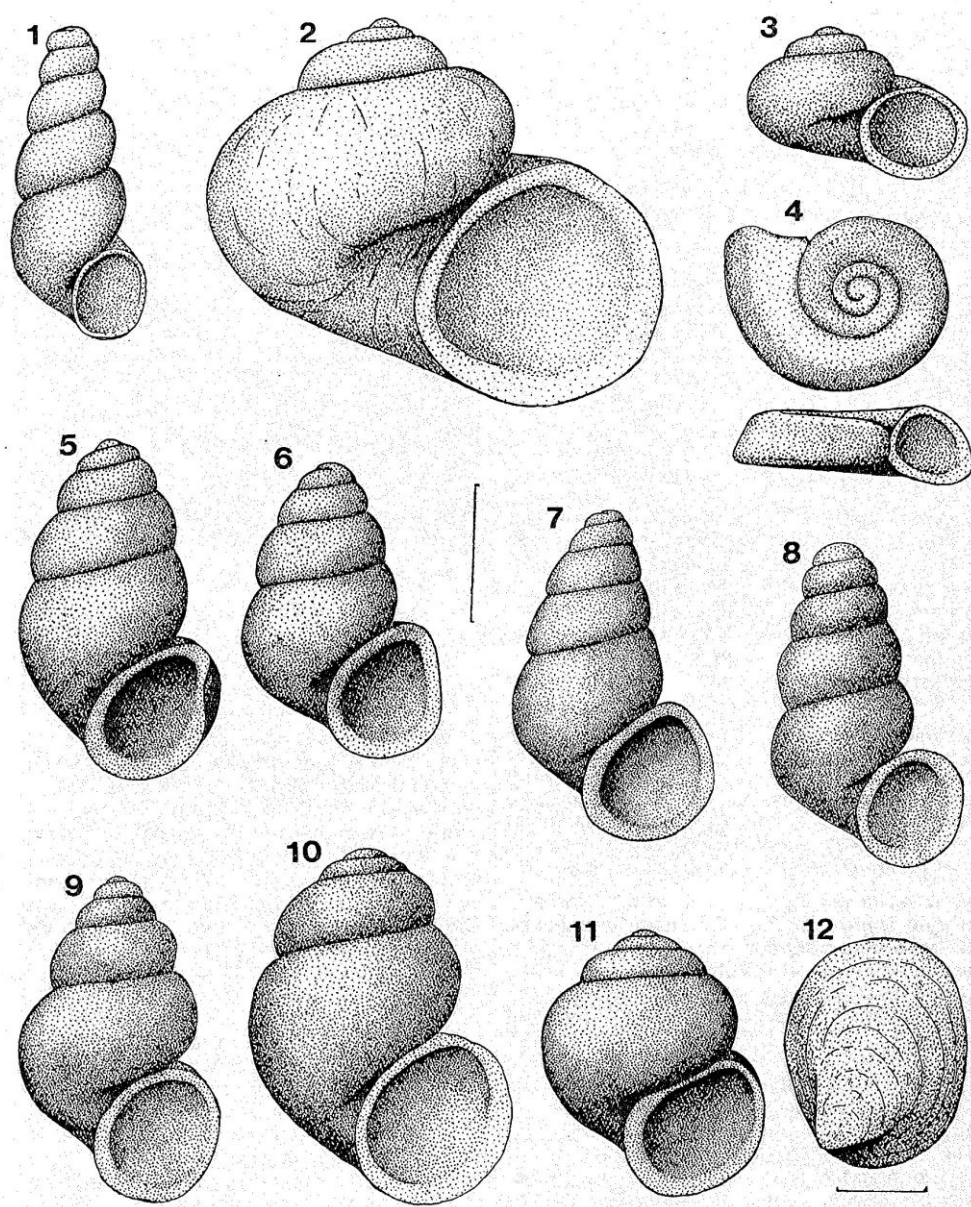
Bole (1979) navaja, da se poleg tipskega nahajališča (Križna jama), vrsta (Slika 5) pogosto pojavlja še v tanatocenezah od Martinjščice do Laškega studenca (v Bole: Laški obrh) pod vasjo Laze.

Belgrandiella crucis (Kuščer, 1928) – križna močvirnica

Bole (1979) je opazil, da je vrsta (Slika 5) pogosta v izvirih od Magdalenskega studenca, ob južnem robu Cerknškega jezera, pa vse do Ušive loke pod Javorniki.

Begrandiella superior Kuščer, 1932 – zgornja močvirnica

Bole (1979) trdi, da se vrsta (Slika 5) pojavlja samo v kraških izvirih ob južnem robu Cerknške kotline, kjer je vodilna vrsta v tantocenezah.



Slika 5: Endemične vrste sladkovodnih polžev iz porečja Ljubljanice: 1 – *Iglica luxurians*, 2 – *Neohoratia subpiscinalis*, 3 – *Hauffenia michleri*, 4 – *Hadziella ehippiostoma*, 5 – *Belgrandiella kusceri*, 6 – *B. superior*, 7 – *B. substricta*, 8 – *B. crucis*, 9 – *B. schleschi*, 10 – *B. robusta*, 11 – *Boleana umbicilata*, 12 – *Acroloxus tetensi*. Črti pomenita dolžino 1 mm. Bole, 1985b: str. 17.

Belgrandiella fontinalis (Schmidt, 1874) – izvirska močvirnica

Bole (1979) ne omenja točne lokacije.

Belgrandiella robusta Radoman, 1975

Bole (1979) je žive primerke vrste (Slika 5) našel v izviru Grahovščice in v stranskem levem izviru blizu izvira Štebrščice.

Belgrandiella kuesteri (Boeters, 1970) – mala močvirnica

Radoman (1975, 1983) omenja, da se vrsta pojavlja tudi v okolici Cerknškega jezera. Bole (1979) ne omenja točne lokacije, ampak piše, da: »živi le v nekaterih izvirih ob jezeru ali pa najdemo njene hišice v naplavinah « (str.14).

Belgrandiella globulosa Bole, 1978 – okrogla močvirnica

Najdena je v izvirih Obrh in Cemun pri Gorenjem jezeru (Bole, 1979).

Iglica luxurians (Kuščer, 1932) – bujna iglica

Bole (1979) vrsto (Slika 5) navaja za tanatocenoze vseh podzemeljskih in izvirskih vod v okolici Cerknškega jezera, a ne sodi med najpogostejše vrste.

Sadleriana fluminensis (Küster, 1852) – rečna sadleriana

V okolici Cerknškega jezera je redka in je bila najdena samo v izviru pri cerkvi v Martinjaku (Bole, 1979).

Neohoratia subpiscinalis (Kuščer, 1932) – nova horacija

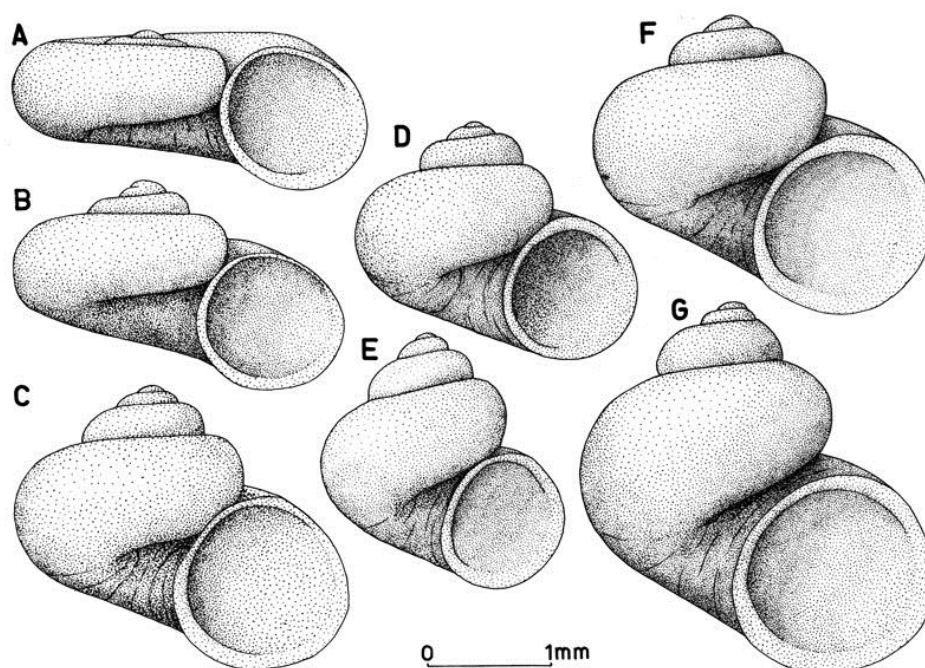
Bole (1979) je opazil, da je vrsta (Sliki 5, 6) zelo pogosta in živi v vseh podzemeljskih vodah v okolici Cerknškega jezera. Njena velikost in oblika zelo variirata. V izvirih pod Slivnico je našel manjše, v Magdalenskem studencu pa še posebno majhne hišice.

Hauffenia michleri Kuščer, 1932 – Michlerjeva haufenija

Bole (1979) je našel prazne hišice vrste (Slika 5) v Mrzli jami pri Bločicah in v izviru Grahovščice. Glede na konhiološke značilnosti, se ne ujemajo popolnoma s hišicami iz spodnjega podzemeljskega toka Ljublanice. V Križni jami in Mrzli jami pri Bloški polici je našel v tanatocenozah tudi hišice, ki po obliki in velikosti predstavljajo vmesno stopnjo med Michlerjevo haufenijo in novo horacijo (*Neohoratia subpiscinalis*). Bole (1967) je napisal, da je zoogeografski položaj najdbe (okolica Cerknškega jezera) tak, da gre verjetno le za podvrsto nove horacije. Ugotovil je, da so anatomske značilnosti (operkulum, radula in kopulacijska organa) najdenih živih primerkov vrste *Hauffenia michleri* najbolj podobne istim organom pri vrsti *Neohoratia subpiscinalis*, ki pa se pogosto pojavlja ob Cerknškem jezeru.

Hadziella ehippiostoma Kuščer, 1932 – sedlasta hadžijela

V okolici Cerknškega jezera se vrsta (Slika 5) pojavlja v tanatocenozah izvirov Obrh in Cemun, pa vse do Vranje jame v Zadnjem kraju (Bole, 1979).



Slika 6: Različne oblike in velikosti hišice vrste *Neohoratia subpiscinalis* (<http://www.razvojkrasa.si/si/narava/105/article.html>).

Bythinella opaca (Gallenstein, 1848) – Schmidtova bitinela

Bythinella schmidtii (Kuster, 1852) je sinonimizirana z *Bythinella opaca*. Bole (1979) zanjo ne omenja točno določene lokacije, ampak piše, da se v pritokih Cerknškega jezera pojavljata dve obliki vrste, tipična ter ožja oblika. Za slednjo navaja, da jo je našel v velikih izvirih pri Gornjem jezeru.

fam. Planorbidae

Ancylus fluviatilis Muller, 1974 – rečni prilepek

V okolici Cerknškega jezera je dokaj pogosta v izvirih in tanatocenozah (Bole, 1979).

fam. Acroloxidae

Acroloxus tetensi (Kuščer, 1932) – Tetensov prilepek

Bole (1979) je vrsto (Slika 5) našel samo v podzemeljskih vodotokih, ki s severozahodnega roba Cerknškega jezera odvajajo vodo proti Planinskemu polju in Ljubljanskemu barju, pojavlja pa se tudi v notranjosti Karlovic.

fam. Carychiidae

Rod Zospeum Bourguignat 1856 – jamničarji

V podzemeljskih vodah Cerknškega polja se pojavljajo naslednji taksoni: *Zospeum spaeleum spaeleum*, *Z. s. schmidtii*, *Z. kusceri*, *Z. exiguum*. Najpogostejši je *Z. kusceri*, ki

je bil najden skoraj v vseh naplavinah v okolici izvirov. Prazne hišice *Z. exiguum* so bile najdene v tanatocenozah izvirov pri Gorenjem jezeru (Jezerski Obrh) (Bole, 1979).

2.3.5 Ekologija podzemeljskih in izvirskih vrst polžev

Glede na ekološko navezanost vrst na podzemeljsko okolje lahko delimo jamske živali v več kategorij (Bole, 1985b; Tarman, 1992). Po Sket-u (2008) ločimo:

- troglobionte (prave jamske živali) – so izključno vezani na življenje v podzemlju in jih ne srečujemo na površini (razen če jih močen tok bruhalnikov naključno ne izvrže iz jam). Med te sodijo npr. jamničarji (rod *Zospeum*) in večina hidrobiid,
- evtroglofile – so sicer površinske vrste, ki pa lahko živijo tudi v podzemlju. Lahko se razvijejo v troglobionte oziroma oblikujejo jamske populacije, ki se na jamsko okolje popolnoma prilagodijo (na primer *Ancylus fluviatilis*),
- subtroglofile – so vrste, ki se dokaj redno zadržujejo v podzemlju vendar zaradi opravljanja nekaterih bioloških funkcij (na primer hranjenje ali razmnoževanje) nujno potrebujejo površje, in
- trogloksene (naključne naseljence) – v podzemeljskih habitatih se pojavljajo le občasno in se tam ne morejo obdržati. V jamah se zadržujejo zaradi vlage, hrane ali zaščite ali pa jih tja naključno prinesejo vodni tokovi. Trogloksene najdemo predvsem v vhodnih delih jam.

Bole (1967) opisuje vpliv abiotičnih dejavnikov na predstavnike družine Hydrobiidae, ki žive v podzemeljskem toku Ljubljanice:

a) Temperatura vode

Je najpomembnejša od vseh abiotičnih dejavnikov. V podzemeljskem toku Ljubljanice so predstavniki družine po izvoru in načinu življenja oligostenotermni, t.j. imajo ozko tolerančno območje na nizke temperature oziroma je njihov temperaturni optimum bližje minimumu. Iz izvirov so se razširili tudi v podzemeljske vode. Hidrobiidae najdemo šele tam, kjer maksimalna temperatura za dalj časa ne preseže 15°C.

b) Trdota vode

V podzemeljskih vodah Ljubljanice se trdota vode spreminja minimalno, tako da ne vpliva na razširjenost polžev.

c) Nihanje vodnega nivoja

Nihanje vode ne škoduje populacijam, ki živijo v jamah. Tudi v izvirih najdemo populacije, ki so prilagojene hitrim spremembam vodnega nivoja. Hidrobiide ne živijo samo v predelih pod najnižjim nivojem vode, temveč so pogoste tudi v pasu srednjega in visokega vodostaja. Ob nizkih vodah in suši zaprejo hišice s pokrovčkom in ostanejo pritrjene na kamne, ki so dovolj vlažni. Kratkotrajni nizki vodostaji ne vplivajo na njihovo preživetje. Poginejo večinoma zaradi starosti.

d) Hitrost vodnega toka

Hitrost vodnega toka ne vpliva na razpored populacij v podzemeljskih vodah in izvirih. Hidrobiide najpogosteje živijo v predelih z zmernimi tokovi. Pojavljajo se tudi v predelih, kjer so tokovi hitrejši, vendar si potem poiščejo zaklonišča v razpokah ali med kamni.

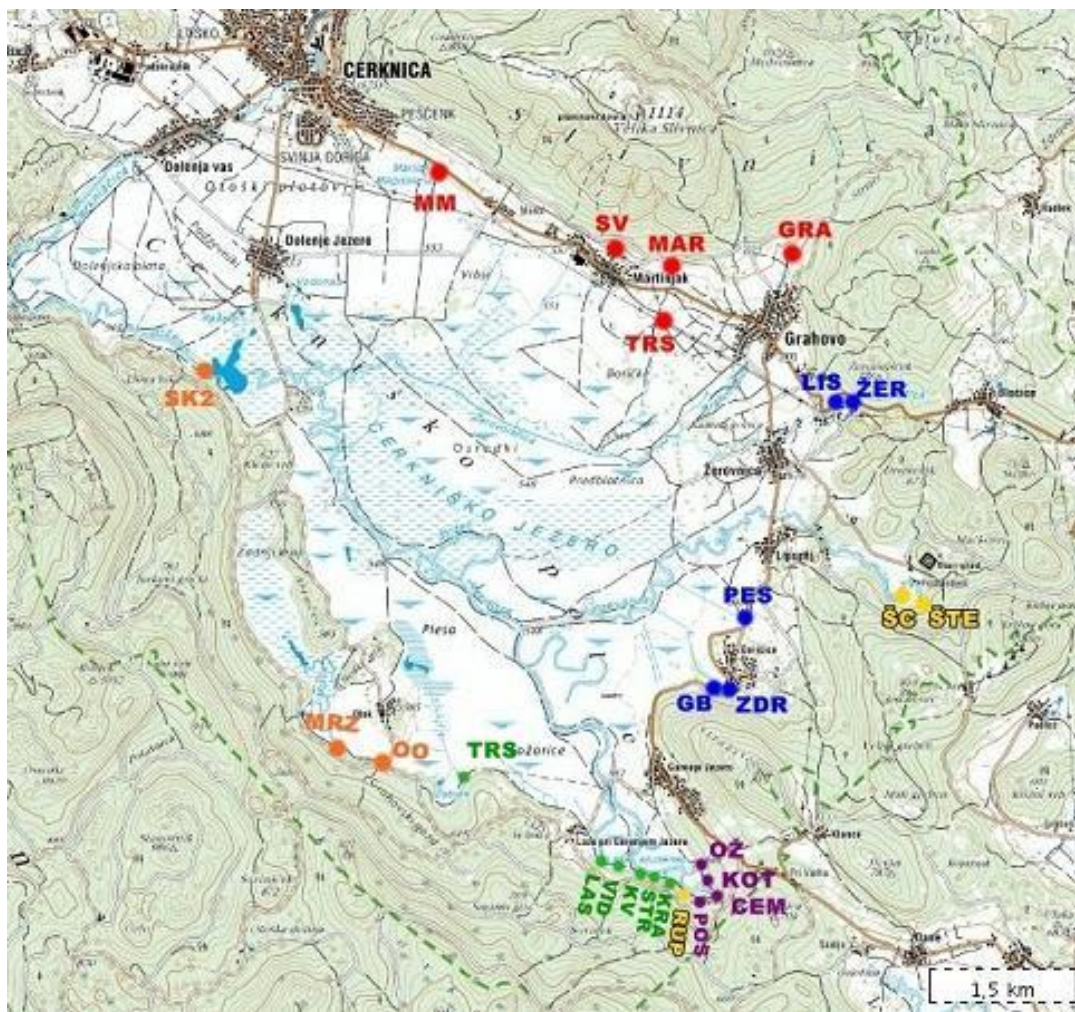
2.3.6 Varstvo podzemeljske in izvirske favne

Zavarovanje podzemeljske favne mora temeljiti na dobrem poznavanju posameznih vrst. Ekološka razdelitev podzemeljskih živali (troglobiont, evtroglofil, subtroglofil, trogloksen) bi bila lahko osnova za grobo določanje vrst, ki bi jih morali varovati. Pogosto ne vemo, v katero ekološko kategorijo določena vrsta sodi (Bole, 1965). Ogroženost jamskih ekosistemov je na kraškem območju povezana predvsem z onesnaženjem površinskih voda. Na svetu je bilo mnogo podzemeljskega okolja in živali uničenih zaradi gradnje hidrocentral na kraških rekah in spreminjanja polj (umetna jezera ali odvodnjavanje), s čimer se je spremenil vodostaj in utečen ritem vodnih nihanj v podzemeljskih prostorih. Posredno se jame uničujejo tudi zaradi turizma, zaradi izgradnje infrastrukture, premočne osvetlitve, hoje turistov in prevelikega hrupa (Tarman, 1992). Preden se začnejo arheološka izkopavanja ter spreminjanje podzemeljskega prostora v turistične namene, moramo preveriti prisotnost podzemeljskih vrst. Tako bi dobili vpogled na razširjenost favne, ki živi na določenem prostoru ter preventivno lahko zavarovali določeno vrsto (Bole, 1965).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 ZNAČILNOSTI OBRAVNAVANIH IZVIROV

Vzorci izvirskih polžev smo nabrali v šestindvajsetih izviri v okolici Cerknškega jezera (Slika 7). Povirje (t.j., posamezni izvirčki so le nekaj metrov oddaljeni med seboj, stekajo se v isto strugo, in imajo podobne lastnosti) obravnavamo kot en izvir. Številni izviri imajo poleg glavnega tudi stranske izvire; v tem primeru smo vzorčili le glavni izvir. Na južnem obrobju Cerknškega jezera obravnavamo izvire ločeno, čeprav so med seboj oddaljeni le nekaj deset metrov. Večinoma imajo namreč različne lastnosti in tvorijo krajše potoke, ki se zlivajo v Obrh. Večina izvir (15), ki smo jih obiskali, je stalnih in se nahajajo predvsem na vzhodni strani jezera (Priloga A). Nekatere izvire obravnavamo kot stalne, četudi ob ekstremni suši presahnejo, ali pa so suhi manj kot mesec dni. Izviri, ki pogosto presahnejo, se nahajajo v zahodnem obrobju jezera. Glede na klasično porazdelitev izvir (Rejic, 1988; Tarman, 1992; Žganec, 2005 cit. po Gerecke in sod., Zollhofer in sod. 2000), smo raziskovane izvire razdelili v štiri različne tipe: reokreni (10 izvir), limnokreni (5 izvir), helokreni (7 izvir) in linearni-reokreni (2 izvira). Dveh izvir nismo klasificirali: Laški studenec ima 2 izvira, limnokrenega in helokrenega, Goriškemu brežičku pa nismo znali določiti tipa (Preglednica 3). Večina teh izvir, z izjemo treh, je kraških (Priloga A). Opisi in fotografije vzorčenih izvir so podani v prilogi B.



