



ZVEZA ZA TEHNIČNO • KULTURO • SLOVENIJE

NATURA SLOVENIAE

Revija za terensko biologijo • Journal of Field Biology

Letnik • Volume 10

Številka • Number 1

Ljubljana
2008

NATURA SLOVENIAE

Revija za terensko biologijo • Journal of Field Biology

Izdaja • Published by

Zveza za tehnično kulturo Slovenije

Ľepi pot 6, SI-1111 Ljubljana

Številka žiro računa: 50101-678-51259

Tel.: (01) 251 37 43, 425 07 69; Telefax: (01) 252 24 87

<http://www.zotks.si/portal/>

<http://www.bf.uni-lj.si/bi/NATURA-SLOVENIAE/index.php>

Glavni in odgovorni urednik • Editor in Chief

Rok Kostanjšek

Tehnični urednik • Technical Editor

Jernej Polajnar

Uredniški odbor • Editorial Board

Matjaž Bedjanič (Slovenia), Nicola Bressi (Italy), Marjan Govedič (Slovenia), Nejc Jogan (Slovenia), Aleksandra Lešnik (Slovenia), Toni Nikolić (Croatia), Katja Pobljšaj (Slovenia), Chris Van Swaay (Netherlands), Peter Trontelj (Slovenia), Rudi Verovnik (Slovenia)

Naslov uredništva • Address of the Editorial Office

NATURA SLOVENIAE, Večna pot 111, SI-1111 Ljubljana, Slovenija

Izvečki prispevkov so zavedeni v zbirkah **ASFA**, **AGRIS**, **Biological Abstracts**, **Biosis Previews**, **COBISS in Zoological Records**

ISSN: 1580-0814

UDK: 57/59(051)=863=20

Lektorji • Language Editors

za angleščino (for English): Henrik Ciglič

za slovenščino (for Slovene): Henrik Ciglič

Oblikovanje naslovnice • Layout

Daša Simčič akad. slikarka, Atelje T

Natisnjeno • Printed in

2007

Tisk • Print

Repro print d.o.o., Kranj

Naklada • Circulation

500 izvodov/copies

Kazalo vsebine

ZNANSTVENI ČLANKI / SCIENTIFIC PAPERS

- Gorazd URBANIČ: Subekoregije in bioregije celinskih voda Slovenije. / INLAND WATER SUBECOREGIONS AND BIOREGIONS OF SLOVENIA.5
- Tanja MENEGALIJA & Gorazd KOSI: Razširjenost kremenastih alg v izvirih na območju Julijskih Alp (SZ Slovenija). / DISTRIBUTION OF DIATOMS IN SPRINGS IN THE JULIAN ALPS (NW SLOVENIA).21
- Janez MULEC & Gorazd KOSI: Algae in the aerophytic habitat of Račiške ponikve cave (Slovenia). / ALGE V AEROFITSKEM HABITATU JAME RAČIŠKE PONIKVE (SLOVENIJA).39

KRATKI ZNANSTVENI VESTI / SHORT COMMUNICATIONS

- Rok KOSTANJŠEK & Ana CELESTINA: New records on synanthropic spider species (Arachnida: Araneae) in Slovenia. / NOVE NAJDBE SINANTROPNIH PAJKOV (ARACHNIDA: ARANEAE) V SLOVENIJI.51
- Miha KROFEL & Hubert POTOČNIK: First record of a golden jackal (*Canis aureus*) in the Savinja Valley (N Slovenia). / PRVI PODATEK O POJAVLJANJU ŠAKALA (*CANIS AUREUS*) V SAVINJSKI DOLINI (S SLOVENIJA).57

Subekoregije in bioregije celinskih voda Slovenije

Gorazd URBANIČ^{1,2}

¹ Inštitut za vode Republike Slovenije, Hajdrihova 28c, SI-1000 Ljubljana; E-mail: gorazd.urbanic@izvrs.si

² Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Večna pot 111, SI-1000 Ljubljana;
E-mail: gorazd.urbanic@bf.uni-lj.si

Izvilleček. Namen dela je členitev ekoregij celinskih voda — hidroekoregij Slovenije na subekoregije celinskih voda — subhidroekoregije, bioregije in velike reke. Uporabili smo dvostopenjski proces. V prvem koraku smo členitev opravili s kombinacijo tematskih kart. V drugem koraku smo členitev apriorno preverili z biološkimi podatki. Uporabili smo historične podatke o ribah in podatke o bentoških nevretenčarjih, vzorčenih na referenčnih in malo spremenjenih vzorčnih mestih. Ustreznost členitev smo preverjali s statistično metodo nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja. Hidroekoregijo Alpe smo členili na dve subhidroekoregiji: Alpe-donavsko porečje in Alpe-jadransko povodje. Prav tako smo hidroekoregijo Dinaridi členili na dve subhidroekoregiji, in sicer evdinarsko in submediteransko. S členitvijo hidroekoregij in subhidroekoregij smo določili 16 bioregij in 9 tipov velikih rek. V hidroekoregiji Dinaridi smo določili sedem bioregij, v hidroekoregiji Alpe pet bioregij, v Panonski nižini tri bioregije, medtem ko hidroekoregije Padska nižina nismo členili in ima v Sloveniji le eno bioregijo. Najpomembnejše abiotične razlike v bioregijah so poleg pripadnosti porečju oz. povodju še prevladujoča geološka podlaga in maksimalni višinski razred ter nadmorska višina vplivnega območja.

Ključne besede: Vodna direktiva, bentoški nevretenčarji, ribe, tipologija, ekoregije, reke

Abstract. INLAND WATER SUBECOREGIONS AND BIOREGIONS OF SLOVENIA - The main objective of our work was to carry out the division of inland water ecoregions — hydroecoregions of Slovenia and to define inland water subecoregions — subhydroecoregions, bioregions and large rivers. A two-stage approach was used. Initially, a division was performed using thematic maps. During the second step, a priori division was checked using biological data. Historical fish data, and benthic invertebrate data collected at reference and slightly impacted sites were used. A statistical analysis of non-metric multidimensional scaling was performed to test a priori divisions. The Alps hydroecoregion was divided in two subhydroecoregions: the Alps-Danube river basin and Alps-Adriatic river basin. The Dinarids hydroecoregion was also divided in two subhydroecoregions: the Eudinaric and Sub-Mediterranean. Hydroecoregions and subhydroecoregions were divided into 16 bioregions and 9 types of large rivers. In the Dinarids hydroecoregion, seven bioregions were defined, in the Alps hydroecoregion five bioregions, in the Pannonian lowland hydroecoregion three bioregions, whereas the Po lowland hydroecoregion was not further divided and has only one bioregion in Slovenia. Main abiotic differences among bioregions beside river basin are also dominant geology, maximum altitude classes and altitude classes of the influence area.

Key words: Water Framework Directive, benthic invertebrates, fish, typology, ecoregions, rivers

Uvod

Opredelitev tipov voda oz. tipologija glede na ekološke značilnosti je eden ključnih korakov karakterizacije površinskih voda v skladu z vodno direktivo (VD) (Direktiva 2000/60/ES). Tipe voda lahko opredelimo z uporabo deskriptorjev »sistema A« ali »sistema B«. V Sloveniji smo kot prvi korak opredelitve tipov uporabili razdelitev Slovenije na (hidro)ekoregije, ki je deskriptor v sistemu A, lahko pa se uporabi tudi v sistemu B. V Vodni direktivi je podana razdelitev Evrope na ekoregije po Illies (1978), vendar je za območje Slovenije ta členitev premalo natančna. Urbanič (2005a, 2006, 2007, v tisku) je pripravil razdelitev območja Slovenije na ekoregije celinskih voda oz. hidroekoregije na podlagi tematskih kart abiotskih značilnosti in ustreznost razdelitve preveril z zoogeografsko analizo na podlagi bentoških nevretenčarjev ter z upoštevanjem maksimalnih temperatur velikih rek, vpliva kraških izvirov in historičnih bioloških podatkov. Hidroekoregije so le eden izmed deskriptorjev za opis tipov rek, zato je treba izbrati dodatne deskriptorje, s katerimi bomo opisali tipe voda. V primeru uporabe sistema B VD (Direktiva 2000/60/ES) moramo izbrati dodatne deskriptorje ali kombinacije deskriptorjev, da se lahko zanesljivo določijo tipske referenčne biološke razmere. Ena izmed možnosti izbora kombinacije dejavnikov je tudi določitev bioregij. Bioregija je območje s tipičnimi ekološkimi značilnostmi, na katerih najdemo značilne združbe. Pristop določitve je zelo podoben kot pri določitvi ekoregij, s tem da na osnovi kombinacije izbranih abiotskih dejavnikov ekoregije dodatno členimo. Tak pristop določitve so izbrali v nekaterih geografsko razgibanih državah, npr. v Avstriji (Moog in sod. 2004) in Franciji (Wasson in sod. 2002).

Organizmi tekočih voda, na podlagi katerih vrednotimo ekološko stanje rek (Direktiva 2000/60/ES), imajo v Sloveniji dva osnovna vzorca razširjenosti. Prvi vzorec razširjenosti, ki je značilen predvsem za vodne žuželke, je bil upoštevan pri pripravi členitve Slovenije na hidroekoregije (Urbanič 2005a, 2006, 2007, v tisku). Drugi vzorec razširjenosti je značilen za vodne organizme, ki se ne morejo po naravni poti razširjati med porečji. Ta vzorec je značilen za ribe in nekatere manj mobilne skupine bentoških nevretenčarjev (Banarescu 1972). Vode iz Slovenije tečejo v Jadransko ali Črno morje. Tudi številne vrste rib pred posegi človeka najdemo le v rekah enega od obeh porečij oz. povodij (Povž in Sket 1991, Sket 2003).

Namen tega dela je členitev Slovenije na subekoregije celinskih voda oz. subhidroekoregije in bioregije celinskih voda ter določitev tipov velikih rek.

Metode

Izhodišče členitve Slovenije na subekoregije celinskih voda, torej na subhidroekoregije, je bila razdelitev Slovenije na hidroekoregije (Urbanič 2007, v tisku). Ker imata le hidroekoregiji Alpe in Dinaridi reke, ki tečejo v Jadransko ali Črno morje, smo le ti dve hidroekoregiji členili na subhidroekoregije. Za biološko evalvacijo členitve hidroekoregij na subhidroekoregije smo uporabili podatke o obstoju avtohtonih vrst rib iz Franke (1892).

Za členitev hidroekoregij in subhidroekoregij na bioregije smo uporabili dvostopenjski postopek. V prvem koraku smo s t.i. »apriornim« pristopom (Barbour in sod. 1999), z uporabo in kombinacijo najbolj relevantnih tematskih kart, določili t.i. tipske regije (Urbanič 2005b). Uporabili smo naslednje tematske karte:

- geološka karta Slovenije (1:250.000)
- geografske karte Slovenije (1:25.000)
- rečni režimi (Kolbenzen in Pristov 1998)
- zakraselost Slovenije (1:250.000)
- pokrajine v Sloveniji (Gabrovec in sod. 1998)
- biogeografski vzorec rečnega živalstva (Sket 2003)
- velikost prispevnega območja
- naklon terena (1:250.000)
- razred nadmorske višine in hidroekoregija prispevnega območja.

Določili smo 23 tipskih regij in 12 posebnih tipov t.i. velike reke (Urbanič 2005b). Kriterij za določitev tipa velika reka je bil velikost prispevnega območja $>2500 \text{ km}^2$ in/ali srednji letni pretok (sQs) $>50 \text{ m}^3/\text{s}$. Podatke o srednjih letnih pretokih smo dobili z Agencije Republike Slovenije za okolje. V drugem koraku smo ustreznost tipskih regij in tipov »velikih rek« evalvirali z biološkimi podatki. Uporabili smo podatke o bentoških nevretenčarjih, ki so bili pridobljeni v procesu priprave metodologij vrednotenja ekološkega stanja rek v Sloveniji v skladu z Vodno direktivo (Urbanič in sod. 2005, 2006, 2007). Upoštevali smo le podatke z nespremenjenih oz. malo spremenjenih vzorčnih mest in le taksone, ki so bili določeni do vrste ali rodu. V primerih, ko bioloških podatkov nismo imeli ali nespremenjene razmere v izbrani regiji ne obstajajo, smo upoštevali le rezultate 1. koraka analize.

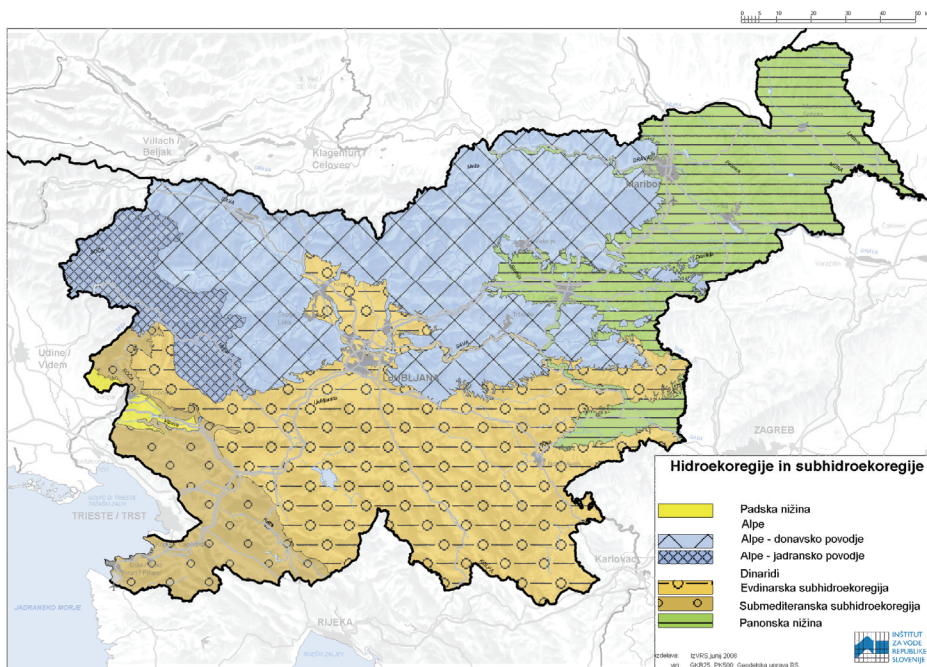
Pri vseh nadaljnjih členitvah smo upoštevali rečno mrežo z rekami s prispevno površino $>10 \text{ km}^2$, torej reke, za katere je treba pripraviti karakterizacijo v skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES).

Preverjanje ustreznosti apriorno določene pripadnosti vzorčnih mest subhidroekoregiji ali bioregiji smo preverjali s statistično metodo nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja (NMS). Za analizo NMS smo uporabili program WinKyst 1.0 (Šmilauer 2003). Izbrali smo toliko osi NMS (običajno 2 oz. 3), da je bil faktor stresa $<0,2$, kar zagotavlja sprejemljiv rezultat (Podani 2000).

Rezultati

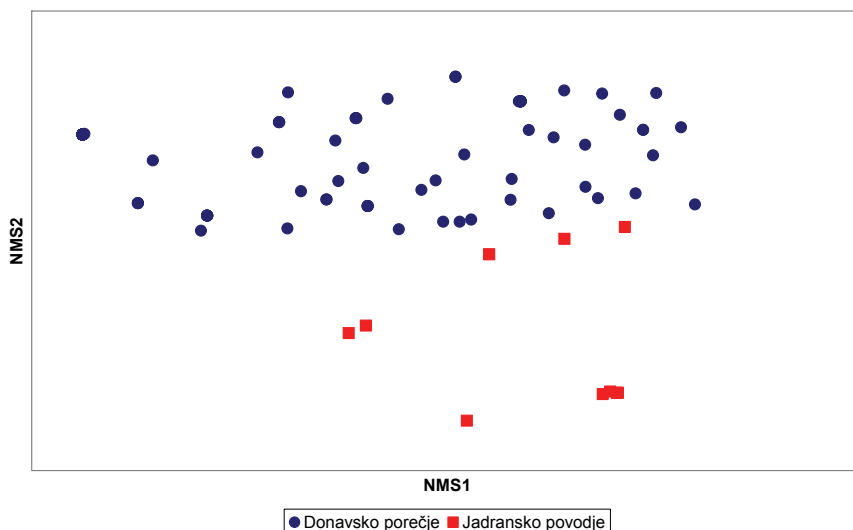
Hidroekoregijo Alpe smo razčlenili na subhidroekoregiji Alpe-donavsko porečje in Alpe-jadransko povodje, medtem ko smo hidroekoregijo Dinaridi razčlenili na subhidroekoregiji Evdinarska in Submediteranska (Sl. 1 in Tab. 1). Z rezultati analize NMS smo potrdili ustreznost členitve hidroekoregij na subhidroekoregije, saj so vzorčna mesta donavskega porečja in jadranskega povodja na različnih delih ordinacijskega diagrama (Sl. 2).

V prvem koraku analize smo po Urbanič (2005b) določili 23 abiotskih tipskih regij in 12 velikih rek. S statističnimi analizami na podlagi bioloških podatkov smo ugotovili, da imajo nekatere tipske regije zelo podobne združbe, zato smo tipske regije združili v eno bioregijo. Tako smo s statistično evalvacijo določili 16 bioregij (Tab. 1) in 9 velikih rek (Tab. 2, Sl. 3). V hidroekoregiji Alpe smo določili pet bioregij, od tega dve v jadranskem povodju in tri v donavskem porečju (Sl. 3). V hidroekoregiji Dinaridi smo določili sedem bioregij, tri v Evdinarski subhidroekoregiji in štiri v Submediteranski subhidroekoregiji. V Panonski nižini smo določili tri bioregije, medtem ko hidroekoregije Padška nižina nismo členili in je celotna hidroekoregija v Sloveniji le ena bioregija.



Slika 1. Subekoregije in ekoregije celinskih voda – subhidroekoregije in hidroekoregije v Sloveniji.

Figure 1. Inland water subecoregions and ecoregions – subhydroecoregions and hydroecoregions in Slovenia.



Slika 2. Ordinacijski diagram nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja vzorčnih mest na podlagi rib. Simboli označujejo vzorčna mesta donavskega porečja in jadranskega povodja. Faktor stresa (stress) = 0,07.

Figure 2. Non-metric multidimensional scaling ordination diagram of the sampling sites using fish data. Overlay indicates sampling sites of the Danube river basin and Adriatic river basin. Stress = 0.07.

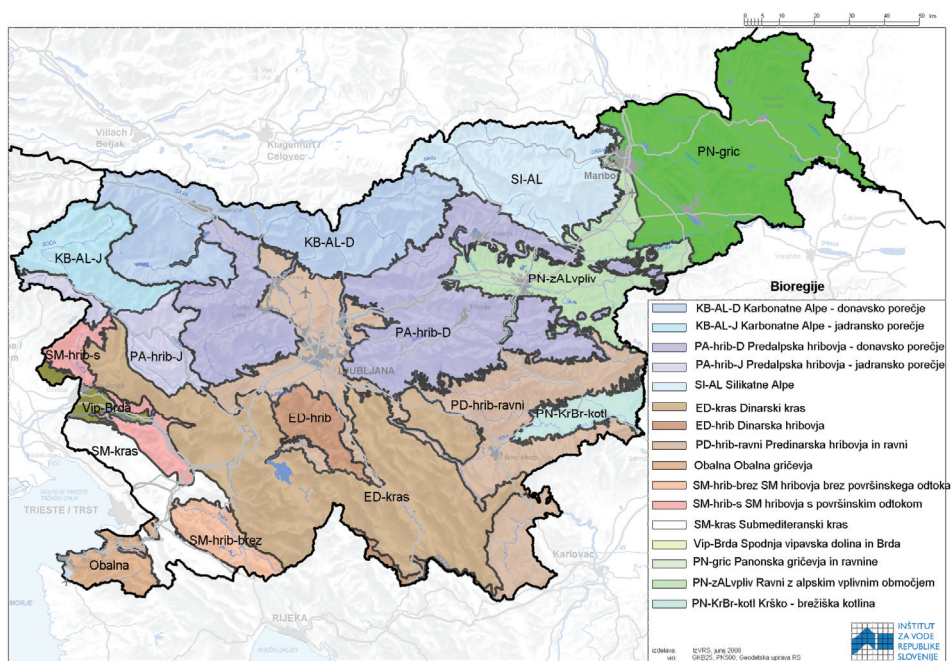
Tabela 1. Značilnosti bioregij v Sloveniji.**Table 1.** Characteristics of bioregions in Slovenia.

