

Ohranjanje območij Natura 2000 Kočevsko LIFE Kočevsko

Inventarizacija jamske favne na Kočevskem - Poročilo o rezultatih raziskave pred sanacijskim čiščenjem jam

Avtorji poročila: izr. prof. dr. Tanja PIPAN, univ. dipl. biol.
 Mateja PEČNIK, dipl. okolj. tehnol.
 Franjo DROLE, geodetski tehnik
 mag. Peter KOZEL, dipl. ekol. naravov.

Kočevje, februar 2016

OSNOVNE INFORMACIJE O PROJEKTU

Naslov projekta: **Ohranjanje območij Natura 2000 Kočevsko**

Akronim: **LIFE Kočevsko**

Šifra projekta: LIFE13 NAT/SI/000314

Trajanje projekta: 01.09.2014 - 28.02.2019

Spletna stran projekta: <http://life-kocevsko.eu>

Vodilni partner: Občina Kočevje

Naslov dokumenta: **Inventarizacija jamske favne na Kočevskem. Poročilo o rezultatih raziskave pred sanacijskim čiščenjem jam.**

Projektna akcija: A 2 – Evidentiranje izhodiščnega stanja tarčnih kvalifikacijskih vrst ter kvalifikacijskega habitatnega tipa in izhodiščno-ekonomske analize območij Natura 2000 Kočevsko

Naročnik:

Občina Kočevje

Ljubljanska cesta 26

1330 Kočevje

Izvajalec oz. odgovorni partner za pripravo dokumenta:

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti

Novi trg 2

1000 Ljubljana

Dokument je bil izdelan na osnovi pogodbe številka 278/2015, ki je bila sklenjena med Občino Kočevje in Znanstvenoraziskovalnim centrom SAZU.

Avtorji dokumenta: izr. prof. dr. Tanja Pipan, Mateja Pečnik, Franjo Drole, mag. Peter Kozel

KAZALO VSEBINE

KAZALO PREGLEDNIC.....	2
KAZALO SLIK.....	2
KAZALO GRAFIKONOV	3
KAZALO PRILOG	3
POVZETEK	5
ABSTRACT	5
1. UVOD	1
1.1. NAMEN IN CILJI ŠTUDIJE	2
2. PROUČEVANE JAME.....	3
2.1. JAMA V ŠAHNU	3
2.2. VODNA JAMA PRI CVIŠLERJIH	4
2.3. VELIKA STANKOVA JAMA.....	5
2.4. VODNA JAMA I PRI KLINJI VASI	6
2.5. ŽELJNSKE JAME	9
2.6. IZVIR RADEŠČE V PODTURNU	10
3. METODE DELA	11
3.1. TERENSKO DELO	11
3.2. LABORATORIJSKO DELO.....	14
3.3. FIZIKALNE IN KEMIJSKE ANALIZE	15
3.4. BIOLOŠKE IN STATISTIČNE ANALIZE.....	15
4. REZULTATI IN DISKUSIJA	17
4.1. SEZNAM TAKSONOV	17
4.2. SEZNAM TAKSONOV NAJDENIH V VODNIH PASTEH	21
4.3. REZULTATI VZORČENJA FAVNE NA IZVIRU RADEŠČE.....	22
4.4. REZULTATI FIZIKALNIH IN KEMIJSKIH MERITEV VODE.....	23
5. ZAKLJUČKI	25
6. LITERATURA	27
7. PRILOGE	29

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Seznam proučevanih jam z osnovnimi podatki (povzeto iz Katastra jam IZRK ZRC SAZU in JZS) .	3
Preglednica 2: Seznam opaženih terestičnih taksonov v izbranih jamah.....	17
Preglednica 3: Prisotnost vodnih taksonov v proučevanih jamah na Kočevskem. Z zvezdico so označeni stigobiontski organizmi.....	19
Preglednica 4: Seznam najdenih vodnih taksonov v pasteh v posamezni jami na Kočevskem. Z zvezdico so označeni stigobiontski organizmi.	21
Preglednica 5: Seznam najdenih vodnih taksonov in njihova abundanca na izviro Radešče v Podturnu	22

KAZALO SLIK

Slika 1: Kočevsko polje (vir: Geopedia, 2015).....	1
Slika 2: Rudna nahajlišča v Kočevju (vir: Geopedia, 2015)	2
Slika 3: Tloris jame v Šahnu (vir: Kataster jam IZRK ZRC SAZU in JZS)	4
Slika 4: Vhod v Jamo v Šahnu (foto: J. Hajna).....	4

Slika 5: Vodna jama pri Cvišlerjih (vir: Kataster jam IZRK ZRC SAZU in JZS)	5
Slika 6: Tloris Velike Stankove jame (vir: Kataster jam IZRK ZRC SAZU in JZS)	6
Slika 7: Vhodno brezno v Veliki Stankovi jami (foto: F. Drole)	6
Slika 8: Tloris Vodne jame I pri Klinji vasi (vir: Kataster jam IZRK ZRC SAZU in JZS)	7
Slika 9: Travniki pred vhodom Vodne jame I pri Klinji vasi (foto: J. Hajna)	8
Slika 10: Strmo pobočje do vhoda v Vodno jamo I pri Klinji vasi (foto: J. Hajna)	8
Slika 11: Konec rova v Vodni jami I pri Klinji vasi se končuje z znižanjem stropa in sten proti tlom (foto: J. Hajna)	8
Slika 12: Odpadki na vhodu Vodne jame I pri Klinji vasi (a) in Male Stankove jame (b) (foto: J. Hajna)	9
Slika 13: Tloris Željnskih jam (vir: Kataster jam IZRK ZRC SAZU in JZS)	10
Slika 14: Prah iz rudniške separacije se je odložil v obliki blata na bregovih Rudniškega potoka v Željnskih jamah (foto: F. Drole)	10
Slika 15: Ročno pobiranje vzorcev v Veliki Stankovi jami (foto: F. Drole)	11
Slika 16: Pobiranje vzorca iz pasti v Željnskih jamah (foto: F. Drole)	12
Slika 17: Past-mreža na izviru Radešče v Podturnu (foto: F. Drole)	12
Slika 18: Ročno iskanje organizmov v strugi potoka in bregovih v Jami v Šahnu (foto: F. Drole)	12
Slika 19: Priprava vodne pasti (foto: M. Pečnik)	13
Slika 20: V past nalijemo manjšo količino jogurta (foto: F. Drole)	13
Slika 21: Izbira mesta za postavitev in obtežitev vodne pasti (foto: F. Drole)	14
Slika 22: Meritve fizikalno kemijskih parametrov v Veliki Stankovi jami (foto: F. Drole)	15
Slika 23: Izopodni rak (enakonožec) <i>Titanethes albus</i> je amfibični organizem, saj živi na kopnem in v vodi (foto: J. Hajna)	18
Slika 24: Osebkni amfipodnega rakca <i>Niphargus</i> , ki se redno pojavljajo v vodnih vzorcih (foto: F. Drole in J. Hajna)	18
Slika 25: Samica ciklopoidnega raka z jajčeci (foto: T. Pipan)	18
Slika 26: Sekulja v Vodni jami pri Cvišlerjih (foto: J. Hajna)	20
Slika 27: Človeška ribica se nahaja v tolmu v Veliki Stankovi jami, ki je edina jama z ugotovljeno populacijo človeških ribic med proučevanimi jamami Kočevskega krasi (foto: F. Drole)	20
Slika 28: Odvržen kadaver povožene srne v globel vhoda v Vodno jamo I pri Klinji vasi na dan 10. 8. 2015 (foto: F. Drole)	26
Slika 29: Divje odlagališče na dnu brezna Male Stankove jame (foto: F. Drole)	26

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Primerjava prisotnosti vseh najdenih taksonov v posameznih jamah in na izviru	22
Grafikon 2: Povprečne letne vrednosti temperature (°C), pH in prevodnosti (μS/cm) v petih jamah in na izviru Radešče; opravljena so bila tri vzorčenja v letu 2015	23
Grafikon 3: Povprečne koncentracije kationov (kalcij, magnezij) in anionov (nitrati, sulfati, fosfati, klor) v petih jamah in na izviru Radešče; opravljena so bila tri vzorčenja v letu 2015	23
Grafikon 4: Prikaz geografskih razdalj med jamami (a) in analiza kopičenja (UPGMA metoda, Jaccardov indeks) podobnosti v favni za pet proučevanih jam (b)	24

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Seznam vseh najdenih taksonov v proučevanih jamah in izviru Radešče na Kočevskem. Ekološke kategorije pomenijo: vodni (V), terestrični (T), stigobionti (St), troglobionti (Tb).	29
Priloga 2: Izmerjene vrednosti temperature, prevodnosti, pH in koncentracije kisika v vodi v posamezni jami	31
Priloga 3: Vrednosti koncentracij ionov v petih vzorčevanih jamah	32

V dokumentu so uporabljene spodaj naštetе okrajšave:

IZRK ZRC SAZU:	- Inštitut za raziskovanje krasa Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti
JZS:	- Jamarska zveza Slovenije
Kat. št.:	- Katastrska številka

POVZETEK

V sklopu projekta »LIFE KOČEVSKO: LIFE13 NAT/SI/000314: HT 8310 - Jame, ki niso odprte za javnost in Človeška ribica (*Proteus anguinus*)« smo vzorčili favno v petih onesnaženih in neonesnaženih jamah, in primerjali njihovo biodiverzitetu. Ugotavljali smo število stigobiontov v primerjavi s številom nestigobionskih organizmov. Zanimala nas je tudi zastopanost jamske vodne favne po posameznih jamah, ujemanje različnih kemijskih parametrov s številom taksonov, število taksonov glede na medsebojno oddaljenost jam in potencialni onesnaževalci jamskih vod na proučevanem območju. Analize so pokazale, da je sestava taksonov v posameznih jamah odvisna predvsem od stopnje onesnaženosti vodnega telesa in mikrohabitata vzorčenja vsake jame posebej. Ugotovili smo, da so si v splošnem vse proučevane jame favnistično podobne, hkrati pa imajo določene posebnosti v sestavi organizmov. Jame se razlikujejo po številu taksonov, kot tudi v pestrosti. Rezultate smo primerjali s podatki v starejših zapisih Katastra jam IZRK ZRC SAZU in Jamarske zveze Slovenije. Kljub razlikam v metodologiji zbiranja podatkov lahko sklepamo, da so naši izsledki in zaključki raziskav podobni zapisanim v literaturi. Na koncu smo s predlogi želeli spodbuditi dobro prakso skrbi za jame, jamske vode in ohranjanje habitatov na proučevanem območju.

ABSTRACT

In the frame work of the project »LIFE KOČEVSKO: LIFE13 NAT/SI/000314: HT 8310 - Jame, ki niso odprte za javnost in Človeška ribica (*Proteus anguinus*)« sampling in five polluted and unpolluted caves was performed. Caves were compared according to their biodiversity. We studied number of stygobionts related to number of nonstygobionts. In our study we did analyses of presentation of aquatic fauna in individual caves, correlation of chemical parameters with number of taxa, number of taxa in relation to the distance among caves and which are potential contaminants of the underground waters in the studied area. Analyses have shown that the composition of taxa in individual cave mainly depends on the level of pollution of the water body and microhabitat of each cave where sampling was performed. Faunal communities of caves are similar but some caves are very unique in terms of taxa. Caves differ in the number of taxa and diversity. Results were compared with the data from older records in the Cave cadastre of IZRK ZRC SAZU and Slovenian cave association and despite some differences in methodology of data collection we can conclude that our findings and conclusions of research are similar to those in the literature. Finally we wanted to encourage protection and conservation of caves, cave waters and habitats in the studied area.