Slika 7: Karta Cerkniskega jezera z označenimi vzorčenimi izviri (<http://www.geopedia.si/>).

Od severa si v smeri urinega kazalca sledijo: **rdeče** – **Slivniški studenci** (MM = Marija Magdalena, SV = Sveti Vid, MAR = Martinjščica, TRS = Trstenik, GRA = Grahovščica), **modro** – **Bloško povodje** (LIS = Lisični studenec, ŽER = Žerovniščica, PES = Petričev slap), GB = Goriški brežiček, ZDR = Zdravjak), **vijolično** – **Loške vode** (OŽ = Obrh žaga, KOT = Kotrljaš, CEM = Cemun, POS = Pod stenami), **zeleno** – **Snežniško-javorniško povodje, studenci** (KRA = Krapini, STR = Strmci, KV = Kamini viri, VID = Vidrenca, LAS = Laški studenec, TRE = Tresenec), **oranžno** – **Snežniško-javorniško povodje, glavni izviri** (OO = Otoški obrh, MRZ = Mrzlek, SK2 = Skadulca 2), **rumeno** – izviri, za katere nismo ugotovili, kateremu povodju pripadajo (ŠTE = Štebrščica, ŠC = Štebrski cemun, RUP = Rupa).

3.2 VZORČENJE

V vsakem izviru smo nabrali prazne polžje hišice. Ker je izvirov veliko in so različnega tipa, smo nabrali več dni, odvisno od vremena ter letnega časa: 3.10.2009, 30.10.2010, 2.4.2011, 3.4.2011 in 7.5.2011 (Preglednica 3). V nekaterih limnokrenih izviri smo vzorčili le, ko so popolnoma presahnili, saj prazne polžje hišice v deževnem obdobju, zaradi globoke vode v izviru, niso bile dosegljive. V reokrenih izviri smo polžje hišice

večinoma našli ob manjšem pretoku (še pred obilnim dežjem). Ob visokem vodostaju vodni tok hišice odnese. V nekaterih reokrenih izvirih smo lahko vzorčili tudi, ko so popolnoma presušili, saj smo prazne hišice našli v naplavinah. V zimskem obdobju so bili, zaradi snega ali previsoke vode, nekateri izviri nedosegljivi, zato smo terenski del opravili jeseni in spomladi, tik pred obilnim dežjem ali nekaj časa po njem. Če v izviru hišic nismo našli, smo vzorčenje ponovili še enkrat.

Vzorčenje je potekalo tako, da smo z žličko zajeli pesek, ilovico in drugi material, v katerem so bile vidne polžje hišice. Hišice smo nabirali tako v izvirih, kot v začetnih delih potokov, kamor je voda odnesla lahke prazne hišice. Nekateri izviri so bili nedosegljivi za ročno jemanje vzorcev, zato smo izdelali sito z ročajem ter tako pridobili material. Vzorce smo shranili v primerno označene steklene kozarce.

Žive polže smo iskali pod kamni in med rastlinjem, a jih nismo našli v vseh izvirih. Nabirali smo jih s pinceto in shranili v 90% alkoholu.

Shranjene vzorce smo vodno presejali skozi grobo sito (s porami 2 x 2 mm), ki smo ga postavili v večje gostejše sito (s porami 0,5 x 0,5 mm). Vzorec na obeh sitih smo zatem posušili. Tako smo ločili grobi pesek, kamenčke, večji odmrli rastlinski material in hišice večje od 2 mm od finejšega dela vzorca. Posušen material iz sit smo ločno počasi presuli v lonec z vodo, da je lažji material ostal na vodni gladini. Z gladine smo ga pobrali z gostejšim sitom ali žlico in ga ponovno posušili. Pod stereomikroskopom smo iz materiala z žlico ali pinceto pobrali prazne hišice.

Določevanje vrst je potekalo s pomočjo določevalnega ključa za mehkužce (Bole, 1969), članka Mehkužci Cerknškega jezera in okolice (Bole, 1979) in primerjalnega materiala iz Malakološke študijske zbirke Biološkega inštituta Jovana Hadžija Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti (MZBI ZRC SAZU). Identiteto taksonomsko težavnih vrst je preveril dr. Rajko Slapnik iz omenjenega inštituta.

3.3 MERJENJE KONHIOLOŠKIH ZNAKOV

Zaradi problemov pri identifikaciji vrst iz rodu *Belgrandiella*, smo pri predstavnikih tega rodu opravili tudi konhiološke meritve nabranih polžjih hišic. Naključno smo izbrali 40–50 že določenih hišic posameznih vrst, jih namestili v petrijevko s plastelinom in s pomočjo stereomikroskopa Olympus SZX9 in računalniškega programa cell^B izmerili: višino (VH) in širino hišice (ŠH), višino (VU) in širino ustja (ŠU) (Slika 8). Dobljene podatke smo statistično obdelali, izračunali smo povprečne, minimalne in maksimalne vrednosti, standardni odklon merjenih znakov in indekse: relativno širino hišice (širina hišica/višina hišice x 100), relativno širino ustja (širina ustja/višina ustja x 100) in relativno višino ustja (višina ustja/višina hišice x 100). Fotografije hišic smo prav tako naredili s stereomikroskopom Olympus SZX9.



Slika 8: Prikaz merjenih konhioloških znakov.

3.4 MERJENJE FIZIKALNO-KEMIJSKIH PARAMETROV

Meritev je potekala med 6.–8.5.2011. Za meritev smo uporabili multimeter EUTECH PCD650 instruments. Izmerili smo temperaturo, koncentracijo kisika, zasičenost s kisikom

in pH vode v vsakem izviru. V sedmih izviri, ki so v tem času že presahnil, merjenje ni bilo možno.

3.5 OBDELAVA PODATKOV

Program Microsoft Excel 2003 smo uporabili za računanje ter prikaz tabelarnih in grafičnih podatkov. Zanimala nas je vrstna sestava polžev v izviri ter primerjava med izviri glede na pojavljanje vrst. Za slednjo smo izračunali Jaccardove indekse podobnosti, na podlagi katerih smo narisali dendrogram podobnosti med izviri. Pri izrisu in računanju smo si pomagali s programom StatiXL (dodatek za Microsoft Excel 2003).

Izračunali smo tudi Pearsonov koeficient korelacije (r) med številom vrst in različnimi fizikalno-kemijskimi parametri v izviri, ker smo želeli ugotoviti ali obstaja linearna povezanost med dvema spremenljivkama. Tako smo z izračunom preverili, če se dve merski spremenljivki spreminjata sorazmerno in v isto smer (sta pozitivno korelirani), se vrednosti ene spremenljivke višajo ob sočasnem nižanju vrednosti druge spremenljivke (sta negativno korelirani) ali pa vrednosti obeh spremenljivk sploh nista povezani (nista korelirani). Stopnja statistične značilnosti korelacije je bila določena s $p < 0,05$. Za izračun korelacijskega koeficienta smo prav tako uporabili program Excel 2003, s spletno stranjo <http://www.danielsoper.com/statcalc3/calc.aspx?id=44> pa smo si pomagali pri preverjanju statistične značilnosti.

Slike smo obdelali s programoma Microsoft Paint in Photoscape.

4 REZULTATI

4.1 PRIMERJAVA MED IZVIRI

4.1.1 Razširjenost in številčnost vrst v izviri

V okolici Cerknškega jezera smo v šestindvajsetih izviri našli petnajst vrst sladkovodnih polžev ter hišice kopenskih polžkov iz rodu *Zospeum*. Opazili smo, da se tako sestava kot pestrost vrst med izviri razlikujeta (Preglednica 1).

Največjo pestrost polžjih vrst smo zabeležili na južnem robu Cerknškega jezera, od izvira Obrh Žaga do izvira Krapini. Največ sladkovodnih vrst, kar enajst, smo našli v izviri Obrh Žaga, Kotrljaš, Cemun in Pod stenami (Slika 9). V prvih treh izviri je bila vrstna sestava sladkovodnih polžev identična (Preglednica 1).

Pogostost pojavljanja posameznih vrst v izviri prikazuje slika 10: najpogostejša vrsta je *Neohoratia subpiscinalis* (v 22 izviri), sledi pa ji *Belgrandiella crucis* (v 16 izviri). Najredkejši vrsti sta *B. kuesteri*, ki se pojavlja le v izviri Sv.Vid in Štebrski cemun, ter *Acroloxus tetensi*, ki smo ga našli le v izviri Pod stenami, Rupa in Mrzlek.

Opazili smo (Slika 10, Preglednica 1), da so vrste *Neohoratia subpiscinalis*, *Ancylus fluviatilis* in *Sadleriana fluminensis* prisotne v vseh štirih povodjih (po Krajncu (2000b)), le da slednja ni tako pogosta. Najmanjšo pestrost imajo Slivniški studenci (7 sladkovodnih vrst), največjo pa Loške (12 sladkovodnih vrst). V Snežniško-javorniških vodah smo našli 10, v Bloških pa 9 sladkovodnih vrst polžev. Opazili smo, da sta si povodji Loških in Snežniško-javorniških vod, glede na vrstno sestavo, najbolj podobni (Sliki 10, 11). Glede na pripadnost povodju neopredeljen izvir Rupa ima podobno vrstno sestavo kot izviri Loških vod, le da se v slednjih pojavljata še vrsti *Belgrandiella globulosa* in *Sadleriana fluminensis*. Za preostala dva izvira, ki jih nismo znali uvrstiti v povodja, je iz slik 10 in 11 razvidno, da ima izvir Štebrščice podobno vrstno sestavo kot izviri Bloških vod, v Štebrskem cemunu pa se pojavljajo le 4 vrste, ki so prisotne tudi v Slivniških studencih, z Bloškimi vodami pa ima skupne 3 vrste.

Preglednica 1: Pojavljanje polžev v izviri okoli Cerkniškega jezera.

Z „1” je označena prisotnost vrste.

Izviri: MM = Marija Magdalena, SV = Sveti Vid, MAR = Martinjščica, TRS = Trstenik, GRA = Grahovščica, LIS = Lisični studenec, ŽER = Žerovniščica, PES = Petričev slap, ŠTE = Štebrščica, ŠČ = Štebrski cemun, GB = Goriški brežiček, ZDR = Zdravjak, OŽ = Obrh žaga, KOT = Kotrljaš, CEM = Cemun, POS = Pod stenami, RUP = Rupa, KRA = Krapini, STR = Strmci, KV = Kamini viri, VID = Vidrenca, LAS = Laški studenec, TRE = Tresenec, OO = Otoški obrh, MRZ = Mrzlek, SK2 = Skadulca 2.

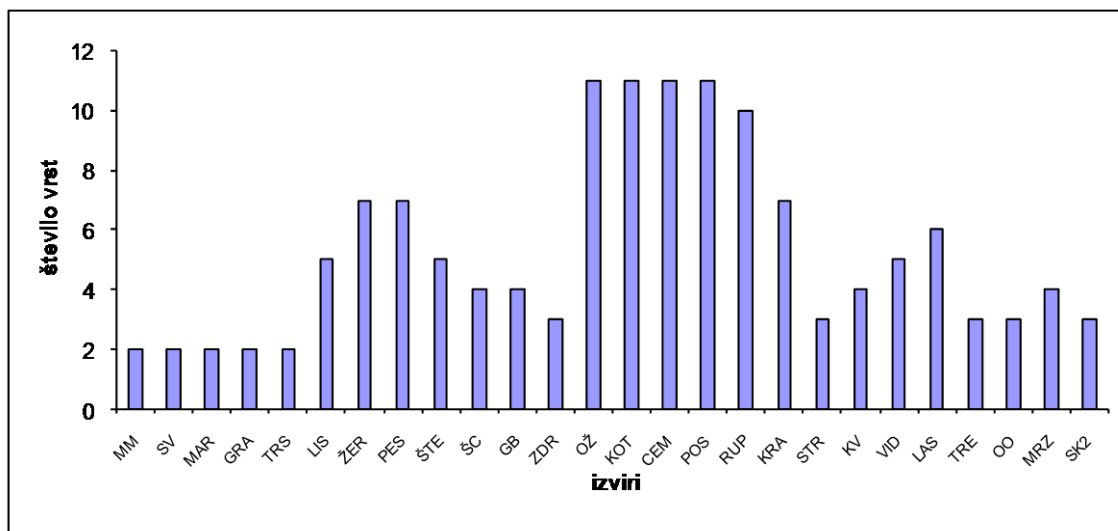
Taksoni: Bcr = *Belgrandiella crucis*, Bsup = *B. superior*, Bsch = *B. schleschi*, Bfon = *B. fontinalis*, Bkus = *B. kusceri*, Bkue = *B. kuesteri*, Bglo = *B. globulosa*, Brob = *B. robusta*, Byop = *Bythinella opaca*, Nsub = *Neohoratia subpiscinalis*, Hade = *Hadziella ephippiostoma*, Ilux = *Iglica luxurians*, Sflu = *Sadleriana fluminensis*, Ancf = *Ancylus fluviatilis*, Acrt = *Acroloxus tetensi*, Z = *Zospeum* sp.

Povodja: SS = Slivniški studenci, BV = Bloške vode, LV = Loške vode, SJS = Snežniško javorniške vode – studenci, SJG = Snežniško-javorniške vode – glavni in močnejši izviri.

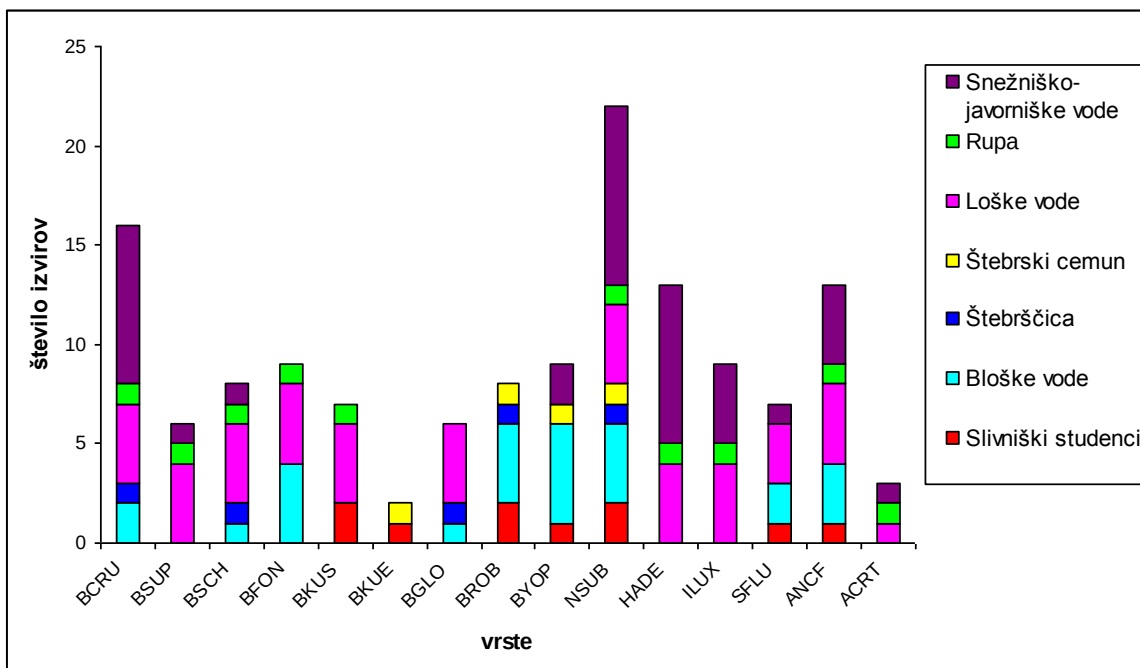
izviri	povodje	št. vrst	Bcr	Bsup	Bsch	Bfon	Bkus	Bkue	Bglo	Brob	Byop	Nsub	Hade	Ilux	Sflu	Ancf	Acrt	Z
MM	SS	2					1					1						
SV	SS	3						1							1			1
MAR	SS	2								1						1		
GRA	SS	2								1	1							
TRS	SS	3					1					1						1
LIS	BV	6				1				1	1	1				1		1
ŽER	BV	8				1			1	1	1	1			1	1		1
PES	BV	8			1	1				1	1	1			1	1		1
ŠTE	BV? ¹	6	1		1				1	1		1						1
ŠČ	BV? ¹	5						1		1	1	1						1
GB	BV	5	1							1	1	1						1
ZDR	BV	3	1			1					1							
OŽ	LV	12	1	1	1	1	1		1			1	1	1	1	1		1
KOT	LV	11	1	1	1	1	1		1			1	1	1	1	1		
CEM	LV	12	1	1	1	1	1		1			1	1	1	1	1		1
POS	LV	12	1	1	1	1	1		1			1	1	1		1	1	1
RUP	LV? ²	10	1	1	1	1	1					1	1	1		1	1	
KRA	SJS	8	1	1	1							1	1	1		1		1
STR	SJS	3	1									1	1					
KV	SJS	4	1								1	1	1					
VID	SJS	6	1								1	1	1	1				1
LAS	SJS	7	1									1	1	1	1	1		1
TRE	SJS	4										1	1			1		1
OO	SJG	3	1									1	1					
MRZ	SJG	5	1									1	1				1	1
SK2	SJG	4	1									1		1				1

¹ Za izvira Štebrščica in Štebrski cemun nismo našli podatka, kateremu povodju pripadata.

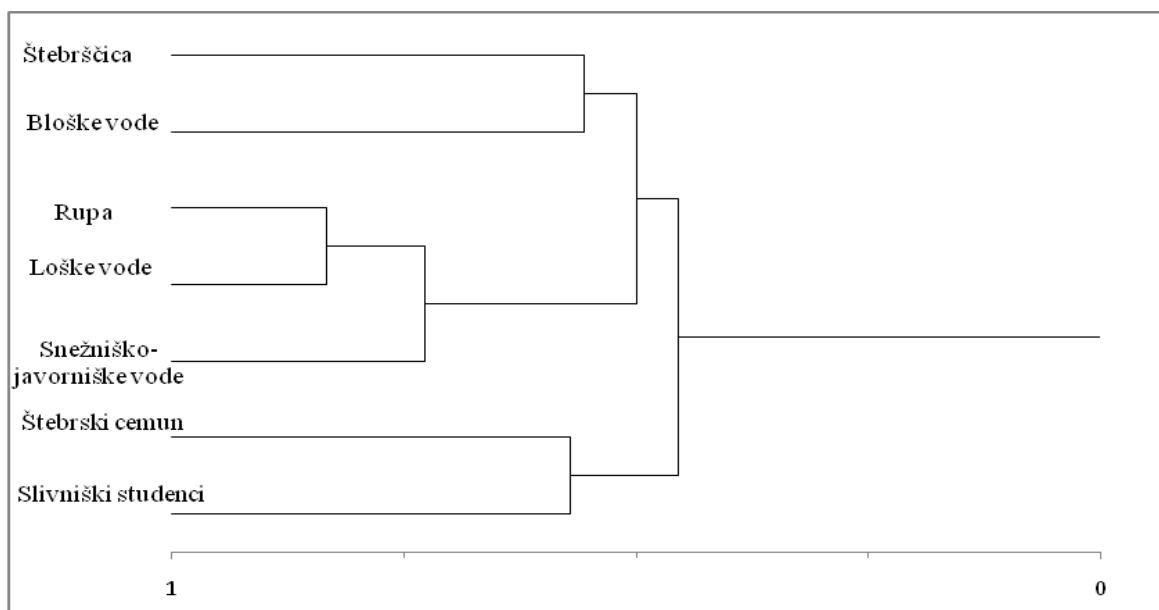
² V literaturi je podatek, da izvir Rupa pripada Bloškim vodam, a so ostali izviri tega povodja zelo oddaljeni, ter zato nismo prepričani kateremu povodju pripada.



Slika 9: Število sladkovodnih vrst polžev v izviri okoli Cerknškega jezera. Kratice izvirov se ujemajo z naštetimi v preglednici 1.