Št.	Hidroekoregija (Urbanč 2007)	Subhidroekoregija	Bioregija – ime	Bioregija – kratica	Razred nadm. višine - razpon	Geologija - prevladujoča
1	3 Padška nižina		3.1 Spodnja vipavska dolina in Brda	Vip-Brda	0 – 200	Fliš
2	4 Alpe	4/1 Alpe - donavsko porečje	4/1.1 Karbonatne Alpe - donavsko porečje	KB-AL-D	500 – 1900	Karbonat
3	4 Alpe	4/1 Alpe - donavsko porečje	4/1.2 Silikatne Alpe	SI-AL	300 – 1300	Silikat
4	4 Alpe	4/1 Alpe - donavsko porečje	4/1.3 Predalpska hribovja – donavsko porečje	PA-hrib-D	300 – 900	Karbonat in silikat
5	4 Alpe	4/1 Alpe - donavsko porečje	4/2.1 Karbonatne Alpe - jadransko povodje	KB-AL-J	300 – 2000	Karbonat
6	4 Alpe	4/1 Alpe - donavsko porečje	4/2.2 Predalpska hribovja - jadransko povodje	PA-hrib-J	200 – 1100	Karbonat (in silikat)
7	5 Dinaridi	5/1EvDinarska	5/1.1 Dinarski kras	ED-kras	300 – 1100	Karbonat
8	5 Dinaridi	5/1EvDinarska	5/1.2 Dinarski hribovja	ED-hrib	300 – 900	Karbonat
9	5 Dinaridi	5/1EvDinarska	5/1.3 Predinarska hribovja in ravnine	PD-hrib-ravni	100 – 500	Karbonat (in silikat)
10	5 Dinaridi	5/2 Submediteranska	5/2.1 Submediteranski kras	SM-kras	200 – 800	Karbonat
11	5 Dinaridi	5/2 Submediteranska	5/2.2 Submediteranska hribovja brez površinskega	SM-hrib-brez	400 – 700	Fliš
12	5 Dinaridi	5/2 Submediteranska	5/2.3 Submediteranska hribovja s površinskim odtokom	SM-hrib-s	0 – 600	Fliš in karbonat
13	5 Dinaridi	5/2 Submediteranska	5/2.4 Obalna gričevja	Obalna	0 – 400	Fliš
14	11 Panonska nižina		11.1 Panonska gričevja in ravnine	PN-grič	100 – 400	Silikat
15	11 Panonska nižina		11.2 Panonske ravnine z alpskim vplivnim območjem	PN-ZAlvpliv	200 – 400	Silikat (in karbonat)
16	11 Panonska nižina		11.3 Krško-brežiška kotlina	PN-KrBr-kotl	100 – 200	Silikat in karbonat

Tabela 2. Velike reke v Sloveniji

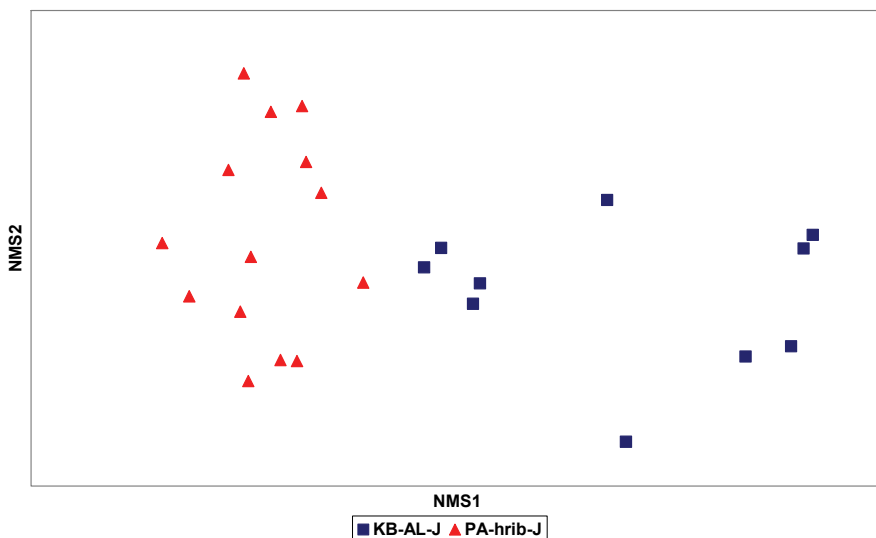
Table 2. Large rivers in Slovenia

Velika reka	Kratica
VR1 - Alpska Sava	VR_AL-Sa
VR2 - Soča	VR_So
VR3 - Dinarska Sava	VR_DN-Sa
VR4 - Ljubljana	VR_Lj
VR5 - Kolpa	VR_Ko
VR6 - Panonska Sava	VR_PN-Sa
VR7 - Krka	VR_Kk
VR8- Medalpska Drava	VR_medAL-Dr
VR9 - Mura in ravninska Drava	VR_Mu-ravDr



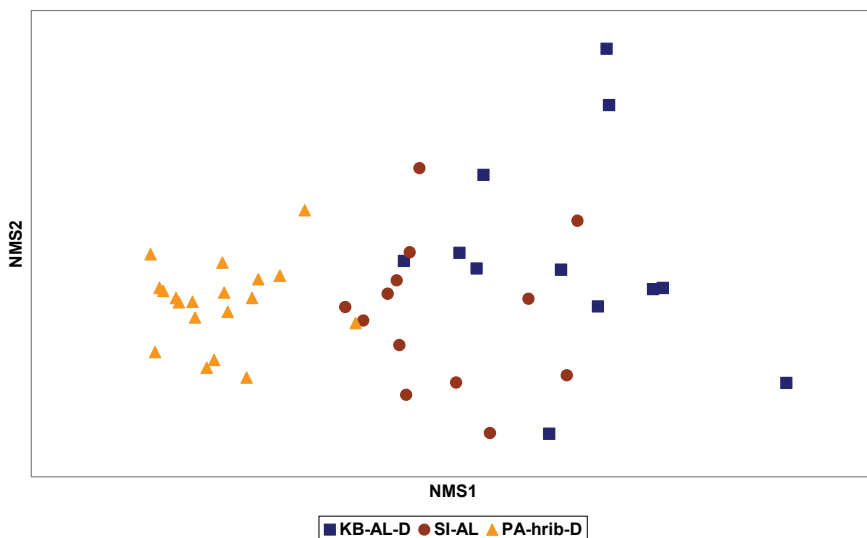
Slika 3. Bioregije celinskih voda in »velike reke« Slovenije

Figure 3. Inland water bioregions and »large rivers« of Slovenia



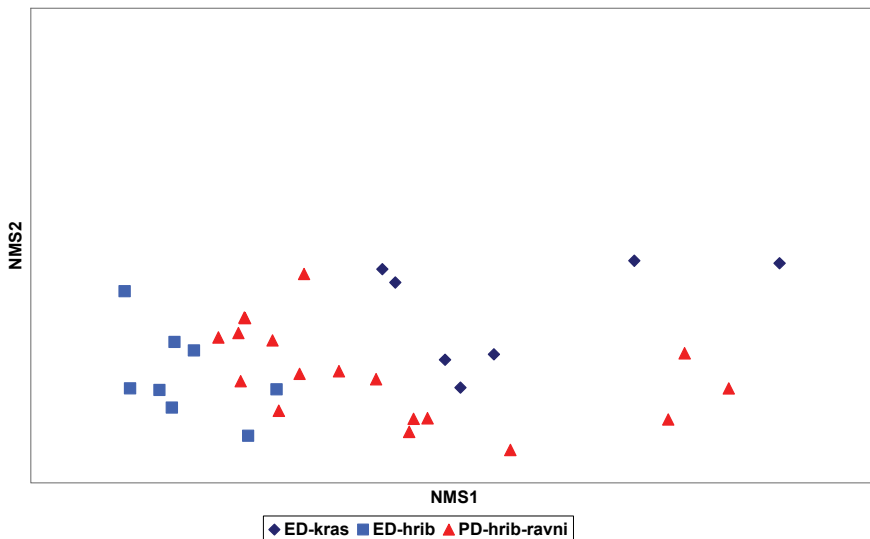
Slika 4. Ordinacijski diagram nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja vzorčnih mest na podlagi bentoških nevretenčarjev. Simboli označujejo bioregije: KB-AL-J – Karbonatne Alpe-jadransko povodje, PA-hrib-J – Predalpska hribovja-jadransko povodje. Faktor stresa (stress) = 0,12.

Figure 4. Non-metric multidimensional scaling ordination diagram of the sampling sites using benthic invertebrate data. Overlay indicates bioregions: KB-AL-J – Carbonate Alps-Adriatic river basin, PA-hrib-J – Pre-Alpine hills-Adriatic river basin. Stress = 0.12.



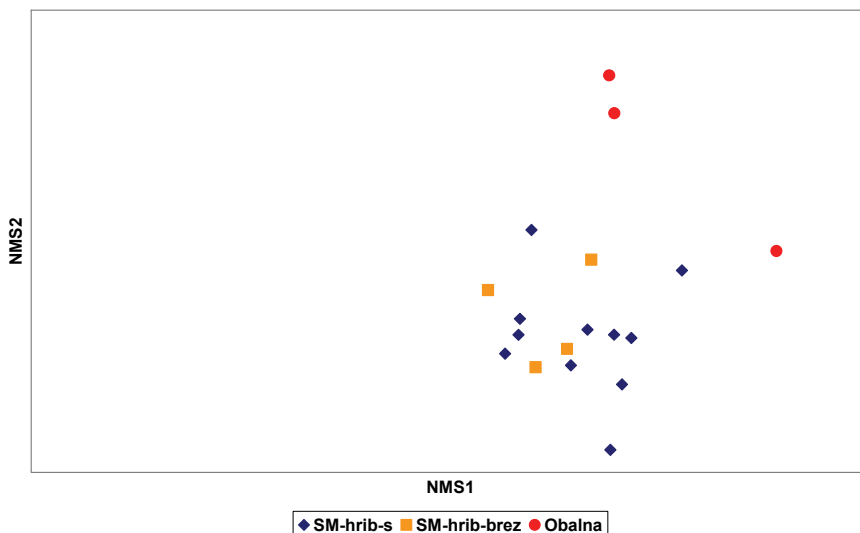
Slika 5. Ordinacijski diagram nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja vzorčnih mest na podlagi bentoških nevretenčarjev. Simboli označujejo bioregije: KB-AL-D – Karbonatne Alpe-donavsko porečje, SI-AL – Silikatne Alpe, PA-hrib-D – Predalpska hribovja-donavsko porečje. Faktor stresa (stress) = 0,13.

Figure 5. Non-metric multidimensional scaling ordination diagram of the sampling sites using benthic invertebrate data. Overlay indicates bioregions: KB-AL-D – Carbonate Alps-Danube river basin, SI-AL – Silicate Alps, PA-hrib-D – Pre-Alpine hills- Danube river basin. Stress = 0.12.



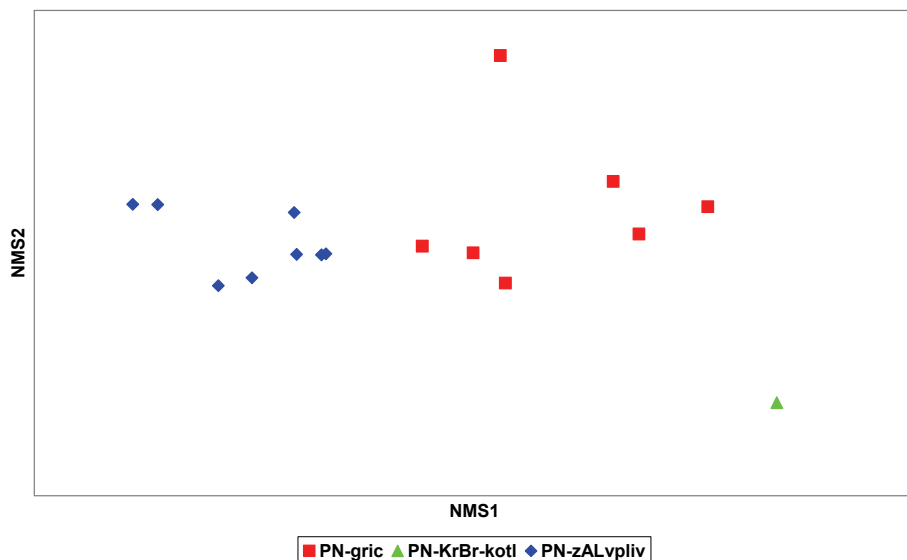
Slika 6. Ordinacijski diagram nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja vzorčnih mest na podlagi bentoških nevretenčarjev. Simboli označujejo bioregije: ED-kras – Dinarski kras, ED-hrib – Dinarski hribovja, PD-hrib-ravni – Preddinarska hribovja in ravnine. Faktor stresa (stress) = 0,12.

Figure 6. Non-metric multidimensional scaling ordination diagram of the sampling sites using benthic invertebrate data. Overlay indicates bioregions: ED-kras – Dinaric karst, ED-hrib – Dinaric hills, PD-hrib-ravni – Pre-Dinaric hills and plains. Stress = 0.12.



Slika 7. Ordinacijski diagram nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja vzorčnih mest na podlagi bentoških nevretenčarjev. Simboli označujejo bioregije: SM-hrib-s – Submediteranska hribovja s površinskim odtokom, SM-hrib-brez – Submediteranska hribovja brez površinskega odtoka, Obalna – Obalna gričevja. Faktor stresa (stress) = 0,12.

Figure 7. Non-metric multidimensional scaling ordination diagram of the sampling sites using benthic invertebrate data. Overlay indicates bioregions: SM-hrib-s – Sub-Mediterranean hills with surface outflow, SM-hrib-brez – Sub-Mediterranean hills without surface outflow, Obalna – Coastal hills. Stress = 0.12.



Slika 8. Ordinacijski diagram nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja vzorčnih mest na podlagi bentoških nevretenčarjev. Simboli označujejo bioregije: PN-gric – Panonska gričevja in ravnine, PN-KrBr-kotl – Krško-brežiška kotlina, PN-zALvpliv – Panonske ravnine z alpskim vplivnim območjem. Faktor stresa (stress) = 0,12.

Figure 8. Non-metrical multidimensional scaling ordination diagram of the sampling sites using benthic invertebrate data. Overlay indicates bioregions: PN-gric – Pannonian hills and plains, PN-KrBr-kotl – Krško-Brežice basin, PN-zALvpliv – Pannonian plains with alpine influence. Stress = 0.12.

Nekatere abiotske značilnosti (prevladujoča geološka podlaga in razpon višinskih pasov), na osnovi katerih lahko opišemo bioregije, so prikazane v Tabeli 1. Med bioregijami zbuja pozornost bioregija Dinarski kras, saj nima rek s prispevno površino $>10 \text{ km}^2$. Poleg omenjenih abiotskih razlik med bioregijami so tudi zoogeografske, ki se kažejo v življenjskih združbah. Z analizami NMS smo potrdili ustreznost členitve hidroekoregij in subhidroekoregij na bioregije (slike 4-8), saj so vzorčna mesta posameznih bioregij v različnih delih ordinacijskih diagramov.

Razprava

Tipologija je izhodišče za karakterizacijo voda in uspešno upravljanje voda v skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES). Vsaka država sama izbere pristop za karakterizacijo voda. Členitev ekoregij na manjše homogene ekološke enote je eden izmed možnih pristopov karakterizacije voda (Wasson in sod. 2002, Moog in sod. 2004). Tak pristop smo izbrali tudi mi. Hidroekoregije (Urbanič 2007, v tisku) smo dodatno členili na subhidroekoregije. S členitvijo hidroekoregij Alpe in Dinaridi smo želeli upoštevati vzorec razširjenosti, ki je značilen za vodne organizme, ki se ne morejo po naravni poti razširjati med porečji. Banarescu (1972) je ta vzorec razširjenosti pripisal površinskim (epigejskim) izvirno vodnim organizmom. Ti organizmi se po Banarescu (1972) ne razširjajo pasivno, zato območja razširjenosti ustrezajo porečjem. Tak tip razširjenosti imajo npr. ribe, višji raki, večina mehkužcev in površinski vrtinčarji (skupina Tricladida). Za te organizme so ločena porečja glavne ovire razširjanja, dodatne ovire pa so tudi znotraj porečij, saj je večina vrst vezanih na dele vodotokov s specifičnimi ekološkimi značilnostmi (Banarescu 1990). To skupino organizmov je Banarescu (1990) poimenoval tudi favna rečnih sistemov. V Sloveniji sta dve glavni porečji oz. povodji: jadransko povodje in donavsko porečje. Med obema porečjema oz. povodjema je razlika v vrstni sestavi rib (Povž in Sket 1990, Sket 2003). Razlike v ribjih združbah rek obeh porečij oz. povodij smo ugotovili tudi z našo statistično analizo (Sl. 2), in ker so ribe eden izmed bioloških elementov za vrednotenje ekološkega stanja rek (Direktiva 2000/60/ES), smo to upoštevali že v začetnih korakih tipologije rek v Sloveniji. V primeru členitve hidroekoregije Dinaridi nismo upoštevali razvodnice med jadranskim povodjem in donavskim porečjem, vendar vse reke s prispevno površino $>10 \text{ km}^2$ submediteranske subhidroekoregije tečejo v Jadransko morje, Evdinarske subhidroekoregije pa v Črno morje. Sket (2003) je predlagal, da bi morda poleg podonavskega in jadranskega območja lahko kot posebno biogeografsko enoto ločili še zaprto kraško vodovje. V naši členitvi smo velik del »zaprtih« kraških površinskih voda na podlagi podobnosti združb bentoških nevretenčarjev uvrstili v bioregijo Dinarski kras, ki pa vključuje le del kraškega območja jadranskega povodja, vendar brez površinskih rek s prispevno površino $>10 \text{ km}^2$. Preostali del zaprtega kraškega območja jadranskega povodja smo razdelili v dve bioregiji. V bioregiji Submediteranski kras ni površinskih rek s prispevno površino $>10 \text{ km}^2$ in ima karbonatno podlago (apnenci in dolomiti), medtem ko ima bioregija Submediteranska hribovja brez površinskega odtoka prevladujočo flišno geološko podlago. Posebnost v členitvi je tudi otok v bioregiji Obalna gričevja, ki ga sestavlja sladkovodni del reke Rižane. Reka Rižana je po združbi bentoških nevretenčarjev bolj podobna rekam bioregije Submediteranska hribovja s površinskim odtokom kot bioregiji Obalna gričevja. Vzrok je v značilnostih močnega kraškega izvira z vse leto relativno nizko temperaturo vode in s posebnimi hidrološkimi

značilnostmi, ki pomembno vplivajo na bentoške organizme (Urbanič 2004, Urbanič in Toman 2006, 2007). Za obe bioregiji submediteranskih hribovij nismo ugotovili razlik v združbah, saj se vzorčna mesta obeh bioregij na ordinacijskem diagramu prepletajo (Sl. 7). Dve bioregiji smo določili zaradi dejstva, da površinska nepovezanost reke z morjem ali jezerom vpliva na tamkajšnji obstoj oz. neobstoj migratornih vrst rib (npr. jegulja - *Anguilla anguilla*) in s tem vpliva na ribje združbe. V hidroekoregiji Panonska nižina smo določili tri bioregije. Reke bioregije Panonske ravnine z alpskim vplivnim območjem imajo povirja v hidroekoregiji Alpe. Alpski vpliv se kaže predvsem v temperaturi vode in hidroloških značilnostih, ki so najpomembnejši dejavniki, ki vplivajo na razporeditev bentoških organizmov in rib (Illies & Botosaneanu 1963, Statzner & Higler 1986, Urbanič in Toman 2007). V bioregiji »Panonska gričevja« večina rek izvira v gričevnatem in ravninskem delu pod 400 m n.v., ali pa so reke že tako oddaljene od povirij v hidroekoregiji Alpe, da se alpski vpliv ne kaže več na združbah organizmov. Reke bioregije »Krško-brežiška kotlina« imajo povirja v hidroekoregiji Dinaridi, kar se kaže tudi v združbah.