1. UVOD

Dolenjski kras in njegovo podzemlje je prvi opisal Valvasor v znanem delu Slava vojvodine Kranjske iz leta 1689. Podzemlje na Dolenjskem je bogato in zanimivo, tako v naravnem kot tudi v zgodovinskem in gospodarskem pogledu. Zdi se edino, da je manj obravnavano v poljudni literaturi in zato tudi manj znano v širših krogih (Kranjc et al., 1990).

Kočevsko leži na jugovzhodnem delu Slovenije. Lahko ga omejimo na območje med Loškim Potokom, Ribniškim poljem in Suho Krajino na severu, vzhodnim robom Kočevskega Roga na vzhodu ter Kolpsko dolino na jugu in zahodu. Območje je po večini kraško, površinski vodotoki so večinoma omejeni le na kočevsko polje ter na območje permskih konglomeratov in peščenjakov. To so območja nekrasa sredi mezozojskih apnencev in dolomitov, kjer so se razvili različni kraški pojavi (Geografski atlas, 1998; Ciglič, 2011).

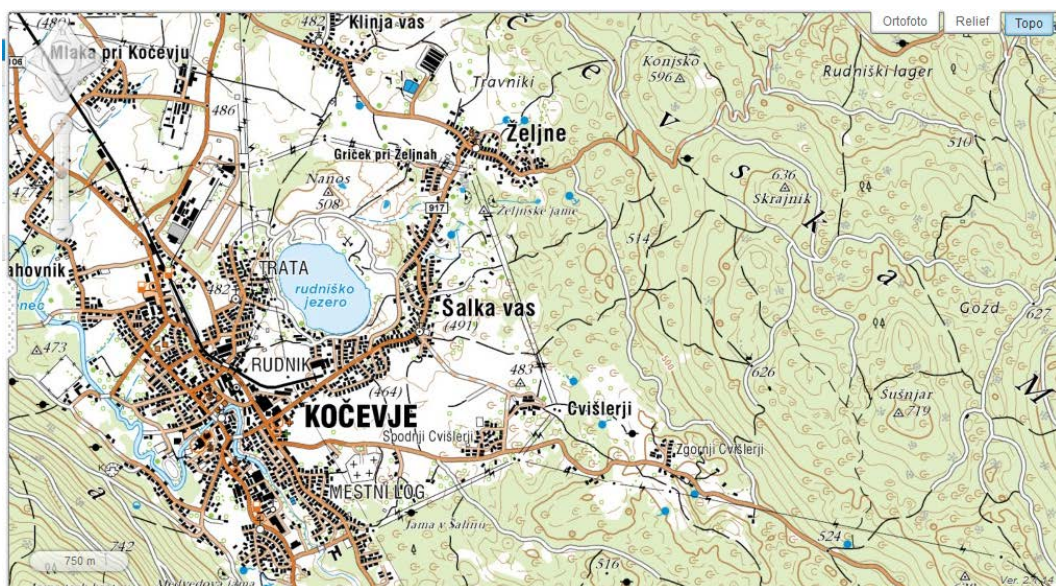
Kočevsko polje (slika 1) je z 72 km² površine največje kraško polje v Sloveniji in leži med Kočevsko Malo goro in Stojno z najvišjim delom pri Kočevju (464 m nad. v.). Polje je razvodno območje med porečjem Krke, kateremu pripada severovzhodni del polja z Rudniškim potokom in porečjem Kolpe, kateremu pripada glavna ponikalnica Rinža. Osrednji del polja pri Kočevju, proti Šalki vasi, prekrivajo neprepustni sedimenti miocenske in kvartarne starosti, robove in podlago pa predstavljajo kredne karbonatne kamnine (Osnovna geološka karta SFRJ, 1984; Perko in Orožen Adamič, 1999).

Slika 1: Kočevsko polje (vir: Geopedia, 2015)



V okolici Kočevja, kjer je nekaj nahajališč mineralnih surovin, so začeli z izkopavanjem premoga leta 1803 (slika 2). Leta 1953 so odkrili tudi nekoliko povečano radioaktivnost premoga. Nekaj je tudi železove rude, ki je delno nastala v kvartarni ilovici in v rdečih železovo oksidnih prodnikih (Savig in Dozet, 1983).

Slika 2: Rudna nahajlišča v Kočevju (vir: Geopedia, 2015)



1.1. NAMEN IN CILJI ŠTUDIJE

V okviru izvajanja projekta »LIFE KOČEVSKO: LIFE13 NAT/SI/000314: HT 8310-Jame, ki niso odprte za javnost in Človeška ribica (Proteus anguinus)« ter sklopa 2 tega projekta: »Izvedba biološke inventarizacije jamske favne in priprava poročil pred izvedbo sanacije jam ter po izvedbi sanacije jam (monitoring) ter izdelava poročil« smo v prvi fazi opravili inventarizacijo jamske favne v petih vodnih jamah, od katerih so tri označene kot onesnažene (Vodna jama I pri Klinji vasi, Jama v Šahnu, Željnske jame), dve kot neonesnaženi (Velika Stankova jama, Vodna jama pri Cvišlerjih) ter na izviru Radešče v Podturnu. V poročilu, poleg natančnega popisa vodne jamske favne, opredelimo strukturo populacij izbranih taksonov, podamo komentarje njihovega pomena v širšem območju, možne disperzije v druge habitate območja ter podamo delne zaključke in smernice. Končno poročilo bo pripravljeno po izvedbi čiščenja jam, kot predvideno v projektni dokumentaciji.

Po podatkih iz literature (Kranjc et al., 1990; Kranjc, 1997; Gams, 2004) ter Katastra jam Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU in Jamarske zveze Slovenije velja, da so bile izbrane jame v 60., 70. in 80. letih prejšnjega stoletja izpostavljene velikemu onesnaženju. Kljub temu so v 70. letih prejšnjega stoletja na proučevanih območjih še vedno videvali visoko število človeških ribic in nevretenčarskih skupin jamske favne. Kasneje je število začelo močno upadati. Z zbranimi vzorci smo dobili vpogled v trenutno stanje favne izbranih kraških jam in izvira na območju Kočevja in skušali določiti vzroke za osiromašenje nekoč biotsko bogatih jam. Vzorčenje je potekalo sočasno v onesnaženih in neonesnaženih jamah ter na izviru. Favno smo določali kakovostno in količinsko. Rezultate smo statistično prikazali z diverzitetnim indeksom in koeficienti korelacije (Pečnik, 2015).

2. PROUČEVANE JAME

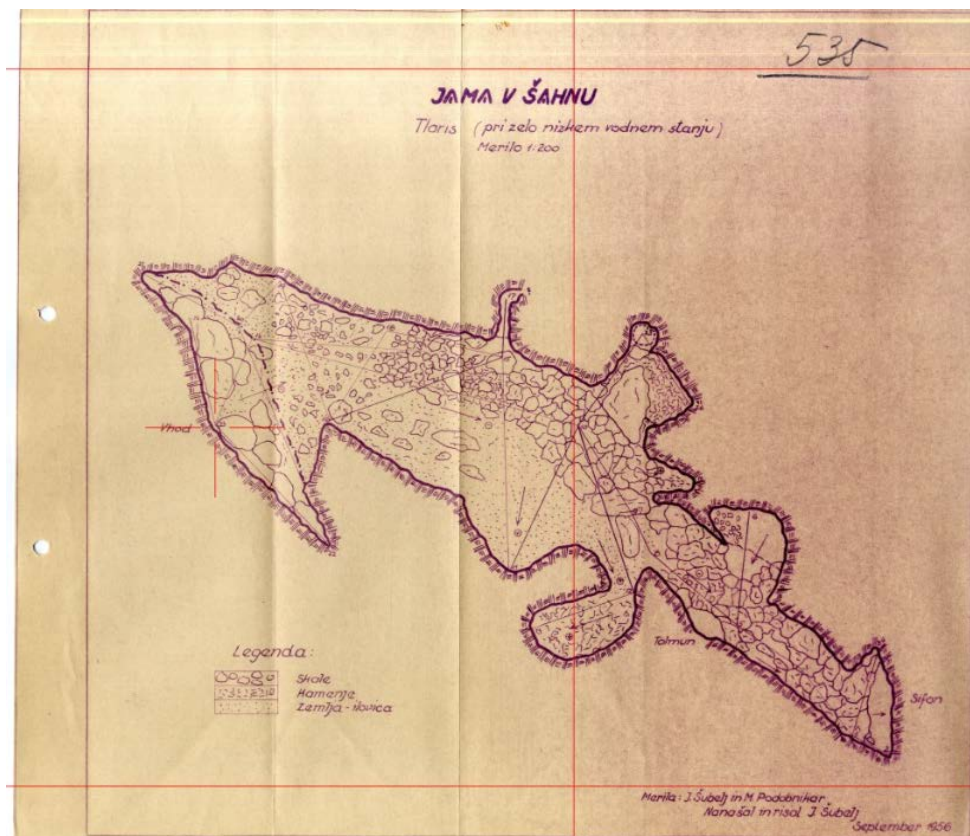
Preglednica 1: Seznam proučevanih jam z osnovnimi podatki (povzeto iz Katastra jam IZRK ZRC SAZU in JZS)

	Jama v Šahnu	Vodna jama pri Cvišlerjih	Velika Stankova jama	Vodna jama I pri Klinji vasi	Željnske jame
Katastrska številka	535	1720	3203	118	12
Dolžina [m]	70	120	416	239	1600
Globina [m]	30	7	18	6	12
Koordinate WGS-84	E14.8846°, N45.6318°	E14.8951°, N45.6423°	E14.8939°, N45.6514°	E14.8742°, N45.6614°	E14.8849°, N45.6543°
Tip jame 1	4.2- jama s stalnim tokom	1.1- jama stalni izvir	4.2- jama s stalnim tokom	4.2- jama s stalnim tokom	2.1- jama stalni ponor
Tip jame 2	-	-	-	-	5.4- brezno