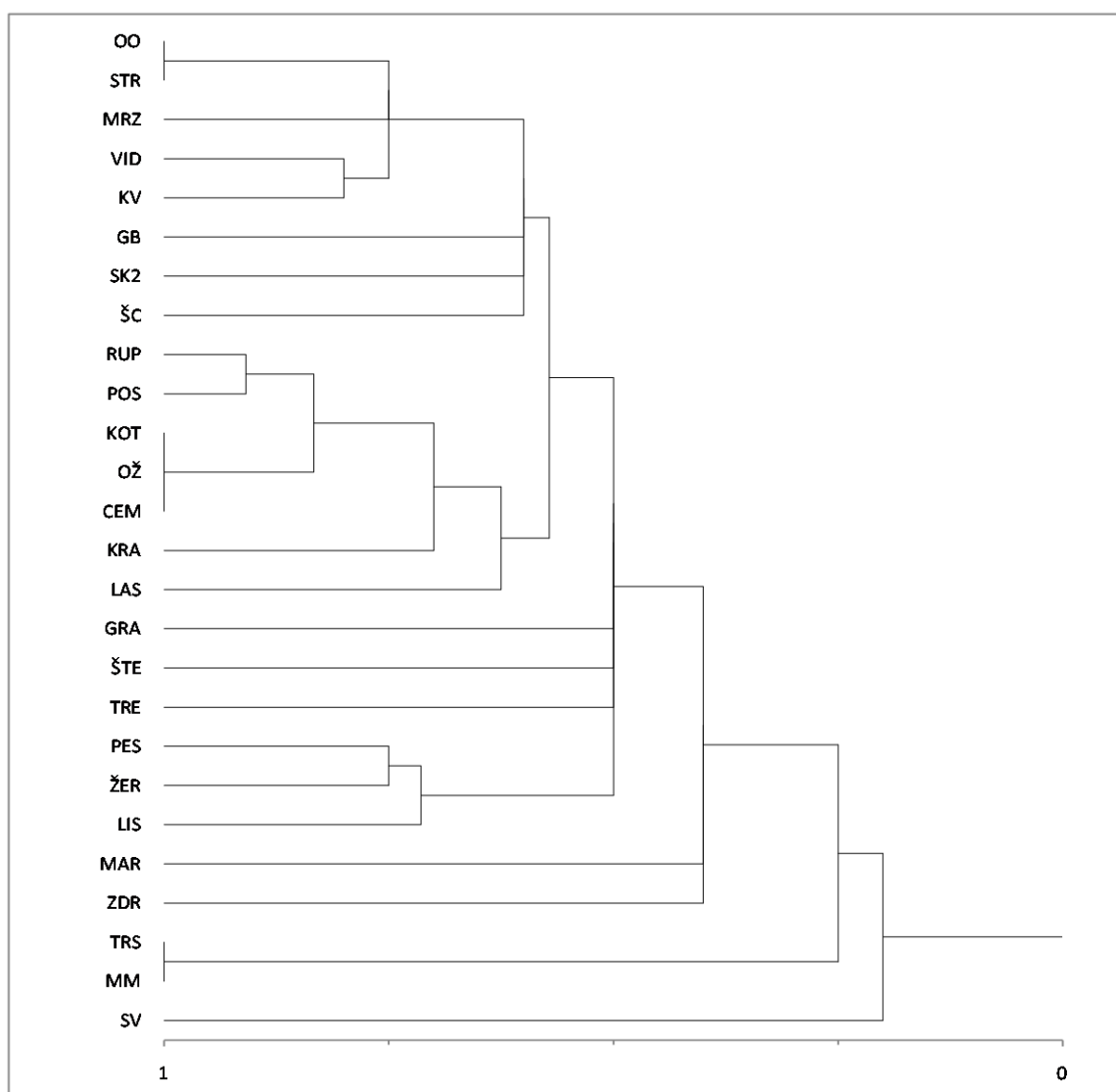
Slika 10: Prisotnost vrst sladkovodnih polžev v izviri okoli Cerknškega jezera, glede na povodje, ki mu izviri pripadajo. Za izvire Štebrščica, Štebrski cemun in Rupa v literaturi nismo našli podatka, kateremu povodju pripadajo. Kratice vrst se ujemajo z naštetimi v preglednici 1.



Slika 11: Dendrogram podobnosti vrstne sestave sladkovodnih polžev med povodji in tremi izviri okoli Cerknškega jezera, katerih pripadnost povodju je neznana.

Iz dendrograma podobnosti izvirov glede na vrstno sestavo sladkovodnih polžev (Slika 12), ki povzema preglednico 1, je razvidno, da imajo: izvira Otoški obrh in Strmci, izvira Marija Magdalena in Trstenik ter izviri Cemun, Kotrljaš in Obrh žaga, enako vrstno sestavo. V izviri Otoški obrh in Strmci se pojavljajo *Belgrandiella crucis*, *Neohoratia subpiscinalis* in *Hadziella ephippiostoma*. Trstenik in Marija Magdalena, ki sodita med Slivniške studence, imata skupni vrsti *Belgrandiella kusceri* in *Neohoratia subpiscinalis*, čeprav geografsko nista zelo blizu. Glede na pestrost in sestavo vrst sta izvira zelo različna od vseh ostalih izvirov v okolici Cerknškega jezera. V izviri Cemun, Kotrljaš in Obrh žaga najdemo vrste: *Belgrandiella crucis*, *B. superior*, *B. schleschi*, *B. fontinalis*, *B. kusceri*, *B. globulosa*, *Neohoratia subpiscinalis*, *Hadziella ephippiostoma*, *Iglica luxurians*, *Sadleriana fluminensis* in *Ancylus fluviatilis*. Ti izviri so najbolj podobni izviroma Pod stenami in Rupa, kjer se pojavlja dokaj redko najden *Acroloxus tetensi*. Vseh 5 omenjenih izvirov je oddaljenih le nekaj deset metrov drug od drugega. Dokaj podobna sta si tudi izvira Petričev slap in Žerovniščica, ki si z izvirom Lisični studenec delita vrste: *Belgrandiella fontinalis*, *B. robusta*, *Bythinella opaca*, *Neohoratia subpiscinalis* in *Ancylus fluviatilis*. Pri tem sta si Žerovniščica in Lisični studenec geografsko zelo blizu, vsi trije pa pripadajo skupini Bloških vod. V izviru Vidrenca, ki je podoben izviru Kamini viri, se pojavlja vrsta *Iglica luxurians*, skupne vrste obema pa so: *Belgrandiella crucis*, *Bythinella*

opaca, *Neohoratia subpicinalis* in *Hazdiella ephippiostoma*. Oba izvira sta podobna izviroma Otoški obrh in Strmci, le da v slednjih ni vrste *Bythinella opaca*. Strmci, Kamini viri in Vidrenca so medsebojno oddaljeni le približno 100–200 m, od izvira Otoški obrh pa so oddaljeni približno 3 km. Vsi pripadajo istemu povodju Snežniško-javorniških vod (Preglednica 1). Iz dendograma je razvidno, da se izvir Sv.Vid po vrstni sestavi zelo razlikuje od ostalih. Tudi vrstna pestrost je zelo majhna, pojavljata se le vrsti *Belgrandiella kuesteri* in *Sadleriana fluminensis*.



Slika 12: Dendrogram podobnosti vrstne sestave sladkovodnih polžev med izviri okolice Cerknškega jezera. Kratice izvirov se ujemajo z naštetimi v preglednici 1.

Žive polže smo našli le v nekaterih izviri (Preglednica 2). Preglednica 3 prikazuje primerjavo med izviri glede na količino nabranih praznih hišic in njihovo najdišče. V izviri, kjer smo našli le malo hišic ob prvem obisku, smo vzorčenje ponovili. Število hišic v nekaterih izviri (Obrh žagi, Kotrljašu (Slika 13), Cemunu) je presegalo več tisoč primerkov. Največ smo jih dobili v tanatocenozah. Večinoma praznih hišic nismo našli v izviri, temveč vzdolž zgornjega dela potoka, na naplavinah in v pesku. Opazili smo da je vrstna pestrost največja v limnokrenih in reokrenih izviri, najmanjša pa v helokrenih. V izviri na dolomitu smo opazili manj vrst kot na apnencu (Preglednica 3).

Preglednica 2: Prisotnost živih sladkovodnih polžev v izviri okolice Cerkniškega jezera.

	število opaženih živih primerkov vrst:						najdišča živih polžev
izviri	<i>Belgrandiella robusta</i>	<i>Belgrandiella fontinalis</i>	<i>Belgrandiella crucis</i>	<i>Sadleriana fluminensis</i>	<i>Ancylus fluviatilis</i>	<i>Bythinella opaca</i>	
Lisični studenec	1–10				nad 100		pod izviro (10 m)
Žerovniščica	51–100	1–10		21–50	51–100		manjši stranski izvir
Petričev slap				nad 100			v izviri
Štebrščica	51–100				51–100		dolvodno od izvira (cca 300 m)
Goriški brežiček	51–100					1–10	stranski izvir
Zdravjak		51–100					pod izviro (do 10 m)
Vidrenca						1–10	v strugi (10–50 m od izvira)
Laški studenec			50–100	nad 100	nad 100		v izviri
Tresenec					nad 100		v izviri



Slika 13: Naplavine polžjih hišic (belo). Levo - 'jezerce' izvira Kotrljaš, 3.4.2011; desno - vzorčenje v izviri Kotrljaš, 3.10.2009 (foto: V. Schein).

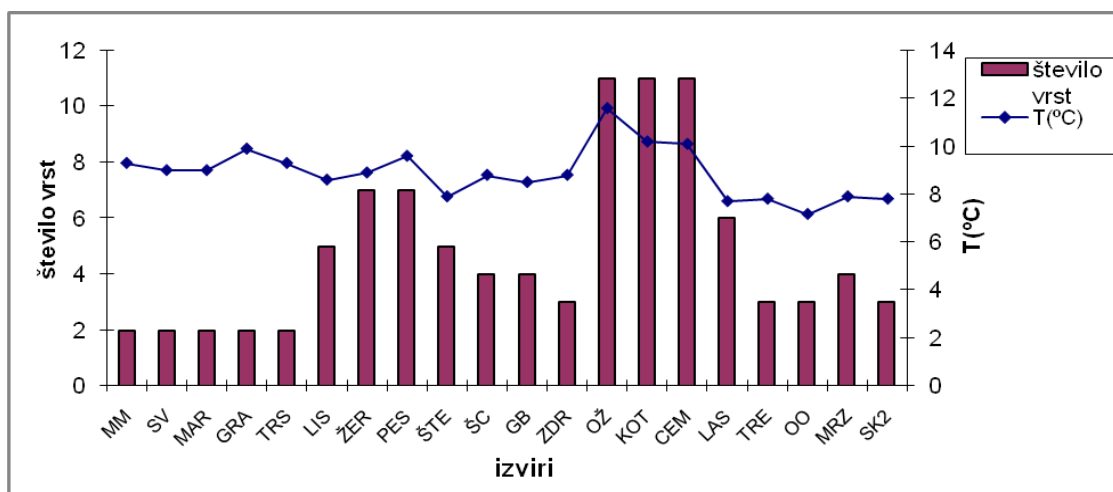
Preglednica 3: Primerjava med izviri, glede na število sladkovodnih vrst, tip izvira, geološko podlago ter količino in najdišče nabranih praznih hišic sladkovodnih polžev v izviri okoli Cerknškega jezera. Kratice izvirov se ujemajo z naštetimi v preglednici 1.

N vrst – število sladkovodnih vrst polžev, N hišic – število nabranih praznih polžjih hišic.

izviri	datum vzorčenja	N vrst	tip izvira	geološka podlaga	N hišic	najdišča hišic
MM	2.4.2011	2	reokreni	dolomit	21-50	pod izvirom (10-20 m)
SV	3.10.2009 30.10.2010	2	helokreni	dolomit	101-500 101-500	v izviru
MAR	30.10.2010	2	reokreni	dolomit	101-500	dolvodno od izvira (100-200 m)
GRA	30.10.2010 2.4.2011	2	reokreni	dolomit	1-20 21-50	zgornji del potoka
TRS	2.4.2011	2	helokreni	dolomit	21-50	dolvodno od izvira (100-200 m)
LIS	30.10.2010; 2.4.2011	5	reokreni	apnenec	51-100 51-100	do 100 m dolvodno od izvira
ŽER	2.4.2011	7	reokreni	apnenec	101-500	dolvodno od izvira (100-200 m)
PES	2.4.2011	7	limnokreni	apnenec	101-500	pod izvirom (približno 10 m stran)
ŠTE	03.10.2009 2.4.2011	5	limnokreni	apnenec	101-500 101-500	dolvodno od izvira (cca 300 m)
ŠC	2.4.2011	4	helokreni	apnenec	51-100	v izviru
GB	30.10.2010 3.4.2011	4	helokreni/ reokreni?	apnenec	1-20 1-20	v izviru, pod izvirom (do 5 m)
ZDR	30.10.2010 3.4.2011	3	helokreni	dolomit	101-500 101-500	v izviru, pod izvirom (do 20 m)
OŽ	3.10.2009	11	limnokreni	apnenec	Nad 500	naplavine, pesek
KOT	3.10.2009	11	linearni, reokreni('jezerce')	apnenec	Nad 500	naplavine (Slika 13)
CEM	3.10.2009	11	limnokreni	apnenec	Nad 500	naplavine, pesek
POS	03.10.2009 3.4.2011	11	reokreni	apnenec	21-50 101-500	zgornji del potoka
RUP	03.10.2009 3.4.2011	10	reokreni	apnenec	51-100 0	pod izvirom
KRA	3.4.2011	7	reokreni	apnenec	101-500	pod izvirom (mulj, pesek, naplavine)
STR	3.4.2011	3	helokreni	apnenec	1-20	v izviru (okolica izvira)
KV	3.4.2011	4	helokreni	apnenec	1-20	pod izvirom, v potoku
VID	03.10.2009 3.4.2011	5	reokreni	apnenec	1-20 1-20	v strugi (10-50 m od izvira)
LAS	03.10.2009 3.4.2011	6	limnokreni, helokreni	apnenec	1-20 101-500	v izviru
TRE	3.10.2009; 3.4.2011	3	reokreni	apnenec	21-50 51-100	v potoku
OO	03.10.2009 3.4.2011	3	limnokreni	apnenec	1-20 51-100	naplavine
MRZ	7.5.2011	4	linearni, reokreni	apnenec	21-50	v izviru, potoku
SK2	7.5.2011	3	helokreni	apnenec	21-50	v izviru

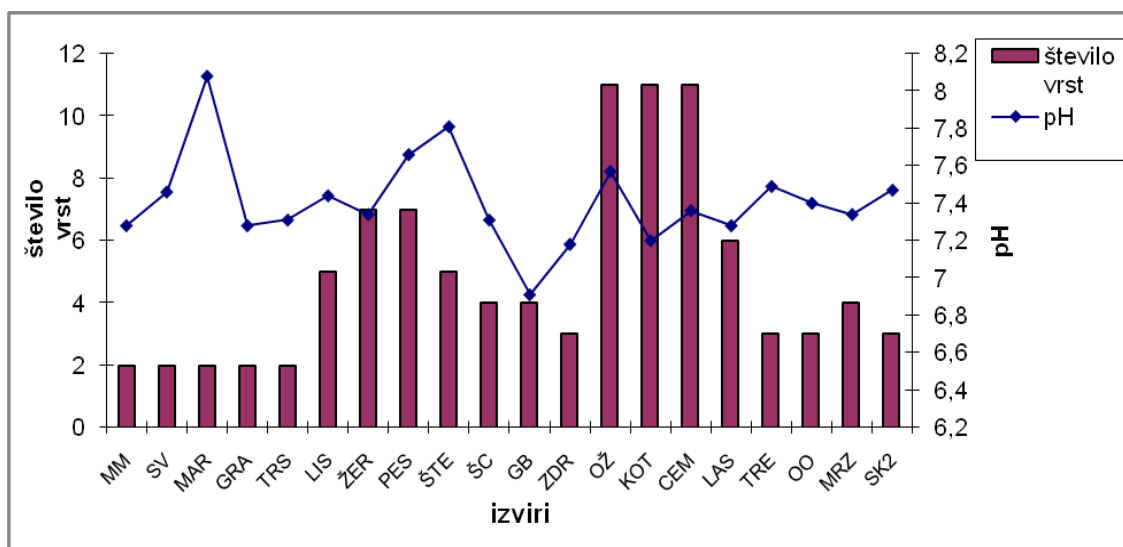
4.1.2 Fizikalno-kemijski parametri v izviri

Podatki o fizikalno-kemijskih parametrih za posamezne izvire so predstavljeni v Prilogi C in na slikah (14–16). Najnižjo temperaturo smo izmerili v izviri Otoški obrh (7,2°C), najvišjo pa v Obrh žagi (11,6°C). Dne 8.5.2011 je bila voda v izviri Obrh žaga in Kotrljaš stoječa, ter verjetno pomešana z deževnico (Slika 14). Meritve so pokazale, da imajo najvišje temperature izviri Obrh Žaga, Kotrljaš in Cemun, kjer je bilo tudi najvišje število sladkovodnih vrst polžev. Korelacijski koeficient, $r = 0,562$, nam je pokazal, da sta temperatura in število vrst v omenjenih izviri vrst v zmerni pozitivni korelaciji, njuna linearna povezanost pa je statistično značilna ($p=0,01$).



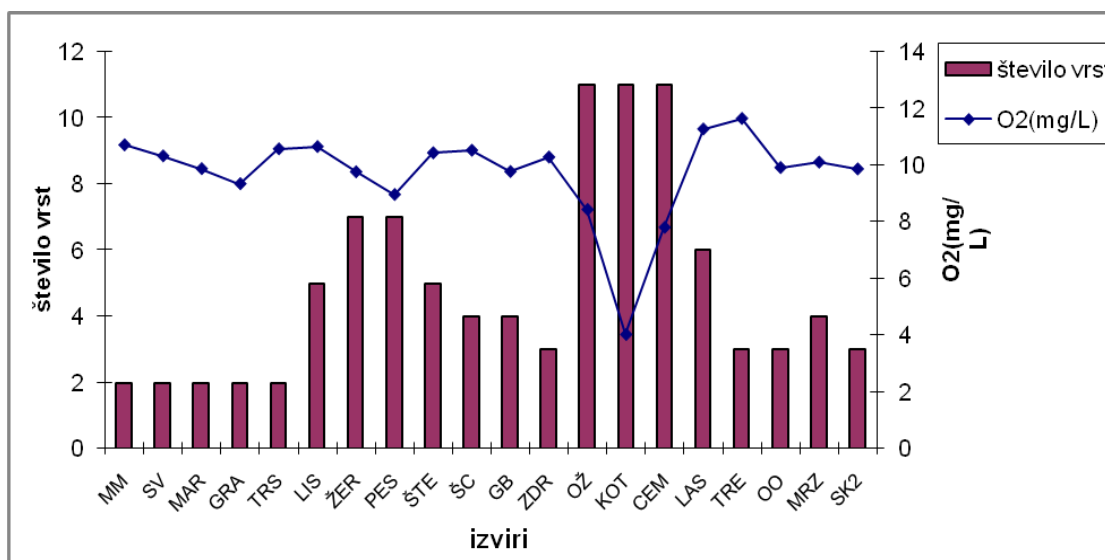
Slika 14: Primerjava T-razmer in pestrosti sladkovodnih vrst polžev v izviri okoli Cerknškega jezera. Kratice izvirov se ujemajo z naštetimi v preglednici 1.

Izkazalo se je, da je v izviri okoli Cerknškega jezera pH večinoma bazičen. Vrednosti pH so bile med 6,91 in 8,08; najnižjo vrednost smo izmerili v izviri Goriški brežiček, najvišjo pa v izviri Martinjščice. Slika 15 prikazuje odnos med številom sladkovodnih vrst polžev in vrednostjo pH v posameznem izviri. Razvidno je, da se vrednosti ne ujemajo. Poleg tega ob 5% stopnji značilnosti obe spremenljivki nista linearno povezani ($p > 0,05$).



Slika 15: Primerjava pH-razmer in pestrosti sladkovodnih vrst polžev v izviri okoli Cerknškega jezera. Kratice izvirov se ujemajo z naštetimi v preglednici 1.

Vrednosti kisika so si bile zelo podobne, samo v izviru Kotrljaš smo zabeležili odstopanje. Vsebnost kisika je bila le 4,02 mg/L, to je tudi najnižja vrednost, ki smo jo dobili. Tako nizko vrednost lahko razložimo z meritvijo v stoječi vodi, ki je bila verjetno pomešana z deževnico, izvir je v času merjenja namreč že presahnil. Merili smo nekaj metrov dolvodno od izvira, v 'jezercu' omenjenem v opisu izvira (Priloga B). Najnižja vsebnost kisika je bila v izviri z največjo pestrostjo, močno negativno korelacijo je potrdil tudi korelacijski koeficient, $r = -0,709$. Poleg tega ob 5% stopnji značilnosti obe spremenljivki sta linearno povezani ($p=0,01$). Najvišjo vsebnost kisika smo izmerili v izviru Tresenec 11,65mg/L, ki ne izstopa ne po največjem ne po najmanjšem številu vrst (Slika 16).



Slika 16: Primerjava O₂-razmer in pestrosti sladkovodnih vrst polžev v izviri okoli Cerkniškega jezera. Kratice izvirov se ujemajo z naštetimi v preglednici 1.

4.2 PRIMERJAVA VRST IZ RODU *Belgrandiella*

V preglednici 4 so podatki konhioloških meritev za vrste iz rodu *Belgrandiella*. Iz dobljenih podatkov je razvidno, da imata *B. kuesteri* in *B. globulosa* najnižje hišice, *B. robusta* in *B. crucis* pa najvišje. Iz preglednice 4 in slike 17 je razvidno, da ima *B. robusta* sočasno tudi najširšo hišico, nekoliko ožja pa je hišica vrste *B. crucis*. Najožje so hišice vrste *B. kuesteri*, *B. globulosa* pa se po širini hišice ujema z ostalimi vrstami. Podobni so rezultati meritev širine in višine ustja. Najvišje so vrednosti pri vrsti *B. robusta*, najnižje pa pri *B. kuesteri*. Ostale vrste imajo približno enake mere ustne širine in višine. Iz preglednice 4 je razvidno, da je variabilnost izmerjenih konhioloških znakov majhna, saj so standardni odkloni precej nizki. Izjema je le vrsta *B. crucis* z nekoliko višjimi vrednostmi.

Na osnovi izračunanih indeksov (Preglednica 5) smo opazili, da ima *B. globulosa* največjo relativno širino hišice, nekoliko manjšo pa *B. schleschi*. Najmanjšo relativno širino hišice imajo *B. kusceri*, *B. fontinalis* in *B. kuesteri*. Vrednosti relativne širine ustja imajo manjši razpon, in se med vrstami ne razlikujejo veliko. Najvišjo povprečno vrednost relativne širine ustja imata vrsti *B. globulosa* in *B. schleschi*, najmanjši pa je razpon in povprečne vrednosti relativne širine pri vrsti *B. fontinalis*. Izračunali smo tudi relativne višine ustja in

smo ugotovili, da ima *B. globulosa* precej veliko ustje glede na višino hišice oz. največjo relativno višino ustja med belgrandielami.