Pri preverjanju ustreznosti tipologije velikih rek z biološkimi podatki smo imeli na voljo zelo malo bioloških podatkov z referenčnih mest, t.j. mest, kjer je vpliv človekovega delovanja zelo majhen (Vodna direktiva 2000/60/ES), saj je večina velikih rek močno spremenjenih in današnje združbe ne ustrezajo referenčnim razmeram. V močno spremenjenih rekah najdemo le zelo tolerantne taksone, ki so splošno razširjeni, zato ne moremo pričakovati, da bomo ugotovili razlike v združbah med različnimi tipi rek. Kljub temu smo za nekatere velike reke imeli na voljo posamične historične podatke in smo jih uporabili pri določitvi tipov.

Summary

Characterization of surface waters is the first step in the implementation of the Water Framework Directive. Typology of surface waters can be performed using two main approach systems, A or B. In Slovenia, the system B is used, and one of the river type descriptors is also inland water ecoregion-hydroecoregion. In this work we performed further division of inland water ecoregions in Slovenia. Initially, a priori approach was used dividing hydroecoregions using different thematic maps, e.g. geology, river regimes, landscape regions, karst areas, slopes, elevation classes, catchment areas. The a priori analysis was followed by statistical analyses using biological data. Historical fish data and benthic invertebrate data collected at reference and slightly impacted sites were used. An ordination method of non-metric multidimensional scaling was performed to test the a priori classification of sampling sites. Following the two main river basins in Slovenia, the Danube river basin and the Adriatic river basin, the Alps and Dinarids hydroecoregions were each divided in two subhydroecoregions.

The Alps hydroecoregion was divided into the Alps-Danube river basin and the Alps-Adriatic river basin, whereas the Dinarids hydroecoregion was divided into the Eudinaric and the Sub-Mediterranean subhydroecoregions. The appropriateness of the division was supported by the statistical analyses, which revealed that reference fish communities differ in both main river basins. In addition, hydroecoregions and subhydroecoregions were divided into 16 bioregions and 9 types of large rivers. In the Dinarids hydroecoregion, seven bioregions were defined, three in the Eudinaric subhydroecoregion and four in the Sub-Mediterranean subhydroecoregion. In the Sub-Mediterranean subhydroecoregion, no major difference was found in benthic invertebrate communities between the bioregions Sub-Mediterranean hills with surface outflow and Sub-Mediterranean hills without surface outflow. However, surface connectivity to the coastal waters influences fish communities (e.g. presence of *Anguilla anguilla*) and therefore two bioregions were delineated. The Sub-Mediterranean Karst bioregion has no surface waters with a catchment area $>10 \text{ km}^2$. In the Eudinaric subhydroecoregion, the Dinaric Karst bioregion is characterised by the absence of surface outflow, whereas Dinaric hills have the highest altitude classes in this hydroecoregion. In the Alps hydroecoregion, five bioregions were delineated. Three are in the Alps-Danube river basin subhydroecoregion and two in the Alps-Adriatic river basin subhydroecoregion. The main abiotic differentiation is in the dominant geology and maximum altitude classes, which are lower in the pre-Alpine bioregions. In the Pannonian lowland hydroecoregion, three bioregions were delineated. The main difference in the abiotic characterisation of the bioregions is the catchment areas. In the bioregions Pannonian plains with alpine influence, Krško-Brežice basin and Pannonian hills, most headwaters are located in the Alps hydroecoregion, Dinarids hydroecoregion and Pannonian lowlands hydroecoregion, respectively. Moreover, there is also a difference in dominant geology. The Po lowland hydroecoregion was not further divided and has only one bioregion in Slovenia.

Zahvala

Zahvaljujem se vsem kolegom, ki so sodelovali pri obdelavi bentoških nevretenčarjev, in mag. Gregorju Sluga za kartografsko podporo.

Viri

- Banarescu P. (1972): Types of distributions among freshwater animals. Rev. Roum. Boil. – Zool. 17: 23–30.
- Banarescu P. (1990). Zoogeography of freshwaters. Vol. 1. General distribution and dispersal of Freshwater Animals. Wiesbaden, Aula Verlag, 511 str.
- Barbour M.T., Gerritsen J., Snyder B.D., Stribling J.B. (1999): Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second

Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C. <http://www.epa.gov/OWOW/monitoring/techmon.html>

Direktiva 2000/60/ES evropskega parlamenta in sveta z dne 23. oktobra 2000, Bruselj, 72 str.

Franke J. (1892): Die Gewässer in Krain und ihre nutzbare Fauna, Ljubljana.

Gabrovec s sod. (1998): Nova regionalizacija Slovenije. V: Perko D., Orožen-Adamič M. (ur.), Slovenija - Pokrajine in ljudje. Mladinska knjiga, Ljubljana, 735 str.

Illies J. (1978): Limnofauna Europaea. 2. Auflage. Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, New York, 532 str.

Kolbezen M., Pristov J. (ur.) (1998): Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod Slovenije, Ljubljana, 98 str.

Moog O., Schmidt-Kloiber A., Offenböck T., Gerritsen J. (2004): Does the ecoregion approach support the typological demands of the EU »Water Framework Directive«? Hydrobiologia 516: 21-33.

Podani J. (2000): Introduction to the exploration of multivariate biological data. – Backhuys Publishers, Leiden, 497 str.

Povž M., Sket B. (1990): Ribe Slovenije. Mladinska knjiga, Ljubljana, 93 str.

Sket B. (2003): Oblikuje se današnje živalstvo. V: Sket B., Gogala M., Kuštor V. (ur.), Živalstvo Slovenije. Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, str. 41–55.

Šmilauer P. (2003): WinKyst 1.0 User's Guide. Microcomputer Power, České Budějovice.

Urbanič G. (2005a): Hidroekoregije Slovenije. V: Urbanič G. (ur.), Ekološko stanje za reke in jezera, poročilo o delu v letu 2005. Inštitut za vode Republike Slovenije, Ljubljana, str. 6-10.

Urbanič G. (2005b): Tipske regije tekočih voda Slovenije. V: Urbanič G. (ur.), Ekološko stanje za reke in jezera. Poročilo o delu v letu 2005. Inštitut za vode Republike Slovenije, Ljubljana, str. 11-14.

Urbanič G. (2006): Dopolnitve v razmejitvi hidroekoregij in bioregije celinskih voda Slovenije. V: Urbanič, G. (ur.), Dodelava tipizacije za reke in jezera. Poročilo o delu v letu 2006. Inštitut za vode RS, Ljubljana, str. 12-19.

Urbanič G. (2007): Ekoregije celinskih voda – hidroekoregije v Sloveniji; dopolnitve v razmejitvi. V: Urbanič G. (ur.), Dopolnitev tipologije. Poročilo o delu v letu 2007. Inštitut za vode RS, Ljubljana, str. 4-8.

Urbanič G. (v tisku): Redelineation of European Inland water Ecoregions in Slovenia. Review of Aquatic Biology.

Urbanič G., Ambrožič Š., Tavzes B., Weldt S. (2006): Vzorčenje in obdelava 10 vzorcev bentoških nevretenčarjev nabranih v velikih rekah (po Urbanič 2005) za določanje ekološkega stanja vodotokov v Sloveniji in sočasne meritve izbranih splošnih fizikalno-kemijskih parametrov: končno poročilo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, 24 str.

Urbanič G., Ambrožič Š., Tavzes B., Pavlin M., Sever M., Weldt S. (2007): Analiza vzorcev bentoloških nevretenčarjev za določanje ekološkega stanja rek v skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES): končno poročilo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, 108 str.

- Urbanič G., Tavzes B., Toman M.J., Ambrožič Š., Hodnik V., Zdešar K., Sever M. (2005): Priprava metodologij vzorčenja ter laboratorijske obdelave vzorcev bentoških nevretenčarjev (zoobentosa) nabranih v vodotokih in obdelava 70 vzorcev bentoških nevretenčarjev. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, 38 str.
- Wasson J.G., Chandesris A., Pella H. (2002): Définition des hydro-écorégions de France métropolitaine. Approche régionale de typologie des eaux courantes et éléments pour la définition des peuplements de référence d'invertébrés. Technical report, Cemagref Lyon BEA/LHQ, 190 str.

Razširjenost kremenastih alg v izviri na območju Julijskih Alp (SZ Slovenija)

Tanja MENEGALIJA¹ & Gorazd KOSI²

¹ Triglavski narodni park, Ljubljanska c. 27, SI-4260 Bled; E-mail: tanja.menegalija@tnp.gov.si

² Nacionalni inštitut za biologijo, Večna pot 111, SI-1000 Ljubljana; E-mail: gorazd.kosi@nib.si

Izvleček. Od maja do oktobra 1999 smo v dvomesečnih presledkih vzorčili kremenaste alge v 16 kraških izviri na območju Julijskih Alp (Slovenija). Za raziskave sezonskih sprememb v združbi kremenastih alg smo v štirih izviri vzorčili enkrat mesečno. Za vzorčenje smo uporabili metodo strganja alg s površine kamnov. Na vseh vzorčnih mestih smo izmerili tudi fizikalne in kemijske parametre. Glavni namen naloge je bila kvalitativna ocena združb kremenastih alg. V izviri smo skupno določili 60 vrst. V združbah kremenastih alg so se pokazale nekatere podobnosti z izviri in potoki na različnih geografskih območjih. V večini vzorcev je najvišjo relativno pogostost dosegla vrsta *Achnanthes minutissima*. Pojavljale so se tudi vrste, značilne za izvire (krenofilne), skupaj z redkimi in ogroženimi vrstami. S klastersko analizo, ki je temeljila na združbah kremenastih alg, smo določili pet skupin izvirov. Hitrost vodnega toka in občasne presahnitve izvira sta dejavnika, ki sta najbolj vplivala na razvoj združbe kremenastih alg v izbranih izviri. V nekaterih izviri sta na združbo kremenastih alg vplivali tudi zasenčenost izvira ter trdota vode. Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks je bil najvišji v stalnih izviri.

Ključne besede: kremenaste alge, perifiton, izviri, Julijske Alpe

Abstract. DISTRIBUTION OF DIATOMS IN SPRINGS IN THE JULIAN ALPS (NW SLOVENIA) - In the Julian Alps (Slovenia), the diatom communities of 16 mountain springs were studied between May and October 1999. Four of them were sampled monthly for a more detailed investigation of seasonal changes in community structure. The sampling was performed by scraping of the rock surface. In all sampling stations, physical and chemical parameters were measured. The purpose of the work was qualitative assessment of the diatom communities. The diatom flora of these springs consisted of 60 diatom taxa and showed similarities with springs and headwater stream diatom communities from different geographic areas. *Achnanthes minutissima* reached the highest relative abundance in most of the samples. Characteristic spring taxa (krenophiles) were present, but also included subdominant and rare taxa. Five different spring types were identified, with respect to diatom assemblages, using cluster analysis. Current velocity and periodical dryness in a spring appeared to be the dominant environmental factor affecting diatom distribution in selected karst springs. In some springs, however, peculiar environmental factors (dim light, ionic strength) affected the structure of diatom assemblages. The Shannon-Wiener diversity index was the highest in permanent springs.

Keywords: diatoms, periphyton, springs, Julian Alps

Uvod

Na območju Julijskih Alp so številni večji in manjši kraški izviri. Zaradi kraškega zaledja je njihovo zlivno območje precej nedoločeno. Številni med njimi imajo zaledje visoko v gorah, od koder se vode po podzemnih špranjah, razpokah in tudi večjih kanalih stekajo v izvire. Izviri so večinoma v dolinah, pod večjimi zakraselimi in golimi visokogorskimi planotami (Komna, Kriški podi,...) ali pa pod nekoliko nižjimi in z gostim iglastim gozdom poraščenimi planotami (Jelovica, Mežakla, Uskovnica,...) (Brancelj et al. 1995).

Z biološkega stališča imajo izviri več vlog. So posredniki med podzemeljskim svetom brez svetlobe in osvetljenim svetom površinskih voda, in obratno. Mnogi današnji prebivalci podzemlja so našli pot v podzemlje prav skozi izvire. Druga vloga izvirov je stik med kopnim in vodo. Pri vsakem izviru je vsaj neposredna okolica izvira vedno vlažna. Tu najdemo rastline in živali, ki uspevajo dobro le v vedno vlažni zemlji. V helokrenih izvirih je preplet kopnih in vodnih organizmov tako popoln, da je včasih težko ločiti med kopnim in vodo. Izviri so tudi most med preteklostjo in sedanjostjo. V izvirih so našli primerno življenjsko okolje organizmi, ki niso prenesli ohlajevanja ob nastopu zadnje ledene dobe, in organizmi, ki niso prenesli ogrevanja vode, ko se je ledena doba končala. Izviri so tudi zatočišča za vrste, ki potrebujejo stabilne razmere v okolju in razmeroma čisto vodo. Z vidika ohranjanja biotske raznovrstnosti je torej vloga izvirov neprecenljiva. V izvirih je voda še vedno dokaj čista, vendar so zaradi svoje prostorske omejenosti izviri zelo ranljivi življenjski prostori. Občutljivi so za različne motnje iz okolja, kot so: odvzem vode, odstranitev okoliške vegetacije, teptanje živine in vnos hranil (Cantonati et al. 2006).

Kremenaste alge so najpomembnejša komponenta mikroflore v gorskih izvirih (Cantonati 1998). Nekatere zelo pogoste in razširjene vrste (*Achnanthes lanceolata*, *Diatoma mesodon*, *Meridion circulare*) so skupne izvirom in potokom na različnih geografskih območjih (Cantonati 1998). Podobnosti med gorskimi in nižinskimi izviri so zelo velike (*Achnanthes lanceolata*, *Cocconeis placentula* in *Eunotia exigua* so ene izmed prevladujočih vrst) (Warncke 1980). V izvirih na kremenasti podlagi živijo kremenaste alge z borealno-alpsko razširjenostjo, v tistih na karbonatni podlagi pa predvsem kozmopolitske vrste. Združbe kremenastih alg hitro tekočih izvirov so podobne združbam kremenastih alg v gorskih potokih z mnogimi reofilnimi vrstami (Cantonati 1998). Za počasi tekoče izvire so značilne drugačne združbe kremenastih alg kot v hitro tekočih izvirih (Sabater & Roca 1990). Izviri so pogosto oligotrofni življenjski prostori, katerih raziskanost je neprimerno manjša od bolj obremenjenih biotopov (Cantonati 1998). V izvirih so pogoste subdominantne in redke vrste (Sabater & Roca 1990). Kremenaste

alge so zelo natančni kazalci organskega obremenjevanja vode (Lange-Bertalot 1978) ter zakisovanja (Van Dam et al. 1993).

Glede na to, da so v Sloveniji kremenaste alge v izviri slabše raziskane, je bil glavni namen naloge določiti vrstno sestavo združb kremenastih alg, ki živijo v izbranih šestnajstih izviri na območju Julijskih Alp. Naslednji namen naloge je bil ugotoviti, kateri dejavniki okolja v posameznem izviru določajo in usmerjajo razvoj združb kremenastih alg.

Območje raziskave

Izbrana vzorčna mesta oziroma izviri so razporejeni po vseh glavnih dolinah na območju Julijskih Alp (Sl. 1). Večina leži na nenaseljenih ali manj naseljenih območjih. Enajst izvirov leži v povirju reke Save, pet v povirju reke Soče. Na severnem delu Julijskih Alp smo izvire izbrali v dolinah Vrata (izvir št. 1), Krma (izvir št. 2) in Radovna (izviri št. 3, 4, 5, 6). Na jugozahodnem predelu so izviri v dolini Save Bohinjke (izvira št. 7, 8), v dolini Voje (izvira št. 9, 10) in ob Bohinjskem jezeru (izvir št. 11). Izbrani izviri na zahodnem delu ležijo v dolini Tolminke (izvir št. 12), v Trenti (izvira št. 14, 15) in v Zadnjici (izvir št. 16). Izvir št. 13 je nad dolino Soče pri naselju Drežniške Ravne. Izbrani izviri ležijo večinoma v gozdu, na nadmorskih višinah od 410 do 955 m. Podlaga je karbonatna. Devet izvirov je stalnih z bolj ali manj počasnim tokom vode (izviri št. 1, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 15), drugi pa v sušnih mesecih presahnejo (izvira št. 4, 14) ali pa se mesto iztoka vode pomakne po strugi navzdol (izviri št. 2, 3, 7, 12, 16). Večina izvirov je reokrenih. To je tudi najpogostejši tip izvira v Alpah (Di Sabatino s sod. 1997). Vključili pa smo tudi limnokreni (izvir št. 9) in reokreni hidropetrični izvir (izvir št. 13). Vsi izviri so naravni, z izjemo enega (izvir št. 2), kjer se del vode zbira v betonskem zbiralniku.



Slika1. Zemljevid Slovenije z označenimi vzorčnimi mesti (SZ Slovenija) (1 = Vrata 2 = Krma, 3 = Frčkov rovt, 4 = Zatrej, 5 = Lipnik, 6 = Črna rečica, 7 = Soteska, 8 = Nomenj, 9 = Kropa, 10 = Voje 11 = pri Boh. jezeru, 12 = Tolminka, 13 = Tresli, 14 = Kršovec, 15 = Roja, 16 = Krajcarica)

Figure1. Map of Slovenia with marked sampling sites (NW Slovenia) (1 = Vrata, 2 = Krma, 3 = Frčkov rovt, 4 = Zatrej, 5 = Lipnik, 6 = Črna rečica, 7 = Soteska, 8 = Nomenj, 9 = Kropa, 10 = Voje, 11 = at the lake Bohinj, 12 = Tolminka, 13 = Tresli, 14 = Kršovec, 15 = Roja, 16 = Krajcarica)

Metode in materiali

Od maja do oktobra 1999 smo vzorčili kremenaste alge v šestnajstih izviri na območju Julijskih Alp. Vzorčenje je potekalo v enomesečnih presledkih v štirih izviri (Roja, izvir pri Peričniku, Črna rečica, izvir pri ribogojnici ob Bohinjskem jezeru), v dvomesečnih presledkih pa na preostalih dvanajstih izviri (maj, julij, september).

Vzorčili smo po metodi nabiranja in strganja kamnov. Tri do štiri kamne, velikostnega razreda od pet do deset centimetrov, smo nabrali v kadico, jih temeljito ostrgali s krtačko in sprali z vodo iz izvira. Vsebine kadice smo prelili v manjšo plastenko, dodali 36,5% formalin v razmerju ena proti devet ter plastenko opremili s podatki (kraj in čas nabiranja). V laboratoriju smo vzorce kremenastih alg pripravili za mikroskopiranje s koncentrirano HNO_3 (A.P.H.A. 1992).