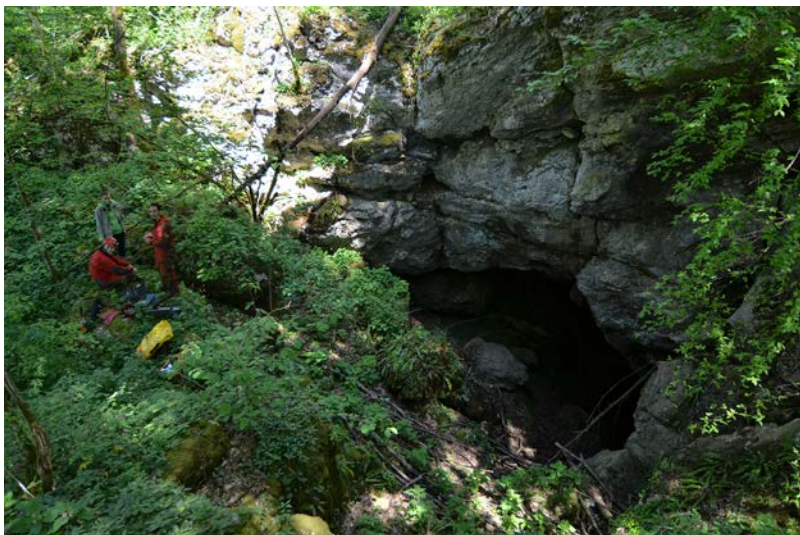
2.1. JAMA V ŠAHNU

Vas Šahen leži v gričih severno od ceste Kočevje-Cvišlerji. Do Jame v Šahnu (slika 3) se pripeljemo iz Kočevja jugovzhodno proti Cvišlerjim okoli 1,5 kilometra daleč in nato zavijemo desno v hrib, kjer po 1 kilometru skozi gozd in grmičevje pridemo do jame. Vhod v jamo je težko najti, ker so poti precej zarasle ali slabo vidne (slika 4). Na južni strani vhodnega dela se nahaja smrekov gozd, z vzhodne in zahodne strani pa je vhod obraščen z visokim gostim grmičevjem. Steza pelje nad steno precejšnje udorne vrtače, pod katero se odpira velik vhod, ki vodi strmo navzdol v enako širok ter visok prostor. Severozahodno se nad vhodom dviga 10 metrska stena, obrasla z mahom in praprotjo. Od vhoda se tla prve dvorane spuščajo strmo v globino podorne dvorane, ki meri približno 15 x 25 m. Tla dvorane so prekrita s podornim kamenjem in gruščem. Na nekaterih delih je strop prekrit s sigo. V desnem kotu jame je opaziti ozko in nizko luknjo, ki vodi strmo navzdol do vode. Na levi strani jame, med podornimi skalami je odprtina, skozi katero se pride v nizek, razmeroma širok in strm rov, ki je poln skal. Po nekaj metrih sledi naslednji rov, ki je dosti višji in raven. Na desni strani jame sta dve razpoki. Prva je zelo ozka, na koncu druge pa je brezno, ki se tudi konča z razpoko. Iz teh razpok ob deževju bruha voda. Tok potoka v jami je od juga proti severu. V smeri toka vode je slišati šum slapa. Predvideva se, da spodnja etaža ob močnih deževjih ne more požirati vse vode, zato odvečna bruha v zgornjo etažo. Zgornja dvorana se nadaljuje v smeri jug, ter se utesni v ozek hodnik, ki se strmo spušča navzdol. Ob vstopu v prostor se na levi strani nahaja vodni rov, iz katerega priteka voda. Prostor se po 15 m konča s sifonom, kamor voda tudi odteka. V tem prostoru so nekoč videvali ogromno človeških ribic (Mramor-Vanč, 1968a). Prvi terenski zapisi IZRK ZRC SAZU iz leta 1937 pričajo, da je nekoč v jami mrgolelo človeških ribic. Bil jih je celo toliko, da so jih odnašali na Dunaj. A že takrat naj bi se na oko videlo onesnaženje od rudniške separacije. Leta 1964 je jama še vedno vrvela od življenja, nasprotno pa je bilo štiri leta kasneje. Voda je bila zelo onesnažena s fekalijami. V jami so našli skoraj mrtve človeške ribice in jih prenesli v drugo jamo (Mramor-Vanč, 1968a). Po letu 1973 v jami ni bilo več sledu o živih bitjih. Voda je bila povsem brez kisika, v njej so našli edino sulfat in žveplo reducirajoče bakterije (Beljšak, 1973).

Slika 3: Tloris jame v Šahnu (vir: Kataster jam IZRK ZRC SAZU in JZS)



Slika 4: Vhod v Jamo v Šahnu (foto: J. Hajna)

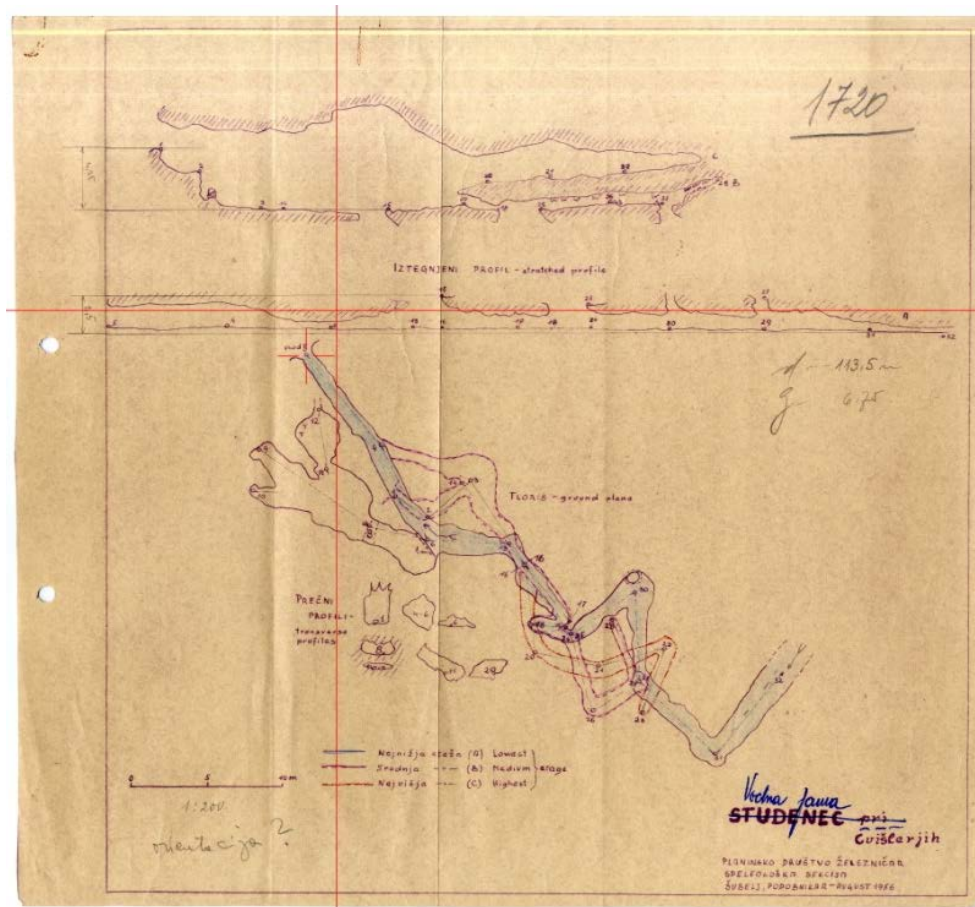


2.2. VODNA JAMA PRI CVIŠLERJIH

Jama se nahaja na posestvu med vasema Cvišlerji in Šalko vasjo. Do jame pridemo po stezi severno od posestva. Vhod se nahaja na blagem pobočju, iz katerega priteka voda. Značilno za to jamo je, da ima tri etaže (slika 5). Vrhnja etaža, ki je najstarejša, je razmeroma močno zasigana, delno pa tudi nižje ležeča etaža. Najmlajši del jame je spodnja etaža, ki je po celotni dolžini vodni sistem. Ima več stranskih dotokov in odtokov. Najbrž je ta jama vrhnji del vodnega sistema v Šahnu. Od tu verjetno priteka del vode v Šahensko

jamo, katera je bila v preteklosti močno onesnažena s fekalijami. Te so v jamo pronicale tudi iz kmetijskega posestva v Cvišlerjih in so bile odgovorne za pogin človeških ribic v Šahenski jami (Mramor-Vanč, 1968b).

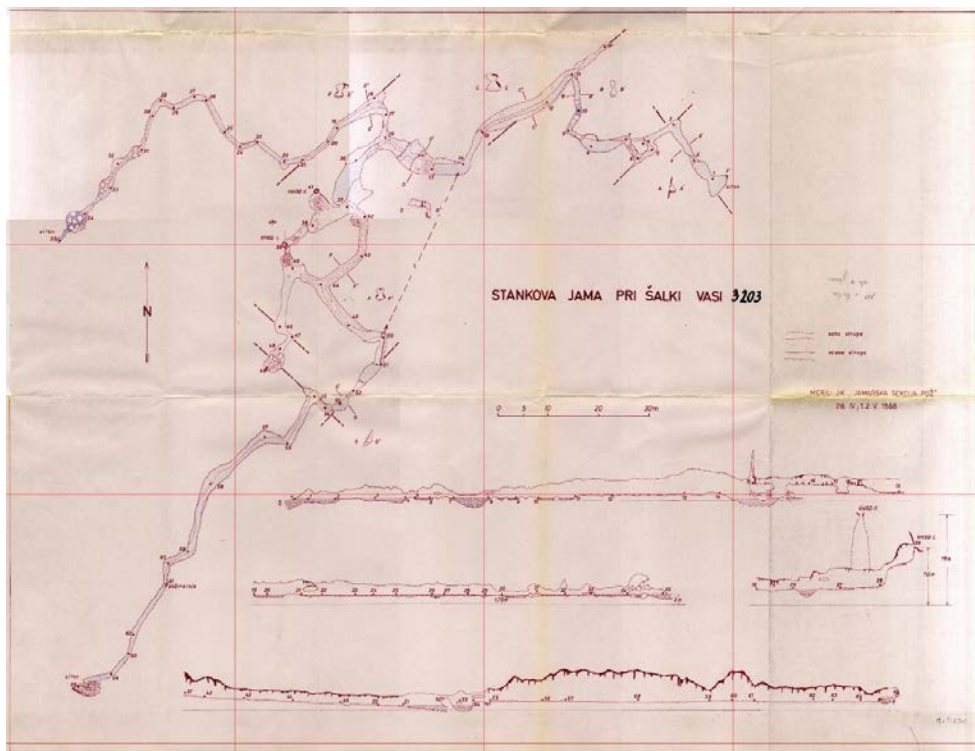
Slika 5: Vodna jama pri Cvišlerjih (vir: Kataster jam IZRK ZRC SAZU in JZS)



2.3. VELIKA STANKOVA JAMA

Jama se nahaja v Šalki vasi, v ograji na zemljišču v zasebni lasti, a se do nje pride brez težav. Jama ima dva vhoda (slika 6), ki sta v južnem delu večjega vrtačastega oboda, eden ob vznožju pregiba, drugi v strmini, le nekaj metrov pod robom vrtače. Višinska razlika med obema je približno sedem metrov in pol. V jami so štirje rovi. Tik pod drugim vhodom je na južni strani 10 metrov globoko brezno (slika 7). Dno brezna se nadaljuje v 5 metrski rov, ki je povezan z južnim rovom. Na dnu brezna je četrti 30 metrski rov, ki se konča z zasigano dvorano. Podornega kamenja je največ ob vseh ter v podornih dvoranah na koncu zahodnega, južnega in suhega rova (Kranjc et al., 1968). Voda, ki priteka v zahodni rov, je verjetno podzemeljski tok Moštgrubna, studenec, ki se pojavlja na dnu manjše vrtače, približno 200 metrov jugozahodno od jame in takoj zopet izgine pod zemljo v smeri proti sifonu v zahodnem rov. Voda v južni rov priteka skoraj zagotovo iz sosednje Male Stankove jame. V tej jami voda teče proti severu, njen končni del, z vodo zaliti rov je komaj 10 metrov oddaljen od sifona v južnem rov Velike Stankove jame. Podatkov o biotski pestrosti jame ni, je pa glede na arhivske zapise sklepati, da so tudi vode iz Velike Stankove jame delno onesnažene zaradi rudniške separacije, saj so delci premoga pomešani med peskom v strugi južnega rova (Kranjc et al., 1968).