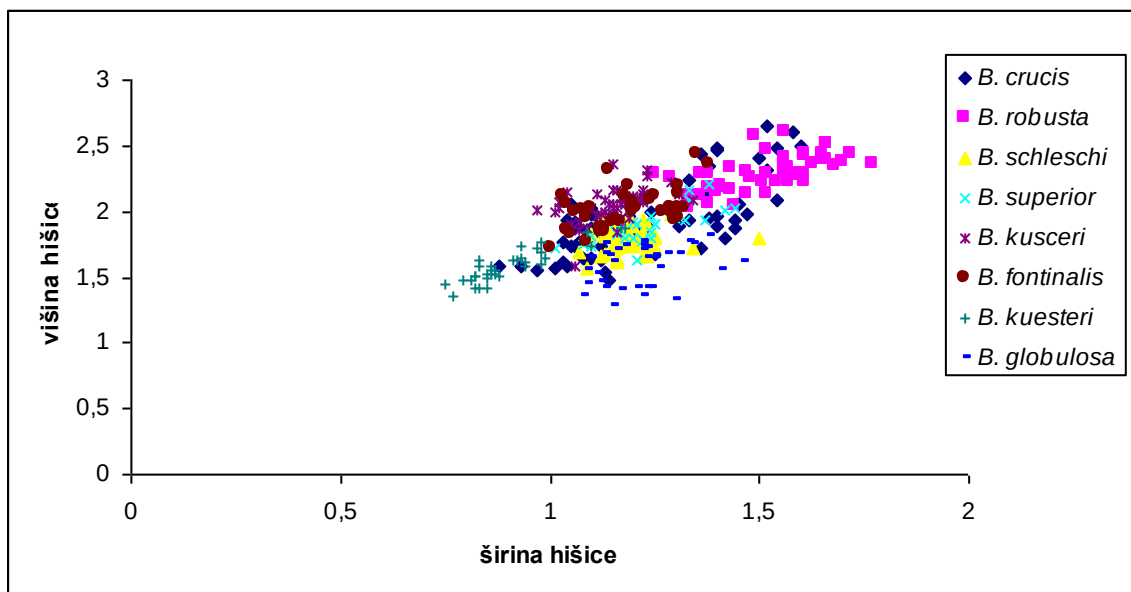
Preglednica 4: Primerjava med posameznimi vrstami iz rodu *Belgrandiella*, iz izvirov okolice Cerkniškega jezera, glede na konhiološke meritve hišic. Kratice: N – število izmerjenih hišic, min – minimum, max – maksimum, pov – povprečje, so – standardni odklon.

vrsta	N	višina hišice (mm)				širina hišice (mm)				višina ustja (mm)				širina ustja (mm)			
		min	max	pov	so	min	max	pov	so	min	max	pov	so	min	max	pov	so
<i>B. crucis</i>	60	1,5	2,7	1,9	0,27	0,9	1,6	1,2	0,17	0,6	1,1	0,8	0,14	0,6	1,1	0,8	0,12
<i>B. robusta</i>	50	1,9	2,6	2,3	0,15	1,2	1,8	1,5	0,13	0,8	1,2	1,0	0,09	0,9	1,2	1,0	0,07
<i>B. schleschi</i>	50	1,6	2,0	1,8	0,1	1,1	1,5	1,2	0,07	0,7	0,9	0,8	0,04	0,7	0,9	0,8	0,05
<i>B. superior</i>	40	1,6	2,2	1,9	0,13	1,0	1,4	1,2	0,1	0,7	1,0	0,8	0,07	0,7	0,9	0,8	0,06
<i>B. kusceri</i>	50	1,6	2,4	2,0	0,13	1,0	1,3	1,2	0,08	0,7	0,9	0,8	0,05	0,6	1,0	0,8	0,09
<i>B. fontinalis</i>	40	1,7	2,4	2,0	0,15	1,0	1,4	1,2	0,1	0,7	1,0	0,8	0,07	0,7	1,0	0,8	0,08
<i>B. kuesteri</i>	40	1,4	1,9	1,6	0,13	0,8	1,2	0,9	0,11	0,5	0,8	0,6	0,08	0,5	0,8	0,6	0,07
<i>B. globulosa</i>	50	1,3	1,8	1,6	0,15	1,1	1,5	1,2	0,09	0,7	0,9	0,8	0,06	0,7	1,0	0,8	0,08

Preglednica 5: Izračunani konhiološki indeksi za posamezne vrste iz rodu *Belgrandiella*, iz izvirov okolice Cerkniškega jezera. Kratice: min – minimum, max – maksimum, pov – povprečje, so – standardni odklon, ŠH – širina hišice, VH – višina hišice, VU – višina ustja, ŠU – širina ustja.

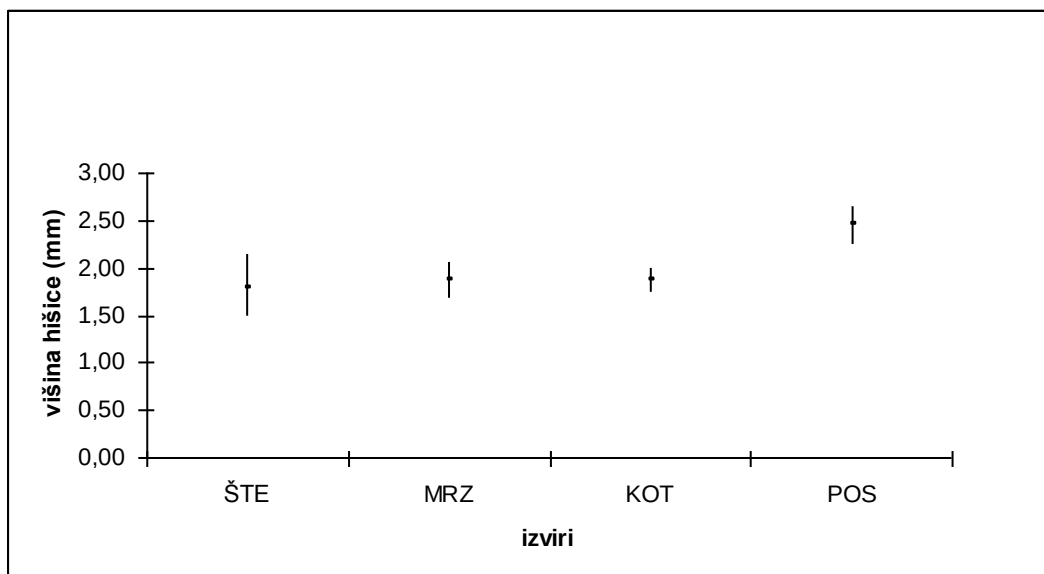
vrsta	ŠH/VHx100				ŠU/VUx100				VU/VHx100			
	min	max	pov	so	min	max	pov	so	min	max	pov	so
<i>B. crucis</i>	51,2	79,1	63,8	6,5	78,3	115,7	96,2	7,4	30	52,9	41,5	4,2
<i>B. robusta</i>	54,6	75,0	66,2	4,2	82,4	120,9	97,0	7,7	39,1	54,5	46,2	3,5
<i>B. schleschi</i>	58,0	83,3	66,7	5,2	83,0	116,0	101	7,3	38,9	52,9	45,3	3,3
<i>B. superior</i>	58,7	74,2	65,4	3,8	82,8	112,5	96,4	7,4	38,9	50	44,4	2,9
<i>B. kusceri</i>	48,3	66,7	56,4	4,2	71,6	122,1	96,6	11	35	50	41	3
<i>B. fontinalis</i>	48,6	67,2	58,9	4,4	80,0	109,9	95,7	7,9	36,8	50	42,1	3
<i>B. kuesteri</i>	50,9	63,6	56,9	3,1	81,8	126,0	99,7	9,7	33,3	50	40	3
<i>B. globulosa</i>	64,6	97,7	77,2	8,3	76,7	123,0	101	8,9	41,2	64,3	51,4	5

Vrste iz rodu *Belgrandiella* imajo hišice večinoma široke med 1–1,5 mm in visoke 2–2,5 mm (Slika 17). Vrsti *B. robusta* in *B. kuesteri* nekoliko izstopata od ostalih, prva po višjih in slednja po nižjih vrednostih od ostalih. Vrsta *B. globulosa* nekoliko odstopa od povprečja (Slika 17) le po nižji hišici.

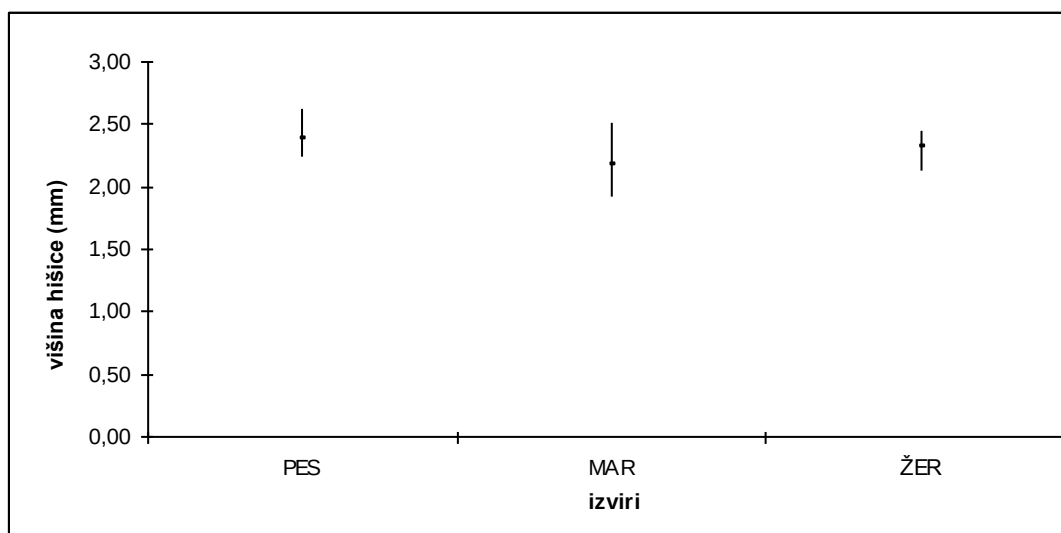


Slika 17: Odnos med višino in širino hišice pri vrstah iz rodu *Belgrandiella* v izviri okoli Cerknškega jezera.

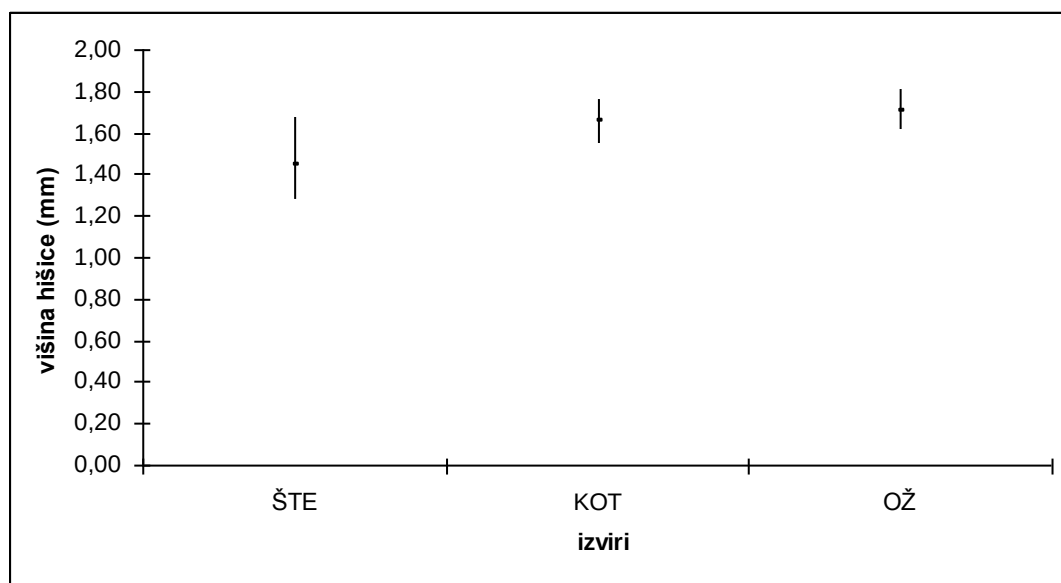
Primerjali smo tudi populacije iste vrste, ki se pojavljajo v različnih izviri. Opazili smo, da so hišice vrste *B. crucis* najvišje v izviru Pod stenami, največji razpon vrednosti višin hišic pa imajo v izviru Štebrščica. Populacija *B. crucis* iz izvira Kotrljaš je po višini hišice dokaj enotna (Slika 18). *B. robusta* ima najvišje hišice v izviru Petričev slap (Slika 19), največji razpon višin hišic pa v izviru Martinjščica. Vrsta *B. globulosa* ima največji razpon vrednosti višin hišic v izviru Štebrščica, podobne pa so si hišice v izviri Kotrljaš in Obrh žaga (Slika 20). Primerke vrste *B. kuesteri* smo merili iz izvirov Štebrski cemun in Sv. Vid. Opazili smo, da so hišice v Sv. Vidu nekoliko nižje. Vrsta *B. schleschi* in *B. kusceri* ne variirata veliko v višini hišice, meritve za vrsto *B. superior* in *B. fontinalis* pa so bile narejene le iz enega izvira (Priloga D).



Slika 18: Primerjava višine hišic *Belgrandiella crucis* v različnih izviri okoli Cerknškega jezera. Zgornja vrednost predstavlja maksimum, spodnja minimum, srednja pa povprečje.



Slika 19: Primerjava višine hišic *Belgrandiella robusta* v različnih izviri okoli Cerknškega jezera. Zgornja vrednost predstavlja maksimum, spodnja minimum, srednja pa povprečje.



Slika 20: Primerjava višine hišic *Belgrandiella globulosa* v različnih izviri okoli Cerknškega jezera. Zgornja vrednost predstavlja maksimum, spodnja minimum, srednja pa povprečje.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

5.1.1 Izvirne in podzemeljske vrste

Ob robu Cerknškega jezera je veliko izvirov, ki imajo obsežno podzemeljsko zaledje, v katerem živijo troglofilne in troglobiotske vrste polžev. Bole (1979) navaja, da je od trinajstih najdenih vrst iz družine Hydrobiidae, ki se pojavljajo v izviri in podzemeljskih vodah okoli Cerknškega jezera, devet endemnih podzemeljskih vrst: *Belgrandiella superior*, *B. schleschi*, *B. crucis*, *B. globulosa*, *B. kusceri*, *B. robusta*, *Iglica luxurians*, *Neohoratia subpiscinalis*, *Hadziella ephippiostoma*. Poleg njih so tu prisotne tudi južnovzhodno-alpske in severozahodno-dinarske izvirne vrste: *Belgrandiella fontinalis*, *B. kuesteri*, *Sadleriana fluminensis* in *Bythinella opaca*. Bole ugotavlja, da lahko tudi nekatere, sicer podzemeljske vrste, žive v izviri. V izviri okoli Cerknškega jezera je tako našel žive primerke vrst: *Belgrandiella superior*, *B. crucis* in *B. robusta*. Z iskanjem živih osebkov smo želeli preveriti njegove ugotovitve. Prisotnost praznih hišic podzemeljskih vrst v izviri ni dovolj informativna, saj je lahko njihovo pojavljanje le rezultat drifta. V izviri smo tudi sami našli žive primerke treh izvirskih vrst, ki jih navaja že Bole (glej zgoraj), opazili pa smo tudi žive primerke podzemeljskih vrst *Belgrandiella crucis* in *B. robusta*. Obe vrsti sta bili v izviri dokaj pogosti, njuno število je v nekaterih izviri celo presegalo število vrst obravnavanih kot izvirskih. Tako lahko sklepamo, da najdbe niso zgolj naključne in, da populacije omenjenih podzemeljskih vrst stalno živijo v izviri okoli Cerknškega jezera, skupaj z izvirskimi vrstami. Sklepamo, da nekatere podzemeljske vrste lahko žive tudi v izviri, ker/če so ekološke razmere podobne kot v podzemlju (Bole, 1979) in ni ostre meje med podzemeljskimi vodami in izviri.

V izviri je bilo največ živih primerkov vrste *Ancylus fluviatilis*. To je zelo evritopa vrsta, ki živi tako v izviri kot v podzemeljskih vodah, pojavlja pa se tudi v potokih in ostalih celinskih vodah (Bole, 1979). Tudi Bole (1979) pa je opazil, da je vrsta zelo pogosta v izviri.

5.1.2 Razširjenost vrst v izvirih in povodjih okolice Cerkniškega jezera

Rezultate raziskave smo primerjali s popisom vrst, ki ga je opravil Jože Bole (1979), v okviru popisovanja mehkužcev v okolici Cerkniškega jezera. Naš popis se skoraj povsem ujema z Boletovim, našli namreč nismo nobene dodatne vrste, nismo pa uspeli nabrati vrste *Hauffenia michleri*. Razlogov je lahko več, a Bole (1967, 1979) omenja, da ni popolnoma prepričan v pravilnost konhiološke determinacije te vrste. Ugotavlja, da so najdeni primerki lahko le morfološko drugačna oblika vrste *Neohoratia subpiscinalis*, ki smo jo v nekaterih izvirih našli tudi sami. Bole je sicer prazne hišice »haufenije« našel v Mrzli jami, kjer nismo vzorčili, ter v izviru Grahovščice, kjer smo našli zelo malo materiala in nobenega primerka vrste *N. subpiscinalis*. Našli smo le hišice vrst *Belgrandiella robusta* in *Bythinella opaca*, ki imata nekoliko večje in težje hišice od ostalih. Ker smo vzorčili le v začetnem delu potoka bi bilo torej možno, da lažjih in manjših hišic *H. michleri* nismo našli, ker jih je močnejši tok odnesel dolvodno po strugi. Med determinacijo vrst iz ostalih izvirov smo se tudi sami pogosto odločali med vrstama *Hauffenia michleri* in *Neohoratia subpiscinalis*, predvsem pri manjših hišicah. V vseh primerih se je izkazalo, da gre le za juvenilne primerke vrste *N. subpiscinalis*. Slapnik (osebni vir, april 2012) navaja, da v primerjavi s hišicami vrste *H. michleri*, so juvenilne hišice vrste *N. subpiscinalis* večje in širokoštožčaste, z globljim popkom, ki je manj odprt. Ustji obeh vrst sta skoraj pravilno okrogli, vendar je ustje *N. subpiscinalis* relativno večje, a z ostrim ustnim robom.

Rezultati naših raziskav o razširjenosti vrst v izvirih Cerkniškega jezera so v glavnem primerljivi z Boletovimi (1979), vendar smo opazili tudi nekatere razlike. Tako smo opazili, da imajo vrste *Belgrandiella globulosa*, *B. robusta* in *Sadleriana fluminensis*, večjo razširjenost kot jo navaja Bole. Za vrsti *Belgrandiella fontinalis* in *B. kuesteri*, za kateri Bole (1979) ne navaja najdišč, smo podatke o razširjenosti na novo pridobili. Razširjenost vrst *Belgrandiella kusceri* in *Acroloxus tetensi*, ki ju je Bole našel le v odtokih Cerkniškega jezera, obsega večje območje, kot kažejo Boletove najdbe. Do neskladij med rezultati je lahko prišlo, ker Bole (1979) ni vzorčil v vseh izvirih, ki smo jih v raziskavo vključili mi, lahko pa jih pripišemo tudi različnim metodam in obdobju vzorčenja. Bole je mogoče vzorčil v manj primernem času, ko je voda že odnesla prazne polžje hišice

predaleč od izvira. Manjše območje razširjenosti, v primerjavi z Boletom, pa smo opazili pri vrstah *Belgrandiella crucis* in *B. schleschi*, saj ju na severovzhodnem delu jezera mi nismo našli. Tovrstni rezultati so lahko bolj informativni, saj je vzrokov za manjšo razširjenost lahko več. Možno je, da smo tudi sami na severovzhodnem delu jezera vzorčili ob neprimernem času, ter posledično dobili prerevne vzorce. Možno je tudi, da sta populaciji na severovzhodnem delu jezera, zaradi bližine naselij in s tem povezane onesnaženosti, medtem izumrli. Za endemno podzemeljsko vrsto *Iglica luxurians* Bole (1979) navaja, da se pojavlja v vseh podzemeljskih in izvirskih vodah, mi pa smo jo našli le od skrajnega jugovzhodnega do severozahodnega roba Cerknškega jezera, torej v Loških in Snežniško-javorniških vodah. Večinoma smo jo opazili v izviri, ki so nekoliko oddaljeni od naselij. Možno je, da so populacije te vrste v izviri Slivniških studencev in Bloških vodah izumrle zaradi bližine naselij ter, posledično, onesnaženosti izvirov. Razhajanja z Boletovimi najdbami smo opazili tudi pri razširjenosti vrste *Bythinella opaca*, saj je v izviri pri Gornjem jezeru (Loških vodah) nismo našli. Prisotna je bila na vzhodnem delu jezera in v izviri Kamini viri in Vidrenca, ki pripadata povodju Snežniško-javorniških vod. Možno je, da so populacije v izviri Loških vod izumrle.