Alge smo določevali in šteli pod svetlobnim mikroskopom (fazni kontrast) pri $1000\times$ povečavi. V vsakem vzorcu smo določili 500 lupinic za vsako vrsto kremenaste alge. Iz dobljenih podatkov smo izračunali relativno pogostost. Kremenaste alge smo določili po ključih: Krammer in Lange-Bertalot (1986) ter Vrhovšek (1985).

V vsakem vzorcu smo določili relativno pogostost posamezne vrste, Shannon-Wienerjev indeks vrstne diverzitete, podobnost oziroma različnost združb med posameznimi vzorci in vzorčnimi mesti smo prikazali z multivariatno klustersko analizo na osnovi Bray-Curtisovega koeficienta različnosti (Clarke in Warwick 1990).

Meseca maja smo na vseh šestnajstih izviri izmerili tudi vsebnost kisika v vodi (mg l^{-1}), nasičenost s kisikom (%), prevodnost (μScm^{-1}) ter pH vrednost. V nadaljnjih vzorčenjih naštetih parametrov nismo več merili.

Temperaturo vode smo merili pri vsakem vzorčenju. Za kemijske analize pa smo odvzeli vzorce v litrskih plastenkah in jih v roku 24 ur analizirali na Nacionalnem inštitutu za biologijo v Ljubljani, kjer smo določili naslednje parametre: $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, tot. N, PO_4^{3-} , tot. P, KPK, SO_4^{2-} , SiO_2 , kalcij, alkaliteta, pH, prevodnost. Vse kemijske analize so bile opravljene po standardnih metodah (A.P.H.A. 1992).

Rezultati in diskusija

Fizikalni in kemijski dejavniki

Vsi izviri, ki smo jih raziskovali, so kraški, vendar med njimi obstajajo razlike. Najbolj so se razlikovali pretoki. V izviri, kjer je podzemeljsko pretakanje vode enostavno, pretok vode po padavinah hitro naraste in upade, nekateri izviri pa kažejo manjšo odvisnost od padavin.

Značilna termična stabilnost za izvire se je pokazala tudi v naši raziskavi (Tab. 1). Nekoliko večje temperaturne razlike so lahko posledica majhne vodnatosti in izpostavljenosti soncu. Pravilo, da se z večanjem nadmorske višine temperatura vode v izviri znižuje, v našem primeru ne drži. Vzrok je zbirno območje visoko v gorah. Zato se tudi temperature razlikujejo od povprečne letne temperature kraja. V dolini Soče so letne temperature zraka zaradi mediteranskih vplivov (Melik 1950) za nekaj stopinj višje od temperature vode v izviri.

Meritve kisika, ki smo jih opravili v posameznih izviri, so bile enkratne, zato so podatki zgolj okvirni (Tab. 1). Teh podatkov, ki kažejo na dobre kisikove razmere v izviri, ne moremo posploševati. Verjetno bi bile razmere nekoliko slabše v jesenskih mesecih, ko je razgradnja organskih snovi največja, ter v poletnih mesecih, ko so pretoki vode najnižji. Vendar pa je za kraške izvire značilno, da se voda v podzemeljskih prostorih dobro premeša in obogati s kisikom. Visoke vrednosti kisika so lahko tudi posledica sončne lege izvirov. Na sončnih mestih je primarna produkcija perifitona visoka, kar pa tudi poveča vsebnosti kisika, vendar le podnevi.

Izmerjene vrednosti električne prevodnosti (Tab. 2) so bile visoke ($150 - 438 \mu\text{Scm}^{-1}$), kar je značilno za karbonatno podlago. Nekoliko nižje so bile vrednosti v izviri (Roja, Krajcarica), kjer je zadrževalni čas vode v podzemlju kratek. Septembrsko in oktobrsko povečanje prevodnosti je verjetno posledica razgradnje alohtonih organskih snovi (odpadlo listje).

Vrednosti pH (Tab. 2) v izbranih izviri so zelo malo nihale ($7,5 - 8,1$), kar kaže na veliko pufrsko kapaciteto raziskovanih voda. Nekoliko višje vrednosti so lahko posledica onesnaženja ali povečane primarne produkcije perifitona. Vrednosti alkalitete so nekoliko nižje v izviri, kjer se voda po podzemlju hitro pretaka (Roja, Krajcarica, Tolminka). Zaradi kratkega zadrževalnega časa se raztopi manj apnenca.

Izviri so oligotrofni življenjski prostori, z nižjimi koncentracijami hranil (Sabater & Roca 1990). To je značilno tudi za raziskovane izvire. Količine nitratnih ionov (Tab. 2) v izbranih izviri so bile razmeroma nizke, kar kaže, da je zbirno območje še dokaj neobremenjeno z dušikovimi spojinami. Nekoliko višje vrednosti nitratnih ionov v izviru v Soteski ($4 - 4,8 \text{ mg l}^{-1}$) so lahko posledica turizma in pašništva na Jelovici. Količina fosforja v vodotokih je odvisna od prispevnega področja in od izpiranja s kopnega. V neonesnaženih vodah je okoli $10 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ortofosforja in približno $25 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ skupnega fosforja (Newbold 1992). Vsebnosti ortofosforja skupnega fosforja, izmerjene v preiskovanih izviri, so bile le na nekaterih mestih nekoliko povišane (Tab. 2), kar lahko pripišemo odsotnosti primarnih proizvajalcev v podzemlju ali izpiranju kopnega ob padavinah.

Tabela 1. Vrednosti fizikalnih parametrov v 16 kraških izviri na območju Julijskih Alp, izmerjenih od maja do septembra 1999 (tip izvira: R = reokreni, L = limnokreni, Hr = higropetrični reokreni, povprečna hitrost vodnega toka: 1 = $<0,1 \text{ ms}^{-1}$; 2 = $0,1 - 0,3 \text{ ms}^{-1}$; 3 = $0,3 - 0,6 \text{ ms}^{-1}$; 4 = $>0,6 \text{ ms}^{-1}$)

Table 1. Values of physical parameters in 16 karst springs in the Julian Alps measured from May to September 1999 (spring type: R = rheocene, L = limnocrene, Hr = hydropetric rheocene; mean flow rate: 1 = $<0.1 \text{ ms}^{-1}$; 2 = $0.1 - 0.3 \text{ ms}^{-1}$; 3 = $0.3 - 0.6 \text{ ms}^{-1}$; 4 = $>0.6 \text{ ms}^{-1}$)

	Nadm. višina [m]	Tip izvira	Povprečna hitrost vodnega toka	Temp. [°C]	O ₂ [mg l ⁻¹]	Nasičenost [%]
1 – Vrata	730	R	2	5,8 - 5,9	14,5	129
2 – Krma	955	R	1	5,8 - 6,9	10,8	97
3 – Frčkov rovt	690	R	1	7,8 - 9,5	13,7	125
4 – Zatrep	660	R	4	6,1 - 6,6	-	-
5 – Lipnik	650	R	4	6,7 - 7,1	15,4	136
6 – Črna rečica	650	R	3	7,6 - 7,9	11,2	103
7 – Soteska	550	R	2	6,5 - 6,6	14	128
8 – Nomenj	620	R	2	8,2 - 8,5	14	128
9 – Kropa	700	L	2	6,8 - 6,9	12,3	125
10 – Voje	685	R	2	6,7 - 6,9	14,5	130
11 – pri Boh. jezeru	530	R	2	8,1 - 8,5	12,2	126
12 – Tolminka	690	R	2	5,6 - 5,7	-	-
13 – Tresli	620	Hr	1	14,1 - 16,0	14,2	146
14 – Kršovec	410	R	1	7,6 - 8,2	13,1	124
15 – Roja	480	R	4	6,0 - 6,5	12,7	117
16 – Krajcarica	720	R	2	5,4 - 5,9	11,9	110

Tabela 2. Vrednosti kemijskih in fizikalnih parametrov v 16 kraških izvirih na območju Julijskih Alp, izmerjenih od maja do septembra 1999.**Table 2.** Values of chemical and physical parameters in 16 karst springs in the Julian Alps measured from May to September 1999.

	pH	Prevod- nost [μScm^{-1}]	Alka- liteta [$\mu\text{eqv l}^{-1}$]	Ca [mg l^{-1}]	NO_3^- [mg l^{-1}]	Tot. N [mg l^{-1}]	Orto P [$\mu\text{g l}^{-1}$]	Tot. P [$\mu\text{g l}^{-1}$]
1 – Vrata	7,8-8,2	189-257	1743-1896	25-31	0,8-2,1	1,4-1,8	2,7-18,9	11-42
2 – Krma	7,5-8,1	213-278	2002-2179	30-36	1,6-2,4	1,5-1,7	0,2-4,4	11-15
3 – Frčkov rovt	7,4-8	304-416	2755-3226	46-51	3,4-3,2	1,6-2	3,8-5,6	7-15
4 – Zatrep	7,4-8	223-328	2096-2532	38-41	0,8-2	1,5-1,6	6,5-8	10-34
5 – Lipnik	7,6-7,9	259-352	2300-2811	46-51	1,1-2,5	1,5-1,6	2,9-59,3	10-19
6 – Črna rečica	7,5-8	296-405	2520-3176	46-51	0,9-3,1	1,5-2	3,6-11	5-50
7 – Soteska	7,6-8	225-322	2029-2438	36-45	4-4,8	1,9-2,2	1,3-51,1	14-147
8 – Nomenj	7,8-7,9	279-350	2809-2824	44-49	2-2,2	1,5-1,7	4	8-30
9 – Kropa	7,5-7,8	275-359	2614-2827	48-54	1,4-2,1	1,5-1,7	3,4-5,6	10-42
10 – Voje	7,7-8	197-256	1876-2230	31-42	1-1,4	1,4-1,7	3,6-5,1	5-39
11 – pri Boh. jezeru	7,5-8	242-323	2329-2764	38-46	1,1-1,6	1,2-3,1	3,3-4,5	7-52
12 – Tolminka	7,8-8,1	150-239	1484-1760	21-29	2,1-3,7	1,6-2	0,4-8,9	10-20
13 – Tresli	7,7-8,1	342-438	3403-3754	60-69	0,2-0,9	1,1-1,6	0,4-8,7	9-35
14 – Kršovec	7,8-8	224-290	2070-2118	41-44	2,3-2,9	1,7-1,8	7,4	22-23
15 – Roja	7,7-8,1	162-228	1578-1712	25-33	1,8-2,1	1,3-2	4,4-25	8-48
16 – Krajcarica	7,9-8,1	162-236	1473-1889	26-28	1,1-2,3	1,4-1,7	3,3-7,3	7-16

Biološki dejavniki

Skupno smo v 16 izvirih določili 60 vrst kremenastih alg (Tab. 3). Enajst vrst je bilo prvič najdenih na območju Slovenije (baza podatkov NIB, DABA). Največ vrst je bilo zabeleženih v sončnem izviru (Tresli, 26 vrst), manj v senčnih izvirih (Črna rečica, 7 vrst) ter v izvirih, kjer je bilo nihanje pretoka veliko (Krajcarica, 7 vrst). Najbolj so bile pogoste vrste iz rodu *Achnanthes*, ki predstavljajo tudi prvo stopnjo v razvoju perifitonske združbe na poti do klimaksa (Rott 1991), ter vrste iz rodov *Cymbella*, *Gomphonema* in *Navicula*. V vrstni sestavi alg v preiskovanih izvirih se kažejo nekatere podobnosti z izviri v Italiji (Cantonati 1998) na karbonatni podlagi. Najbolj značilna vrsta izvirov v Italiji *Achnanthes minutissima* (Cantonati 1998) je bila tudi pri nas najpogostejša. Raziskave so pokazale, da v izvirih s hitrejšim tokom prevladujejo majhne vrste iz rodu *Achnanthes* in *Navicula*, ki se pritrujejo plosko na podlago, značilna pa je odsotnost vrst, ki se na podlago pritrujejo s peclji (*Gomphonema*, *Cymbella*) (Stevenson et al. 1996). Hitrosti vodnega toka so le v treh preiskovanih izvirih presegale $0,6 \text{ ms}^{-1}$ (tab. 1). Najvišja je bila izmerjena v izviru Roja, kjer se pojavlja vrsta *Diatoma vulgaris*, ki

je značilna za vodotoke, kjer hitrosti presegajo $0,3 \text{ ms}^{-1}$. V izviri s počasnim tokom vode so se pojavljale epipelične alge iz rodov *Nitzschia*, *Caloneis*, *Gyrosigma* (Round 1981).

V preiskovanih izviri so bile zelo pogoste majhne vrste iz rodu *Navicula*. Prednost majhnih vrst je v tem, da niso tako izpostavljene toku, kar je v izviri s hitro tekočo vodo velika prednost. Vrste rodu *Gomphonema* so prevladovali v izviri s počasnim tokom vode (Vrata, Tresli, Kropa). Te vrste se zaradi pritrdjevanja s peclji dvignejo nekoliko nad podlago, zato jim počasen tok vode ustreza. V literaturi omenjena združba *Diatoma-Meridion*, značilna za potoke in izvire na krasu (Margalef 1949), v nobenem izviru ni bila razločno razvita. Vrsta *Meridion circulare* je bila bolj pogosta v dveh izviri (Soteska, Kršovec), vendar nikoli skupaj z vrstami iz rodu *Diatoma*. Vrsta *Achnanthes biasolletiana*, ki je bila značilna za nekaj izvirov v Italiji (Cantonati 1998), je tudi pri nas vsaj v treh izviri pogosta (Vrata, Nomenj, Voje). Zabeleženih je bilo veliko vrst (30% od vseh določenih), ki so značilne samo za čiste vode, pojavljale pa so se tudi vrste, ki so odporne proti višjim vsebnostim organskih snovi, kot so *Nitzschia palea*, *Cymbella minuta* in *Cymbella silesiaca* (Krammer & Lange-Bertalot 1986). Zastopanost teh vrst pa nikjer ni bila velika. V vzorcih so se pojavljale tudi tri krenofilne vrste (*Diatoma mesodon*, *Eunotia exigua*, *Meridion circulare*) (Krammer & Lange-Bertalot 1986).

Tabela 3. Seznam vrst, določenih v šestnajstih izvirih na območju Julijskih Alp (SV Slovenija) (* = prvič najdena na območju Slovenije)**Table 3.** Diatoms collected from 16 karst springs in the Julian Alps (NW Slovenia) (* = found for the first time in Slovenia)

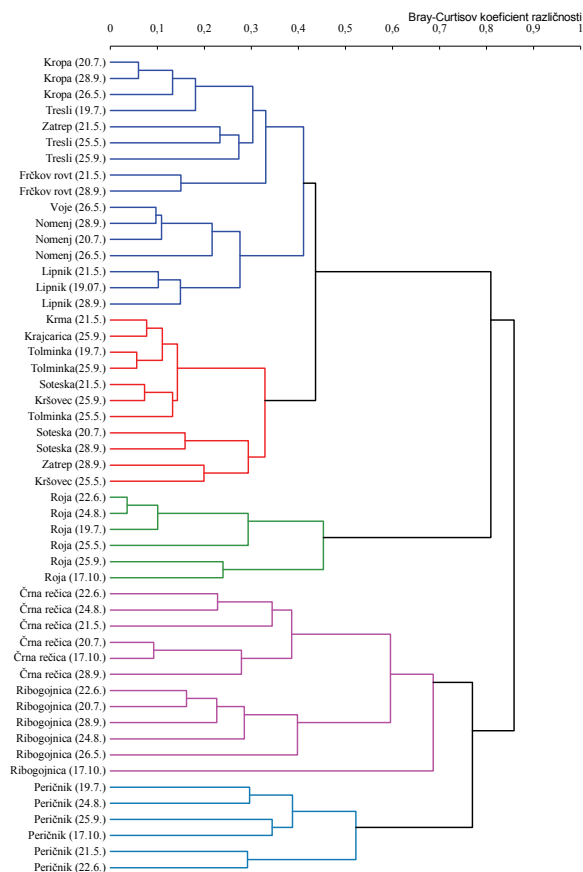
1. <i>Achnanthes biasolletiana</i> Grunov *	31. <i>Eunotia exigua</i> (Brebisson) Rabenhorst
2. <i>Achnanthes delicatula</i> Grunov	32. <i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-B.
3. <i>Achnanthes laevis</i> Oestrup	33. <i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) DeToni
4. <i>Achnanthes exigua</i> Grunov	34. <i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst
5. <i>Achnanthes lanceolata</i> (Breb.) Grunov	35. <i>Gomphonema angustum</i> Agardh
6. <i>Achnanthes minutissima</i> Kützing	36. <i>Gomphonema clavatum</i> Ehrenberg
7. <i>Achnanthes montana</i> Krasske *	37. <i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg
8. <i>Achnanthes oestrupii</i> Hustedt *	38. <i>Gomphonema parvulum</i> Kützing
9. <i>Achnanthes</i> sp.	39. <i>Gyrosigma scalproides</i> (Rabenhorst) Cleve
10. <i>Amphora pediculus</i> Grunov	40. <i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) W. Smith
11. <i>Caloneis bacillum</i> (Grunov) Cleve	41. <i>Meridion circulare</i> Agardh
12. <i>Caloneis pulchra</i> Messikommer *	42. <i>Navicula contenta</i> Grunow
13. <i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	43. <i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot
14. <i>Cymbella affinis</i> Kützing	44. <i>Navicula elginensis</i> Gregory *
15. <i>Cymbella alpina</i> Grunov	45. <i>Navicula gallica</i> (W. Smith) Van Heurck *
16. <i>Cymbella amphicephala</i> Naegeli	46. <i>Navicula medioconvexa</i> Hustedt *
17. <i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Peragallo	47. <i>Navicula minuscula</i> Grunow
18. <i>Cymbella delicatula</i> Kützing	48. <i>Navicula mutica</i> Kützing
19. <i>Cymbella lacustris</i> Cleve *	49. <i>Navicula paramutica</i> Bock *
20. <i>Cymbella microcephala</i> Grunov	50. <i>Navicula pupula</i> Kützing
21. <i>Cymbella minuta</i> Hilse	51. <i>Navicula tripunctata</i> (Müller) Bory
22. <i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch	52. <i>Navicula</i> sp.
23. <i>Cymbella sinuata</i> Gregory	53. <i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunov
24. <i>Denticula tenuis</i> Kützing	54. <i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith
25. <i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	55. <i>Nitzschia recta</i> Hantzsch
26. <i>Diatoma vulgaris</i> Bory	56. <i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith
27. <i>Diploneis oblongella</i> (Naegeli) Cleve-Euler	57. <i>Orthoseira roseana</i> (Rabenhorst) O'Meara
28. <i>Diploneis ovalis</i> Cleve	58. <i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg
29. <i>Ephitemia goepertiana</i> Hilse *	59. <i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg
30. <i>Ellerbeckia arrenaria</i> (Moore) Crawford	60. <i>Surirella tenuis</i> A Mayer *

Na osnovi rdečega seznama ogroženih vrst kremenastih alg, ki velja za Nemčijo in centralno Evropo (Lange-Bertalot & Steindorf 1996), smo vrstam, ki smo jih določili v preiskovanih izviri, določili stopnjo ogroženosti. Od vseh vrst, ki smo jih našli, je 28% vrstam pripisana različna stopnja ogroženosti v tem delu Evrope. Osem odstotkov vrst je ogroženih, sedem odstotkov redkih in trinajst odstotkov v upadanju. Od vrst, ki smo jih določili v obravnavanih izviri, jih v kategorijo ogroženih vrst v Nemčiji in centralni Evropi spada šest, ki so bile dokaj pogoste pri nas vsaj v enem izviru (*Achnanthes delicatula*, *Achnanthes montana*, *Ephitemia goepertiana*, *Gomphonema angustum*, *Navicula elginensis*, *Navicula medioconvexa*) (Lange-Bertalot & Steindorf 1996). Druge redke in ogrožene vrste so se pojavljale posamično (*Cymbella alpina*, *Cymbella amphicephala*, *Cymbella aspera*, *Cymbella delicatula*, *Cymbella lacustris*, *Diploneis oblongella*, *Diploneis ovalis*, *Navicula paramutica*, *Orthoseira roseana*, *Stauroneis anceps*, *Surirella tenuis*) (Lange-Bertalot & Steindorf 1996). Vrste, obravnavane kot ogrožene, so predvsem prebivalci oligotrofnih vodotokov. S čedalje večjim obremenjevanjem voda te vrste alg počasi izginjajo. V našem primeru je v vseh izviri šlo za zelo čiste vode, zato o ogroženosti posameznih vrst ne moremo govoriti. Verjetno pa bi bila situacija nekoliko drugačna, če bi vzorčili v izviri na bolj poseljenih območjih, kjer vode niso več tako čiste. Vrstno raznolikost najučinkoviteje ohranjamo z varovanjem oligotrofnih življenjskih prostorov. Večina kremenastih alg je kozmopolitskih, zato težko govorimo o ogroženosti posameznih vrst (Kosi & Vrhovšek 1996).