Slika 6: Tloris Velike Stankove jame (vir: Kataster jam IZRK ZRC SAZU in JZS)



Slika 7: Vhodno brezno v Veliki Stankovi jami (foto: F. Drole)

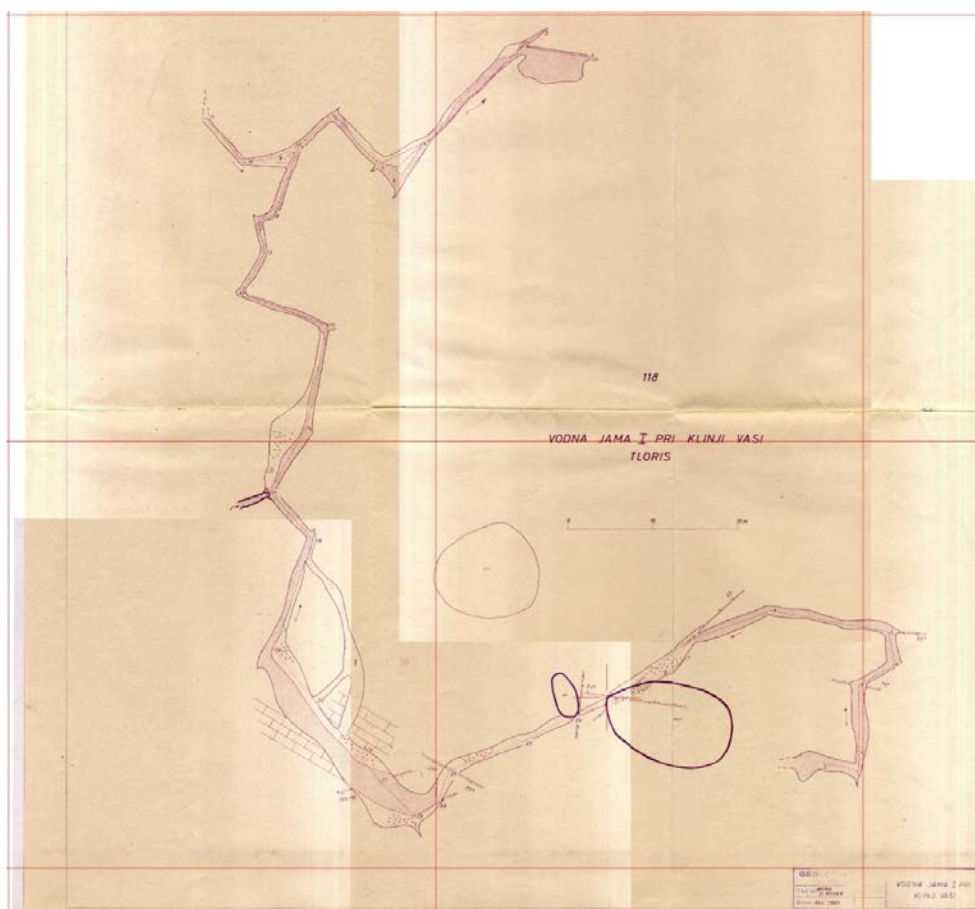


2.4. VODNA JAMA I PRI KLINJI VASI

Klinja vas je eno izmed najstarejših naselij v Kočevju (Gostinčar in Stepišnik, 2012). Do jame (slika 8) pridemo iz smeri Kočevja proti vasi Željne. Tam zavijemo levo in približno 1 kilometer naprej se ustavimo pred Klinjo vasjo. Okrog se odpira pogled na prostrane travnike (slika 9), z obdelanimi kmetijskimi površinami. Vhoda v jamo se ne opazi takoj, ker je levo pod cesto, poleg tega pa so klančine vrtače porasle z drevjem in grmovjem. V dnu vrtače je vhod. Pot proti jugovzhodu je položna, porasla s travo, lahko dostopna. Severozahodna stran je precej strma (slika 10). Od severovzhoda priteče izpod skale potok, ki se vije pod steno in čez nekaj metrov v smeri jugozahoda ponikne pod drugo skalo. Tam najdemo odprtino,

skozi katero pridemo v jamo. V jami je voda globoka nekaj 10 cm do približno 60 cm na globljem delu in teče od severovzhoda proti jugozahodu. Na stenah so sledi, kar priča, da je jama včasih v celoti poplavljen. Jamo, ki se na nekaj mestih zoža, je izdolblja tekoča voda. Dno jame je prekrito s fino ilovico, peskom ali pa je skalnato. Konec rova se končuje tako, da se strop in stene nižajo proti tlam (slika 11). V jami ni videti kapnikov ali sige (Kranjc, 1962). Leta 1962 so v jami opazili kalno vodo in umazane pene. Sklepali so, da je to posledica suše ter rudniške separacije in premogovega prahu iz Željnskih jam. Tega leta so kljub vidni onesnaženosti v jami opazili več človeških ribic in vrsto drugih jamskih živali. Kljub vsemu je bilo število proteusov manjše v primerjavi s preteklostjo. Iz terenskih poročil iz let 1981-1996 je razvidno, da se je stanje v jami slabšalo iz leta v leto. Zaradi gradbenih del so deloma zasuli vhod, iz cevovoda speljanega v jamo pa naj bi tekale fekalije iz bližnje prašičje farne. Stanje jame po letu 1986 je bilo zaskrbljujajoče. Pred jamo so se nabrali raznovrstni odpadki, ki so tam še danes (slika 12), voda pa je bila preobremenjena z organskimi snovmi (Kranjc, 1962).

Slika 8: Tloris Vodne jame I pri Klinji vasi (vir: Kataster jam IZRK ZRC SAZU in JZS)



Slika 9: Travnik pred vhom Vodne jame I pri Klinji vasi (foto: J. Hajna)



Slika 10: Strmo pobočje do vhoda v Vodno jamo I pri Klinji vasi (foto: J. Hajna)



Slika 11: Konec rova v Vodni jami I pri Klinji vasi se končuje z znižanjem stropa in sten proti tlom (foto: J. Hajna)



Slika 12: Odpadki na vhodu Vodne jame I pri Klinji vasi (a) in Male Stankove jame (b) (foto: J. Hajna)



a

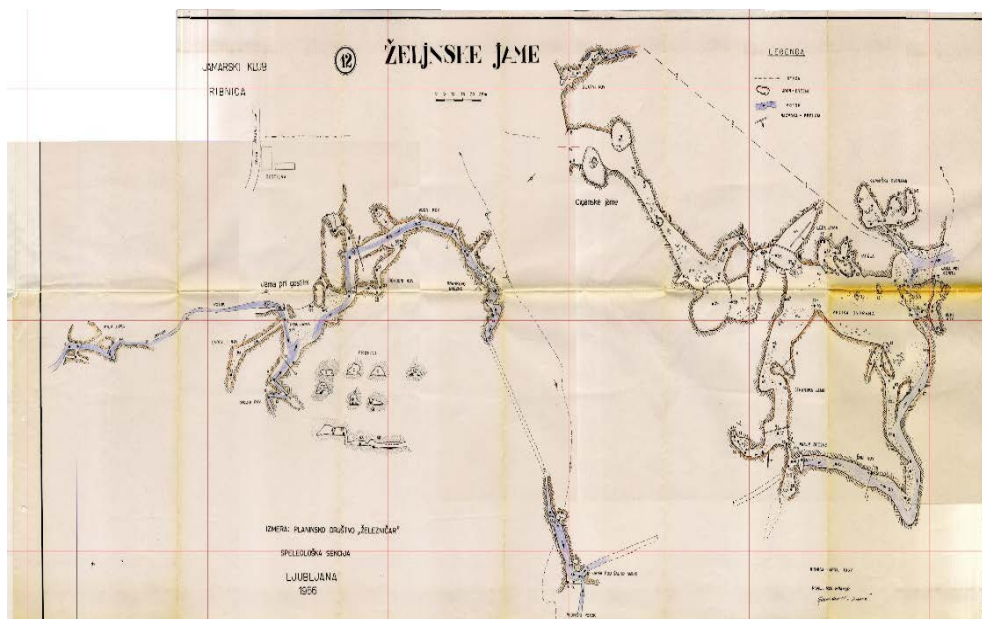


b

2.5. ŽELJNSKE JAME

Željnske jame (slika 13), ki se nahajajo med Željny in Šalko vasjo vzhodno od Kočevja, so 1600 m dolg vodoraven jamski sistem z več vhodi južno od Željna. Prvi jih je omenil že Valvasor v svojem delu Slava vojvodine Kranjske iz 17. stoletja. Pri izkopavanju na vhodu Ciganskih jam so odkrili več kulturnih plasti od železne dobe do paleolitika (Skoberne in Peterlin, 1991). Najbolj zahodno, na zahodni strani ceste Željne - Šalka vas, se nahaja Mala jama. Skozi Malo jamo teče potok in ponikne šele v naslednji jami, Jami pri gostilni. Nato se potok podzemeljsko pretaka skozi Jamo pod Šalko vasjo. V to jamo se steka tudi Rudniški potok, ki prihaja z juga. Vode iz močvirja na začetku slepe doline južno od Željna tečejo do Blatnega rova in nato v Jamo pri koritu. Na suhem koncu slepe doline je vhod v Ciganske jame, ki vodijo proti vzhodu in so povezane z Jamo pri koritu. Največja značilnost jam je, da so zelo plitko pod površjem in s površine vodijo v jame številni udori. Še posebno veliki so udori na začetku Ciganskih jam. Vse vode, ki se pretakajo skozi jamski sistem, izvirajo iz Jame pri koritu in tečejo površinsko do Požiralnika pri Remihovem mlinu. Od tam se pod zemljo stekajo proti izviru Radešče pri Podturnu. Rovi so le ponekod zasigani, najlepše pa je zasigana kapniška dvorana Kapelica v Jami pri koritu. Ta zaradi ogromnih količin premogovega prahu ni dostopna (Skoberne in Peterlin, 1991). Rudniški potok, ki ponikne v Jami pod Šalko vasjo, je iz separacije bližnjega premogovnika prinesel v jamo ogromne količine prahu, ki se je povsod po jami, kjer teče Rudniški potok, odložil v obliki blata (slika 14). V Jami pri koritu ga je okoli meter in pol, pred jamo pa celo dva metra na debelo. Nanosi blata so onemogočili prehod iz Ciganskih jam v Jamo pri koritu. Iz jamskega sistema je tako izginila nekdanja bogata favna, med drugim tudi človeška ribica. Iz zapisov arhiva IZRK ZRC SAZU je razvidno, da so v jami prisotni netopirji, vendar je njihovo število nizko ter majhna vrstna pestrost (Hadži et al., 1930; Hudoklin, 1994).

Slika 13: Tloris Željnskih jam (vir: Kataster jam IZRK ZRC SAZU in JZS)



Slika 14: Prah iz rudniške separacije se je odložil v obliki blata na bregovih Rudniškega potoka v Željnskih jamah (foto: F. Drole)



2.6. IZVIR RADEŠČE V PODTURNU

Izvir Radešče je kraški izvir, kjer voda na površje priteka iz sifonskega jezera skozi zakraselo dno in skozi njegov rob. Nahaja se v centru naselja Podturn pri Dolenjskih Toplicah. Površinski tok Radešče se po 3,5 kilometrih izlije v reko Krko. Izvir Radešče je podzemno povezan s ponorom Željnskega potoka (Kogovšek in Petrič, 2007), njegovo napajalno zaledje pa sega do razvodnega hrbtna preko Kočevskega polja. Izvir Radešče je bil v 60. letih 20. stoletja zajet za oskrbovanje Dolenjskih Toplic, vendar se je kasneje njegova kakovost slabšala zaradi onesnaževanja z organskimi snovmi (Habič et al., 1990).

3. METODE DELA

3.1. TERENSKO DELO

Z vzorčevanjem smo pričeli maja 2015. Vsako od petih jam ter izvir smo obiskali dvakrat v sezoni. Prvo spomladansko vzorčenje smo izvedli 7. 5. 2015, pasti pobrali 21. 5. 2015; poletno vzorčenje je bilo opravljeno 6. 8. 2015, pasti pobrane 10. 8. 2015; zadnje jesensko-zimsko vzorčenje smo opravili 9. 11. 2015 in pasti pobrali 11. 11. 2015.

Za zbiranje vzorcev v vsaki jami smo uporabili dve tehniki in sicer vizualizacija z ročnim pobiranjem vzorcev (slika 15) ter odvzem vzorcev iz vodnih pasti (slika 16). Na izviru smo vzorce dobili le iz pasti-mreže, ki smo jo namestili na steno na izviru Radešče v Podturnu (slika 17). Ročno zbiranje vzorcev je potekalo z iskanjem živali po jamskih stenah, stropu, tleh, predvsem pa v strugi potoka (slika 18). Osredotočali smo se na preperele listne in lesne nanose, območja okoli in pod skalami, majhne razpoke v jamskih stenah, blatne nanose in robove potokov ter pod kamenjem v strugi potoka. Vzorčenje na slednji način je potekalo 15 minut v vsaki jami. Nekaj primerkov smo določili že na samem mestu (*in situ*), ostalo pa shranili v plastenkah s 70 % etanolom, označenih z imenom jame, opisom vzorca in datumom, da smo jih določili kasneje v laboratoriju.