Razhajanja z Boletom torej lahko pripišemo naključnemu pojavljanja praznih hišic podzemeljskih vrst v izviri, kot tudi neprimernem času vzorčenja, npr. ob ali tik po močnejšem pretoku ali v izjemno sušnem obdobju. Znano je, da na razširjenost sladkovodnih nevretenčarskih vrst, tudi polžev, lahko vpliva tudi onesnaženost (<http://www.iucnredlist.org/initiatives/freshwater/panafrica/threats>). Na kraškem območju pa je ogroženost podzemeljskih ekosistemov povezana predvsem z onesnaženostjo površinskih voda (Tarman, 1992). Tako je možno, da so nekatere podzemeljske in izvirske vrste, ki so bile na določenem delu jezera že prej redke, izumrle zaradi onesnaženosti izvirov na račun bližnjih naselij. Ostajamo lahko le pri domnevah, saj dejanskih podatkov o onesnaženosti izvirov nimamo.

Rezultati raziskav razširjenosti se ujemajo z Boletovimi za vrste: *Belgrandiella superior*, ki je omejena na izvire na skrajnem jugovzhodnem robu jezera, *Hadziella ephippiostoma*, ki jo najdemo od jugovzhodnega do severozahodnega dela jezera, ter vrsti *Neohoratia*

subpiscinalis in *Ancylus fluviatilis*, ki sta v izvirih v okolici Cerknškega jezera splošno razširjeni.

5.1.3 Vpliv biotskih in abiotskih dejavnikov na pojavljanje vrst

Za večino vrst smo ugotovili, da niso splošno razširjene in se pojavljajo le na določenem delu Cerknškega jezera. Poskusili smo določiti dejavnike, ki bi lahko vplivali tako na razširjenost posamezne vrste kot tudi na različno vrstno sestavo in pestrost posameznih izvirov.

5.1.3.1 Geografija

Na podlagi Jaccardov-ega indeksa in dendograma podobnosti smo ugotovili, da je v izvirih, ki so si geografsko blizu in so hkrati del istega povodja, vrstna sestava podobna. Nekoliko večje so razlike med medsebojno oddaljenimi izviri istega povodja. V medsebojno oddaljenih izvirih, ki hkrati niso del istega povodja (npr. na nasprotnih straneh jezera), so razlike v vrstni sestavi izvirskih polžev največje. Opazili pa smo tudi, da se nekatere vrste pojavljajo le na določenem delu jezera, oz. so omejene na določena povodja. Predvidevamo, da je različna razširjenost vrst v izvirih okolice Cerknškega jezera posledica pripadnosti izvirov različnim povodjem. Kuščer (1925b) navaja, da bi se marsikje dalo iz podobnosti oziroma razlik v favni sklepati na obstoj oziroma odsotnost podzemeljskih vodnih povezav, oziroma bi podrobno preučevanje polžjih populacij lahko pomagalo pri iskanju neznanih podzemeljskih zvez. Predvidevamo, da med povodji verjetno ni podzemnih vodnih povezav, ki bi omogočale razširjanje najdenih vrst polžev. Poleg tega je povsem očitno, da Cerknško jezero predstavlja veliko geografsko bariero, ki jo specializirane izvirske in podzemne vrste ne uspejo premostiti.

V literaturi nismo našli podatka kateremu povodju pripadajo izviri Štebrščica, Štebrski cemun in Rupa. Na podlagi podobnosti oziroma razlik v favni smo preučili neznano pripadnost povodju omenjenih izvirov. Glede na pripadnost povodju neopredeljen izvir Rupa, ima podobno vrstno sestavo in pestrost kot njemu bližnji izviri Loških vod. Vrstna sestava kaže največjo podobnost z njemu najbližjim izvirom Loških vod, Pod stenami, ki je

oddaljen le nekaj metrov. Možno je, da izvir Rupa pripada povodju Loških vod. Vrstna sestava sladkovodnih polžev v izviru Štebršice kaže na podobnost z Bloškimi vodami, ki so temu izviru geografsko najbližje. V izviru Štebrski cemun se pojavljajo le 4 vrste, ki so prisotne tudi v Slivniških studencih. Glede na lokacijo, so Slivniški studenci geografsko nekoliko bolj oddaljeni, Bloške vode pa so temu izviru najbližje. S slednjimi si Štebrski cemun deli 3 vrste. Možno je, da zaradi geografske bližine in nekoliko podobne favne sladkovodnih polžev, izvir Štebrski cemun pripada povodju Bloških vod.

Deloma so geografske razlike povezane z različnimi skupnimi pretoki v posameznih povodjih, saj so s tem povezane naključne najdbe redkejših vrst polžev. Tako imajo Slivniški studenci najmanjši skupni pretok (Kranjc, 1986, 2002b) in posledično tudi najmanjšo vrstno pestrost. Ugotovili smo, da se v Slivniških studencih pojavlja sedem vrst, kar je manj kot polovica (47%) vseh najdenih vrst v izviri okoli Cerknškega jezera. Zanimiv podatek je tudi, da v Slivniških studencih nismo našli nobenega živega polža, kar je lahko povezano z majhnim dotokom na površje. Loške vode imajo, nasprotno, največji skupni pretok, tu smo zabeležili tudi največjo vrstno pestrost polžev v izviri. V njih se pojavlja dvanajst polžjih vrst, torej kar 80% vseh najdenih. Nekoliko podobno, a revnejšo favno, ima izvir Krapini, Loškim vodam geografsko bližnji, izvir Snežniško-javorniških vod. Podobnost favne morebiti le kaže na obstoj pasu, kjer se vode teh povodij mešajo. Izvir Krapini nekoliko odstopa po bogatstvu favne od njemu bližnjih izvirov, ki so del Snežniško-javornškega povodja. Preostali izviri tega povodja, ki se nahajajo na zahodnem delu jezera, imajo medsebojno podobno, ampak še revnejšo favno. Opazili smo, da je na južnem robu jezera vrstna pestrost najvišja. Tudi Bole (1979) je ugotovil, da so malakološko najbogatejše podzemeljske vode južnega dela Cerknškega jezera in dela ob njegovem jugozahodnem robu.

5.1.3.2 Tip izvira

Opazili smo, da vrste niso omejene le na določen tip izvira, ampak se večinoma pojavljajo v vseh tipih. Izjema je le *Belgrandiella kuesteri*, ki se pojavlja le v helokrenih izviri Sv. Vid in Štebrski cemun. Možno je torej, da se pojavlja le v izviri s počasnim tokom in majhnim pretokom, vendar je v ostalih helokrenih izviri nismo opazili. A hišice *B.*

kuesteri so zelo majhne in lahke, zato bi jih, tudi v helokrenih izvirih, naprej v strugo lahko odnesel že malce močnejši tok. Ugotovili smo, da obstaja povezava med tipom izvira in količino nabranih praznih polžjih hišic ter, posledično, pestrostjo vrst v določenem izviru, kar je verjetno povezano predvsem s hitrostjo toka in količino vode, ki prihaja iz podzemlja.

Predvidevali smo, da je v limnokrenih izvirih število vrst večje kot v ostalih tipih izvirov. Ti izviri namreč so ponavadi zelo vodnati, voda, ki iz podzemlja prinaša veliko praznih hišic, pa zastaja v izviru. Zaradi počasnejšega toka, hišic ne odnese naprej v strugo. V naši raziskavi se je največkrat pokazala pozitivna povezava med limnokrenim tipom izvira in količino nabranih praznih polžjih hišic, posledično pa tudi s pestrostjo vrst. Izjema je bil le izvir Otoški obrh, kjer je bilo število vrst majhno (3). Ta izvir je plitvejši od ostalih, pa tudi njegov pretok je precej manjši.

Največ praznih hišic smo nabrali v dveh limnokrenih (Obrh Žaga, Cemun) in linearnem izviru (Kotrljaš) na jugozahodnem robu Cerkniškega polja. Vsi pripadajo Loškim vodam in so eni od najizdatnejših izvirov na Cerkniškem polju (Kranjc 1986, 2002b). Tudi pestrost vrst je bila tu največja, našli smo 11 vrst sladkovodnih polžev. V izviru Kotrljaš smo prazne hišice opazili le v 'jezercu', kjer se voda ustali. Ti izviri čez poletje pogosto presahnejo in so včasih suhi do oktobra ali celo novembra. Ugotovili smo, da je optimalen čas za nabiranje praznih hišic, ko izviri že presahnejo (v sušnem obdobju), saj sicer hišic v globoki vodi ne dosežemo. Res pa je, da v limnokrenih izvirih, ki so bili daljše obdobje popolnoma suhi, nismo našli živih polžev. Verjetno so se pred sušo umaknili v podzemlje.

V reokrenih izvirih večine praznih hišic nismo dobili v izviru, temveč v strugi. Verjetno močnejši in hitrejši tok vode odnese manjše in lažje prazne hišice dolvodno od izvira. Tudi žive polže smo ponekod opazili samo v potoku v bližini izvira. Predvidevamo, da lahko v izvirih s hitrejšim in močnejšim tokom (npr. v reokrenih izvirih), prazne polžje hišice ustrezno nabereмо le, če vzorčimo, ko voda ne odnese materiala dolvodno. To pomeni ali pred ali šele zadosti časa po obilnem dežju. Takrat je vodni tok v izviru še šibak in voda iz podzemlja počasi naplavlja hišice, ki ostanejo v bližini izvira. Menimo, da v jamah – bruhalnikih (Vranji jami in Suhadolci) polžev nismo našli, ker imata kratkoročno precej

močen in hiter tok, potem pa popolnoma presahneti. Prazne hišice tako odplavi v jezero ali pa ostanejo v, za nas nedosegljivih, podzemeljskih vodah. Čeprav sta tudi izvira Pod stenami in Rupa občasna reokrena izvira, smo v njiju uspeli nabrati večjo količino praznih hišic in opaziti precejšnjo pestrost vrst. Sklepamo, da jih je sicer prinesel močan tok iz podzemlja, a jih dolvodno ni odplavil zaradi naravnih ovir. Prazne hišice smo namreč uspeli nabirati pred večjimi kamni.

Najmanjšo pestrost vrst smo opazili v helokrenih izviri, predvidevamo zaradi šibkejšega toka in manjše količine vode v izviri.

Nekateri izviri lahko že po krajšem sušnem obdobju hitro presahnejo, kar vpliva na prisotnost živih polžev. Žive primerke smo našli le v stalnih izviri, z izjemo Vidrence, ki je začasen izvir. A v Vidrenci smo našli le maloštevilne osebke ene vrste, ki so uspeli poiskati začasno zaklonišče v še prisotni vodi v strugi in so tako preživeli. Opazili smo, da se vrste *Belgrandiella robusta*, *B. kuesteri* in *Bythinella opaca* pojavljajo le v stalnih izviri na vzhodnem delu jezera, slednja pa se je pojavila tudi v dveh obasnih izviri na jugozahodnem delu, a z maloštevilnimi osebki. Možno je, da je razširjenosti teh vrst vezana na stalnost vode v izviri.

5.1.3.3 Vpliv fizikalno-kemijskih parametrov

V večini raziskovanih izviri smo, v obdobju izvajanja meritev, izmerili zelo podobne vrednosti fizikalno-kemijskih parametrov. Le v izviri Loških vod (Obrh žaga, Kotrljaš, Cemun) smo izmerili nižjo vsebnost kisika in višjo temperaturo. Količina raztopljenega kisika je odvisna od temperature (Giller in Malqvist, 1998). Zanimivo je, da je bila v izviri Loških vod, kljub manjši vsebnosti kisika, vrstna pestrost največja. Korelacija med vsebnostjo kisika in pestrostjo vrst je bila statistično značilno negativna, kar je glede na siceršnje lastnosti izvirov, kjer je voda večinoma dobro prezračena, v nasprotju s pričakovanji. Razlogi za nižje vsebnosti kisika so verjetno višje temperature zaradi zastajanja vode ter procesov razkrajanja organskih snovi, pri kateri se kisik porablja. Statistično značilno linearno povezavo ter zmerno pozitivno korelacijo, smo ugotovili tudi med temperaturo in pestrostjo vrst. Kljub temu na osnovi naših raziskav ne moremo trditi,

da višja temperatura pozitivno vpliva na pestrost vrst. Glede temperatur lahko ugotovimo le, da so v vseh raziskanih izvrih okolice Cerknškega jezera primerne za življenje izvirskih polžev. Znano je namreč (Bole, 1967), da so predstavniki družine Hydrobiidae oligostenotermni in jih lahko najdemo samo tam, kjer maksimalne temperature za dalj časa ne prekoračijo 15°C. Tudi v izvrih Loških vod so bile temperature vode nižje.

Predvidevamo, da so višje temperature in manjša vsebnost kisika v zgoraj omenjenih treh izvrih najverjetneje posledica neustreznih meritev. V izvrih Obrh žaga in Kotrljaš je bila voda med meritvijo že dalj časa stoječa in verjetno pomešana z deževnico, posledično pa toplejša in z nižjo koncentracijo kisika. V Cemunu smo meritve izvedli v majhnem stranskem izviru, globokem cca. 10 cm. Ker je bil izvirček dokaj plitev in večino dneva izpostavljen soncu, se je voda v njem bolj segrela in bila posledično manj nasičena s kisikom kot v ostalih izvrih. Če bi želeli dobiti bolj reprezentativne rezultate, bi morali meritve fizikalno-kemijskih dejavnikov izvajati večkrat na leto, ob dovolj nizkih vodah, a ko je v izvrih še prisoten vodni tok. To pomeni, pred obilnim dežjem ali po primernem obdobju po dežju. Parametre bi morali meriti na mestu dotoka vode iz podzemlja.

5.1.3.4 Geološka podlaga

Razlike v številu vrst smo opazili zlasti med izviri iz vzhodne in zahodne strani Cerknškega polja. Na severovzhodu (v podnožju Slivnice, vse do Žerovnice) je število vrst manjše kot na jugovzhodu (predvsem v večjih izvrih pri Gorenjem jezeru) in zahodu (do Otoka). Zahodna in jugovzhodna stran Cerknškega polja sta predvsem iz apnenca, na severovzhodni strani pa prevladuje dolomit. Bole (1979) piše, da geološka podlaga nekoliko vpliva na vrstno pestrost polžev, ker na dolomitu živi manj vrst. Tudi mi smo opazili, da je število podzemeljskih in izvirskih vrst višje na apnenčasti podlagi; največja vrstna pestrost v izvrih Loških vod je sovpadala z njihovo apnenčasto podlago. V apnencu podzemeljske vode naredijo večje prostore oziroma votline, v katerih so potoki, reke ali jezera. Vode na dolomitu so vadozne (iz padavin), ne naredijo večjih votlin in posledično je tudi pestrost podzemeljskih vrst manjša (Bole, 1979).

5.1.4 Primerjava vrst iz rodu *Belgrandiella*

Ker je določanje vrst iz rodu *Belgrandiella* precej težavno, smo poskusili ugotoviti, ali se vrste razlikujejo glede na konhiološke meritve. Ugotovili smo, da lahko vrsto *B. robusta* od ostalih ločimo po največjih in najširših, vrsto *B. kuesteri* pa po najmanjših in najožjih hišicah. Tudi mere *B. globulosa* nekoliko odstopajo od ostalih, ker smo ugotovili, da ima vrsta največjo relativno širino hišice. Preostalih vrst na podlagi konhioloških meritev skorajda ni mogoče (ali jih je zelo težko) ločiti.

Pri večini populacij vrst iz rodu *Belgrandiella* so vrednosti meritev dokaj podobne povprečni vrednosti, variabilnost je majhna. Kuščer (1923) je trdil, da ima posamezna vrsta različne 'varietete' in je tako rekoč sestavljena iz mozaika podvrst. Ob primerjavi populacij iste vrste, ki smo jih našli v različnih izvirih, smo ugotovili, da se višine hišic posameznih populacij vrst *Belgrandiella crucis*, *B. robusta* in *B. globulosa*, med seboj razlikujejo. Razlike so najbolj opazne pri *B. crucis*, z razponom višin hišice 1,4–2,7 mm. Tudi variabilnost ostalih izmerjenih konhioloških znakov je pri tej vrsti nekoliko višja. Naše ugotovitve so v skladu z Boletovimi (1979), ki je opazil, da je vrsta morfološko zelo variabilna, zelo velik razpon naj bi imelo zlasti razmerje med višino in širino hišice.

5.1.5 Problem determinacije hidrobiid

Bole (1985) piše, da je zgolj na podlagi konhioloških značilnosti težko določiti vrste iz družine Hydrobiidae in da moramo poznati tudi anatomsko zgradbo preiskovanega polža. V novjšem času so genetske analize določenih vrst popolnoma spremenile medvrstne odnose in njihovo uvrstitev v sistem. Izkazalo se je, da so nekatere vrste, ki se anatomsko popolnoma razlikujejo, genetsko enake, pa tudi obratno. Zato bi morali za pravilno determinacijo vrst iz družine Hydrobiidae, upoštevati in uporabiti kombinacijo morfologije, anatomije, biogeografije in genetike (Hasse *et al.*, 2007). Največjo težavo za izpolnitev te zahteve predstavlja majhnost večine hidrobiid ter zahtevnost nabiranja živih primerkov, kajti veliko vrst živi samo v podzemlju. Ker raziskovanje anatomije posamezne vrste zahteva veliko živega materiala iz različnih najdišč (Bole, 1967), je obstoječa težavnost določitve razumljiva.

5.2 SKLEPI

Vrstna sestava izvirskih polžev se, na nekaterih, že pred desetletji raziskanih, izviri okoli Cerknškega jezera, ni bistveno spremenila.

Večinoma je sestava vrst v izviri, ki so si geografsko blizu in so hkrati del istega povodja, podobna. Nekoliko večje so razlike med medsebojno oddaljenimi izviri istega povodja. V medsebojno oddaljenih izviri, ki hkrati niso del istega povodja (npr. na nasprotnih straneh jezera), so razlike v vrstni sestavi izvirskih polžev največje.

Čeprav obstaja statistično značilna negativna korelacija med pestrostjo vrst in vrednostjo vsebnosti kisika ter pozitivna korelacija med pestrostjo vrst in temperaturo vode, o vplivu obeh parametrov na pojavljanje izvirskih vrst polžev na raziskanem območju ne moremo sklepati. Predvidevamo namreč, da so bile nekatere meritve neustrezne. Ugotovimo lahko le, da so bile vse izmerjene temperature v intervalu, navedenem kot ugodnem za preživetje opaženih vrst iz družine Hydrobiidae.

Tip izvira vpliva na številčnost polžjih hišic in vrstno pestrost, lahko tudi na prisotnost določene vrste. V limnokrenih izviri, z veliko količino vode in počasnim tokom, sta bili količina nabranih polžjih hišic in pestrost vrst veliki. Pestrost vrst je bila najmanjša v helokrenih izviri z manjšo količino vode in šibkim tokom. Vrsto *Belgrandiella kuesteri* smo našli izključno v helokrenih izviri.

Malakološka favna vzhodnega roba Cerknškega jezera se razlikuje od favne zahodnega roba. Izviri na severovzhodnem robu, ki so del povodja Slivniških studencev, imajo najmanjšo vrstno pestrost, izviri na skrajnem jugovzhodnem robu, ki so del Loškega povodja, pa največjo vrstno pestrost.

Geološka podlaga očitno vpliva na vrstno pestrost polžev, saj smo v izviri na dolomitu našli manj vrst kot na apnencu. Najmanjša je bila vrstna pestrost na dolomitnem severovzhodnem delu jezera, v Slivniških studencih.

Determinacija vrst iz rodu *Belgrandiella* iz izvirov okoli Cerknškega jezera, le ob upoštevanju konhioloških meritev, ni možna. Med seboj lahko na ta način ločimo le vrste: *Belgrandiella robusta*, *B. kuesteri* in *B. globulosa*.

6 POVZETEK

Pred 20. stoletjem so bili mehkužci Cerknškega jezera praktično neraziskani, v literaturi so le posamezne navedbe za določene vrste. Bole (1979) je v okviru raziskave mehkužcev Cerknškega jezera napisal tudi seznam tamkajšnjih podzemeljskih in izvirskih vrst. Glavnino seznama predstavljajo podzemeljski in izvirski polži iz družine Hydrobiidae, ki še vedno sodijo med najslabše raziskane polžje vrste.

Glavni namen raziskave je bil ugotavljanje razširjenosti posameznih vrst in primerjava polžje favne med izviri okoli Cerknškega jezera.

V vsakem izviru smo nabrali prazne polžje hišice ter poiskali žive polže. Ker je izvirov veliko, smo nabirali več dni, odvisno od vremena (večinoma pred ali nekaj časa po obilnem dežju) ter letnega časa (jeseni in spomladi). Merili smo fizikalno-kemijske parametre izvirske vode (pH, temperaturo in vsebnost O₂) ter izdelali opise posameznega izvira. Zaradi problematičnosti določanja vrst, smo pri predstavnikih iz rodu *Belgrandiella*, opravili tudi konhiološke meritve nabranih polžjih hišic.

V okolici Cerknškega jezera smo v šestindvajsetih izviri našli petnajst vrst sladkovodnih polžev ter hišice kopenskih polžkov iz rodu *Zospeum*. Opazili smo, da se tako sestava kot pestrost vrst med izviri razlikujeta.

Rezultate raziskave smo primerjali s popisom vrst, ki ga je opravil Jože Bole (1979), v okviru popisovanja mehkužcev okoli Cerknškega jezera. Naše najdbe se skoraj povsem ujemajo z Boletovim popisom, našli nismo nobene dodatne vrste. Le vrste *Hauffenia michleri*, ki jo navaja Bole, nismo opazili v nobenem od raziskovanih izvirov. Večinoma so z Boletovimi primerljivi tudi rezultati naših raziskav o razširjenosti vrst, opažene razlike

pa razlagamo z naključnim pojavljanjem praznih hišic podzemeljskih vrst, neprimernim časom vzorčenja ter možnim izumrtjem nekaterih vrst zaradi onesnaženosti.