Zaradi bolj ali manj stalne temperature v izviri na sezonsko dinamiko vpliva svetloba (Ward & Dufford 1979). V času vzorčenja je bila večina izvirov v senci, zato vpliv svetlobe na sezonsko dinamiko lahko zanemarimo. Odsotnost vrste *Diatoma mesodon*, ki je značilna za izvire in potoke na karbonatni podlagi (Margalef 1949), lahko razložimo s tem, da je to vrsta, ki se pojavlja predvsem v zimskih mesecih na sončnih mestih (Cox 1990). Drug dejavnik, ki lahko vpliva na pojavljanje vrst in s tem na sezonsko dinamiko, pa je vodni tok (Oemke & Burton 1986). Za kraške izvire je značilno nihanje pretoka. Občasno lahko tudi presahnejo, ob padavinah pa hitro narastejo. S povečanim pretokom se poveča hitrost vodnega toka, ki popolnoma uniči obstoječe alge, ali pa ostanejo majhne vrste iz rodov *Achnanthes*, *Cocconeis* in *Navicula*, ki se močnejše pritrjujejo (Hynes 1976). Vendar je moč tega dejavnika odvisna od hidroloških značilnosti posameznih vodotokov. V izviri, kjer se pretoki vode malo spreminjajo, so združbe dokaj stalne in stabilne, v izviri, kjer so pretoki občasno povečani, pa so spremembe v združbi alg velike. Popolnemu uničenju alg sledi ponovno naseljevanje, ki zahteva svoj čas. Da se združba alg ponovno razvije, mora preteči sedem do štirinajst dni. V zgodnji fazi razvoja združbe je vrstni sestav drugačen kot v zreli združbi (Oemke & Burton 1986). Zgoraj omenjene ugotovitve so se pokazale tudi v naših izviri. V nekaterih vzorcih smo našli zelo malo ali skoraj nič alg. V izviri s spremenljivim pretokom prevladujejo vrste

omenjenih rodov (*Achnanthes*, *Cocconeis* in *Navicula*). Za izvira, ki sta presahnila v poletnih mesecih (Kršovec, Zatrep), pa je bila značilna drugačna vrstna sestava v pomladnih in jesenskih vzorcih.

Mnogi avtorji (Cantonati 1998, Sabater & Roca 1990) so izvore na osnovi vrstne sestave združb kremenastih alg razdelili na več skupin, glede na pretok in hitrost vode. Na karbonatni podlagi se pojavljajo različne vrste kremenastih alg v majhnih, majhnih do srednje velikih ter občasno suhih izviri (Cantonati 1998). Kvalitativna podobnost vzorcev je razvidna iz klasterske analize združb kremenastih alg posameznih vzorčnih mest (Sl. 2). Preiskovane izvore lahko razdelimo na pet večjih skupin. Izviri s podobnimi hidrološkimi razmerami so si med seboj najbolj podobni. Prvo večjo skupino tvorijo stalni, majhni do srednje veliki izviri z zelo počasnim tokom vode. Za te izvore so značilne vrste *Achnanthes biasolletiana*, *Achnanthes lanceolata*, *Achnanthes minutissima*, *Cocconeis placentula* in *Gomphonema angustum*. Zaradi dokaj stabilnih razmer je raznovrstnost kremenastih alg večja. Izviri, kjer je nihanje pretoka večje, tvorijo svojo skupino. Za te izvore je značilno, da se ob visokih vodah spremenijo v hudournike, ob nizkih pa voda le meži izpod kamenja. Za te izvore sta značilni vrsti *Navicula contenta* in *Navicula gallica*, ki sta pogosti na vlažnih kamnih in mahovih (Krammer & Lange-Bertalot 1986). Raznovrstnost je v teh izviri zaradi pogostih motenj (visoki pretoki, suša) nizka. Značilnost izvira Roja sta hitrejši tok vode in močna zasenčenost. Vsi vzorci tega izvira tvorijo eno skupino, za katero so značilne majhne vrste (*Navicula contenta*, *Navicula gallica*) in vrste, prilagojene na senco. Majhne vrste kremenastih alg so bolj prilagojene na visoke hitrosti vodnega toka. Raznovrstnost je zaradi večje hitrosti vode nižja. Za izvir Črna rečica in izvir pri ribogojnici je bila značilna vrsta *Achnanthes delicatula*, ki je zelo pogosta v izviri, bogatih z apnencem (Lange-Bertalot & Krammer 1986). Vzorci izvira v Vratih tvorijo svojo skupino. Za ta izvir sta bili značilni stalnost in počasnost vodnega toka. Kamni so porasli z mahom, zato je bilo v vzorcih veliko epifitskih vrst (*Cocconeis placentula* in *Cymbella sinuata*) (Lange-Bertalot & Krammer 1986). Visoka biodiverziteta alg je posledica stabilnih razmer (pretok). Znotraj omenjenih skupin so si med seboj najbolj podobni vzorci z istih vzorčnih mest, razlikujeta pa se izvira Zatrep in Kršovec. Omenjena dva izvira sta v poletnih mesecih presahnila. Jesenska združba kremenastih alg pa se je razlikovala od spomladanske. Bogastvo vrst v teh dveh izviri je bilo manjše jeseni kot spomladi, kar je posledica daljšega sušnega obdobja v poletnih mesecih, ko je združba kremenastih alg propadla. V času septembrskega vzorčenja je bila združba v zgodnji fazi razvoja.



Slika 2. Prikaz klasterne analize izvirov na območju Julijskih Alp (SZ Slovenija) na podlagi obstoječih kremenastih alg in njihove relativne pogostosti

Figure 2. Cluster analysis of spring communities from the Julian Alps (NW Slovenia) based on the presence of diatoms and their relative abundance

Vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa (Tab. 4) v izviroh so bile razmeroma nizke, kar je posledica manjšega števila vrst ter prevlade ene vrste. Vrednosti so bile najvišje v izviroh s stalnim in počasnim tokom (Vrata), nižje pa v izviroh s hitro tekočo vodo. Manjše število vrst je lahko tudi posledica pomanjkanja hranil v izviroh ter osenčenosti, ki jo povzroča obrežna vegetacija (Vannote et al. 1980). Na diverzitetu alg vplivajo tudi motnje iz okolja (Stevenson et al. 1996). Prav tako pa lahko močno prevladujoče vrste znižajo vrednost Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa (Statzner 1981).

Tabela 4. Vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa v 16 izvirih na območju Julijskih Alp (SV Slovenija) od maja do oktobra 1999**Table 4.** Shannon-Wiener diversity index in 16 springs in the Julian Alps (NW Slovenia) from May to September 1999

	maj		junij		julij		avgust		september		oktober	
	H'	H _{max}	H'	H _{max}	H'	H _{max}	H'	H _{max}	H'	H _{max}	H'	H _{max}
1 – Vrata	3,23	4,17	3,13	4,09	2,73	3,91	3	3,81	2,59	4,09	1,96	4,09
2 – Krma	0,91	2,58										
3 – Frčkov rovt	2,45	3							2,62	3,58		
4 – Zatrep	3,23	4,25							2,08	3,17		
5 – Lipnik	2,24	3,58			1,61	3,32			1,02	3		
6 – Črna rečica	1,55	3	1,75	3	1,57	2,81	2,12	3	2,18	3,17	1,83	2,81
7 – Soteska	1,93	3,32			3,34	4			3,11	3,46		
8 – Nomenj	2,76	3,91			2,41	3,58			2,76	3,17		
9 – Kropa	1,63	2,58			1,9	2,58			2,04	3,17		
10 – Voje	2,59	3,91										
11 – pri Boh. jezeru	2,52	3,32	1,48	2,81	1,88	3,17	2,22	3,17	1,3	3	2,93	3,81
12 – Tolminka	0,87	3,17			1,95	3,59			2,15	3,32		
13 – Tresli	2,62	4,25			2,53	4,52			4,15	4,70		
14 – Kršovec	2,61	3,17							1,79	2,81		
15 – Roja	1,9	3,17	1,23	3	1,35	2,58	1,27	3,32	2,59	3,91	2,6	3,46
16 – Krajcarica									1,56	2,81		

Summary

The diatoms of 16 karst springs in the Southern Limestone Alps (Slovenia, SE Europe) were studied from May to September 1999, together with the major chemical parameters of the water and selected physical characteristics of the springs. The springs are located in an area of 800 km², between 410 and 955 m a.s.l., and drain into two rivers whose catchments are separated by up to 2,864 m high mountain ranges. The Soča river drains into the Adriatic Sea, the Sava into the Black Sea. Springs showed relatively large fluctuations in discharge and small variations in temperature (normally about 1°C) during the period of our study. In the laboratory, water samples were analyzed for pH, conductivity (μS cm⁻¹), alkalinity (μeq l⁻¹), nitrate (mg l⁻¹), and ortho-phosphate (μg l⁻¹), following standard methods (APHA 1992).

Bacillariophyta were scraped from randomly collected stones and stored in 4% formaldehyde solution. In the laboratory, samples were prepared for determination following

standard methods (APHA 1992). 500 individuals from each spring were counted and determined, the presence of algae was presented as relative abundances.

Differences between the diatom communities of the springs and temporal variations were examined from the Shannon index of general diversity (Shannon and Weaver 1949). Sampling sites were arranged by cluster analysis into groups on the basis of their overall resemblance. Measures of resemblance were obtained using the Bray-Curtis index of dissimilarity (Clarke & Warwick 1990). Data on relative abundance were used, and the results presented as dendrogram.

All the springs but Tresli are surrounded by forest vegetation. Saturation with oxygen was normally above 100%. The temperature of the water was between 5.4 and 9.5°C. The exception was the spring Tresli (14.1 -16°C). pH values varied from 7.5 to 8.1, alkalinity from 1473 to 3754 $\mu\text{eq l}^{-1}$ and conductivity from 150 to 438 $\mu\text{S cm}^{-1}$. The nitrate content was from 0.2 to 4.8 mg l^{-1} and phosphorus concentrations (as ortho-P) varied from 0.2 to 59.3 mg l^{-1} .

The diatom flora of these springs consisted of 60 diatom taxa and showed similarities with springs and headwater stream diatom communities from different geographic areas. *Achnanthes minutissima* reached the highest relative abundance in most of the samples. Characteristic spring taxa (crenophiles) were present, but also included subdominant and rare taxa. Five different spring types were identified, with respect to diatom assemblages, using cluster analysis. Current velocity and periodical dryness in a spring appeared to be the dominant environmental factor affecting diatom distribution in selecting karst springs. In some springs, however, peculiar environmental factors (dim light, ionic strength) affect the structure of diatom assemblages. The Shannon-Wiener diversity index was the highest in permanent springs.

Literatura

- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation (1992): Standard methods for the examination of water and wastewater. 18. izdaja, American Public Health Association, Washington D.C.
- Brancelj A., Gaberščik, A., Urbanc-Berčič O., Šiško M., Jerebič A. (1995): Fizikalne, kemijske in biološke analize v petih izviri na območju Triglavskega narodnega parka. Inštitut za biologijo, Ljubljana, 9 str.
- Cantonati M. (1998): Diatom communities of springs in the southern Alps. *Diatom Research* 13(2): 201-220.
- Cantonati M., Gerecke R., Bertuzzi E. (2006): Springs of the Alps – sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long – term studies. *Hydrobiologia* 562: 59-96.

- Clarke K.R., Warwick R.M. (1990): Lecture notes for the training workshop on the statistical treatment and the interpretation on marine community data. Split, 26 June - 6 July 1990. Part II. - Long term Programme for pollution Monitoring and Research in the Mediterranean Sea. (MED POL-Phase II), FAO, Unesco, Unep, 42 str.
- Cox E.J. (1990): Studies on the algae of a small softwater stream. Occurrence and distribution with particular reference to the diatoms. Arch. Hydrobiol./Suppl. 83: 525-552.
- Di Sabatino A., Gerecke R., D'Alfonso S., Cicolani B. (1997): Prime considerazioni sulla biodiversita delle sorgenti Italiane: la taxocenosi ad acari acquarici (Acari, Actinedida, Hydrachnidia). S. It. E. Atti 18: 171-174.
- Gams I. (1974): Kras. Zgodovinski, naravoslovni in geografski oris. Slovenska matica, Ljubljana, str. 40-60.
- Hynes H.B.N. (1976): The ecology of running waters. 3. izdaja. Liverpool University Press, 555 str.
- Kosi G., Vrhovšek D. (1996): Sladkovodne alge. Narava Slovenije, stanje in perspektive, Društvo ekologov Slovenije, Ljubljana, str. 143-146.
- Lange-Bertalot H., Krammer K. (1986-1991): Süßwasserflora von Mitteleuropa (H. Ettl, J. Gerloof, H. Heynig, D. Mollenhauer), *Bacillariophyceae. Naviculaceae*, 2/1, 876 str. *Bacillariaceae, Ephitemiaceae, Surirellaceae*. 2/2, 596 str. *Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. 2/3, 576 str. *Achnanthaceae*, 2/4, 437 str. G. Fischer, Stuttgart, New York.
- Lange-Bertalot H. (1978): Diatomeen-Differentialarten anstelle von Leitformen: ein geeigneteres Kriterium der Gewässerbelastung. Algol. Stud. 21: 393-427.
- Lange-Bertalot H., Metzeltin D. (1996): Indicators of Oligotrophy. Iconographia Diatom. 2: 1-390.
- Lange-Bertalot H., Steindorf A. (1996): Rote Liste der limnischen Kieselalgen (*Bacillariophyceae*) Deutschlands. Schr.-R. F. Vegetationskunde 28: 633-677.
- Lazar J. (1969): Prispevek k flori alg Triglavskega narodnega parka. Varstvo narave (Nature conservation) 6: 37-50.
- Müller P. (1980): Biogeographie. Ulmer, Stuttgart, 366 str.
- Margalef R. (1949): Las asociaciones de algas en las aguas dulces de pequeno volumen del noreste de Espana. Vegetatio 1: 258-284.
- Melik A. (1950): Planine v Julijskih Alpah. Dela SAZU, Ljubljana, 98 str.
- Newbold J.D. (1992): Cycles and spirals of nutrients. River Handbook - Volume one, Hydrological and ecological Principles. Blackwell Scientific Publications, Oxford, str. 469-475.
- Odum E.P. (1971): Fundamentals of ecology. Sounders, Philadelphia, 564 str.
- Patrick R. (1977): Ecology of freshwater diatoms and diatom communities. The biology of diatoms. University of California Press, Berkeley, 328 str.
- Robinson C.T., Rushforth, S.R. (1987): Effects of physical disturbance and canopy cover on attached diatom community structure in an Idaho stream. Hydrobiologia 154: 49-59.
- Rott E. (1991): Methodological aspects and perspectives in the use of periphyton for monitoring and protecting rivers. V: Whitton B.A., Rott E., Friedrich G. (ur.), Use of algae for monitoring rivers. Institut für Botanik, University of Innsbruck, Innsbruck, str. 9-16.

- Round F.E. (1981): The ecology of algae. University Press, Cambridge, 653 str.
- Sabater S., Roca J.R. (1990): Some factors affecting distribution of diatom assemblages in Pyrenean springs. *Freshwater Biology* 24: 493-507.
- Shannon C.E., Weaver W. (1949): The mathematical theory of communication. University of Illinois press, Urbana, 117 str.
- Statzner B. (1981): Shannon-Weaver of the macrobenthos in the Schierenseebrooks (North Germany) and problems of its use for the interpretation of the community structure. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 21: 782-786.
- Steinman A.D., McIntire C.D. (1986): Effects of current velocity and light energy on the structure of periphyton assemblages in laboratory streams. *J. Phycol.* 22: 352-361.
- Stevenson R.J., Bothwell M.L., Lowe R.L. (1996): *Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems*. Academic Press, San Diego, 753 str.
- Sumita M., Watanabe T. (1983): New general estimation of river pollution using new diatom community index (NDCI). Biological indicators based on specific composition epilithic diatom communities. *Jap. J. Limnol.* 44(4): 329-340.
- Van Dam H., Mertens A., Janmaat L.M. (1993): De invloed van atmosferische depositie op diatomeen en chemische samenstelling van het water in sprengen, beken en bronnen (The impact of atmospheric deposition on diatoms and chemistry in running waters in The Netherlands). IBN-report 052. DLO Institute for forestry and nature research, Wageningen, 124 str.
- Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. (1994): A coded checklist and ecological indicator values of fresh water diatoms from the Netherlands. *Netherlands journal of aquatic ecology* 28(1): 117-133.
- Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Cushing C.E. (1980): The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137.
- Vinson D.K., Rushforth S.R. (1989): Diatom species composition along a thermal gradient in the Portneuf River, Idaho, USA. *Hydrobiologia* 185: 41-54.
- Ward J.V., Dufford R.G. (1979): Longitudinal and seasonal distribution of macroinvertebrates and epilithic algae in a Colorado spring brook-pond system. *Arch. Hydrobiologia* 86(3): 284-321.
- Warncke E. (1980): Spring areas: ecology, vegetation and comments on similarity coefficient applied to plant communities. *Holarctic ecology* 3: 233-308.
- Wilhm J.L., Dorris T.C. (1980): Biological parameters for water quality criteria. *Bioscience* 18: 477-488.

Algae in the aerophytic habitat of Račiške ponikve cave (Slovenia)

Janez MULEC¹ & Gorazd KOSI²

¹ Karst Research Institute, Scientific Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, Titov trg 2, SI-6230 Postojna, Slovenia; E-mail: janez.mulec@guest.arnes.si

² National Institute of Biology, Večna pot 111, SI-1000 Ljubljana, Slovenia; E-mail: gorazd.kosi@nib.si

Abstract. In the cave entrance of Račiške ponikve, four selected sites with confluent algal growth and different sun irradiance levels were sampled for algological analysis. Altogether, 42 algal taxa were determined, with the highest proportion of cyanobacteria, 30 taxa (71%), followed by 8 taxa (19%) of Chlorophyta and 4 taxa (10%) of Chrysophyta. The favourable ratio of Oscillatoriales vs. Nostocales indicates that flora in Račiške ponikve cave is generally exposed to low photo flux. In the twilight zone of the cave, coccoid cyanobacteria prevailed. Moreover, at all sampling points algae characteristic of water and/or soil habitats were also identified besides typical aerophytic algae.