Slika 15: Ročno pobiranje vzorcev v Veliki Stankovi jami (foto: F. Drole)



Slika 16: Pobiranje vzorca iz pasti v Željnskih jamah (foto: F. Drole)



Slika 17: Past-mreža na izviru Radešče v Podturnu (foto: F. Drole)



Slika 18: Ročno iskanje organizmov v strugi potoka in bregovih v Jami v Šahnu (foto: F. Drole)



Vodno past smo pripravili iz 500 ml plastenke, kateri smo odrezali zožani zgornji del, ga obrnili v notranjost plastenke (slika 19) in pritrdili z lepilnim trakom. Preden smo past namestili, smo za vabo vanjo nalili manjšo količino navadnega jogurta (slika 20). V strugi smo poiskali primeren prostor, past delno potopili blizu izvira potoka ali tolmana v nasprotni smeri toka in jo obtežili s kamenjem (slika 21). Lokacijo pasti smo označili. V vsaki od jam smo namestili po eno vodno past in nato po nekaj dneh pobrali vzorce. Vzorce iz pasti smo opremili z datumom in imenom jame, shranili v 70 % etanolu in jih kasneje določili v laboratoriju.

Slika 19: Priprava vodne pasti (foto: M. Pečnik)



Slika 20: V past nalijemo manjšo količino jogurta (foto: F. Drole)



Slika 21: Izbira mesta za postavitev in obtežitev vodne pasti (foto: F. Drole)



3.2. LABORATORIJSKO DELO

Vzorci iz terena smo sprali skozi mrežico z odprtini 60 x 60 µm. Določevanje organizmov je potekalo v biološkem laboratoriju na Inštitutu za raziskovanje krasa ZRC SAZU v Postojni. Sortiranje organizmov smo opravili pod lupo NIKON SMZ 800. Osebkje iz posamezne jame smo po pregledu shranili v 70 % etanolu. Shranjene preparate smo dokumentirali z datumom, opisom vzorca in lokacijo jame. Določanje manjših taksonov smo opravili pod mikroskopom NIKON ECLIPSE E600 in z uporabo naslednjih določevalnih ključev:

- Fauna of U.S.S.R. Crustacea. Freshwater Harpacticoida (Borutzky, 1964);
- Ključi za določevanje živali (Bole, 1969);
- Invertebrates of Streams and Rivers. A key to identification (Quigley, 1977);
- Irudinei (Hirudinea). Guide per il Riconoscimento delle Specie Animali delle Acque Interne Italiane (Minelli, 1977);
- A key to British species of Freshwater Triclad (Reynoldson, 1978);
- Manuale di applicazione - I macroinvertebrati nell' analisi di qualita dei corsi d'acqua (Ghetti, 1986);
- Copepoda: Introduction to the Copepoda. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World (Dussart in Defaye, 1995);
- Živali naših tal : uvod v pedozoologijo - sistematika in ekologija s splošnim pregledom talnih živali (Mršić, 1997);
- Živalstvo Slovenije (Sket, Gogala in Kuštor, 2003).

3.3. FIZIKALNE IN KEMIJSKE ANALIZE

Nekatere lastnosti vodnih virov v jamah in na izviru smo izmerili neposredno na vzorčevalnih mestih, nekatere pa v laboratoriju. Na terenu smo izmerili temperaturo vode, prevodnost, pH in koncentracijo v vodi raztopljenega kisika (slika 22). Temperaturo vode [$^{\circ}\text{C}$] smo merili na 0,1 natančno. Prevodnost [$\mu\text{S cm}^{-1}$], temperaturo, pH in koncentracijo raztopljenega kisika smo merili s pomočjo instrumenta WTW MULTI 3420, in sicer s kisikovo sondo, pH-sondo in sondo za merjenje električne prevodnosti.

Koncentracije ionov [mg l^{-1}] smo določili v laboratoriju, meritve so bile opravljene v spomladanskem in poletnem času. Med kationi smo upoštevali Ca^{2+} in Mg^{2+} , med anioni pa NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} in Cl^- . Slednje smo določali s titracijami po Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (1989). Koncentracijo Mg^{2+} in Ca^{2+} ionov smo določili kolorimetrično, prav tako po prej omenjeni metodi. Vrednosti temperature, pH, prevodnosti in koncentracije raztopljenega kisika za posamezno vzorčevalno mesto so v prilogi 2, koncentracije ionov pa v prilogi 3.

Slika 22: Meritve fizikalno kemijskih parametrov v Veliki Stankovi jami (foto: F. Drole)



3.4. BIOLOŠKE IN STATISTIČNE ANALIZE

Na začetku smo pripravili seznam taksonov. Tako smo prikazali njihovo prisotnost v posamezni jami ter na izviru in jih razporedili v dve ekološki skupini glede na prilagoditve jamskim razmeram. Prisotnost taksonov, sestavo in številčnost posamezne skupine na posameznih vzorčevalnih mestih smo prikazali z grafično (Pečnik, 2015).

Raznovrstnost taksonov med jamami smo prikazali s Shannon—Wienerjevim diverzitetnim indeksom (H), ki temelji na relativni abundanci posameznih taksonov (Shannon in Weaver, 1949):

$$H = -\sum_i \frac{k_i}{P} \ln \frac{k_i}{P} \quad (1)$$

kjer je k_i število osebkov taksona i , P pa je skupno število osebkov v vzorcu. Višja je vrednost H , večja je pestrost. Funkcijska vrednost H bo enaka nič, kadar bodo v vzorcu organizmi ene same vrste, maksimum pa bo dosegla tedaj, ko bo imela vsaka izmed P vrst enako število osebkov.

Podobnost organizmov med jamami smo izrazili z Jaccardovim koeficientom podobnosti (S_j). Koeficient temelji na prisotnosti taksonov brez poznavanja njihovih abundanc. Izražen je kot razmerje med številom skupnih taksonov in številom vseh taksonov v primerjanih jamah. Zavzema vrednosti od 0 (ni podobnosti) do 1 (največja podobnost) (Davis, 1973; Lienert, 1973; Opperdoes, 1997).

$$S_j = \frac{a}{a + b + c} \quad (2)$$

V enačbi dva a predstavlja število skupnih taksonov v primerjanih jamah, b število taksonov, ki so le v eni jami in ne v drugi ter c število taksonov, ki so le v drugi jami in ne tudi v prvi (Opperdoes, 1997).

Z rezultati Jaccardovega koeficienta in poznanimi razdaljami med jamami smo pripravili analizo kopičenja po metodi neobteženih parov UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean), ter nato razvrščanja v skupine (Cluster analysis).

4. REZULTATI IN DISKUSIJA

4.1. SEZNAM TAKSONOV

Kljub temu, da smo bili pri nalogi osredotočeni le na inventarizacijo vodne favne v izbranih jamah, smo pri vzorčenju zasledili tudi precej terestičnih oz. kopenskih organizmov. Te taksone smo popisali (preglednica 2), kajti pomembno prispevajo k raznolikosti favne v izbranih jamah, kot tudi k celostnemu pogledu na podzemeljsko biodiverzitetu in podzemeljski ekosistem (priloga 1).

Preglednica 2: Seznam opaženih terestičnih taksonov v izbranih jamah

Takson	Ime jame				
	Jama v Šahnu	Vodna jama pri Cvišlerjih	Velika Stankova jama	Vodna jama I pri Klinji vasi	Željske jame
Polži (Gastropoda): <i>Cochlostoma</i> sp.		*			
Dvojnoge (Diplopoda): <i>Polydesmus complanatus</i> (Linnaeus, 1761)				*	
Pajki (Aranea): <i>Meta menardi</i> (Latreille, 1804)	*	*		*	
Suhe južine (Opiliones): <i>Amilenus aurantiacus</i> (Simon, 1881)	*			*	
Kobilice (Orthoptera): <i>Troglophilus cavicola</i> (Kollar, 1833)		*			
<i>Troglophilus neglectus</i> Krauss, 1879			*	*	*
Vrbnice (Plecoptera): <i>Nemoura</i> sp.				*	
Komarji (Culicidae): <i>Culex</i> sp.		*	*	*	
Netopirji (Chiroptera): Mali podkovnjak <i>Rhinolophus hipposideros</i> (Bechstein, 1800)		*			

V petih proučevanih jamah je bilo v treh vzorčevalnih obdobjih skupaj najdenih 16 različnih vodnih taksonov (preglednica 3). Največ taksonov smo zabeležili v Jami v Šahnu in Veliki Stankovi jami (devet taksonov), sledi Vodna jama pri Cvišlerjih (šest taksonov) ter s po petimi taksoni Vodna jama I pri Klinji vasi in Željske jame (preglednica 3). Kljub temu, da vodna favna v proučevanih jamah ni ravno bogata, se v njej vseeno pojavljajo zanimive, redke, predvsem pa nekatere **stigobiontske** vrste, to so vrste, ki so obligatne podzemeljske vrste in jih zunaj jam ne najdemo. To so v večini primerov predstavniki rakcev enakonožcev, (slika 23), postranic (slika 24) in ceponožcev (slika 25), vrtinčarji in polži jamničarji. Slepe postranice iz rodu *Niphargus* so močno zastopane v vseh proučevanih jamah. V vseh jamah smo našli tudi predstavnike enakonožcev, v Jami v Šahnu in v Veliki stankovi jami dve različni vrsti: vodnega oslička in jamsko mokrico (preglednica 3). V Jami v Šahnu, Veliki Stankovi jami in Željskimi jamami smo opazili vrtinčarje, vendar je

tehnika vzorčenja kot kasneje določanja specifična, zato jih nismo uspeli določiti do vrstnega nivoja. V vhodnih delih jam Vodne jame pri Cvišlerjih in Velike Stankove jame smo v vodi našli maloščetince.

Slika 23: Izopodni rak (enakonožec) *Titanethes albus* je amfibični organizem, saj živi na kopnem in v vodi (foto: J. Hajna)



Slika 24: Osebki amfipodnega rakca *Niphargus*, ki se redno pojavljajo v vodnih vzorcih (foto: F. Drole in J. Hajna)



Slika 25: Samica ciklopoidnega raka z jajčeci (foto: T. Pipan)



Preglednica 3: Prisotnost vodnih taksonov v proučevanih jamah na Kočevskem. Z zvezdico so označeni stigobiontski organizmi.

Takson	Jama				
	Jama v Šahnu	Vodna jama pri Cvišlerjih	Velika Stankova jama	Vodna jama I pri Klinji vasi	Željnske jame
cf. <i>Dendrocoelum</i> sp.* (vrtinčarji)	+		+		+
Nematoda (gliste)					+
<i>Zospeum</i> sp.* (jamničarji)	+				
Oligochaeta (maloščetinci)		+	+		
cf. <i>Dendrobaena</i> sp.		+			
<i>Erpobdella octoculata</i> (pikasta pijavka)	+				
<i>Niphargus</i> sp.* (slepe postrance)	+	+	+	+	+
Ostracoda* (dvoklopniki)	+			+	
<i>Bryocamptus typhlops</i> (ceponožci)					+
<i>Bryocamptus pyrenaicus</i> * (ceponožci)			+		
<i>Titanethes albus</i> * (jamska mokrica)	+	+	+	+	+
<i>Asellus aquaticus</i> (vodni osliček)	+		+		
Coleoptera (hrošči)	+			+	
<i>Chironomus</i> sp. (trzače)	+	+	+		
<i>Rana temporaria</i> (sekulja)		+	+	+	
<i>Proteus anguinus</i> <i>anguinus</i> * (človeška ribica)			+		

Predstavnik brezrepe dvoživke sekulje (slika 26), ki smo jo uvrstili tudi med vodne organizme, smo opazili v Vodni jami pri Cvišlerjih, Veliki Stankovi jami in Vodni jami I pri Klinji vasi, predstavnika polžev jamničarjev pa v Jami v Šahnu (preglednica 3). Vodne ličinke številnih žuželk, zlasti mušic trzač, smo opazili v Jami v Šahnu, Vodni jami pri Cvišlerjih in v Veliki Stankovi jami, predstavnike hroščev pa v Vodni jami I pri Klinji vasi in Jami v Šahnu. Omenjeni taksoni so troglokseni organizmi, za katere velja, da lahko ob ugodnih pogojih tudi izpodrivajo prave jamske živali (Sket in Velkovrh, 1980; Slapnik, 2002).