Večinoma smo opazili, da je v geografsko bližnjih izvirih, ki so hkrati del istega povodja, vrstna sestava podobna. Nekoliko večje so razlike med medsebojno oddaljenimi izviri istega povodja. V bolj oddaljenih izvirih, ki niso del istega povodja (na nasprotnih straneh jezera), so razlike v vrstni sestavi izvirskih polžev največje.

Čeprav obstaja statistično značilna negativna korelacija med pestrostjo vrst in vrednostjo vsebnosti kisika ter pozitivna korelacija med pestrostjo vrst in temperaturo vode, o vplivu obeh parametrov na pojavljanje izvirskih vrst polžev na raziskanem območju ne moremo sklepati. Predvidevamo namreč, da so bile nekatere meritve neustrezne. Ugotovimo lahko le, da so bile vse izmerjene temperature v intervalu, navedenem kot ugodnem za preživetje opaženih vrst iz družine Hydrobiidae. Determinacija vrst iz rodu *Belgrandiella* iz izvirov okolice Cerknškega jezera, le ob upoštevanju konhioloških meritev, ni možna. Med seboj lahko na ta način ločimo le vrste: *Belgrandiella robusta*, *B. kuesteri* in *B. globulosa*.

7 VIRI

- Bole, J. 1963. O morfoloških spremembah pri podzemeljskih polžih. Treči jugoslavenski speleološki kongres. Sarajevo i istočna Hercegovina VI, 21.- 27.: 121–124.
- Bole, J. 1965. Varstvo podzemeljskega živalstva. Varstvo narave, 4: 69–80.
- Bole, J. 1966. Mehkužci in zoogeografski položaj Rakovega Škocjana. Ljubljana, Varstvo narave, 5 : 129–137.
- Bole, J. 1967. Polži iz freatičnih voda Jugoslavije. Ljubljana, ZRC SAZU, Razprave IV, 10: 109–120.
- Bole, J. 1967. Taksonomska, ekološka in zoogeografska problematika družine Hydrobiidae (Gastropoda) iz porečja Ljubljanice. Ljubljana, ZRC SAZU, Razprave IV, 10: 73–108.
- Bole, J. 1969. Ključi za določevanje živali. IV. Mehkužci-Mollusca. Ljubljana, Inštitut za biologijo Univerze v Ljubljani, Društvo biologov Slovenije: 115 str.
- Bole, J. 1970. Prispevek k poznavanju anatomije in taksonomije podzemeljskih hidrobiid (Gastropoda, Prosobranchia). Ljubljana, ZRC SAZU, Razprave IV, 15: 87–111.
- Bole, J. 1974. Rod *Zospeum* Bourguignat 1856 (Gastropoda, Ellobiidae) v Jugoslaviji. Ljubljana, ZRC SAZU, Razprave IV, 17, 5: 249–291.
- Bole, J. 1979. Mehkužci Cerknškega jezera in okolice, Acta carsologica 8, 3: 201–236.
- Bole, J. 1985a. Podzemeljski vodni mehkužci v svetu in pri nas. Naše jame, 27: 38–41.
- Bole, J. 1985b. Podzemeljski vodni polži kažejo na razvoj porečja Ljubljanice. Proteus, 48, 1: 16–20.

- Bole, J. 1993. Podzemeljski polži iz družine Horatiidae (Gastropoda, Prosobranchia) v Sloveniji in njihov taksonomski položaj. Ljubljana, ZRC SAZU, Razprave IV, 34, 1: 3–17.
- Božak, K. 2010. Ekološka uvjetovanost strukture zajednica puževa (Mollusca, Gastopoda) rijeke Cetine. Magisterska naloga. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek : 112 str.
- Čičić-Močić A., Škrijelj R., Đug S. 2008. Gastropods in the basin of the river Fojnica, Sarajevo, Ribarstvo, 66, 3: 119–129.
- Gaberščik A. (ur.). 2002. Jezero, ki izginja - Monografija o Cerkniškem jezeru. Ljubljana, Društvo ekologov Slovenije: 333 str.
- Gams I. 2003. Kras v Sloveniji v prostoru in času. Ljubljana, Založba ZRC, ZRC SAZU: 561 str.
- Giller P. S., Malmqvist B. 1998. The biology of Streams and Rivers. Biology of habitats. Oxford University Press Inc., New York: 296 str.
- Gospodarič R., Habič P. 1978. Kraški pojavi Cerkniškega polja. Acta carsologica, 8: 7–162.
- Hasse, M, W. Thomas, Milder, P. 2007. Identifying species of *Bythinella* (Caenogastropoda: Rissooidea): A plea for an integrative approach, Zootaxa, 1563: 1–16.
- Kranjc A. 1986. Cerkniško jezero in njegove poplave. Geografski zbornik, 25: 75–123.
- Kranjc A. 2002a. Hidrološke značilnosti. V: Jezero, ki izginja – Monografija o Cerkniškem jezeru. Gaberščik A. (ur.). Ljubljana, Društvo ekologov Slovenije : 27–37.

- Kranjc A. 2002b. Geologija in geomorfologija. V: Jezero, ki izginja – Monografija o Cerknškem jezeru. Gaberščik A. (ur.). Ljubljana, Društvo ekologov Slovenije: 19–25.
- Kuščer, Lj. 1923. Originalna nahajališča mehkužcev v Sloveniji. Glasnik Muzejskega društva za Slovenijo, 2: 1–17.
- Kuščer, Lj. 1925a. Jamski mehkužci severozapadne Jugoslavije in sosednega ozemlja. Glasnik Muzejskega društva za Slovenijo, 4-6 B: 39–49.
- Kuščer, Lj. 1925b. Nabiranje mehkužcev v jamah. Ljubljana, Glasnik Muzejskega društva za Slovenijo, IV-VI: 81–82.
- Matoničkin, I. 1978. Beskralježnjaci, Biologija nižih avertebrata. Zagreb, Školska knjiga: 692 str.
- Radoman, P. 1975. Specijacija u okviru roda Belgandiella i njemu srodnih rodova na Balkanskom poluostrvu. Glasnik prirodjačkih muzeja, B knjiga 30: 29–55.
- Radoman, P. 1983. Hydrobidea, a superfamily of Prosobranchia (Gastropoda). I. Systematics. Belgrade, Serb. Acad. Sci.: 256 str.
- Rejic M., Smolej I. 1988. Sladkovodni ekosistemi in varstvo voda/ Gozdna hidrologija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo: 225 str.
- Sket, B. 1984: Hadžija, hadžiana, hadžiela (hadzia, Hadziana, Hadziella) – nekaj utrinkov o slavlencu. Ljubljana, Prirodoslovno društvo Slovenije, Proteus, 47, 3: 86–91.
- Sket, B. 2008: Can we agree on an ecological classification of subterranean animals? Journal of Natural History, 42: 1549–1563.
- Slapnik, R. 1994. Podzemeljski in izvirski polži osamelega krasa vzhodne Slovenije. Doktorska disertacija. Zagreb: 223 str.

Slapnik, R. 2002. Mehkužci (Mollusca) V: Jezero, ki izginja – Monografija o Cerknškem jezeru. Gabersčik A. (ur.). Društvo ekologov Slovenije, Ljubljana: 117–129.

Tarman K. 1992. Osnove ekologije in ekologija živali. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 547 str.

Vagner, D. 2001. Indikatorska važnost slatkovodnih puževa (Mollusca: Gastropoda). Sarajevo, Voda i mi, 23: 35–43.

Velkovich, F. 2003. Mehkužci - Mollusca. V: Živalstvo Slovenije Sket B., Gogala M., Kuštor, V. (ur.). Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 109–132.

Žganec, K. 2005. Struktura i dinamika krenobiocenoza u Nacionalnom parku Plitvička jezera. Magisterska naloga. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek : 151 str.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Gastropoda> (2.12.2011)

<http://www.razvojkraja.si/si/narava/105/article.html> (5.12.2011)

<http://www.geopedia.si/> (10.12.2011)

<http://www.faunaeur.org/> (13.12.2011)

<http://www.danielsoper.com/statcalc3/calc.aspx?id=44> (24.1.2011)

<http://www.iucnredlist.org/initiatives/freshwater/panafrica/threats> (24.3.2012)

Ustni viri:

Slapnik, R. 2011. Ljubljana, Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Biološki inštitut Jovana Hadžija. Rajkosl@zrc-sazu-si (osebni vir 2011, 2012)

Schein, V. 2011. "Opis izvirov". Cerknica, Notranjski regijski park. Tine.Schein@notranjski-park.si (osebni vir, april, maj 2011)

Drugi viri:

Malakološka študijska zbirka Biološkega inštituta Jovana Hadžija Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti (MZBI ZRC SAZU)

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju prof. dr. Rudiju Verovniku za vso pomoč, razumevanje, nasvete in popravke pri izdelavi diplomskega dela. Najlepša hvala tudi somentroju dr. Rajku Slapniku za pomoč, nasvete in odgovore, predvsem pa se zahvaljujem na sposojenemu primerjalnemu materialu, literaturi in preverjanju določenih vrst. Hvala dr. Simoni Prevorčnik in dr. Cenetu Fišerju za pregled diplomskega dela, nasvete in predlagane popravke.

Hvala Valentinu Scheinu, direktorju Notranjskega regijskega parka, za vso pomoč, nasvete, material in na sposojenemu stereomikroskopu, predvsem pa hvala za sodelovanje in pomoč na terenu.

Hvala Gregorju Bračkotu za pomoč pri konhioloških meritvah in navodilih za uporabo stereomikroskopa. Hvala tudi Draganu Abramcu za navodila za uporabo multimetra in nasvete pri izvajanju meritev fizikalno-kemijskih parametrov.

Hvala osebju Biblioteke SAZU za prijaznost in vso pomoč pri iskanju literature.

Hvala Tamari, Urošu, Karmen in Robiju za pregled in slovnične popravke v nalogi.

Zahvaljujem se vsem svojim prijateljem, bivšim sostanovalcem in znancem. Hvala, da ste vsa ta leta potrpežljivo delili tegobe in veselje, ki jih je prenašal moj študij.

Hvala Božici za moralno podporo in življenske nasvete.

Iskreno se zahvaljujem tudi Goranu za potrpežljivost in moralno podporo. Hvala ker si se veselil mojih uspehov in me tudi vzpodbujal, ko mi ni šlo vse po načrtih.

Največja zahvala je namenjena mojim staršem za potrpežljivost, spodbudo, pomoč in podporo v času študija in izdelavi diplomskega dela. Hvala tudi družinskimi člani za podporo in spodbudo.

PRILOGE

Priloga A

Lasnosti izvirov okoli Cerknškega jezera (opažanja s terena).

Kratice: Povodja: SS = Slivniški studenci, BV = Bloške vode, LV = Loške vode, SJS = Snežniško javorniške vode – studenci, SJG = Snežniško-javorniške vode – glavni in močnejši izviri; n. v. = nadmorska višina

IZVIRI	povodje	koordinate (X)	koordinate (Y)	n. v. (m)	narava izvira	stalnost	okoliška vegetacija	vodna vegetacija
Marija Magdalena	SS	5071327	5452335	568	kraški	da	manjši gozd	vodni mah, mah
Sveti Vid	SS	5070521	5453656	565	kraški	da	manjši gozd, bližina travnika	alge, vodna kreša, vodna meta
Martinjščica	SS	5070524	5454103	601	kraški	da	gozd	vodna kreša, mahovi, malo alg
Grahovščica	SS	5069924	5454759	613	nekraški	da	manjši gozd, travnik	alge, mahovi
Trstenik	SS	5070443	5455902	558	nekraški	da	travnik, gozd	mahovi, meta
Lisični studenec	BV	5068781	5456452	573	kraški	da	gozd	mahovi, vodna kreša, lopatica
Žerovniščica	BV	5068931	5456523	581	kraški	da	gozd	mahovi, alge, zlatičevke
Petričev slap	BV	5067672	5456089	559	kraški	da	gozd	/
Štebrščica	BV?	5066844	5457221	616	kraški	da	gozd	mahovi, alge
Štebrski cemun	BV?	5066967	5457022	560	nekraški	da	v grmovju, gozd, travnik	zlatičevke, mahovi
Goriški brežiček	BV	5066012	5455262	568	kraški	da	travnik, gozd	veliko alg, mahovi, kreša, meta
Zdravjak	BV	5066052	5455045	563	kraški	da	gozd	mahovi, meta, kreša
Obrh žaga	LV	5064214	5454938	556	kraški	ne	gozd, travnik	vodni mahovi, kreša, zlatica okolica: zlatica, trave
Kotrljaš	LV	5064007	5455001	552	kraški	ne	gozd, travnik	mahovi, kreša
Cemun	LV	5063984	5455050	558	kraški	ne	gozd, travnik	/
Pod stenami	LV	5063855	5455090	556	kraški	ne	gozd	mahovi

Se nadaljuje

Nadaljevanje Priloge A

IZVIRI	povodje	koordinate(X)	koordinate(Y)	n. v. (m)	narava izvira	stalnost	okoliška vegetacija	vodna vegetacija
Rupa	LV?	5455031	5063894	559	kraški	ne	gozd	mahovi
Krapini	SJS	5454914	5063891	554	kraški	ne	gozd	mahovi
Strmci	SJS	5454763	5064024	556	kraški	ne	gozd	/
Kamini viri	SJS	5454214	5064115	553	kraški	ne	gozd	mahovi
Vidrenca	SJS	5454114	5064174	555	kraški	ne	gozd, travnik	/
Laški studenec	SJS	5453941	5064279	551	kraški	da	gozd, travnik	mahovi, stranski zaraščen trstičevje?
Tresenec	SJS	5452544	5065105	556	kraški	da	gozd, travnik	mahovi, kreša, vodna zlatica
Otoški obrh	SJG	5451324	5065436	554	kraški	da	gozd, travnik	mahovi
Mrzlek	SJG	5450888	5065772	552	kraški	ne	gozd, travnik	/
Skadulca 2	SJG	5450030	5069188	551	kraški	ne	gozd, travnik	/

Priloga B

Opisi in fotografije vzorčenih izvirov okoli Cerknškega jezera.

1. Marija Magdalena

Je manjši izvir (Slika 21), ki se nahaja med cerkvico Sv. Vida in Marofom, na 569 m n.m., tik pod cesto. Voda izvira iz manjše jame, teče proti severozahodu in se izliva v Stržen. Je reokreni kraški izvir. Presahne verjetno po izredni suši, drugače pa je dokaj stalen izvir z močnejšim pretokom. Dno je iz večjih kamnov, večinoma poraščenih z mahovi. Kamninska podlaga je dolomit. Nahaja se v manjšem gozdu ob cesti, zaraščenost okolice je precejšnja. Možna vira onesnaženja sta lahko bližnja ceste in gnojenje, saj je raba tal v okolici namenjena predvsem kmetijstvu.

2. Sv. Vid

Obzidan izvir Sv. Vid (Slika 21) se nahaja v bližini naselja Martinjak, na 565 m n.m. Najdemo ga tik ob cesti iz Martinjaka proti Marofu, pri cerkvici. Voda počasi in difuzno priteka na površje. Je helokreni kraški, stalni izvir, ki ima tudi ob izredni suši šibek tok. Dno je večinoma pešчено in muljasto. Izvir je dokaj zaraščen, prisotni so makrofiti, vodna kreša in vodna meta, izvir pa je tudi poraščen z algami. Okolica ni močno zarasla, na eni strani ga obkroža nekoliko listopadnih dreves (javor, dren, vrba, lipa, leska). Možni vir onesnaženja je naselje Martinjak.

3. Izvir Martinjščice

Reokreni izvir Martinjščice (Slika 21) se nahaja v gozdu, v bližini naselja Martinjak, na 601 m n.m. Uporablja se za vodovodno zajetje. Je kraški, naraven izvir. Glavni pritok je med skalami in tvori slap, ki formira potok. V okolici slapa so opazne lehnjakove tvorbe. Obstaja tudi nekaj manjših izvirov v okolici glavnega pritoka, ki prispevajo manjšo količino vode. Izvir je dokaj stalen, a ob izredni suši skoraj popolnoma presahne. Dno sestavljajo večji kamni, poraščeni z mahom. Veliko je tudi vodne kreše, medtem ko je alg precej manj.

4. Trstenik

Izvir Trstenika (Slika 21) je izvirska kotanja s premerom približno tri metre. Nahaja se med naseljema Martinjak in Grahovo, na 558 m n.m. Ker voda difuzno in počasi izvira na površje in je dno predvsem muljasto, smo ga klasificirali kot helokreni izvir. Trstenik je dokaj stalen izvir, presahne za pol meseca do en mesec na leto, običajno, ko se začne ekstremna suša. Podlaga je

dolomit (iz Slivnice), dno je ilovnato, izvir ni kraški. Dno poraščajo alge in mahovi. Obkroža ga manjši jelšev gozd sredi polja, kjer poleg črne jelše rastejo še vrba, bezeg, leska ter nekaj smrek.



Izvir Marija Magdalena, 2.4.2011 (foto: V. Schein). Izvir Sv. Vid, 2.4.2011 (foto: S. Žagar).



Izvir Martinjščice, 2.4.2011 (foto: V. Schein).

Trstenik, 2.4.2011 (foto: V. Schein).



Izvira Grahovščica (levo) in Mala Grahovščica (desno), 2.4.2011 (foto: V. Schein).

Slika 21: Izviri okolice Cerkniškega jezera; Marija Magdalena, Sv. Vid, izvir Martinjščice, Trstenik, izvir Grahovščica in Mala Grahovščica.

5. Izvir Grahovščice

Reokreni izvir Grahovščice (Slika 21) je zajet. Nahaja se v bližini naselja Grahovo, na 613 m n.m., na vzhodni strani Cerknškega polja. Grahovščica izvira sredi travnika, ki ga obkroža gozd. Izvir je bil obzidan leta 1962, zajetje je zaklenjeno, v preteklosti so ga uporabljali tudi za vodovod. Izvir ni kraški, kamninsko podlago tvori dolomit, dno pa je ilovnato. Vodno vegetacijo v okolici izvira sestavljajo predvsem mahovi, malo je tudi močvirske mete. Okolica je dokaj poraščena. Več manjših izvirov Grahovščice se nahaja nekoliko metrov dolvodno od glavnega izvira. Izvir Mala Grahovščica je približno 100 m od glavnega izvira, potok dolg približno 30 m pa se priključi Grahovščici. Vsi izviri Grahovščice so stalni, presahnejo mogoče le manjši izviri ob ekstremni suši.

6. Lisični studenec

Dva manjša reokrena izvira, ki se nahajata pod kolovozno potjo Žerovnica – mlin – Mavko, na 573 m n.m., imata skupno ime Lisični studenec (Slika 22). Med seboj sta oddaljena le nekaj metrov, tvorita ločena manjša potoka ki se zlivata v Žerovniščico. Sta kraška, stalna izvira. Dno je predvsem iz manjših kamnov. Kamninska podlaga je apnenec. V izviru in potoku prevladujejo mahovi v manjši količini, v potoku pa smo opazili tudi vodno krešo, lopatico ter zlatičevke. Nahajata se v gozdu, okolico izvirov poraščajo manjši grmi.

7. Izvir Žerovniščice

Izvir Žerovniščice se nahaja ob manjšem posestvu, blizu vasi Žerovniščica. Izvira iz cca 350 m dolge podzemelske jame, na 581 m n.m. Ker je izvir obzidan, voda izvira iz manjše luknje na obzidanem delu (Slika 22). Začetni del potoka ima šibkejši tok in tvori manjše 'jezerce', nekaj metrov dolvodno pa je širok slap in potok ima močnejši tok. Klasificirali smo ga kot reokreni izvir, ker voda izvira na enem mestu. Je kraški stalen izvir, njegovo kamninsko podlago pa tvori apnenec. Izvir in začetni del potoka sta precej poraščena z mahovi in algami, v potoku pa so opazne tudi zlatičevke. Severno od izvira je območje delno zaraščeno z gozdom. Obstaja tudi nekaj manjših izvirov zahodno in južno od glavnega, ki se tudi zlivajo v Žerovniščico. Vidni so sledovi človeških posegov v okolje, nekoliko južno sta zgrajena Veselov mlin in žaga, torej so možni tudi viri onesnaženja potokov in izvira.

8. Izvir Štebrščice

Izvir Štebrščice se nahaja v gozdu v bližini vasi Šteberk, na 616 m n.m. Štebrščica izvira iz dolge jame. Izvir (Slika 22) smo klasificirali kot limnokrenega, ker okoli njega voda formira manjše

'jezerce' z zelo šibkim tokom. Je večji, stalen kraški izvir, kamninsko podlago pa tvori apnenec. Dno je večinoma iz večjih kompaktnih kamnov, ki so ponekod poraščeni z mahovi in algami.

9. Štebrski cemun

Helokreni izvir Štebrski cemun (Slika 22) se nahaja okoli 200 m južno od izvira Štebrščice, na 560 m n.m. Je dokaj stalen izvir, ki sodi med nekraške izvire. V izviru so opazni mahovi ter zlatičevke. Najdemo ga v grmovju na sredini pašnika, obkroženega z gozdom. Najpogostejše lesne vrste v okolici so vrba, leska ter smreka.

10. Petričev slap

Petričev slap (Slika 22) je limnokreni izvir, ki se nahaja v gozdu ob naselju Lipsenj, na 559 m n.m. Opazi se ga tudi s ceste, ker se nahaja pod mostom. Velik pretok ima le po deževju, ob suši pa skoraj popolnoma presahne. Je naraven kraški izvir, dno je predvsem iz večjih kamnov.