Keywords: algae, cave, Račiške ponikve, Slovenia

Izvilleček. ALGE V AEROFITSKEM HABITATU JAME RAČIŠKE PONIKVE (SLOVENIJA) - Za algološko vrstno sestavo smo v jamskem vhodu Račiških ponikev opravili vzorčenje na štirih izbranih mestih s konfluentno obrastjo alg in različno izpostavljenostjo sončni osvetlitvi. Skupaj smo identificirali 42 taksonov alg, z največjim deležem cianobakterij, 30 taksonov (71%), ki so jim sledili predstavniki Chlorophyta z 8 taksoni (19%) in s 4 taksoni (10%) Chrysophyta. Višji delež Oscillatoriales v primerjavi s predstavniki Nostocales nakazuje, da je flora v jamskem vhodu Račiških ponikev izpostavljena pretežno šibkim intenzitetam svetlobe. V jami v pasu somraka prevladujejo kokoidne cianobakterije. Na vseh vzorčnih mestih smo poleg alg, ki so značilne aerofitske, identificirali tudi alge, ki navadno uspevajo v vodnih in terestričnih habitatih.

Ključne besede: alge, jama, Račiške ponikve, Slovenija

Introduction

Karst caves are considered to be an extreme environment (Culver et al. 2004). In caves, cyanobacteria and algae can be identified in different types of water bodies (Kuehn et al. 1992, Sanchez et al. 2002) and in aerophytic habitats (Golubić 1967, Dobat 1970). Phototrophs are easily found in cave entrances illuminated by direct or indirect sunlight and in show caves equipped with artificial illumination as part of a lampenflora community around lamps (Dobat 1998, Mulec 2005). In the cave entrance illuminated by sunlight, it is worth mentioning a peculiar phototrophic community of stromatolitic stalagmites and stalactites, which enhances precipitation of CaCO_3 and consequently the growth of speleothems. In Slovenia, the best examples of such biogenic speleothems can be found in Škocjanske jame (Mulec et al. 2007). To date, 197 cyanobacterial and algal taxa have been identified in Slovenian subaerophytic karst habitats (Golubić 1967, Dobat 1973, Martinčič 1978, Martinčič et al. 1981, Krivograd-Klemenčič & Vrhovšek 2005, Mulec 2005, Krivograd-Klemenčič 2007, Mulec et al. in press). In such habitats, mainly cyanobacteria can be found that can prosper at low photon flux, even lower than the light compensation point (Mulec et al. in press). A typical cave cyanobacterium *Geitleria calcarea* was identified on poorly illuminated walls in Škocjanske jame and Huda luknja (Mulec 2005, Krivograd-Klemenčič 2007).

In the last decade, there has been considerable progress in understanding different ecological interactions in various habitats. However, there are still only few ecophysiological studies on subaerial algae and their adaptations (Golubić 1967, Cox 1977, Cox et al. 1981, Couté 1982, Aboal et al. 1994, Couté & Chauveau 1994, Hernandez-Marine et al. 1999, Giordano et al. 2000, Whitton & Potts 2000, Hoffmann 2002, Mulec et al. in press). Environmental factors in aerophytic habitats are not always friendly to algae and do not always support successful establishment of a phototrophic community (Mulec et al. in press). The purpose of the study was to identify the species composition of a phototroph community in a weakly illuminated ponor cave, and its response to low illumination rates.

Description of study site

Račiške ponikve cave is located in the SW part of Slovenia and it is developed in Paleogene limestone (Fig. 1). An intermittently flowing stream sinks at the entrance. Sampling of aerophytic algae was conducted in the cave entrance of the ponor cave Račiške ponikve (Fig. 1). To obtain illumination gradient samples were taken where confluent phototrophic growth was observed, at distances of 1.5, 2.0, 4.5 and 12.0 metres from the entrance toward the cave interior (Fig. 2).

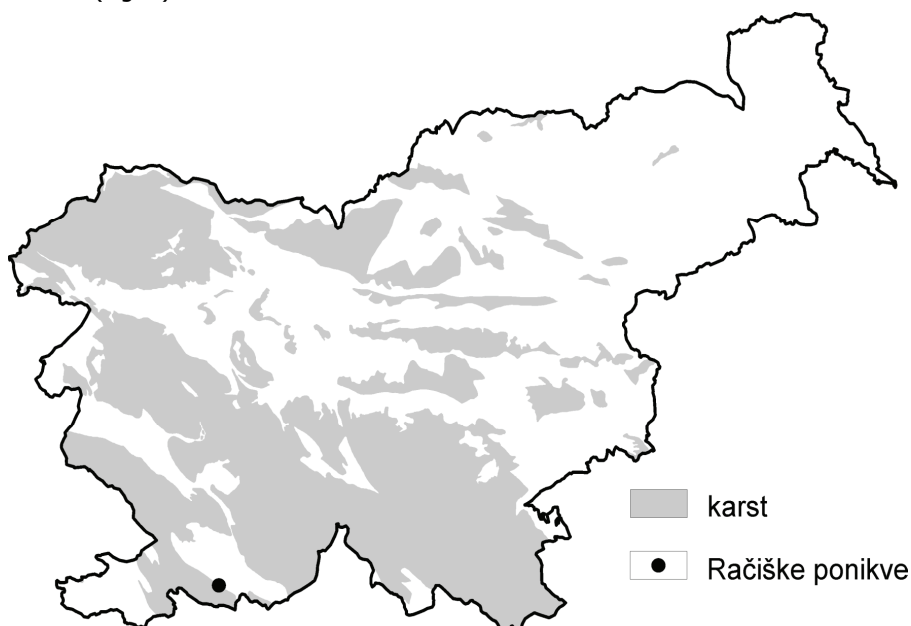


Figure 1. Geographical location of Račiške ponikve cave in Slovenia.

Slika 1. Geografski položaj jame Račiške ponikve v Sloveniji.

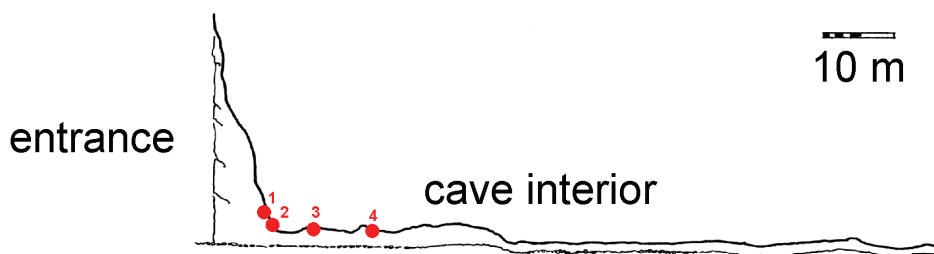


Figure 2. Sampling sites (1-4) of the aerophytic algae in Račiške ponikve cave (Source: Cave register IZRK ZRC SAZU and JZS).

Slika 2. Mesta vzorčenja (1-4) aerofitskih alg v jami Račiške ponikve (Vir: Kataster jam IZRK ZRC SAZU in JZS).

Matherial and methods

Prior to collecting, photon flux density (PAR, photosynthetically active radiation) at the sites was measured using a LICOR LI-1000 DataLogger, USA (10 June 2003, 13:30, 9°C; weather outside the cave was sunny and clear). At each sampling sites Jaworski medium (Warren et al. 1997) was aseptically inoculated with scrapes of the algal mat. Cultures of algae were isolated in liquid Jaworski and on 1% solid Jaworski media. Cyanobacteria were selectively isolated in the medium supplemented with 100 $\mu\text{g ml}^{-1}$ of DCMU (N-3, 4-dichlorophenyl-N'-dimetil urea). Cultivation laboratory conditions were the following: 20°C, 8:16 light/dark period with a photon flux density of 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ for several weeks. Cultures were regularly screened each second day for several weeks under a magnifying glass and light microscope (Nikon Eclipse TE300). Floristic data obtained from culture material were supplemented with microscopic data of the same field material previously fixed with 4% formalin solution.

Diatom samples were processed and identified as described by Clesceri et al. 1998. Sputtered gold specimens were screened using an SEM microscope (JSM-840, JEOL, USA). Several literature sources were used to identify subaerial algal species (Abdelahad 1989, Asencio & Aboal 2000, Couté 1982, Ettl & Gärtner 1995, Garbacki et al. 1999, Geitler 1932, Golubić 1967, Hindak 1996, Hoffmann 1986, Komárek & Anagnostidis 2000, 2005, Krammer & Lange-Bertalot 1986, 1988, 1991, Lemmermann et al. 1915, Sulek 1969).

The Pearson (r) correlation coefficient was applied to compare two independent random variables. r ranges from -1 (negative correlation) to +1 (perfect positive correlation), the t test was also used (≤ 0.05). For cluster analysis the Bray-Curtis similarity measure was applied.

Results

From four macroscopically distinctive samples of algal mats 42 taxa were identified, 30 taxa (71%) of cyanobacteria, 8 taxa (19%) of Chlorophyta and 4 taxa (10%) of Chrysophyta. From all sampling sites cyanobacterium *Gloeocapsa punctata* and green alga *Chlorella* sp. were determined (Tab. 1)

The negative correlation between proportion of coccoid type of cyanobacteria and PAR in the cyanobacterial community was statistically significant (-0.93 , $p=0.03$). Coccoid cyanobacteria became more abundant in the community as distance into the cave increased. The abundance of algae at the sampling site with the lowest photon flux density was the lowest (sampling site 4). Algal communities differed among sampling sites (Fig. 3).

Table 1. Species composition of the aerophytic algal community in Račiške ponikve cave at each sampling site (in bold are designated species typical for aerophytic habitats after Lazar 1960, Ettl & Gärtner 1995, Komárek & Anagnostidis 2000, 2005)

Tabela 1. Sestava vrst v združbi aerofitskih alg jame Račiške ponikve na vsakem vzorčnem mestu (krepko so označene vrste, značilne za aerofitske habitate po Lazar 1960, Ettl & Gärtner 1995, Komárek & Anagnostidis 2000, 2005)

Species \ PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Sampling site			
	1	2	3	4
Species \ PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	1.94	1.02	0.65	0.19
PROKARYOTA				
CYANOPHYTA				
<i>Aphanocapsa</i> sp. Nägeli				+
<i>Aphanocapsa fusco-lutea</i> Hansgirg	+			
<i>Aphanocapsa muscicola</i> (Meneghini) Wille		+	+	+
<i>Aphanothece saxicola</i> Nägeli	+		+	
<i>Borzia</i> sp. Cohn		+		
<i>Borzia trilocularis</i> Cohn	+		+	
<i>Chondrocystis dermochroa</i> (Nägeli) Komárek et Anagnostidis			+	
<i>Chroococcidipsis</i> sp. Geitler		+	+	
<i>Chroococcus</i> sp. Nägeli	+			
<i>Chroococcus lithophilus</i> Ercegović	+	+	+	
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli	+	+	+	
<i>Chroococcus varius</i> A. Braun in Rabenhorst			+	
<i>Gloeocapsa</i> sp. Kützing	+	+		
<i>Gloeocapsa atrata</i> Kützing	+	+		
<i>Gloeocapsa punctata</i> Nägeli	+	+	+	+
<i>Gloeocapsa rupestris</i> Kützing	+			
<i>Gloeocapsopsis</i> sp. Geitler ex Komárek			+	+
<i>Gloeotheca palea</i> (Kützing) Rabenhorst			+	
<i>Leptolyngbya foveolarum</i> (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis et Komárek	+	+		
<i>Leptolyngbya fragilis</i> (Gomont) Anagnostidis et Komárek	+		+	
<i>Leptolyngbya perelegans</i> (Lemmermann) Anagnostidis et Komárek	+			
<i>Lyngbya</i> sp. Agardh				+
<i>Nostoc</i> sp. Vaucher	+			
<i>Nostoc microscopicum</i> Carmichael			+	

	Sampling site			
	1	2	3	4
<i>Oscillatoria</i> sp. Vaucher			+	+
<i>Plectonema</i> sp. Thuret	+		+	
<i>Plectonema</i> cf. <i>puteale</i> (Kirchner) Hansgirg	+	+		
<i>Pleurocapsa minor</i> Hansgirg			+	
<i>Pseudocapsa</i> sp. Ercegović		+		
<i>Synechocystis</i> sp. Sauvageau				+
EUKARYOTA				
CHRYSTOPHYTA				
<i>Chlorocloster</i> sp. Pascher	+			+
<i>Navicula</i> sp. Bory	+			
<i>Navicula contenta</i> var. <i>biceps</i> (Arnott, Grunow in Van Heurck) Cleve				+
<i>Navicula gallica</i> var. <i>perpusilla</i> (Grun) Lange-Bertalot			+	
CHLOROPHYTA				
<i>Chlorella</i> sp. Beijerinck	+	+	+	+
<i>Cosmarium tinctum</i> Ralfs		+		
<i>Kirchneriella</i> sp. Schmidle	+			
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini	+	+		
<i>Pseudoclonium</i> cf. <i>basiliense</i> Vischer			+	
<i>Stichococcus bacillaris</i> Nägeli		+		
<i>Trentepohlia aurea</i> Martius			+	
<i>Ulothrix variabilis</i> Kützinger		+		

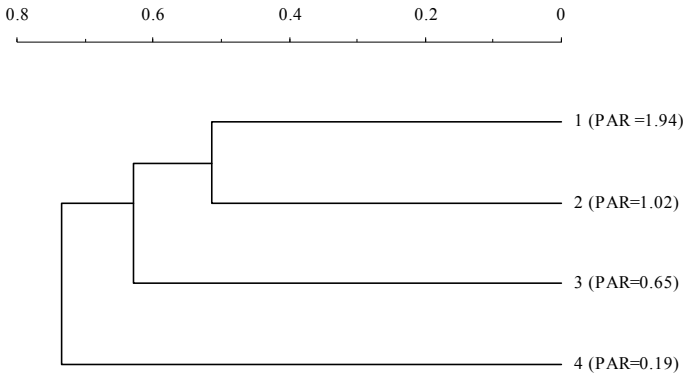


Figure 3. Comparison of the sampling sites of aerophytic algae in Račiške ponikve cave based on the Bray–Curtis measure of similarity (PAR values at the sampling sites are designated).

Slika 3. Primerjava vzorčnih mest aerofitskih alg v jami Račiške ponikve na osnovi Bray-Curtisove mere podobnosti (označene so PAR vrednosti vsakega vzorčnega mesta).

Discussion

In the cave entrances cyanobacteria prevail compared to other algal groups (Golubić 1967, Martinčič 1978, Mulec 2005, Mulec et al. in press). They can colonize the deepest parts of the cave entrance where biodiversity of organisms is the lowest (Vinogradova et al. 1998). Interestingly, in the study of algae from the cave entrance of Huda luknja Krivograd-Klemenčič (2007) found that the most abundant group were diatoms.

In the aerophytic algal community of Račiške ponikve cave, cyanobacteria dominated (71%) as was the case at the cave entrance of Škocjanske jame in the part named Schmidlova dvorana where cyanobacteria comprised 74% (59 taxa) of the community (Mulec 2005, Mulec et al. in press). With regard to cyanobacteria in the cave entrance of Račiške ponikve the ratio of Oscillatoriales vs. Nostocales was 9 : 2. Albertano et al. (2000) explained the favourable ratio of Oscillatoriales regarding Nostocales with better adaptation of Oscillatoriales to extremely low irradiance levels. Our results indicate that flora in Račiške ponikve cave is generally exposed to low illumination rates (Tab. 1). In the twilight zone (sampling site 4) of the cave, coccoid cyanobacteria prevailed. The community composition varied notably with decreasing of irradiance levels when approaching deeper in the cave interior (Fig. 3).

The presence of aerophytic community on a certain spot in a cave indicates that there are favourable conditions for its development, e.g. illumination, higher humidity. Despite the fact that cave walls of Račiške ponikve are a typical aerophytic habitat at all sampling points also algae typical for water or soil habitats were identified (Tab. 1). Golubić (1967) pointed out that even in typical aerophytic habitats especially small sized cyanobacteria and eukaryotic algae can live submerged under tiny droplets of water. The 3D biofilm structure of an aerophytic algal mat in Račiške ponikve cave can act as a »trap« for planktonic and phytobenthic algal species brought in by the intermittent stream. Beside the intermittent stream into the aerophytic community from the upper layers, seeping and dripping water bring through many crevices and cracks constantly new organisms and viable propagules, not only soil algae, which interact with the aerophytic community. This zone named epikarst has been recently established as a very rich and diverse habitat (Pipan 2005, Pipan & Culver 2007). Organisms originating above the cave and from intermittent stream enrich the phototrophic community and can considerably contribute to aquatic food chain for stygobiotic fauna.

Povzetek

Kraške jame predstavljajo ekstremno okolje. V jamah cianobakterije in alge identificiramo v različnih vodnih telesih in v aerofitskih habitatih. V nekaterih primerih so v vhodnih delih jam cianobakterije odgovorne za rast kapnikov. Čeprav je bil v zadnjem času narejen precejšen napredek v smislu identifikacije alg in habitatov kraških jam v Sloveniji in po svetu, pa še vedno manjkajo podrobne fiziološke in ekološke raziskave teh organizmov. Namen pričujoče raziskave je bil ugotoviti vpliv šibke intenzitete svetlobe v vходу jame Račiške ponikve na sestavo združbe alg. V aerofitski združbi alg ponorne jame Račiške ponikve smo identificirali celokupno 42 taksonov z največjim deležem cianobakterij (71%). Rezultati kažejo, da je delež kokalnih oblik cianobakterij višji globlje v jamskem vходу. Da je proučevani habitat v jami Račiške ponikve podvržen le šibkim intenzitetam svetlobe, nakazuje tudi višje število pripadnikov reda Oscillatoriales v primerjavi z Nostocales. Sestava združbe alg se med vzorčnimi mesti z zmanjševanjem intenzitete svetlobe proti notranjosti jame razlikuje. Čeprav so stene Račiških ponikev značilen aerofitski habitat, so bile na vseh vzočnih mestih identificirane tudi alge, ki so sicer značilne za vodne habitate. Poleg teh alg, ki jih prinese v aerofitsko združbo presihajoči potok, se v tej združbi znajdejo tudi terestrične alge in drugi organizmi, ki jih iz zgornjih plasti, vključno iz epikraške cone, prinese mezeča oziroma kapljajoča voda.

Acknowledgements

Authors are grateful to Tanja Pipan and David C. Culver for helpful comments on an earlier version of the manuscript.

Literature

- Abdelahad N. (1989): On four *Myxosarcina*-like species (Cyanophyta) living in the Inferniglio cave (Italy). Arch. Hydrobiol. Suppl. Algol. Stud. 82(9): 3-13.
- Aboal M., Asencio A.D., Prefasi M. (1994): Studies on cave cyanophytes from southeastern Spain: *Scytonema julianum* (Meneghini ex Franck) Richter. Arch. Hydrobiol. Suppl. Algol. Stud. 105(75): 31-36.
- Albertano P., Bruno L., D'Ottavi D., Moscone D., Palleschi G. (2000): Effect of photosynthesis on pH variation in cyanobacterial biofilms from Roman catacombs. J. Appl. Phycol. 12: 279-384.
- Asencio A.D., Aboal M. (2000): A contribution to knowledge of chasmoenolithic algae in cave-like environments. Arch. Hydrobiol. Suppl. Algol. Stud. 133(98): 133-151.
- Clesceri L.S., Greenberg A.E., Eaton A.D. (1998): Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th edition, American Public Health Association, Washington, pp. 10-27.
- Couté A. (1982): Ultrastructure d'une cyanophycée aérienne calcifiée cavernicole: *Geitleria calcarea* Friedmann. Hydrobiologia 97: 255-274.
- Couté A., Chauveau O. (1994): Algae. In: Juberthie C., Decu V. (Eds.), Encyclopaedia biospeleologica Tome 1. Société de Biospéologie, Moulis, Bucarest, pp. 371-380.
- Cox G. (1977): Photosynthesis in the deep twilight zone: microorganisms with extreme structural adaptations to low light. In: Ford T.D. (Ed.), Proceedings of the 7th International congress of speleology. University of Leicester, Sheffield, pp. 131-133.
- Cox G., Benson D., Dwarthe D.M. (1981): Ultrastructure of a cave-wall cyanophyte *Gloeocapsa* NS4. Arch. Microbiol. 130: 165-174.
- Culver D.C., Christman M.C., Sket B., Trontelj P. (2004): Sampling adequacy in an extreme environment: species richness patterns in Slovenian caves. Biodivers. Conserv. 13: 1209-1229.
- Dobat K. (1970): Considérations sur la végétation cryptogamique des grottes du Jura Souabe (sud-ouest de l'Allemagne). Annal. Spéléol. 25(4): 872-907.
- Dobat K. (1973): Ein Beitrag zur eingangs-, Lampen- und Pilzflora der Postojnska jama (»Adelsberger Grotte« bei Postojna, Jugoslawien). Razprave/Dissertationes, Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana, 16(2): 123-143.
- Dobat K. (1998): Flore de la lumière artificielle (lampenflora-maladie verte). In: Juberthie C., Decu V. (Eds.), Encyclopaedia biospeleologica Tome 2. Société de Biospéologie, Moulis, Bucarest, pp. 1325-1335.
- Ettl H., Gärtner G. (1995): Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York, 721 pp.
- Garbacki N., Ector L., Kostikov I., Hoffmann L. (1999): Contribution à l'étude de la flore des grottes de Belgique. Belg. J. Bot. 132(1): 43-76.
- Geitler L. (1932): Cyanophyceae. In: Rabenhorst L. (Ed.), Kryptogamen - Flora. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1196 pp.