V nekaterih jamah smo naleteli na takson, ki ga v drugih jamah nismo našli (preglednica 3). V jami v Šahnu sta bila opažena pikasta pijavka in polž jamničar, v Željnskih jamah smo našli predstavnika glist, samo v

Veliki Stankovi jami pa živi endemična človeška ribica (slika 27). V prilogi 1 je podan seznam vseh najdenih taksonov v proučevanih jamah na Kočevskem in izviri Radešče.

Slika 26: Sekulja v Vodni jami pri Cvišlerjih (foto: J. Hajna)



Slika 27: Človeška ribica se nahaja v tolmunu v Veliki Stankovi jami, ki je edina jama z ugotovljeno populacijo človeških ribic med proučevanimi jamami Kočevskega krasa (foto: F. Drole)



4.2. SEZNAM TAKSONOV NAJDENIH V VODNIH PASTEH

S proučevanjem biodiverzitete na podlagi vodnih pasti smo v vseh jamah ugotovili dodatne taksoni, ki jih le z metodo opazovanja ne bi našli. Večinoma gre za mikroskopske organizme, ki jih s prostim očesom ne moremo opaziti. Tako smo dodatno našli predstavnike hidre, školjk, ciklopoidnih in harpaktikoidnih ceponožnih rakcev, ostrakodne rakce, polže, maloščetince in izopodnega rakca (preglednica 4). Večino teh organizmov bi lahko opredelili kot stigobiontske organizme, s prilagoditvami (**troglomorfozami**), ki tem živalim omogočajo preživetje v podzemlju.

Preglednica 4: Seznam najdenih vodnih taksonov v pasteh v posamezni jami na Kočevskem. Z zvezdico so označeni stigobiontski organizmi.

Takson	Jama				
	Jama v Šahnu	Vodna jama pri Cvišlerjih	Velika Stankova jama	Vodna jama I pri Klinji vasi	Željske jame
Hydra	+				
Turbellaria* (vrtinčarji)	+		+		+
Gastropoda (polži)	+		+		
Oligochaeta (maloščetinci)	+		+		+
Hirudinea (pijavke)	+				
Bivalvia (školjke)	+		+		
Ostracoda* (dvoklopniki)	+		+	+	
<i>Niphargus</i> sp. * (slepe postrance)		+	+	+	+
Cyclopoida* (ceponožni rakci)		+	+		+
Harpacticoida* (ceponožni rakci)		+	+		
<i>Titanethes albus</i> * (jamska mokrica)		+			
<i>Asellus aquaticus</i> (vodni osliček)					+
Coleoptera (hrošči: ličinka)				+	

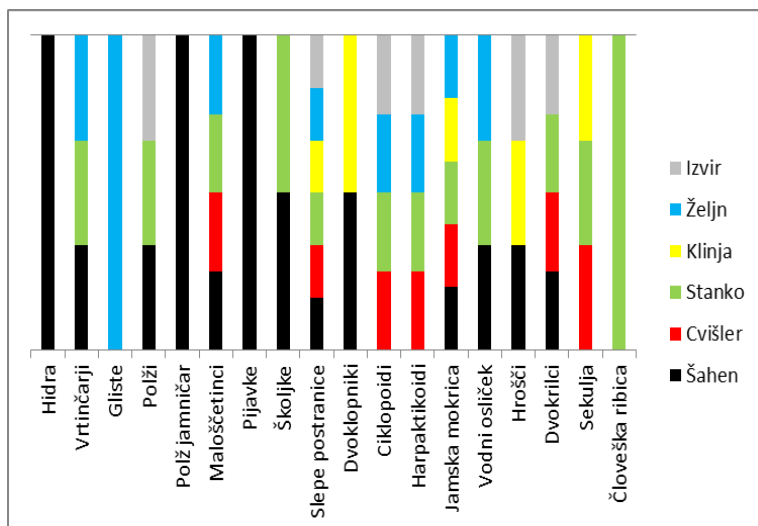
4.3. REZULTATI VZORČENJA FAVNE NA IZVIRU RADEŠČE

Preglednica 5: Seznam najdenih vodnih taksonov in njihova abundanca na izviru Radešče v Podturnu

Takson	10. 8. 2015	11. 11. 2015
Gastropoda (polži)	375	10
<i>Niphargus</i> sp. (slepe postranice)	5	5
Cyclopida (ceponožni rakci)		15
Harpacticoida (ceponožni rakci)	62	
Diptera (dvokrilci)	1	
Coleoptera (hrošči: ličinka)	1	

Na izviru smo v povprečju našli manj taksonov kot v posamezni jami, vendar pa prisotnost stigobiontskih amfipodnih in ceponožnih rakov jasno kaže na kraško naravo izvira. Slepe postranice iz rodu *Niphargus* (slika 24) pogosto najdemo v izvirih, saj so povsem prilagojene podzemljskemu vodnemu okolju. V Sloveniji je poznanih preko 40 podzemljskih vrst postranic iz rodu *Niphargus* in vse so brez oči, brez kožnega pigmenta in z drugimi prilagoditvami, značilnimi za podzemljsko življenje.

Grafikon 1: Primerjava prisotnosti vseh najdenih taksonov v posameznih jamah in na izviru



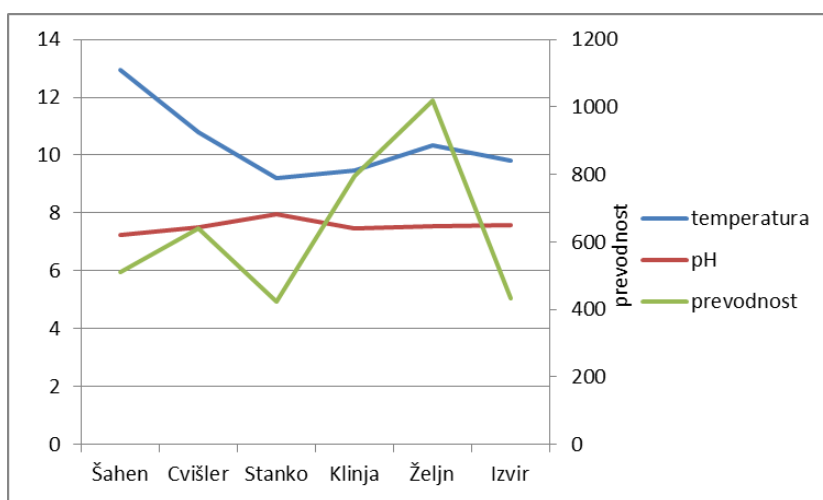
Iz grafikona 1 je razvidno, da je bila ugotovljena najvišja biodiverziteteta v Jami v Šahnu (13 taksonov) in v Veliki Stankovi jami (12 taksonov), ki sta tudi po fizikalnih in kemijskih parametrih izkazovali ugodno stanje (prilogi 2 in 3). V obeh primerih je bilo med organizmi skoraj polovica oziroma tretjina takih, ki so pravi podzemljski – stigobionti. Človeška ribica je bila opažena le v Veliki Stankovi jami! V Željnskih jamah in v Vodni jami pri Cvišlerjih smo našli celokupno osem oziroma sedem taksonov, polovica jih je stigobiontov. Najmanjša pestrost je bila ugotovljena v Vodni jami I pri Klinji vasi, pet taksonov, od katerih so trije

stigobionti. Rezultate potrjuje tudi izračun Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa, ki je bil najvišji v Veliki Stankovi jami in Jami v Šahnu (0,67 oziroma 0,65).

4.4. REZULTATI FIZIKALNIH IN KEMIJSKIH MERITEV VODE

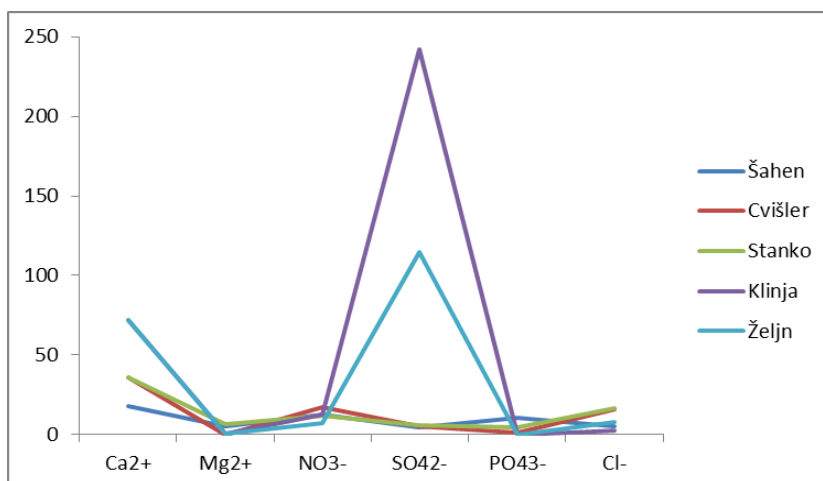
Posamezna vzorčna mesta so se izkazala za dokaj stabilna glede izmerjenih fizikalnih parametrov (grafikon 2), kar nakazuje nizka standardna deviacija za temperaturo (0,35 na izviru do 3,1 v Jami v Šahnu) in pH (0,09 na izviru in v Željnskih jamah do 0,65 v Vodni jami I pri Klinji vasi). Standardna deviacija za prevodnost je bila prav tako nizka (na izviru 16), nekoliko povišana pa v Vodni jami I pri Klinji vasi (317,69), kjer so meritve dosegle ali celo presegle skoraj 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Konstantnost oz. majhna nihanja v fizikalnih parametrih naj bi omogočala stabilno in vitalno populacijo organizmov, ki poseljujejo izbrane habitate, razen tam, kjer so vrednosti povišane (priloga 2).