11. Goriški brežiček

Izvir (Slika 22) se nahaja v naselju Goričice, na 568 m n.m. Klasifikacija izvira je težavna, ker se opis z nobenim od naštetih tipov popolnoma ne ujema, zato gre verjetno za vmesno obliko med reokrenim in helokrenim tipom izvira. Je dokaj stalen kraški izvir, ki presahne le ob ekstremni suši. Kamninska podlaga je apnenec. Dno v izviru sestavljajo manjši kamni. V izviru je tok močnejši, dolvodno pa se ustali, ker je zgornji del potoka precej poraščen z algami, prisotni pa so tudi mahovi ter vodna kreša in vodna meta. Onesnaženost je možna, predvsem zaradi lege izvira; ob izviru je potka, v bližini pa je tudi mlin. Ob glavnem izviru se pod zidkom nahaja tudi manjši stranski izvir, ki ima podobne značilnosti kot glavni izvir. Izvir obkrožata gozd in travnik.

12. Zdravjak

Izvir Zdravjak (Slika 23) se nahaja v bližini naselja Goričice, na 563 m n.m. Do njega pridemo, če gremo po potki od izvira Goriški brežiček proti zahodu. Klasificirali smo ga kot helokreni izvir, ker voda počasi priteka na površje. Je kraški stalen izvir. Dno je muljasto in peščeno. Kamninska podlaga je dolomit (pas dolomita pri vasi Gorenje jezero). Izvir je naraven, antropogen vpliv pa je viden le v okolici izvira, ki je malo obložena s kamni. Kamne poraščajo mahovi, v izviru pa smo opazili tudi vodno krešo in vodno meto. Nahaja se v gozdu, okolica izvira je poraščena z grmovjem.



Lisični studenec, 2.4.2011(foto: V. Schein).



Izvir Žerovniščice, 2.4.2011 (foto: V. Schein).



Izvir Štebrščice, 2.4.2011(foto: V. Schein).



Štebrski cemun, 2.4.2011 (foto: V. Schein).



Petričev slap, 2.4.2011 (foto: V. Schein).



Goriški brežiček, 3.4.2011 (foto: V. Schein).

Slika 22: Izviri okoli Cerknškega jezera; Lisični studenec, izvir Žerovniščice, izvir Štebrščice, Štebrski cemun, Petričev slap in Goriški brežiček.

13. Obrh Žaga

Glavni izvir Obrh Žaga (Slika 23) se nahaja v bližini naselja Gorenje jezero, v gozdu, na 556 m n.m. Potok iz izvira se izliva v Obrh skupaj z ostalimi izviri, ki so si precej blizu, le nekaj metrov narazen. Kamninska podlaga vseh izvirov je triasni apnenec. Obrh Žaga je večji limnokreni kraški izvir, z muljastim dnom. Po deževju je opazen močan tok, ob suši pa se voda v izviru bolj ustali,

dokler popolnoma ne presahne. V izviru ni mahov, prevladujejo trave, v srednjem delu potoka, med njegovim izvirom in izlivom, pa so opazni tudi mahovi. Najpogostejše vodne rastline so kreša in zlatica. Zaraščenost okoli izvira je dokaj velika, prevladujejo vrba, leska ter črni in beli gaber. Vidni so manjši posegi človeka, ker je zaradi žage narejen jez.

14. Kotrljaš

Kotrljaš se nahaja v bližini izvira Obrh Žaga (Slika 23), le nekaj metrov južno, na 552 m n.m. Je linearni izvir, ki ob suši presahne. Kanal je dolg približno 30 m in voda v njem dokaj hitro presahne, ponovno pa se pojavi dolvodno, kjer tvori t.i. 'jezerce'. V sredini 'jezerca' se nahaja manjši izvir, ki v manjši količini prispeva k nastanku tega 'jezerca'. Dno v zgornjem delu sestavljajo večji kamni poraščeni z mahovi, v 'jezercu' pa je peščeno in muljasto. Je kraški izvir, podlaga je triasni apnenec. Izvir obkroža gozd, zaraščenost izvira je dokaj velika, v zgornjem delu prevladujejo mahovi, v 'jezercu' vodna kreša.

15. Cemun

Limnokreni izvir Cemun (Slika 23) se nahaja le nekaj metrov južno od Kotrljaša, leži na 558 m n.m. Voda izvira iz dna in formira manjše 'jezerce', ki je precej globoko. Cemun ni stalen izvir, saj popolnoma presahne ob ekstremni suši. Je kraški izvir, kamninsko podlago tvori triasni apnenec. V izviru je muljasto dno z le nekaj kamni, okoli izvira oz. 'jezerca' pa dno iz večjih kompaktnih kamnov. Ob robu izvira se nahaja tudi manjši stranski izvir, ki se izliva v 'jezerce'. Ima šibkejši tok in je globok okoli 10 cm. Je reokreni izvir. Zaraščenost okolice izvira je dokaj velika, nahaja se v gozdu, ob gozdni potki, vodne vegetacije pa nismo opazili. Cemun je v bistvu estavela, ker ob izredni suši požira Stržen, oziroma se spremeni v ponor (Kranjc, 1986, 2002b).

16. Pod stenami

Trem izviri, ki se nahajajo nekaj metrov jugozahodno od izvira Cemun smo, zaradi lokacije, dali skupno ime Pod stenami (Slika 23). Kranjc (1986, 2002b) ga omenja kot izvir Podpečmi. Nahajajo se pod velikimi stenami v gozdu, na 556 m n.m. Po obilnem deževju ima glavni izvir zelo velik pretok, vse območje je poplavljen, a že ob manjši suši zelo hitro presahne in ostanejo le sledi izvira in potoka. Par metrov od glavnega izvira sta dva manjša izvira, ki tudi hitro presahneti. Vsi trije so reokrenega tipa. Dno sestavljajo veliki kamni, poraščeni z mahovi. Kamninska podlaga teh izvirov je apnenec. So kraški izviri.



Zdravjak, 3.4.2011 (foto: V. Schein).



Suh glavni izvir Pod stenami, 3.4.2011
(foto: V. Schein).



Obrh Žaga, 3.10.2009 (levo) in 3.4.2011 (desno) (foto: V. Schein).



Kotrljaš, 3.4.2011 (foto: V. Schein).

Opazna je presihajoča narava linearnega izvira ter premik mesta izvira dolvodno, ko je pretok manjši. Na koncu kanala je 'jezerce' z šibkim tokom.



Cemun, 3.4.2011 (foto: V. Schein).

Slika 23: Izviri okoli Cerknškega jezera; Zdravjak, Obrh Žaga, Kotrljaš, Cemun in Pod stenami.

17. Rupa

Samo par metrov zahodno od izvirov Pod stenami se, na 559 m n.m, nahaja izvir z imenom Rupa (Slika 24). Izvir je v bistvu prava luknja, oziroma globoka jama. Je reokreni kraški izvir z

apnenčasto kamninsko podlago. Kot ostali izviri v njegovi bližini, tudi ta zelo hitro presahne, po deževju pa je tok dokaj močen. Dno sestavljajo veliki kamni, poraščeni z mahovi.

18. Krapini

Krapini (Slika 24) sta dva manjša kraška izvira pod kolovozno potjo, ki vodi od izvira Rupa proti severozahodu. Oba izvira sta reokrena, podlaga je kamnita, tvorijo jo večje skale. Izvira dokaj hitro presahmeta. Izvira imata skupno muljasto in peščeno strugo, dolgo okoli 50 m. Obkroža ju gozd, od vodne vegetacije pa so opazni predvsem mahovi.

19. Strmci

Ime Strmci (Slika 24) opisuje štiri vodna okna, oziroma helokrene manjše izvire, ki tvorijo skupno strugo le par metrov, potem se voda zliva v potok Obrh. Nahajajo se v gozdu, pod potko, na 556 m n.m. Izviri dokaj hitro presahnejo in so daljše obdobje popolnoma suhi. Dno je predvsem peščeno, v manjši količini pa so opazni večji kamni. Kamninska podlaga je triasni apnenec. So kraški izviri. Vodna vegetacija v izvirih in strugi ni opazna.

20. Kamini viri

Kamini viri (Slika 24) je naziv za več manjših izvirov, ki so le par metrov oddaljeni eden od drugega. Tvorijo skupno strugo, potok se zliva v Obrh. Nahajajo se v bližini naselja Laze, na 553 m n.m. Vsi zelo hitro presahnejo. So helokrenega tipa, dno je predvsem muljasto in peščeno. Podlaga je apnenčasta, so kraški izviri. Okolica izvirov je poraščena z mahovi, obdani pa so z gozdom in travnikom.

21. Vidrenca

Tudi ime Vidrenca (Slika 24) je naziv za dva izvira. Nahajata se na 555 m n.m., v bližini naselja Laze, v gozdu, z ene strani pa ju obdaja travnik. Voda teče proti Laškemu studencu in se zliva v Obrh. Glavni izvir je reokren in zelo hitro presahne. V izviru je voda prisotna le po obilnem deževju. Približno 50 m od glavnega izvira je manjši stranski izvir, ki ima šibkejši pretok. Zaraščenost tega izvira je precejšnja, zaradi počasnejšega toka pa se v njem nalaga organski material, predvsem veje. Tudi ta izvir ni stalen, vendar presahne pozneje kot glavni. Oba izvira sta kraška, podlaga je apnenčasta. Dno glavnega izvira prekrivajo kamni in ponekod pesek, stranskega pa mulj in pesek. Posegi človeka niso vidni.



Rupa, 3.4.2011 (foto: V. Schein).



Krapini, 3.4.2011 (foto: V. Schein).



Strmci, 3.4.2011 (foto: V. Schein).



Kamini viri, 3.4.2011 (foto: V. Schein).



Glavni izvir Vidrenca, 3.4.2011 (foto: V. Schein).



Glavni izvir Laškega studenca, 3.4.2011
(foto: V. Schein).

Slika 24: Izviri okolice Cerknškega jezera; Rupa, Krapini, Strmci, Kamini viri, Vidrenca in Laški studenec.

22. Laški studenec

Laški studenec (Slika 24) je v bistvu vodno črpališče za naselji Laze in Gornje jezero. Nahaja se v bližini Laz, na 551 m n.m. Do njega pridemo po gozdni potki ob jezeru, ki vodi iz glavne ceste iz

naselja Laze v gozd. Prvi, glavni izvir, je črpališče. Je večji izvir, klasificirali smo ga kot limnokreni izvir, ker tvori manjše 'jezerce'. Nekaj metrov naprej po gozdni potki pridemo do izvira, ki smo ga obravnavali kot stranski izvir Laškega studenca. Je helokreni izvir, ker voda izvira počasi, čez peščeno dno, ki je poraščeno z večjo količino vodne vegetacije. Oba sta stalna kraška izvira, podlaga je apnenčasta. V glavnem izviru prevladujejo mahovi, v stranskem pa je opaznega veliko trstičevja, zelo je zaraščen. Tudi okolica izvirov je dokaj zaraščena, nahajata se namreč pod potko, z zahodne strani ju obkroža gozd, z vzhodne pa travnik.

23. Tresenec

V bližini naselja Otok, na 556 m n.m., se nahaja izvir Tresenec (Slika 25). Je reokreni stalni izvir s večjim pretokom in nikoli ne presahne. Je kraški izvir, kamninska podlaga je dolomitiziran apnenec. Dno sestavljajo kamni, ki jih poraščajo predvsem mahovi, v okolici izvira pa sta opazni tudi vodna kreša in vodna zlatica. Nahaja se v gozdu, v bližini pa je jezerski travnik.

24. Otoški obrh

Otoški obrh (Slika 25) se nahaja zraven kolovozne potke v bližini vasi Otok, na 554 m n.m. Je limnokreni kraški izvir, podlaga je iz apnenca. Izvir skoraj nikoli ne presahne, ima pa manjši pretok. Dno je iz večjih kompaktnih kamnov, v okolici izvira pa sta prisotna tudi pesek in mulj. Od vodne vegetacije smo opazili samo mahove. Z ene strani ga obkroža gozd, na drugi strani je jezero oziroma jezerski travnik. Nekaj metrov severno, ob kolovozu se nahaja še eden izvir, ki je v bistvu del Otoškega obrha. Ima podobne značilnosti kot opisani izvir.

25. Mrzlek

Linearni kraški izvir Mrzlek (Slika 25) se nahaja v bližini vasi Otok, v gozdu, na 552 m n.m. Izvir ni stalen, pogosto presahne tudi začetni del potoka. Dno v izviru in potoku sestavljajo predvsem večji kamni, med njimi je tudi pesek. Obdaja ga travnik, voda pa se zliva v jezero.

26. Skadulca 2

Pod Javorniki se nahaja jama, z večjim izvirom Skadulca. Ker v njem nismo našli nobenega polža, smo hišice nabirali v manjšem izvirčku, ki je le nekaj metrov severno od jame. Poimenovali smo ga Skadulca 2. Nahaja se v bližini naselja Dolenje jezero, na 551 m n.m. Skadulca 2 (Slika 25) je manjši helokreni izvir, voda počasi izvira iz muljastega dna. Je kraški izvir, podlaga je iz plastovitega apnenca. Skadulca 2 pogosto presahne. Na skalah v okolici izvira so opazni mahovi. Obkroža ga gozd na zahodni strani, krajši potok pa se iz izliva v jezero.



Tresenec, 3.4.2011 (foto: V. Schein).



Otoški obrh, 3.4.2011 (foto: V. Schein).



Mrzlek, 7.5.2011 (foto: V. Schein).



Skadulca 2, 7.5.2011 (foto: V. Schein).

Slika 25: Izviri okolice Cerkniškega jezera; Tresenec, Otoški obrh, Mrzlek in Skadulca 2.

Priloga C

Fizikalno-kemijski parametri in število sladkovodnih vrst polžev (N) v posameznem izviru okolice Cerknškega jezera.

Izvir	N	Temperatura (°C)	pH	kisik (%)	kisik (mg/L)	Datum merjenja
Marija Magdalena	2	9,3	7,28	88,2	10,71	06.05.2011
Sveti Vid	2	9	7,46	87,6	10,32	06.05.2011
Martinjščica	2	9	8,08	95,3	9,87	06.05.2011
Grahovščica	2	9,9	7,28	88,8	9,34	06.05.2011
Trstenik	2	9,3	7,31	82,5	10,57	06.05.2011
Lisični studenec	5	8,6	7,44	93,2	10,65	06.05.2011
Žerovniščica	7	8,9	7,34	93,3	9,76	06.05.2011
Petričev slap	7	9,6	7,66	80,3	8,96	06.05.2011
Štebrščica	5	7,9	7,81	88,5	10,43	06.05.2011
Štebrski cemun	4	8,8	7,31	87,4	10,52	06.05.2011
Goriški brežiček	4	8,5	6,91	88,8	9,77	06.05.2011
Zdravjak	3	8,8	7,18	87,8	10,28	06.05.2011
Obrh Žaga	11	11,6	7,57	77,8	8,43	08.05.2011
Kotrljaš	11	10,2	7,2	35,8	4,02	08.05.2011
Cemun	11	10,1	7,36	68,6	7,8	08.05.2011
Pod stenami	11	presahnil	presahnil	presahnil	presahnil	08.05.2011
Rupa	10	presahnil	presahnil	presahnil	presahnil	08.05.2011
Krapini	7	presahnil	presahnil	presahnil	presahnil	08.05.2011
Strmci	3	presahnil	presahnil	presahnil	presahnil	08.05.2011
Kamini viri	4	presahnil	presahnil	presahnil	presahnil	08.05.2011
Vidrenca	5	presahnil	presahnil	presahnil	presahnil	08.05.2011
Laški studenec	6	7,7	7,28	93,4	11,27	08.05.2011
Tresenec	3	7,8	7,49	96,5	11,64	07.05.2011
Otoški obrh	3	7,16	7,4	83,1	9,91	07.05.2011
Mrzlek	4	7,9	7,34	84,2	10,1	07.05.2011
Skadulca 2	3	7,8	7,47	89,7	9,86	07.05.2011

Priloga D

Konhiološke meritve vrst iz rodu *Belgrandiella* v izviri okoli Cerknškega jezera.

Kratice: VH – višina hišice, ŠH – širina hišice, VU – višina ustja, ŠU – širina ustja, min – minimum, max – maksimum, pov – povprečje, so – standardni odklon.

VRSTA	IZVIR		VH (mm)	ŠH (mm)	VU (mm)	ŠU (mm)	ŠH/VH*100	ŠU/VU*100
<i>B. crucis</i>	Štebrščica	min	1,5	0,9	0,6	0,6	55,4	78,3
		max	2,1	2	1	0,9	134,7	112,1
		pov	1,8	1,3	0,8	0,7	72,1	95
		so	0,18	0,25	0,13	0,12	17,41	8,45
	Mrzlek	min	1,7	1	0,7	0,6	51,2	83,1
		max	2,1	1,3	0,8	0,8	74,4	115,7
		pov	1,9	1,1	0,7	0,7	60,5	99,9
		so	0,1	0,07	0,04	0,06	5,92	8,19
	Kotrljaš	min	1,7	1,1	0,7	0,7	55,6	90
		max	2	1,2	0,8	0,8	66,1	106,6
		pov	1,9	1,1	0,8	0,7	61,1	97,6
		so	0,07	0,06	0,04	0,04	3,33	4,28
	Pod stenami	min	2,2	1,3	0,9	0,8	55,7	85,4
		max	2,7	1,6	1,1	1,1	65,5	97,3
		pov	2,5	1,5	1	1	60	92,4
		so	0,12	0,09	0,07	0,08	3,29	3,71
	Vsi izviri	pov	1,9	1,2	0,8	0,8	63,8	96,2
		min	1,5	0,9	0,6	0,6	51,2	78,3
		max	2,7	1,6	1,1	1,1	79,1	115,7
		so	0,27	0,17	0,14	0,12	6,51	7,40
<i>B. robusta</i>	Petričev slap	min	2,2	1,4	1	0,9	57,8	84,2
		max	2,6	1,8	1,2	1,2	75	118,6
		pov	2,4	1,6	1,1	1	66,7	96,1
		so	0,11	0,09	0,06	0,07	4,68	7,87
	Martinjščica	min	1,9	1,2	0,8	0,9	54,6	82,4
		max	2,5	1,7	1,2	1,1	71,4	120,9
		pov	2,2	1,4	1	1	64,5	98,1
		so	0,13	0,11	0,10	0,06	4,05	9,46
	Žerovniščica	min	2,1	1,4	1	0,9	61,4	89,8
		max	2,4	1,7	1,2	1,1	71,4	102,8
		pov	2,3	1,6	1,1	1	68,2	96,4
		so	0,09	0,09	0,05	0,05	2,87	4,00
	Vsi izviri	pov	2,3	1,5	1	1	66,2	97
		min	1,9	1,2	0,8	0,9	54,6	82,4
		max	2,6	1,8	1,2	1,2	75	120,9
		so	0,15	0,13	0,09	0,07	4,23	7,73
<i>B. schleschi</i>	Petričev slap	min	1,6	1,1	0,7	0,7	60,4	83
		max	2	1,5	0,9	0,9	83,3	110,4
		pov	1,8	1,2	0,8	0,8	68,4	100,9
		so	0,09	0,08	0,04	0,05	5,12	7,13
	Kotrljaš	min	1,7	1,1	0,7	0,7	58	89,8
		max	2	1,3	0,9	0,9	69,8	116
		pov	1,9	1,2	0,8	0,8	63,4	101
		so	0,08	0,06	0,04	0,06	3,37	7,77
	Vsi izviri	pov	1,8	1,2	0,8	0,8	66,7	101
		min	1,6	1,1	0,7	0,7	58	83
		max	2	1,5	0,9	0,9	83,3	116
		so	0,10	0,07	0,04	0,05	5,16	7,26

Se nadaljuje

Nadaljevanje priloge D

<i>B. superior</i>	Kotrljaš	pov	1, 9	1,2	0,9	0,8	65,4	96,4	
		min	1,6	1	0,7	0,7	58,7	82,8	
		max	2,2	1,4	1	0,9	74,2	112,5	
		so	0,13	0,10	0,07	0,06	3,76	7,44	
<i>B. kusceri</i>	Trstenik	min	1,9	1	0,8	0,6	48,3	71,6	
		max	2,3	1,3	0,9	1	66	122,1	
		pov	2,1	1,2	0,9	0,8	56,7	97,8	
		so	0,10	0,07	0,05	0,09	3,76	12,46	
	Marija Magdalena	min	1,6	1	0,7	0,6	48,7	82,9	
		max	2,4	1,3	0,9	0,9	667	107,8	
		pov	2	1,1	0,8	0,8	55,8	94,1	
		so	0,16	0,08	0,05	0,07	5,00	7,71	
	Vsi izviri	pov	2,1	1,2	0,8	0,8	56,4	96,6	
		min	1,6	1	0,7	0,6	48,3	71,6	
		max	2,4	1,3	0,9	1	66,7	122,1	
		so	0,13	0,08	0,05	0,09	4,17	11,15	
	<i>B. fontinalis</i>	Obrh žaga	min	1,7	1	0,7	0,7	48,6	80
			max	2,4	1,4	1	1	67,2	109,9
			max	2	1,2	0,9	0,8	58,9	95,7
			so	0,15	0,10	0,07	0,08	4,44	7,88
<i>B. kuesteri</i>	Sv. Vid	min	1,4	0,8	0,5	0,5	50,9	81,8	
		max	1,7	1	0,8	0,7	59,9	126	
		pov	1,5	0,9	0,6	0,6	55,9	100,7	
		so	0,1	0,06	0,06	0,05	2,29	10,22	
	Štebrski cemun	min	1,6	0,9	0,6	0,6	55,4	82,4	
		max	1,9	1,2	0,8	0,8	63,6	104,8	
		pov	1,8	1,1	0,7	0,7	60,1	96,3	
		so	0,11	0,10	0,06	0,07	3,18	7,14	
	Vsi izviri	pov	1,6	0,9	0,6	0,6	56,9	99,7	
		min	1,4	0,8	0,5	0,5	50,9	81,8	
		max	1,9	1,2	0,8	0,8	63,6	126	
		so	0,13	0,11	0,08	0,07	3,06	9,68	
<i>B. globulosa</i>	Štebrščica	min	1,3	1,1	0,7	0,7	67,1	76,7	
		max	1,7	1	0,9	0,8	97,7	112,3	
		pov	1,4	1,2	0,8	0,7	82,1	96,2	
		so	0,11	0,07	0,05	0,05	8,16	9,15	
	Kotrljaš	min	1,5	1,1	0,7	0,8	67,7	92,5	
		max	1,7	1,5	0,9	0,9	91	123	
		pov	1,7	1,3	0,8	0,8	76,4	100,7	
		so	0,08	0,12	0,06	0,05	8,53	9,03	
	Obrh žaga	min	1,6	1,1	0,8	0,9	64,6	98,9	
		max	1,8	1,4	0,9	1	78	111,3	
		pov	1,7	1,2	0,9	0,9	71,9	106,9	
		so	0,06	0,07	0,03	0,03	4,34	4,04	
	Vsi izviri	pov	1,6	1,2	0,8	0,8	77,2	100,9	
		min	1,3	1,1	0,7	0,7	64,6	76,7	
		max	1,8	1,5	0,9	1	97,7	123	
		so	0,15	0,09	0,06	0,08	8,32	8,91	

Priloga E

Konhiološki podatki za sladkovodne polže iz izvirov okoli Cerknškega jezera, povzeti po Radoman-u (1983) in Boletu (1979). Kratice: VH – višina hišice, ŠH – širina hišice, VU – višina ustja, ŠU – širina ustja.