- Giordano M., Mobili F., Pezzoni V., Hein M.K., Davis J.S. (2000): Photosynthesis in the caves of Frasassi (Italy). *Phycologia* 39(5): 384-389.
- Golubić S. (1967): Algenvegetation der Felsen: Eine ökologische Algenstudie im dinarischen Karstgebiet. In: Elster H.J., Ohle W. (Eds.), *Die Binnengewässer: Band XXIII. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart*, 183 pp.
- Hernandéz-Mariné M., Asencio A.D., Canals A., Ariño X., Aboal M., Hoffmann L. (1999): Discovery of population of the lime-incrusting genus *Loriella* (Stigonematales) in Spanish caves. *Arch. Hydrobiol. Suppl. Algol. Stud.* 129(94): 121-138.
- Hindak F. (1996): Kl'úč na určovanie nerozkonárených vláknitých zelených rias (Ulotrilineae, Ulotrilineales, Chlorophyceae). *Slovenská botanická spoločnosť pri SAV, Bratislava*, 77 pp.
- Hoffmann L. (1986): Cyanophycées aériennes et subaériennes du Grand-Duché de Luxembourg. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.* 56: 77-127.
- Hoffmann L. (2002): Caves and other low-light environments: aerophytic photoautotrophic microorganisms. In: Bitton G. (Ed.), *Encyclopedia of Environmental Microbiology*. John Wiley & Sons, New York, pp. 835-843.
- Komárek J., Anagnostidis K. (2000): Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. In: Ettl H., Gärtner G., Heying H., Mollenhauer D. (Eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1*. Spectrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 548 pp.
- Komárek J., Anagnostidis K. (2005): Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales. In: Büdel B., Gärtner G., Krienitz L., Schagerl M. (Eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2*. Elsevier, Heidelberg, 759 pp.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. (1986): Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heying H., Mollenhauer D. (Eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/1*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 876 pp.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. (1988): Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heying H., Mollenhauer D. (Eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/2*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 596 pp.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. (1991): Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heying H., Mollenhauer D. (Eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/3*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, 576 pp.
- Krivograd-Klemenčič A. (2007): Algae in selected aquatic and terrestrial habitats – floristic and ecological view: dissertation thesis. University of Ljubljana, Ljubljana, 210 pp.
- Krivograd-Klemenčič A., Vrhovšek D. (2005): Algal flora of Krška jama cave, Slovenia. *Sb. Nár. muz. Praze, Řada B, Přír. vědy* 61(1-2): 77-80.
- Kuehn K.A., Oneil R.M., Koehn R.D. (1992): Viable photosynthetic microalgal isolates from aphotic environments of the Edwards aquifer (central Texas). *Stygologia* 7(3): 129-142.
- Lazar J. (1960): Alge Slovenije: seznam sladkovodnih vrst in ključ za določanje. Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana, 279 pp.
- Lemmermann E., Brunnthaler J., Pascher A. (1915): Heft 5: Chlorophyceae 2. In: Pascher A. (Ed.), *Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz*. Gustav Fischer, Jena, 250 pp.

- Martinčič A. (1978): Primarna produkcija v jamskih sistemih: 1. faza. Raziskovalna skupnost Slovenije, Ljubljana, 53 pp.
- Martinčič A., Vrhovšek D., Batič F. (1981): Flora v jamah z umetno osvetlitvijo. Biol. vestn. 29(2): 27-56.
- Mulec J. (2005): Algae in the karst caves of Slovenia: dissertation thesis. University of Ljubljana, Ljubljana, 149 pp.
- Mulec J., Kosi G., Vrhovšek D. (2007): Algae promote growth of stalagmites and stalactites in karst caves (Škocjanske jame, Slovenia). Carbonate. Evaporite. 22(1): 6-10.
- Mulec J., Kosi G., Vrhovšek D. in press: Characterization of cave aerophytic algal communities and effects of irradiance levels on production of pigments. J. Cave Karst Stud.
- Pipan T. (2005): Epikarst - a promising habitat: copepod fauna, its diversity and ecology: a case study from Slovenia (Europe). ZRC Publishing, Ljubljana, 101 pp.
- Pipan T., Culver D.C. (2007): Regional species richness in an obligate subterranean dwelling fauna - epikarst copepods. J. Biogeogr. 34: 854-861.
- Sanchez M., Alcocer J., Escobar E., Lugo A. (2002): Phytoplankton of cenotes and anchialine caves along a distance gradient from the northeastern coast of Quintana Roo, Yucatan Peninsula. Hydrobiologia 467(1-3): 79-89.
- Sulek J. (1969): Taxonomische Übersicht der Gattung *Pediastrum* Meyen. In: Fott B., Komárek J. (Eds.), Studies in phycology. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, pp. 197-261.
- Vinogradova O.N., Kovalenko O.V., Wasser S.P., Nevo E., Weinstein-Evron M. (1998): Species diversity gradient to darkness stress in blue-green algae/cyanobacteria: a microscale test in a prehistoric cave, Mount Carmel, Israel. Isr. J. Plant Sci. 46: 229-238.
- Warren A., Day J.G., Brown S. (1997): Cultivation of algae and protozoa. In: Hurst C.J., Knudsen G.R., McInerney M.J., Stetzenbach L.D., Walter M.V. (Eds.), Manual of environmental microbiology. American Society for Microbiology, Washington, pp. 61-71.
- Whitton B.A., Potts M. (2000): The ecology of cyanobacteria: their diversity in time and space. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, London, Boston, 669 pp.

New records on synanthropic spider species (Arachnida: Araneae) in Slovenia

Rok KOSTANJŠEK¹ & Ana CELESTINA²

¹ Department of biology, Biotechnical faculty, University of Ljubljana, Večna pot 111, SI-1000 Ljubljana, Slovenia; E-mail: rok.kostanjsek@bf.uni-lj.si

² Tomazinova 1, SI-1275 Šmartno pri Litiji, Slovenia; E-mail: celestina.ana@gmail.com

Abstract. Four spider species, *Dictyna civica* (Lucas 1850) (Dictynidae), *Philodromus praedatus* O. P. Cambridge 1871 (Philodromidae), *Cheiracanthium mildei* L. Koch 1864 (Miturgidae) and *Clubiona similis* L. Koch 1867 (Clubionidae), new for Slovenian fauna, have been recorded on bridges over the Ljubljanica river and on buildings in the centre of Ljubljana.

Keywords: Araneae, synanthropic species, Slovenia, faunistics

Izvleček. NOVE NAJDBE SINANTROPNIH PAJKOV (ARACHNIDA, ARANEAE) V SLOVENIJI - Prispevek obravnava štiri v Sloveniji doslej še neodkrita vrsta pajkov: *Dictyna civica* (Lucas 1850) (Dictynidae), *Philodromus praedatus* O. Pickard-Cambridge 1871 (Philodromidae), *Cheiracanthium mildei* L. Koch 1864 (Miturgidae) in *Clubiona similis* L. Koch 1867 (Clubionidae), ki so bile najdene na mostovih prek Ljubljanice in na nekaterih zgradbah v središču Ljubljane.

Ključne besede: Araneae, sinantropne vrste, Slovenija, favnistika

Several specimens belonging to four species new for Slovenian spider fauna were recorded during a survey on the influence of ecological light pollution on spiders in the urban environment, which took place between April 2006 and October 2007. Here we report on noteworthy faunistic findings from this survey. The spider material was collected from the facade of Slovenian Philharmonic building in the centre of Ljubljana as well as from nearby bridges crossing the Ljubljanica River, from the buildings' surface or from webs. The nomenclature of the determined spiders follows Platnick (2008). For each species, the data on collected material, including description of the collecting site, latitude, longitude (Gauss-

Krüger) and altitude are given, stage of the material and collection date. We also provide the data on the species distribution in other countries in this part of Europe and comments on the findings. The specimens are deposited in the collections of the Department of Biology, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana.

New records

Dictyna civica (Lucas 1850) - Dyictinidae

Material:

- Ljubljana, Slovenian Philharmonic building, altitude: 305 m, coordinates: y: 462037 x: 100713, leg. & det.: A. Celestina
2♀, 5♂ - 24.4.2006
- Ljubljana, Čevljarški most bridge, altitude: 289 m, coordinates: y: 462109 x: 100591, leg. & det.: A. Celestina
8♀, 1♂ - 9.6.2006; 1♀, 2♂ - 21.5.2007; 4♀, 2♂ - 8.9.2007; 2♀ - 16.10.2007;
3♀, 2♂ - 21.5.2007; 3♀, 2♂ - 22.6.2007; 1♀ - 27.7.2007; 4♀, 5♂ - 8.9.2007;
19♀, 4♂ - 16.10.2007
- Ljubljana, Eastern bridge of the Tromostovje bridges, altitude: 289 m, coordinates: y: 462173 x: 100893, leg. & det.: A. Celestina
1♀ - 15.7.2006; 1♀ - 29.10.2006; 1♀ - 28.4.2007; 1♀ - 5.10.2007; 1♂ - 28.4.2007
- Ljubljana, Middle bridge of the Tromostovje bridges, altitude: 289 m, coordinates: y: 462159 x: 100888, leg. & det.: A. Celestina
1♀ - 26.5.2006; 1♀ - 29.10.2006; 1♀ - 2.4.2007; 1♀ - 28.4.2007;
3♀, 1♂ - 2.6.2007; 13♀, 5♂ - 26.8.2007; 2♀ - 16.7.2007; 1♀ - 4.10.2007
- Ljubljana, Western bridge of the Tromostovje bridges, altitude: 289 m, coordinates: y: 462148 x: 100880, leg. & det.: A. Celestina
4♀ 1♂ - 27.4.2007; 1♀ - 5.8.2007; 1♀ - 26.10.2007

Distribution: Europe, North Africa, North America (Platnick 2008). The species has been recorded throughout Central Europe, except Poland (Blick et al. 2004), including all neighbouring countries of Slovenia (Nikolić & Polenec 1981, Samu & Szinetár 1999, Blick et al. 2004), except Italy (Stoch 2003).

Comments: *Dictyna civica* is a small (♀: 3 – 3,5 mm, ♂: - 2,5 – 3 mm) and stout cribellate spider. The species is almost exclusively synanthropic (i.e. ecologically associated with humans) (Roberts 1995, Nentwig et al. 2003), usually found on building walls, where it builds a mesh web approximately 5 cm in diameter, which often appears as a cloth of dirt. Because their webs often compromise the aesthetic appearance of buildings, the species is considered economically problematic in urban environments and even potentially invasive (Essl & Rabitsch 2004, Wittenberg 2005). Due to its Palearctic distribution and occurrence in the neighbouring countries, the presence of *D. civica* was expected in synanthropic environments in Slovenia as well. Although the sources report its phenology between April and June (Roberts 1995, Nentwig et al. 2003), we found adults throughout the sampling season, from April to late October.

***Philodromus praedatus* O. P. Cambridge 1871 - Philodromidae**

Material:

- Ljubljana, Eastern bridge of the Tromostovje bridges, altitude: 289 m, coordinates: y: 462173 x: 100893, leg.: A. Celestina, det.: R. Kostanjšek 1♂ - 1.6.2007
- Ljubljana, Western bridge of the Tromostovje bridges, altitude: 289 m, coordinates: y: 462148 x: 100880, leg.: A.Celestina, det.: R. Kostanjšek 1♂ - 30.6.2007

Distribution: Europe, Russia (Platnick 2008). Recorded throughout Central Europe and in all countries adjacent to Slovenia (Nikolić & Polenec 1981, Samu & Szinetár 1999, Stoch 2003, Blick et al. 2004), except Croatia (Nikolić & Polenec 1981).

Comments: *Philodromus praedatus* is usually found in deciduous or mixed woodland on the lower branches of broad-leaved trees such as oak, at the edge of clearings or rides (Roberts 1995). Possibly it is often overlooked because of its similarity to the common *P. aureolus* and *P. cespitum* (Heimer & Nentwig 1991). The occurrence of the species in synanthropic environment is probably occasional, whereas the presence of the specimens on the Tromostovje bridge is more likely due to black poplar (*Populus nigra*) growth in close vicinity.

Cheiracanthium mildei* L. Koch 1864 - Miturgidae*Material:**

- Ljubljana, Eastern bridge of the Tromostovje bridges, altitude: 289 m, coordinates: y: 462173 x: 100893, leg. & det.: A. Celestina
1♀ - 28.4.2007

Distribution: Holarctic, Argentina (Platnick 2008). In Central Europe, the species has been recorded from Slovakia, Germany, Switzerland and all countries adjacent to Slovenia (Nikolić & Polenec 1981, Samu & Szinetár 1999, Stoch 2003, Blick et al. 2004).

Comments: *Cheiracanthium mildei* is a species native to southern Europe and the Mediterranean, where it is commonly found in bushes (Nentwig et al. 2003), although it has been also recorded in synanthropic habitats (Spilman & Levi 1970).

Clubiona similis* - L. Koch 1867 - Clubionidae*Material:**

- Ljubljana, Western bridge of the Tromostovje bridges, altitude: 289 m, coordinates: y: 462148 x: 100880, leg. & det.: A. Celestina
1♀ - 23.9.2007

Distribution: Palearctic (Platnick 2008). In Central Europe, the species was found in Germany, Austria, Czech Republic and Poland and in all countries adjacent to Slovenia (Nikolić & Polenec 1981, Samu & Szinetár 1999, Stoch 2003, Blick et al. 2004).

Comments: Due to the presence of *C. similis* in all neighbouring countries, its presence in Slovenia was expected. Since the natural habitat of the species is wetlands (Nentwig et al. 2003), the single record of the species in synanthropic environment is probably accidental.

Acknowledgements

The authors are indebted to Cene Fišer for his confirmation of determinations, and to Matjaž Kuntner for his critical comments on the manuscript.

References

- Blick T., Bosmans R., Buchar J., Gajdoš P., Hänggi A., Van Helsdingen P., Růžicka V., Staręga W., Thaler K. (2004): Checkliste der Spinnen Mitteleuropas. Checklist of the spiders of Central Europe. (Arachnida: Araneae). Version 1. Dezember 2004. (http://www.arages.de/checklist.html#2004_Araneae)
- Essl F., Rabitsch W. (2004): Austrian Action Plan on Invasive Alien Species. Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management, AV+Astoria Druckzentrum, Vienna, Austria, 26 pp.
- Heimer S., Nentwig W. (1991): Spinnen Mitteleuropas. Paul Parey, Berlin, 543 pp.
- Nentwig W., Hänggi A., Kropf C., Blick T. (2003): Spinnen Mitteleuropas – Bestimmungsschlüssel. On: <http://www.araneae.unibe.ch/index.html>.
- Nikolić F., Polenec A. (1981): Aranea. Catalogus Faunae Jugoslaviae III/4. SAZU, Ljubljana, 135 pp.
- Platnick N.I. (2008): The World Spider Catalog, Version 8.5, The American Museum of Natural History (<http://research.amnh.org/entomology/spiders/catalog/>)
- Roberts M.J. (1995): Collins Field Guide: Spiders of Britain & Northern Europe. HarperCollins, London, 383 pp.
- Samu F., Szinetár C. (1999): Bibliographic check list of the Hungarian spider fauna. Bull. Brit. Araneol. Soc. 11(5): 161-184.
- Stoch F. (2003). Checklist of the species of the Italian fauna, on-line version. On: <http://www.faunaitalia.it/checklist/introduction.html>.
- Roberts M.J. (1985): The spiders of Great Britain and Ireland. Volume 1: Atypidae to Theridiosomatidae. Harley Books, Colchester, 225 pp.
- Spielman A., Levi H.W. (1970): Probable envenomation by *Chiracanthium mildei*, a spider found in houses. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 19 (4): 729-732.
- Wittenberg R. (2005): An inventory of alien species and their threat to biodiversity and economy in Switzerland. CABI Bioscience Switzerland Centre report to the Swiss Agency for Environment, Forests and Landscape. The environment in practice No. 0629. Federal Office for the Environment, Bern, 155 pp.

First record of a golden jackal (*Canis aureus*) in the Savinja Valley (Northern Slovenia)

Miha KROFEL*, Hubert POTOČNIK

Department of Biology, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Večna pot 111, SI-1001 Ljubljana, Slovenia.

* E-mail: miha.krofel@gmail.com

Abstract. The article presents the record of an adult female golden jackal (*Canis aureus*) accidentally shot in 2005 near Gornji Grad in the Upper Savinja Valley, Northern Slovenia (UTM VM82, 980 m a.s.l.). Although this individual was most likely a vagrant, it indicates that golden jackals may soon, or perhaps already have, established permanent territories in Slovenia. Further studies are necessary to determine the status and distribution of this protected species in Slovenia, as well as public awareness actions, especially among hunters, in order to avoid additional accidents at hunting.

Keywords: carnivores, canids, Canidae, golden jackal, *Canis aureus*, Slovenia

Izvleček. PRVI PODATEK O POJAVLJANJU ŠAKALA (*CANIS AUREUS*) V SAVINJSKI DOLINI (SLOVENIJA) – V prispevku navajava podatke o odrasli samici šakala (*Canis aureus*), ki je bila leta 2005 pomotoma odstreljena v okolici Gornjega Grada v Zgornjesavinjski dolini (UTM VM82, 980 m n. v.). Najverjetneje je v tem primeru šlo za klateža, vendar nakazuje možnost, da bi šakali lahko oziroma so že vzpostavili stalne teritorije v Sloveniji. Nujno so potrebne nadaljnje raziskave, da se ugotovi status in razširjenost te zavarovane vrste v Sloveniji. Priporoča tudi akcije osveščanja javnosti, še posebej lovcev, ki bi zmanjšale možnosti nadaljnjih morebitnih zmot med lovom.

Ključne besede: zveri, kanidi, Canidae, šakal, *Canis aureus*, Slovenija

Golden jackal (*Canis aureus*) is one of the rarest and least known autochthonous canids in Europe. It is not recognized as a large carnivore by LCIE, although it is comparable in size to the Iberian lynx (*Lynx pardinus*). It seems that it has colonized Europe during the Upper Holocene (Bauer 2001), and nowadays it is most common on the Balkan Peninsula (Kryštufek et al. 1997). Rarely, records of vagrants are also reported from Central Europe, e.g. Slovakia (T. Pataky pers. comm.), Austria (Bauer 2001), Italy (Lapini & Perco 1993), and Slovenia

(Kryštufek et al. 1997). First observations of jackals in Slovenia were reported in 1952 (Breljih 1955). Several other individuals have been shot or observed since then, mostly along the border with Croatia and at Ljubljansko barje (Krofel 2008).