Grafikon 2: Povprečne letne vrednosti temperature ($^{\circ}\text{C}$), pH in prevodnosti ($\mu\text{S}/\text{cm}$) v petih jamah in na izviru Radešče; opravljena so bila tri vzorčenja v letu 2015



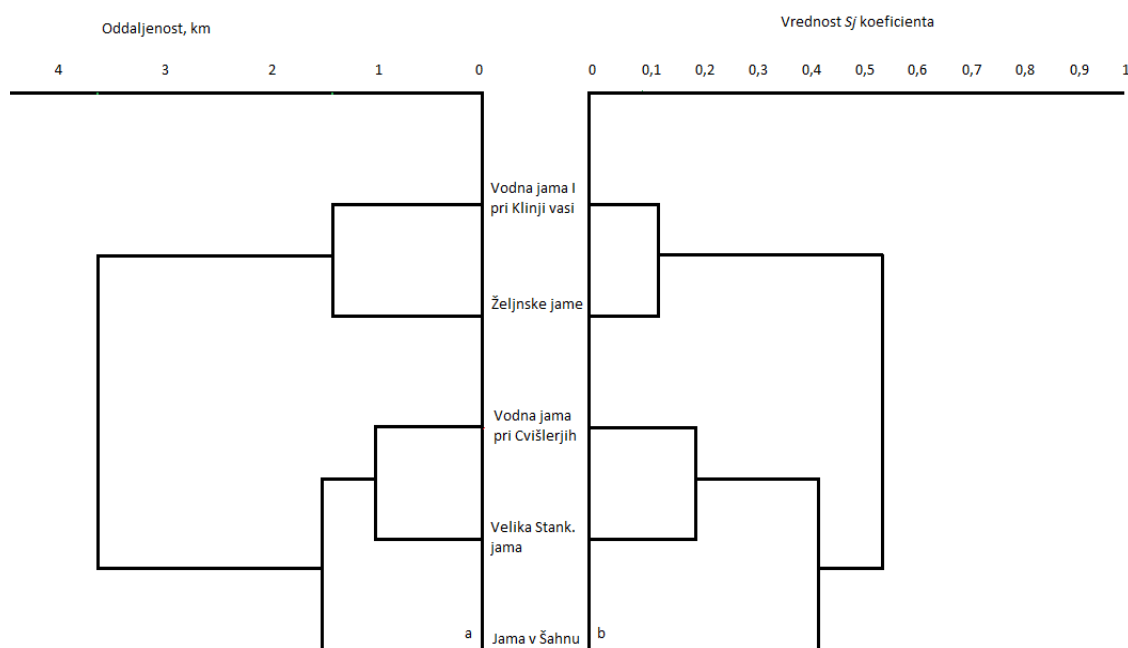
Podobne stabilne rezultate kažejo kemijske analize, saj je bila standardna deviacija za večino parametrov, ki smo jih uspeli analizirati več kot dvakrat, nizka. Glede koncentracij pa so bile povišane vrednosti sulfatov opažene v Vodni jami I pri Klinji vasi in v Željnskih jamah, nekoliko povišane koncentracije nitratov pa v Vodni jami pri Cvišlerjih (grafikon 3, priloga 3).

Grafikon 3: Povprečne koncentracije kationov (kalcij, magnezij) in anionov (nitrati, sulfati, fosfati, klor) v petih jamah in na izviru Radešče; opravljena so bila tri vzorčenja v letu 2015



Trenutno ekološko stanje ne kaže alarmantnih znakov, saj sicer v jamah ne bi našli podzemeljskih vrst. Po drugi strani pa je vidne odplake, smeti in onesnaženje potrebno sanirati, saj bi s tem zmanjšali visoke vrednosti prevodnosti (grafikon 2), sulfatov in nitratov (grafikon 3) na določenih mestih in morebiti povečali pestrost podzemeljske favne. Visoka odstopanja v fizikalnih in kemijskih parametrih med posameznimi, sicer relativno blizu ležečimi jamami ostajajo nepojasnjena (grafikon 4); predpostavljamo, da jame hidrološko niso neposredno povezane. Če je temu tako, potem lahko pričakujemo, da se favna, kljub izboljšanemu ekološkemu stanju voda, ne bo (ponovno) naselila in migrirala v jame, oziroma da osebkii človeške ribice ne bodo mogli kolonizirati drugih jam. Tovrstne sklepe bi potrdili s preprosto, a učinkovito metodo sledenja voda.

Grafikon 4: Prikaz geografskih razdalj med jamami (a) in analiza kopičenja (UPGMA metoda, Jaccardov indeks) podobnosti v favni za pet proučevanih jam (b)



5. ZAKLJUČKI

Inventarizacija vodne favne v izbranih jamah na Kočevskem v okviru projekta »LIFE KOČEVSKO: LIFE13 NAT/SI/000314: HT 8310-Jame, ki niso odprte za javnost in Človeška ribica (*Proteus anguinus*)« predstavlja osnovo in pomemben del za oceno biodiverzitete in onesnaženja jamskih vod. Opravljen je bil celosten popis v petih jamah, od katerih so bile pred popisom tri opredeljene kot onesnažene, dve pa neonesnaženi. Vzorčenje je bilo opravljeno tudi na izviru Radešče v Podturnu. Na ta način smo pridobili ničelno stanje, ki bo odlična osnova vsakršnim nadaljnim analizam, ocenjevanju ekološkega stanja in monitoringu podzemeljskih habitatov.

Natančna primerjava favne analiziranih jam je pokazala, da so si vse proučevane jame v sestavi združbe organizmov podobne, saj vse ležijo na zelo majhnem območju, čeprav so prisotna tudi odstopanja. Človeška ribica po opažanjih živi le še v vodah Velike Stankove jame, vse druge jame pa ne izstopajo po bogastvu podzemeljske favne. Pričakujemo, da bi se stanje lahko hitro saniralo v Vodni jami pri Cvišlerjih ter tudi v Jami v Šahnu, kar pa zahteva fizično odstranitev odpadkov, ureditev iztekanja onesnaženih vod v podzemlje in ohranjanje takega stanja. Večje onesnaženje in posledično osiromašeno podzemeljsko favno smo opazili v Vodni jami I pri Klinji vasi in v Željnskih jamah. Nekateri taksoni so splošno razširjeni in smo jih zasledili v večini jam. Vsaka jama, ki je biotsko malce drugačna od druge, prispeva k večji pestrosti regije in pomeni spodbudo za ohranitev ranljivih jamskih habitatov.

Velik vpliv na jamske vode ima predvsem človeška dejavnost na površju. Na obravnavanem območju težko najdemo jamski vodni sistem, ki še ni bil deležen človeških posegov. Med ostalimi spremembami, ki jih človek povzroča podzemeljskim vodam, je pomembno omeniti povečane koncentracije onesnaževal v vodotokih. Povečana količina hranil, še posebej nitratov, fosfatov in sulfatov, ima velik vpliv na jamske združbe, saj v podzemlju ni primarnih proizvajalcev, ki bi anorganske snovi porabljali, zato se kopičijo in negativno vplivajo na organizme, ki fiziološko niso prilagojeni povečanim količinam anorganskih snovi (Faimon et al., 2003; Ravbar, 2007). Eden izmed načinov vnašanja hranil v vodno telo so tudi neurejeni ali legalni izcedki odpadnih vod, gnojnice, umetna in mineralna gnojila, odpadki, različne soli, maziva, olja in razgradni produkti pesticidov. Sodeč po rezultatih gre na proučevanem območju velikokrat za preobremenjenost jamskih vod zaradi kmetijske dejavnosti, neurejenih divjih odlagališč v jamah (slike 12a, b, 28 in 29) in onesnaženje vod zaradi rudniške separacije v preteklosti (slika 14). V naši raziskavi smo torej predvidevali, da vsebnost organskih in anorganskih snovi v jamskih vodah vpliva na prisotno združbo jamske vodne favne tako, da povzroča spremembe v številčnosti, pestrosti in strukturi združbe makroinvertebratov in prisotnosti človeške ribice v celotnem podzemno povezanem sistemu.

Menimo, da se je onesnaženje iz bližnje preteklosti do danes zmanjšalo, vendar se po kemijskih parametrih jamskih vod predvideva, da je potrebno onesnaženje še zmanjšati, saj je ponekod: zlasti v Vodni jami I pri Klinji vasi in v Željnskih jamah, še vedno pereče. V primeru kmetijske dejavnosti, predvsem gnojenja je potrebno na področju s specifično kraško geološko podlago k problemu bolj pazljivo pristopiti in vzpostaviti nadzor ter urediti gnojne jame, s čimer bi preprečili izpuste v jame in podzemeljske vode. V primeru odpadkov in izcejanja vod v jame pa bi bilo potrebno jame na proučevanem območju očistiti in takšne tudi ohranjati. Preprečiti bi morali črna odlagališča. Nenazadnje splošno osveščanje lokalnega prebivalstva je potrebno za ohranjanje jamskih ekosistemov. Vir in dostop čiste vode pa sta splošni dobrini, ki imata na kraškem območju velik pomen za prihodnost in zdravje prebivalcev.

Zavedati se moramo, da onesnaženje in drugi negativni vplivi lahko zelo hitro prizadenejo podzemeljske organizme, med tem ko je njihova revitalizacija zelo dolgotrajna. Ravno zaradi tega ne pričakujemo, da bodo po očiščenju jam in takojšnjem ponovnem vzorčenju, rezultati o pestrosti favne bistveno drugačni in boljši od sedanjih. Spremembe lahko pričakujemo šele čez desetletje in več! Ugotavljamo in priporočamo pa, da bi bilo v prihodnje v jamah smiselno vzorčiti tudi **epikraško favno**, to je favno v prenikli vodi, saj po eni strani pogosto predstavlja bistveni delež podzemeljske biodiverzitete, po drugi strani pa na tak način neposredno ugotavljamo vplive antropogenega delovanja na površju na podzemeljske organizme ter način upravljanja s površinskim kraškim ekosistemom. Podzemlje je od površja neposredno odvisno in z njim

povezano, in vsakršni posegi na površju se izrazijo v podzemlju. Prvi in neposredni indikator (ne)primerne upravljanja s kraškim ekosistemom pa je ravno epikraška favna (Pipan, 2005).

Da bi ugotovili ali so proučevane jame med seboj hidrološko povezane, predlagamo izvedbo **sledilnega poskusa**, s katerim bi ugotavljali, katere jame so podzemeljsko povezane. Med hidrološko povezanimi jamami se ne pretakajo le iste vode, med njimi se selijo, migrirajo in razširjajo tudi organizmi. Človeški ribici, ki dokazano živi v Veliki Stankovi jami, bi lahko predvideli migracijske poti v druge jame, če bi med njimi dokazali vodne povezave. Dodatno bi tak podatek imel velik pomen v primeru onesnaženja na površju, saj bi tudi v tem primeru lahko predvideli, kam bi se polutanti razširili potem, ko bi s padavinsko vodo poniknili v podzemlje.

Če povzamemo, naša priporočila so, da se v prihodnje opravi vzorčenje epikraške favne ter sledilni poskus, saj bomo z obema aktivnostima pridobili nove, pomembne podatke, ki bodo nadgradili vedenje o ekološkem stanju podzemeljske biodiverzitete na obravnavanem območju.

Slika 28: Odvržen kadaver povožene srne v globel vhoda v Vodno jamo I pri Klinji vasi na dan 10. 8. 2015 (foto: F. Drole)



Slika 29: Divje odlagališče na dnu brezna Male Stankove jame (foto: F. Drole)