	Radoman (1983)					
	VH (mm)	ŠH (mm)	VU (mm)	ŠU (mm)	Število zavojev	VH/ŠH (%)
<i>Belgrandiella kuscieri</i>	1,81-2,39	1,18-1,39	0,76-1,01	0,7-1	4 ¼- 4 ½	
<i>B. schleschi</i>	1,76-2,27	1,09-1,51	0,71-1,01	0,68-1	4 ¼- 4 ½	
<i>B. superior</i>	1,81-2,06	1,05-1,26	0,67-0,84	0,64-0,8	4 ¼-4 ¾	
<i>B. fontinalis</i>	1,97-2,35	1,05-1,3	0,8-1,01	0,8-1	4 ¼-1 ½	
<i>B. robusta</i>	2,39-2,73	1,47-1,81	1,05-1,22	1,03-1,2	4 ½ -4 1/3	
<i>B. kuesteri</i>	1,47-1,81	0,88-1,01	0,67-0,84	0,63-0,8	3 ¾-4	
<i>Iglica luxurians</i>	2,48-2,86	1,01-1,13	0,67-0,8	0,59-0,67	5 ½-6	
<i>Sadleriana fluminensis</i>	3,51-5,00	3,10-4,05	1,91-2,52	1,83-2,32	4 ½ -5	
<i>Hauffenia michleri</i>	0,92-1,09	1,3-1,6	0,59-0,67	0,59-0,67	3 ¼-3 ½	
<i>Bythinella opaca</i>	2,9-3,28	1,51-1,72	1,13-1,39	1,08-1,3	4- 4 ¼.	
<i>B. crucis</i>	1,43-1,68	0,88-1,09	0,59-0,71	0,55-0,69	4- 4 ¼	
	(Bole, 1979)					
<i>B. crucis</i>						47,36–81,81
<i>B. globulosa</i>	1-1,6	1-1,3				73,3–104,3

Priloga F

Fotografije raziskovanih sladkovodnih vrst polžev v izviri okolice Cerknškega jezera.



Primerjava hišic različnih oblik vrste *Belgrandiella crucis* (frontalno, 16x).



Primerjava hišic različnih oblik vrste *Belgrandiella superior* (frontalno, 16x).



Primerjava hišic različnih oblik vrste *Belgrandiella schleschi* (frontalno, 12,5x).



Primerjava hišic različnih oblik vrste *Belgrandiella fontinalis* (frontalno, 16x).



Primerjava hišic različnih oblik vrste *Belgrandiella globulosa* (frontalno, 25x).



Belgrandiella kuesteri frontalno (28,5x)

Slika 26: Sladkovodne vrste polžev v izviri okolice Cerknškega jezera; *Belgrandiella crucis*, *B. superior*, *B. schleschi*, *B. fontinalis*, *B. globulosa* in *B. kuesteri*.



Belgrandiella robusta frontalno (25x).



Primerjava hišic različnih oblik vrste *Bythinella opaca* (frontalno, 12,5x).



Primerjava hišic različnih oblik vrste *Belgrandiella kusceri* frontalno in lateralno (povečava 16x).

Slika 27: Sladkovodne vrste polžev v izviri okolice Cerkniškega jezera; *Belgrandiella kusceri*, *B. robusta* in *Bythinella opaca*.



Hadziella ephippiostoma, spodnja stran (20x).



Iglica luxurians frontalno (16x).



Različne velikosti vrste *Neohoratia subpiscinalis* (frontalno, 10x).



Tipična oblika vrste *Sadleriana fluminensis* (frontalno, 10x).



Acroloxus tetensi, zgornja stran (16x).



Različne velikosti vrste *Ancylus fluviatilis*, zgornja stran (16x).

Slika 28: Sladkovodne vrste polžev v izviri okoli Cerkniškega jezera; *Hadziella ephippiostoma*, *Iglica luxurians*, *Neohoratia subpiscinalis*, *Sadleriana fluminensis*, *Acroloxus tetensi* in *Ancylus fluviatilis*.

PRILOGA G

Opisi posameznih vrst polžev, ki se pojavljajo v izvirih okolice Cerkniškega jezera.

rod *Belgrandiella* - močvirnice, belgrandiele

Rodovno ime *Belgrandiella* je vpeljal Wagner z vrsto *Belgrandiella kusceri* kot podrodom rodu *Belgrandia*. Samostojen rod je postala z vrsto *Belgrandiella umbilicata* (Kuščer, 1932). Mnogi avtorji so sprejeli ime *Belgrandiella* kot samostojen rod, da bi ločili vzhodnoevropske in zahodnoazijske vrste od zahodnoevropskih vrst rodu *Belgrandia* (Bole, 1967). Pozneje v ta rod vključujejo še številne druge vrste, še vedno pa se pojavljajo težave pri determinaciji, saj so belgrandiele v konhioloških značilnostih podobne pripadnikom rodu *Bythinella*, zelo so si različni le anatomsko. V novejših časih združijo rodova *Belgrandiella* in *Frauenfeldia*. Bole (1967) ju postavi kot enega, z imenom *Frauenfeldia*. Ugotovi namreč, da ju glede na anatomske znake ne moremo ločiti. Zato sklepa, da tudi vse vrste, ki so bile do takrat uvrščene v rodova, pripadajo rodu *Frauenfeldia*. Kasneje je Radoman (1975) spremenil ime rodu v *Belgrandiella*, saj je bilo ime *Frauenfeldia* že zasedeno (rod iz reda Diptera).

Dejavniki, kot so oligostenotermnost izvirov, omejenost populacij na posamezne izvire, izoliranost ter velika variabilnost vrst, lahko povzročijo razvoj mnogih morfoloških oblik. Tako v podzemeljskem toku Ljubljanske in v njenih izvirih žive morfološko različne populacije vrst tega rodu (Bole, 1967).

Hišice močvirnic so majhne (1,5–2,5 mm) ter zelo variirajo. Najpogostejše so ovalno-stožčaste, redko pa stožčaste ali valjasto-stožčaste hišice. Ustje je široko, večinoma bolj ovalno kot eliptično. Kolumelarni del ustnega roba je običajno zadebeljen. V zgornjem kotu se pogosto opazi pleurotomoidalni sinus, na tilniku pa radialna odebelitev. Popek je pogosto zaprt, pri nekaterih vrstah je lahko špranjast ali celo na pol odprt. Operkulum je rdečkasto-rumene barve (pri vrstah, ki živijo v površinskih vodah), redko pa je rumenkast.

Razširjenost tega rodu je v Evropi (Slika 30) velika in vsa originalna nahajališča so med seboj precej oddaljena (Bole, 1967). V Sloveniji rod *Belgrandiella* zastopa 16 vrst, od katerih je približno 2/3 podzemeljskih. Velkovrh (2003) navaja, da je več kot polovica vrst tega rodu najdena v širši okolici Cerkniškega jezera.

***Belgrandiella kusceri* (Wagner, 1914) – Kuščerjeva močvirnica**

Belgrandiella kusceri je tipska vrsta rodu *Belgrandiella*. Hišica je zelo trda, pravilno stožčasta ali stožčasto-ovalna, s precej koničastim vrhom. Zavoji so izbočeni in zelo hitro rastejo v širino. Zlasti zadnji je zelo močno razvit in povečan tako, da ima hišica široko bazo. Ustje je poševno jajčaste

oblike, odebeljeno in z izrazitim pleurotomoidalnim sinusom v zgornjem kotu. Kolumelarni del ustnega robu je prilepljen na steno hišice. Na tilniku je močna radialna odebelitev. Popek je zaprt. Operkulum je rumen, pri nekaterih primerkih rumenkast (Radoman, 1975, 1983).

Prvi jo je našel Kuščer v Rakovskem potoku, opisal pa jo je Wagner (1914) (Kuščer, 1923, 1925a). Tipsko nahajališče te vrste je Naravni mali most v Rakovem Škocjanu.



Slika 39: Razširjenost rodu *Belgrandiella* (vir: <http://www.faunaeur.org/distribution.php>). Zeleno so označene države, v katerih so znana nahajališča vrst iz rodu *Belgrandiella*.

Belgrandiella schleschi (Kuščer, 1932)

Opisana je iz Križne jame. Hišica je stožčasta ali stožčasto-ovalna z dokaj ostrim vrhom in široko bazo. Poleg značilnosti, ki se ujemajo z opisom rodu in tipske vrste, so že na prvi pogled vidne tudi nekatere razlike. Hišica je tanjša in mehkejša, ovalno ustje je na zgornjem delu relativno širše, kolumelarni rob je vidno ločen od stene hišice, zgornja ustna je zelo tanka, tako da na zgornjem delu ustja pleurotomoidalni sinus ni razvit (ali pa le neznatno). Popek je široko špranjast, operkulum pa rdečkast (podzemeljska vrsta) (Radoman, 1975, 1983).

Belgrandiella crucis (Kuščer, 1928) – križna močvirnica

Skupaj z vrsto *Belgrandiella schleschi* je bila najdena v Križni jami. Vrsti se pogosto pojavljata simpatrično in imata nekoliko podobno obliko hišice. *Belgrandiella crucis* ima ožjo osnovo ter manjši obseg. Hišica je morfološko zelo variabilna, oblika hišice je ozko vretenasta do široko stožčasta. Ustje je nižje in globlje. Prisoten je tako imenovani 'hiatus' oziroma prekinitev ali reža v dolžini hišice (Radoman, 1975, 1983).

Radoman (1983) med konhiološkimi meritvami nekaterih vrst iz družine Hydrobiidae (Priloga E), navaja tudi podatke za vrsto *Belgrandiella conica* Radoman, 1975, ki naj bi se pojavljala v izviru Mrzlek. Bole (1979), ki je pregledal dokaj reprezentativno serijo primerkov *Belgrandiella crucis* iz

Mrzle jame, kjer so se pokazali vsi morfološki prehodi, je bil mnenja, da gre le za eno izmed variacij vrste *Belgrandiella crucis*. Razmerje med višino in širino hišice je namreč tako obsežno (47,36-81,81), da zajame območje vrst *Belgrandiella crucis* in *Belgrandiella conica*. Sklepal je, da je vrsta *Belgrandiella crucis* zelo variabilna ter vrsto *Belgrandiella conica* postavil le za sinonim vrste *Belgrandiella crucis*.

Belgrandiella superior Kuščer, 1932 – zgornja močvirnica

Opisana je bila iz najdišča Jezerski Obrh pri Gornjem jezeru. Kuščer je sprva opisal podvrsto *Belgrandiella kusceri superior*, ki jo je kasneje postavil kot samostojno vrsto *Belgrandiella superior* (Bole, 1979). Hišica je stožčasta ali stožčasto-ovalna, z dokaj koničastim vrhom in relativno močno razvitim zadnjim zavojem. Je manjša in ožja od *Belgrandiella schleschi* ter ima relativno nižje ustje. Radialna odebelitev na tilniku je prisotna, pleurotomoidalni sinus je v primerjavi z hišicami vrste *Belgrandiella kusceri* manj opazen. Od hišic *Belgrandiella kusceri* se razlikuje tudi po tanjši steni in špranjasto oblikovanem popku (Radoman, 1975, 1983).

Belgrandiella fontinalis (Schmidt, 1874) – izvirna močvirnica

Belgrandiella fontinalis je izvirna vrsta. Vse populacije z območja Cerkniškega jezera in okolice, ki so bile v literaturi označene kot *Frauenfeldia lacheineri*, moramo postaviti v to vrsto (Bole, 1979). Tipko nahajališče je Dol pri Ljubljani.

Hišica je ovalno-stožčaste do ovalne oblike. Vrh je top. Zavoji so zelo obokani in pravilno naraščajo. Zadnji zavoj je dobro razvit. Ustje je praviloma ovalno, pogosto se lahko v zgornjem delu nekoliko razširi in postane eliptično. Pri nekaterih primerkih je ustje lahko tudi okroglo (Radoman, 1975, 1983).

Belgrandiella robusta Radoman, 1975

Opisana je iz Velikega Obrha pri Vrhniki v Loški dolini. Hišica je zelo razvita, trda, ima debele stene ter je verjetno največja znana vrsta tega rodu. Je stožčasto-ovalna ali ovalna, z zelo izbočenimi zavoji, zadnji je močno razvit. Vrh je zmerno koničast. Ustje je ovalno, z debelimi robovi, zgornji del ustnega roba pa je karakteristično zavrt, podobno kot pri tipski vrsti. Popek je ozko špranjast ali praktično zaprt. Operkulum je rdečkast, stopalo s spodnje strani je pigmentirano (Radoman, 1975, 1983).

Belgrandiella kuesteri (Boeters, 1970) – mala močvirnica

Tipsko nahajališče je na Šmarni gori. Hišica je majhna, ovalna ali ovalno-stožčasta, s topim in zaobljenim vrhom ter zmerno izbočenimi zavoji. Ustje je pogosto ovalno, včasih tudi nepravilno.

Kolumelarna ustna je ravna in nagnjena (poševna), zunanja pa zožena, ampak zaobljena. Popek je skoraj zaprt (Radoman, 1975, 1983). Ker živi na mnogih mestih skupaj z drugimi vrstami, je precej morfološko diferencirana vrsta.

Belgrandiella globulosa Bole, 1978 – okrogla močvirnica

Vrsta je opisana iz Mrzle jame pri Bloščicah. Bole (1979) je pri konhioloških analizah ugotovil, da se veliko primerkov te vrste loči od podobnih primerkov vrste *Belgrandiella superior* predvsem po nižji hišici. Živi simpatrično s vrstami *Belgrandiella schleschi*, *Belgrandiella superior* in *Belgrandiella crucis*.

Hišica je majhna in debelostenska. Svitek je nizek ter nekoliko zaobljen. Število zavojev je manjše kot pri ostalih vrstah (3), a so le-ti močno obokani in naraščajo zelo hitro. Ustje je rahlo ovalno in poševno ter dokaj veliko, zavzema namreč več kot polovico višine hišice. Ustni rob je tanek, oster, na notranji strani odebeljen. Zunanji ustni rob je nekoliko upognjen na zgornjem delu. Popek je špranjast, pri nekaterih primerkih pa povsem zaprt ali pa le do polovice zakrit.

Iglica luxurians (Kuščer, 1932) – bujna iglica

Tipsko nahajališče je izvir v Podgori blizu Vrhnike (Radoman, 1983). Je endemna vrsta porečja Ljubljane. Hišica je pravilno stožčasta z zmerno koničastim vrhom. Zavoji so zmerno obokani in enakomerno naraščajo. Ustje je nizko, ravno in pogosto ovalno. Ustni rob je tanek. Kolumelarni rob, ki je tudi precej tanek, je večinoma ločen od stene hišice. Zunanji rob ustja je raven (Radoman, 1983).

Sadleriana fluminensis (Küster, 1852) – rečna sadleriana

Tipsko nahajališče je v izviru Ljubljane (Močilnik), blizu Vrhnike (Radoman, 1983). Hišica je velika, ponavadi okroglasta. Pri osebkih je prvi zavoj bolj razvit kot ostali in zato je lahko hišica na videz raztegnjena. Ustje je ovalno, tanek zunanji rob pa je pogosto prilepljen na zadnji zavoj. Popek je široko špranjast, lahko tudi napol odprt in globok.

Neohoratia subpiscinalis (Kuščer, 1932) – nova horacija

Prvotno je bila opisana kot rod *Valvata*, potem jo je Bole (1967) prestavil v rod *Hauffenia*. Uvrščanje v podrod ali rod je sedaj sicer različno, a nazadnje so jo postavili v samostojen rod *Neohoratia* (zaradi zgradbe radule, večjega števila ktenidijev, kratke kopulacijske vrečke, zgradbe operkula in velikosti hišice) (Bole, 1993).

Hauffenia michleri Kuščer, 1932 – Michlerjeva haufenija

Tipsko nahajališče je v izviru Ljubljanice (Močilniku), blizu Vrhnik (Radoman, 1983). Vrsta je najpogostejša v srednjem in spodnjem delu podzemeljskega toka Ljubljanice. Oblika hišica variira od zmerno povišane in vretenaste do zmanjšane in sploščene. Običajno je nizka, z močno razvitim zadnjim zavojem. Ustje je okroglo, ob steni hišice pa nekoliko zožano na vrhu. Ustni rob je tanek, le kolumelarni je nekoliko debelejši. Popek je popolnoma odprt, širok in globok.

Hadziella ehippiostoma Kuščer, 1932 – sedlasta hadžijela

Prva opisana hadžijela je bila *Hadziella ehippiostoma* iz izvirov Ljubljanice. Je endemna vrsta v podzemnih tokovih Ljubljanice. Hišica je jajčasta ali celo stolpasta in precej izstopa v družini hidrobiid. Spominja na rožen svitek (Sket, 1984).

Bythinella opaca (Gallenstein, 1848) – Schmidtova bitinela

Bitinele so površinske vrste, ki živijo v rekah, potokih in izviri. V jamah so redke, saj v podzemlje zaidejo le, če je voda nekoliko onesnažena in so konkurenčne ostalim vrstam v podzemlju (Velkovrh, 2003).

Bythinella schmidtii (Kuster, 1852) je sinonimizirana z *Bythinella opaca*. Hasse in ostali (2007) so jo ponovno našli v izviru pri jami Babja luknja v Goričanah, ki je tipično nahajališče za *Bythinella schmidtii*. Wagner (1914) je trdil, da pri bitinelah obstaja spolni dimorfizem, ter da med vrstama *Bythinella opaca* in *Bythinella schmidtii* ni opaznih razlik (Kuščer, 1923).

Determinacija vrst v rodu *Bythinella* je problematična. Vrste, ki se anatomske popolnoma razlikujejo, so si genetsko enake, pa tudi obratno, vrste, ki se razlikujejo le v enem anatomskem znaku, so lahko genetsko različne. Taksonomija rodu *Bythinella* je lahko rešljiva le, če pristopimo k problemu determinacije s kombinacijo morfologije, anatomije, biogeografije in genetike (Hasse *et al.*, 2007).

Radoman (1983) opisuje vrsto *Bythinella schmidtii* po naslednjih konhioloških značilnostih: hišica variira od valjasto-stožčaste do stožčasto-ovalne, vrh je top, zaokrožen in redko odkrit. Ustje je običajno ovalno, zaokroženo na vrhu in pomaknjeno bolj na desno, robovi ustja so odebeljeni, predvsem kolumelarni. Popek je običajno špranjast, včasih ozko špranjast, lahko je tudi popolnoma zaprt.

Ancylus fluviatilis Muller, 1974 – rečni prilepek

Ancylus fluviatilis je zelo evritopa vrsta, ki živi v tekočih vodah, izvirih in tudi podzemeljskih vodotokih, predvsem v ponikalnicah (Bole, 1979). Hišica je kapičasta in skoraj simetrična. Vrh je na zadnjem delu hišice v sredini ali pa je pomaknjen malo v desno (Bole, 1969).

Acroloxus tetensi (Kuščer, 1932) – Tetensov prilepek

Za razliko od prejšnje vrste je hišica asimetrična, vrh pa je pomaknjen na levo stran (Bole, 1969).

Rod Zospeum Bourguignat 1856 – jamničarji

Med suhozemske polže štejemo tudi podzemeljske vrste iz rodu *Zospeum*, ki naseljujejo kopenske dele podzemeljskih prostorov (Bole, 1979; Kuščer, 1925b). Prazne hišice lahko najdemo tudi v tanatocenozah izvirov, kjer njihove hišice voda iz podzemlja naplavi v okolico izvirov (Bole, 1979). Najpomembnejši konhiološki znaki za določevanje vrst so lamele in zobci v ustju, a tudi ti niso najbolj zanesljivi, ker so hišice posamezne vrste zelo variabilne (Bole, 1974).