On 25th November, 2005, an »unusual canid« was shot near Gornji Grad in the Upper Savinja Valley, Northern Slovenia (UTM VM82, 980 m a.s.l.), in a mixed beech-spruce forest (primary vegetation *Castaneo sativae-Fagetum*) (Figs. 1-3). The hunter thought he was shooting a fox, but the later inspection by one of the authors (H.P.) revealed that it was a golden jackal. It was an adult female weighing 11 kg. Other body and skull measurements are given in Tables 1 and 2. In comparison to the measurements reported for jackals killed or found dead in Slovenia or Croatia (Kryštufek & Tvrtković 1990a, Kryštufek & Tvrtković 1990b, Kryštufek 1994, Dvoršak 1996), this female was relatively small. According to the state of dentition, her age was estimated to be more than two years. Generally, it was in good condition. No ectoparasites were found on the coat. Nipples had not been suckled, indicating that she had never had cubs. Simple qualitative stomach content analysis revealed only parts of domestic pig skin and hair. This indicates that the jackal had probably been feeding on offal of the animals slaughtered on one of the farms in the area.



Figure 1. Female golden jackal (*Canis aureus*) shot in November 2005 near Gornji Grad in the Upper Savinja Valley (N Slovenia). Photo: Alojz Vrtačnik.

Slika 1. Samica šakala (*Canis aureus*), ustreljena novembra 2005 v bližini Gornjega Grada v Zgornjesavinjski dolini (S Slovenija). Foto: Alojz Vrtačnik.



Figure 2. Front paw of a female golden jackal (*Canis aureus*) shot in November 2005 near Gornji Grad in the Upper Savinja Valley (N Slovenia). Note the characteristic union of digital pads of third and fourth digits. Photo: Hubert Potočnik.

Slika 2. Sprednja šapa samice šakala (*Canis aureus*), ustreljene novembra 2005 v bližini Gornjega Grada v Zgornjesavinjski dolini (S Slovenija). Vidita se za šakala značilni zraščeni blazinici tretjega in četrtega prsta. Foto: Hubert Potočnik.



Figure 3. Skull of a female golden jackal (*Canis aureus*) shot in November 2005 near Gornji Grad in the Upper Savinja Valley (N Slovenia). Note the characteristic shape of anterior edge of nasal bones. Photo: Hubert Potočnik.

Slika 3. Lobanja samice šakala (*Canis aureus*), ustreljene novembra 2005 v bližini Gornjega Grada v Zgornjesavinjski dolini (S Slovenija). Vidi se značilna oblika anteriornega roba nosnih koščic. Foto: Hubert Potočnik.

Table 1. External measurements of the female golden jackal (*Canis aureus*) shot in November 2005 near Gornji Grad in the Upper Savinja Valley (N Slovenia).**Tabela 1.** Zunanje mere samice šakala (*Canis aureus*), ustreljene novembra 2005 v bližini Gornjega Grada v Zgornjesavinjski dolini (S Slovenija).

Body mass / Telesna teža	11 kg
Body mass (dressed) / Telesna teža (brez drobovine)	9.5 kg
Head and body length / Dolžina trupa z glavo	79 cm
Tail length / Dolžina repa	24 cm
Shoulder height / Plečna višina	49 cm
Head circumference / Obseg glave	33 cm
Neck circumference / Obseg vratu	30 cm
Thoracic circumference / Obseg prsi	51 cm
Abdominal circumference / Obseg trebuha	46 cm
Ear length / Dolžina uhljev	80 mm
Front paw length / Dolžina sprednje šape	55 mm
Front paw width / Širina sprednje šape	37 mm
Hind paw length / Dolžina zadnje šape	51 mm
Hind paw width / Širina zadnje šape	32 mm
Hind foot length / Dolžina zadnjega stopala	160 mm
Length of hairs on the back, shoulder, flank, abdomen / Dolžina dlake na hrbtu, vihru, boku, trebuhu	75, 110, 55, 45 mm

Table 2. Skull measurements of the female golden jackal (*Canis aureus*) shot in November 2005 near Gornji Grad in the Upper Savinja Valley (N Slovenia).**Tabela 2.** Dimenzije lobanje samice šakala (*Canis aureus*), ustreljene novembra 2005 v bližini Gornjega Grada v Zgornjesavinjski dolini (S Slovenija).

Condylbasal length / Kondilobazalna dolžina	163 mm
Zygomatic breadth / Zigomatična širina	88 mm
Upper canine length (right, left) / Dolžina zgornjih podočnikov (desni, levi)	18.4, 18.4 mm
Lower canine length (right, left) / Dolžina spodnjih podočnikov (desni, levi)	16.0, 16.0 mm
Distance between upper canines / Razmak med zgornjima podočnikoma	31.3 mm
Distance between lower canines / Razmik med spodnjima podočnikoma	26.9 mm

According to the available information, it is not possible to reliably ascertain whether this was a territorial animal or a vagrant. However, since there were neither reports of other jackals observed in this region nor any vocalization heard before or after the killing, it seems more reasonable to conclude that it was a vagrant. The unusual aspect of this record is the location in Northern Slovenia, which is further away from areas of permanent jackal presence in Croatia than other known records of jackals in the last decades in Slovenia (Krofel 2008). Furthermore, the altitude of the location is higher than that of most other records of jackals in Slovenia (M. Krofel, unpublished data). It is also interesting to note that it was a female, as among carnivores females usually disperse over shorter distances than males (Waser 1996,

Mech & Boitani 2003). This gives another indication that golden jackals may in the future, or perhaps already have, establish permanent territories in Slovenia. Another reason why this individuals was found so far to the north might be that a large part of Southern Slovenia is inhabited by grey wolves (*Canis lupus*), while in the northern part they are absent (Adamič et al. 2004). It has been noted in several parts of Europe that jackals are excluded from areas inhabited by wolves (e.g. Giannatos et al. 2005, S. Stoyanov pers. comm.).

Further studies are necessary to determine the geographical distribution and the status of this relatively new species of Slovenian mammalian fauna. Golden jackal is listed as a protected species in Slovenia and is not allowed to be shot or harmed in any other way (Uredba o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah, 2004). However, as it has been shown by the present case, this legislation alone is not enough to ensure the conservation of the species in Slovenia. We recommend public awareness actions, especially among hunters, as the golden jackal is very poorly known and the majority of people in Slovenia are most likely not able to recognize it in the field. Additionally, it would be recommended to include this species into the hunting legislation, which would enable much more control over illegal hunting.

References

- Adamič M., Jerina K., Zafran J., Marinčič A. (2004): Izhodišča za oblikovanje strategije ohranitvenega upravljanja s populacijo volka (*Canis lupus* L.) v Sloveniji. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Ljubljana, 30 pp.
- Bauer K. (2001): Goldschakal *Canis aureus* Linnaeus, 1758. In: Spitzenberger F. (Ed.), Die Säugetierfauna Österreichs. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft, Graz, pp. 564-568.
- Brelj S. (1955): Šakali (*Canis aureus* L.) na ozemlju Slovenije. Biol. vest. 4: 56-58.
- Dvoršak A. (1998): Šakal s Toškega Čela. Lovec 81(2): 80.
- Giannatos G., Marinos Y., Maragou P., Catsadorakis G. (2005): The status of the Golden Jackal (*Canis aureus* L.) in Greece. Belg. J. Zool. 135(2): 145-149.
- Krofel M. (2008): Šakali v Sloveniji. Lovec 91(1): 10-12.
- Kryštufek B. (1994): Šakali prihajajo... Lovec 77(2): 56-57.
- Kryštufek B., Tvrtković N. (1990a): Range expansion by Dalmatian jackal population in the 20th century (*Canis aureus* Linnaeus, 1758). Folia Zool. 39(4): 291-296.

- Kryštufek B., Tvrtković N. (1990b): Variability and identity of the jackals (*Canis aureus*) in Dalmatia. Ann. Naturhist. Mus. Wien 91(B): 7-25.
- Kryštufek B., Murariu D., Kurtonur C. (1997): Present distribution of the Golden Jackal *Canis aureus* in the Balkans and adjacent regions. Mammal Rev. 27(2): 109-114.
- Lapini L., Perco F., Benussi F. (1993): Nuovi dati sullo sciacallo dorato (*Canis aureus* L., 1758) in Italia (Mammalia, Carnivora, Canidae). Gortiana 14: 231-238.
- Mech L.D., Boitani L. (2003): Wolf social ecology. In: Mech L.D., Boitani L. (Eds.), Wolves: behavior, ecology, and consevation. The University of Chicago Press, Chicago & London, pp 1-34.
- Uredba o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah (Ur. l. RS 46/2004).
- Waser P.M. (1996): Patterns and consequences of dispersal in gregarious carnivores. In: Gittleman J.L. (Ed.), Carnivore behavior, ecology and evolution. Cornell University Press, New York, pp. 267 – 298.

NAVODILA AVTORJEM

NATURA SLOVENIAE objavlja izvirne prispevke, ki imajo za ozadje terensko delo s področja biologije in/ali prispevajo k poznavanju favne in flore osrednje in jugovzhodne Evrope. Prispevki so lahko v obliki znanstvenih člankov, kratkih vesti ali terenskih notic.

Znanstveni članek je celovit opis izvirne raziskave in vključuje teoretično ozadje tematike, območje raziskav in metode uporabljene pri delu, podrobno predstavljene rezultate in diskusijo, sklepe ter pregled literature. Dolžina naj ne presega 20 strani.

Kratka znanstvena vest je izvirni prispevek, ki ne vsebuje podrobnega teoretičnega pregleda. Njen namen je seznaniti bralca z delnimi ali preliminarimi rezultati raziskave. Dolžina naj ne presega petih strani.

Terenska notica je krajši prispevek o zanimivih favniških ali florističnih opažanjih in najdbah na področju Slovenije. Dolžina naj ne presega treh strani.

Vsi prispevki bodo recenzirani. Avtorji lahko v spremnem dopisu sami predlagajo recenzente, kljub temu pa urednik lahko izbere tudi kakšnega drugega recenzenta. Recenziran članek popravi avtor oz. avtorji sami. V primeru zavrnitve se originalne materiale skupaj z obrazložitvijo glavnega urednika vrne odgovornemu avtorju.

Prispevki, objavljeni v reviji *Natura Sloveniae*, ne smejo biti predhodno objavljeni ali sočasno predloženi in objavljeni v drugih revijah ali kongresnih publikacijah. Avtorji se s predložitvijo prispevkov strinjajo, da ob njihovi potrditvi, ti postanejo last revije.

Prispevke lahko oddate na naslov *Natura Sloveniae*, Oddelek za biologijo Univerze v Ljubljani, Večna pot 111, 1111 Ljubljana, Slovenija, (telefon: (01) 423 33 88, fax: 273 390, E-mail: rok.kostanjsek@bf.uni-lj.si).

FORMAT IN OBLIKA PRISPEVKA

Prispevki naj bodo napisani v programu Word for Windows, v pisavi "Times New Roman CE 12", z levo poravnavo in 3 cm robovi na A4 formatu. Med vrsticami naj bo dvojni razmak, med odstavki pa prazna vrstica. Naslov prispevka in naslovi posameznih poglavij naj bodo natisnjeni krepko v velikosti pisave 14. Latinska imena rodov in vrst morajo biti pisana ležeče. Uredniku je potrebno prispevek oddati v primerni elektronski obliki (disketa, CD, elektronska pošta) v Rich text (.rtf) ali Word document (.doc) formatu.

Naslov prispevka (v slovenskem in angleškem jeziku) mora biti informativen, jasen in kratek. Naslovu naj sledijo celotna imena avtorjev in njihovi naslovi (vključno z naslovi elektronske pošte).

Izvleček v slovenskem jeziku mora na kratko predstaviti namen, metode, rezultate in zaključke. Dolžina izvlečka naj ne presega 200 besed za znanstveni članek oziroma 100 besed za kratko znanstveno vest. Pod izvlečkom naj bodo ključne besede, ki predstavljajo področje raziskave. Njihovo število naj ne bo večje od 10. Sledi abstract in key words v

angleškem jeziku, za katere velja enako kot za izvleček in ključne besede.

Glavnina prispevka znanstvenega članka in kratke znanstvene vesti je lahko pisana v slovenskem jeziku čeprav je bolj zaželen angleški jezik. Prispevek, ki je pisan v slovenskem jeziku mora vsebovati obširnejši angleški povzetek - summary, prispevek pisan v angleškem jeziku pa obširnejši slovenski povzetek (200-500 besed). Terenska notica je v celoti napisana v angleškem jeziku, brez izvlečka, ključnih besed in povzetka. Pri oblikovanju besedil naj se avtorji zgledujejo po zadnjih številkah revije.

SLIKE IN TABELE

Skupno število slik in tabel v prispevku naj ne bo večje od 10, njihovo mesto naj bo v članku nedvoumno označeno. Posamezne tabele z legendami naj bodo na ločenih listih. Naslovi tabel naj bodo nad njimi, naslovi slik in fotografij pa pod njimi. Naslovi in legenda slik in tabel naj bodo v slovenskem in angleškem jeziku. Pri navajanju slik in tabel v tekstu uporabljajte okrajšave (npr. angl: Tab. 1 ali Tabs. 1-2, Fig. 1 ali Figs. 1-2 in slo.: Tab. 1 in Sl. 1).

NAVAJANJE LITERATURE

Navajanje literature v besedilu mora biti na ustreznem mestu. Kadar citiramo enega avtorja, pišemo Schultz (1987) ali (Schultz 1987), če sta avtorja dva (Parry & Brown 1959) in če je avtorjev več (Lubin et al. 1978). Kadar navajamo citat večih del hkrati, pišemo (Ward 1991, Pace 1992, Amman 1998). V primeru, ko citiramo več del istega avtorja objavljenih v istem letu, posamezno del označimo s črkami (Lucas 1988a, b). Literatura naj bo urejena po abecednem redu.

Primeri:

- članke iz revij citiramo:

Schultz J.W. (1987): The origin of the spinning apparatuses in spiders. *Biol. Rev.* 62: 123-134.

Parry D.A., Brown R.H.J. (1959): The hydraulic mechanism of the spider leg. *J. exp. Biol.* 36: 654-657.

Lubin Y.D., Eberhard W.G., Montgomery G.G. (1978): Webs of *Diagrammopes* (Araneae: Araneidae) in the neotropics. *Psyche* 85: 1-13.

Lucas S. (1988a): Spiders in Brasil. *Toxicon* 26: 759-766.

Lucas S. (1988b): Spiders and their silks. *Discovery* 25: 1-4.

- knjige, poglavja iz knjig, poročila, kongresne povzetke citiramo:

Foelix R.F. (1996): *Biology of spiders*, 2. edition. Harvard University Press, London, pp. 155-162.

Nentwig W., Heimer S. (1987): *Ecological aspects of spider webs*. In: Nentwig W. (Ed.), *Ecophysiology of Spiders*. Springer Verlag, Berlin, 211 pp.

Edmonds D.T. (1997): The contribution of atmospheric water vapour to the formation of a spider's capture web. In: Heimer S. (Ed.), *Proceedings of the 17th European Colloquium of Arachnology*. Oxford Press, London, pp. 35-46.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

NATURA SLOVENIAE publishes original papers in Slovene and English which contribute to the understanding of the natural history of Central and Southeast Europe. Papers may be submitted as Scientific Papers, Short Communications or Field Notes.

Scientific Paper is a complete description of the original research including theoretical review, research area, methods, detailed presentation of the results obtained and discussion, conclusions and references. The length of the Scientific Paper may not exceed twenty pages.

Short Communication is an original paper without detailed theoretical review. Its purpose is to introduce partial or preliminary results of the research. The length of the Short Communication may not exceed five pages.

Field Note is a short report on interesting faunistic or botanical findings or observations in Slovenia. The length of the Field Note may not exceed three pages.

All papers will be subject to peer review by one referee. Authors are invited to suggest the names of referees, although the editor reserves the right to elect an alternative referee to those suggested. The reviewed paper should be corrected by author or authors themselves. In the case of the rejection, the original materials will be sent back to the corresponding author with the editors explanation.

The submitted papers should not have been previously published and should not be simultaneously submitted or published elsewhere (in other journals, bulletins or congress publications). By submitting a paper, the authors agree that the copyright for their article is transferred to the publisher if and when the article is accepted for publication.

Papers should be submitted to NATURA SLOVENIAE, Department of Biology, University of Ljubljana Večna pot 111, SI-1111 Ljubljana, Slovenia (telephone: +386 (0) 1 423 33 88, fax: +386 (0) 1 273 390, E-mail: rok.kostanjsek@bf.uni-lj.si).

FORMAT AND FORM OF ARTICLES

Papers should be written with Word for Windows using "Times New Roman CE" size 12 font, align left and margins of 3 cm on A4 pages. Double spacing should be used between lines and paragraphs should be separated with a single empty line. The title and chapters should be written bold in font size 14. The latin names of all genera and species must be written italic. All submissions should be sent to the editor in the appropriate electronic version on diskette, CD or via e-mail in Rich text format (.rtf) or Word document (.doc) format.

Title of paper should be informative, understandable, and concise. The title should be followed by the name(s) and

full address(es) of the author(s), including E-mail address(es).

Abstract must give concise information about the objectives, methods used, results and the conclusions. The abstract length should not exceed 200 words for "Scientific Papers" and 100 words for "Short Communications". There should be no more than ten keywords which must accurately reflect the field of research covered in the paper. Field notice does not include abstract and keywords. Author(s) should check the last issue of *Natura Sloveniae* when preparing the manuscript.

ILLUSTRATIONS AND TABLES

Papers should not exceed a total of ten illustrations and/or tables, with their position amongst the text clearly indicated by the author(s). Tables with their legends should be submitted on separate pages. Titles of tables should appear above them, and titles of illustrations and photographs below. Illustrations and tables should be cited shortly in the text (Tab. 1 or Tabs. 1-2, Fig. 1 or Figs. 1-2).

LITERATURE

References should be cited in the text as follows: a single author is cited, as Schultz (1987) or (Schultz 1987); two authors would be (Parry & Brown 1959); if a work of three or more authors is cited, (Lubin et al. 1978); and if the reference appears in several works, (Ward 1991, Pace 1992, Amman 1998). If several works by the same author published in the same year are cited, the individual works are indicated with the added letters a, b, c, etc. (Lucas 1988a, b). The literature should be arranged in alphabetical order.

Examples (use the the following forms):

- articles from journals:

Schultz J.W. (1987): The origin of the spinning apparatuses in spiders. *Biol. Rev.* 62: 123-134.

Parry D.A., Brown R.H.J. (1959): The hydraulic mechanism of the spider leg. *J. exp. Biol.* 36: 654-657.

Lubin Y.D., Eberhard W.G., Montgomery G.G. (1978): Webs of *Miagrammopes* (Araneae: Araneidae) in the neotropics. *Psyche* 85: 1-13.

Lucas S. (1988a): Spiders in Brasil. *Toxicon* 26: 759-766.

Lucas S. (1988b): Spiders and their silks. *Discovery* 25: 1-4.

- for books, chapters from books, reports, and congress anthologies:

Foelix R.F. (1996): *Biology of spiders*, 2. edition. Harvard University Press, London, pp. 155-162.

Nentwig W., Heimer S. (1987): Ecological aspects of spider webs. In: Nentwig W. (Ed.), *Ecophysiology of Spiders*. Springer Verlag, Berlin, 211 pp.

Edmonds D.T. (1997): The contribution of atmospheric water vapour to the formation of a spider's capture web. In: Heimer S. (Ed.), *Proceedings of the 17th European Colloquium of Arachnology*. Oxford Press, London, pp. 35-46.