6. LITERATURA

- Beljšak, V. 1973. Jama v Šahnu. Arhivske mape IZRK ZRC SAZU.
- Bole, J. 1969. Ključi za določevanje živali. Inštitut za biologijo Univerze v Ljubljani Društvo biologov Slovenije. 115 str.
- Borutzky, E.V. 1964. Fauna of U.S.S.R. Crustacea. Freshwater Harpacticoida. Jerusalem. Akademii Nauk SSSR, 3, 4. 396 str.
- Ciglič, R. 2011. Kočevska - med praskami zgodovine in izzivi prihodnosti. V: Slovenija V (ekskurzije Ljubljanskega geografskega društva). Kladnik, D. (ur.). Ljubljana. Založba ZRC. str. 59-76.
- Davis, J. C. 1973. Statistics and Data Analysis in Geology. New York. John Wiley and Sons Inc. 59-106. str. 456-473.
- Dussart, B.H., Defaye D. 1995. Copepoda: Introduction to the Copepoda. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Belgium, State University of Gent. 277 str.
- Faimon, J., Štelcl, J., Kubešová, S., Zimák, J. 2003. Environmentally acceptable effect of hydrogen peroxide on cave »lamp-flora«, calcite speleothems and limestones. Environmental pollution 122. str. 417-422. Amsterdam.
- Gams, I. 2004. Kras v Sloveniji v prostoru in času. 2. izdaja. Ljubljana. Založba ZRC SAZU. 515 str.
- Ghetti, P.F. 1986. Manuale di applicazione - I macroinvertebrati nell' analisi di qualita dei corsi d'aqua (indice biotico: E. B. I., modif. Ghetti, 1986). Trento. Provincia Autonoma di Trento. 190 str.
- Gostinčar, P., Stepišnik, U. 2012. Geomorfološke značilnosti Kočevskega Roga in Kočevske Male gore s poudarkom na fluviudenudacijskem površju. Ljubljana. Znanstvena založba Filozofske fakultete. 97 str.
- Habič, P., Kogovšek, J., Bricelj, M., Zupan, M. 1990. Izviri Dobličice in njihovo širše kraško zaledje. Acta carsologica, 19: 5-100.
- Hadži, J., Kenk, R., Pehani, H., Kuščer, L. 1930. Željnske jame pri Kočevju. Arhivske mape ZRC SAZU.
- Hudoklin, A. 1994. Željnske jame pri Kočevju. Arhivske mape IZRK ZRC SAZU.
- Kogovšek, J., Petrič, M. 2007. Poročilo o rezultatih sledenja z območja odlagališča Mozelj. Postojna. Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Inštitut za raziskovanje krasa.
- Kranjc, A. 1962. Vodna jama I Klinja vas. Arhivske mape IZRK ZRC SAZU.
- Kranjc, A. (edit.). 1997. Karst Hydrogeological Investigations in South-Western Slovenia. Ljubljana. Acta carsologica, XXVI/1, str. 5-388.
- Kranjc, A., Kranjc, M., Polak, D. 1990. Dolenjski kraški svet. 1. izdaja. Novo mesto. Dolenjska založba. 240 str.
- Kranjc, A., Ravbar, M., Slapšak, I., Trček, I., Jančigaj, T., Žitko, I. 1968. Velika Stankova jama. Arhivske mape IZRK ZRC SAZU.
- Lienert, G. A. 1973. Biostatistik. Vertailungsfreie Methoden in der Biostatistik. Band I. Verlag Anton Hain. Meisenheim am Glan. 736 str.
- Minelli, A. 1977. Irudinei (Hirudinea). Guide per il Riconoscimento delle Specie Animali delle Acque Interne Italiane. Consiglio Nazionale Delle Ricerche. 72 str.
- Mramor-Vanč, I. 1968a. Jama v Šahnu. Arhivske mape IZRK ZRC SAZU.
- Mramor-Vanč, I. 1968b. Vodna jama pri Cvišlerjih. Arhivske mape IZRK ZRC SAZU.
- Mršič, N. 1997. Živali naših tal : uvod v pedozoologijo - sistematika in ekologija s splošnim pregledom talnih živali. Ljubljana. Tehniška založba Slovenije. 416 str.
- Opperdoes, F. 1997. Construction of a distance tree using clustering with the Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (UPGMA). <http://www.deduveinstitute.be/~opperd/private/upgma.html> (25.6.2015)
- Osnovna geološka karta SFRJ. L 33-90. Delnice. 1984. 1 : 100.000. Beograd. Zvezni geološki zavod.

- Pečnik, M. 2015. Inventarizacija vodne favne v izbranih jamah na Kočevskem : diplomsko delo. Nova Gorica. Univerza v Novi Gorici. 51 str.
- Perko, D., Orožen Adamič, M. 1999. Slovenija : pokrajine in ljudje. (ur.). Ljubljana. Mladinska knjiga. 735 str.
- Pipan, T. 2005. Epikarst – a promising habitat. Copepod fauna, its diversity and ecology: a case study from Slovenia (Europe). Založba ZRC, Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU. 101 str.
- Qigley, M. 1977. Invertebrates of Streams and Rivers. A key to identification. Edward Arnold (Publishers). Ltd, London. 84 str.
- Ravbar, N. 2007. The protection of karst waters. Založba ZRC. ZRC SAZU. 253 str.
- Reynoldson, T.B. 1978. A key to British species of Freshwater Triclad. Freshwater biological association Scientific Publication No. 23, 33 str.
- Savig, D., Dozet, S. 1983. Osnovna geološka karta. 1 : 100000. List Delnice. L 33 – 90. Geološki zavod Ljubljana.
- Shannon, C.E., Weaver, W. 1949. The Mathematical Theory of Communication. Urbana. The University of Illinois Press, IL. 117 str.
- Sket, B., Gogala, M., Kuštor, V. 2003. Živalstvo Slovenije. Tehniška založba Slovenije. 663 str.
- Sket, B., Velkovich, F. 1980. Postojnsko-planinski jamski sistem kot model za preučevanje onesnaženja podzemeljskih voda. Naše jame, 22. str. 27-44.
- Skoberne, P., Peterlin, S. 1991. Inventar najpomembnejše naravne dediščine Slovenije- 2. del. Ljubljana. Zavod SR Slovenije za varstvo naravne in kulturne dediščine. str. 592-593.
- Slapnik, R. 2002. Flora in favna, v monografiji Park Škocjanske jame, založba Park Škocjanske jame. str. 78-84.
- Franson, M. A. H. American Public Health Association. 1985. Water Environment Federation Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 16th Edition. Washington : American Public Health Association : American Water Works Association : Water Pollution Control Federation. 1268 str.

7. PRILOGE

Priloga 1: Seznam vseh najdenih taksonov v proučevanih jamah in izviri Radešče na Kočevskem. Ekološke kategorije pomenijo: vodni (V), terestrični (T), stigobiont (St), troglobiont (Tb).

DEBLO	RAZRED	RED	DRUŽINA	ROD, VRSTA	Kategorija
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Dendrocoelidae	cf. <i>Dendrocoelum</i> sp.	V, St
Cnidaria	Hydrozoa		Hydridae	<i>Hydra</i> sp.	V
Nematoda	Secernentea	Rhabditida	Rhabditidae	cf. <i>Rhabditis</i> sp.	V
Nematomorpha	Gordioda	Gordea	Gordiidae	<i>Gordius</i> sp.	T
Mollusca	Gastropoda	Pulmonata	Carychiidae	<i>Zospeum spealeum spealeum</i> (Rossmässler 1839)	T, Tb
		Architaenioglossa	Cochlostomatidae	<i>Cochlostoma</i> sp.	T
	Bivalvia				V
Annelida	Clitellata	Oligochaeta		cf. <i>Dendrobaena</i> sp.	V
		Hirudinea		<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	V
Arthropoda	Arachnida	Araneae	Dysderidae	<i>Stalita taenaria</i> Schiødte 1847	T, Tb
			Tetragnathidae	<i>Meta menardi</i> (Latreille, 1804)	T, Tb
		Opiliones	Sironidae	<i>Cyphophthalmus duricorius</i> (Joseph 1868)	T
			Phalangiidae	<i>Amilenus aurantiacus</i> (Simon, 1881)	T
		Oribatida	Damaeidae	<i>Damaeus</i> sp.	T
				nedoločen	T
		Mesostigmata	Gamasidae		T
	Chilopoda	Lithobiomorpha	Lithobiidae		T
	Diplopoda	Polydesmida	Polydesmidae	<i>Polydesmus complanatus</i> (Linnaeus, 1761)	T
		Chordeumatida	Attemsidae		T
	Isopoda	Oniscidea	Trichoniscidae	<i>Titanethes albus</i> (Koch 1841)	T/V, Sb
			Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)	V
	Ostracoda				V, Sb?
	Copepoda	Cyclopoida	Cyclopidae	<i>Speocyclops infernus</i> (Kiefer, 1930)	V, Sb
		Harpacticoida	Canthocamptidae	<i>Bryocamptus typhlops</i> (mrazek, 1893)	V
				<i>Bryocamptus pyrenaiucus</i> (Chappuis, 1923)	V, Sb
	Amphipoda		Niphargidae	<i>Niphargus</i> sp.	V, Sb

	Insecta	Collembola	Onychiuridae	<i>Absolonia gigantea</i> (Absolon 1901) <i>Onychiuiroides</i> sp.	T, Tb T, Tb
		Coleoptera	Leodidae	<i>Bathyscymorphus byssinus</i> (Schiødte 1848)	T, Tb
				nedoločen	T
			Carabidae	<i>Laemostenus (Antisphodrus) schreibersii</i> (Küster 1846)	T
				<i>Typhlotrechus bilimekii bilimekii</i> (Sturm, 1847)	T
			Staphylinidae	cf. <i>Atheta</i> sp.	T
				nedoločen	T
		Diptera	Calliphoridae	<i>Calliphora vomitoria</i> (Linnaeus, 1758)	T
			Mycetophilidae	nedoločen	T
			Trichoceridae	<i>Trichocera (Saltrichocera) regelationis</i> (Linnaeus, 1758)	T
				<i>Trichocera (Trichocera) hiemalis</i> (De Geer, 1776)	T
			Phoridae	nedoločen	T
			Culicidae	<i>Culex</i> sp.	T
			Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	V
		Orthoptera	Rhaphidophoridae	<i>Troglophilus neglectus</i> Krauss, 1879	T
				<i>Troglophilus cavicola</i> (Kollar, 1833)	T, Tb
		Hymenoptera	Formicidae	cf. <i>Lasius</i> sp.	T
		Plecoptera		<i>Nemoura</i> sp.	V
	Entognatha	Entomobryomorpha	Neelidae		T
			Tomoceridae		T
		Poduromorpha	Onychiuridae		T
		Diplura	Campodeidae	cf. <i>Campodea</i> sp.	T
Chordata	Amphibia	Anura	Ranidae	<i>Rana temporaria</i> (Linnaeus, 1758)	T/V
		Caudata	Proteidae	<i>Proteus anguinus anguinus</i>	V, Sb
	Mammalia	Chiroptera	Rhinolophidae	<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Bechstein, 1800)	T

Priloga 2: Izmerjene vrednosti temperature, prevodnosti, pH in koncentracije kisika v vodi v posamezni jami

JAMA V ŠAHNU Parameter/Datum	Temperatura (°C)	Prevodnost (μScm^{-1})	pH	O ₂ (mg l ⁻¹)
7. 5. 2015	13,8	497	7,23	27,7
6. 8. 2015	15,5	499	7,10	
9. 11. 2015	9,5	535	7,41	

VODNA JAMA PRI CVIŠLERJIH Parameter/Datum	Temperatura (°C)	Prevodnost (μScm^{-1})	pH	O ₂ (mg l ⁻¹)
7. 5. 2015	9,2	618	7,36	91,3
6. 8. 2015	11,5	693	7,42	
9. 11. 2015	11,7	605	7,78	

VELIKA STANKOVA JAMA Parameter/Datum	Temperatura (°C)	Prevodnost (μScm^{-1})	pH	O ₂ (mg l ⁻¹)
7. 5. 2015	8,7	325	8,11	88,0
6. 8. 2015	9,8	506	7,53	
9. 11. 2015	9,1	437	8,22	

VODNA JAMA I PRI KLINJI VASI Parameter/Datum	Temperatura (°C)	Prevodnost (μScm^{-1})	pH	O ₂ (mg l ⁻¹)
7. 5. 2015	8,5	914	7,05	85,2
6. 8. 2015	10,8	1039	7,14	
9. 11. 2015	11,0	1005	7,54	

ŽELJNSKE JAME Parameter/Datum	Temperatura (°C)	Prevodnost (μScm^{-1})	pH	O ₂ (mg l ⁻¹)
7. 5. 2015	9,6	1036	7,46	72,2
6. 8. 2015	11,4	1026	7,55	
9. 11. 2015	10,0	994	7,64	

Priloga 3: Vrednosti koncentracij ionov v petih vzorčevanih jamah

	Jama v Šahnu	Vodna jama pri Cvišlerjih	Velika Stankova jama	Vodna jama I pri Klinji vasi	Željske jame
Ca^{2+} (mg/l)	74,15	110, 22	110,22	168,74	166,73
Mg^{2+} (mg/l)	3,16	1,94	4,62	13,61	12,88
NO_3^- (mg/l)	7,18	22,33	15,56	12,64	7,57
SO_4^{2-} (mg/l)	6,60	5,05	11,73	242,18	216,61
PO_4^{3-} (mg/l)	0,13	0,10	0,39	0,06	0,09
Cl^- (mg/l)	5,10	9,90	16,80	2,80	8,80