

Razporeditev in pogostost makrofitov v kraški reki Rak

Distribution and abundance of macrophytes in the karstic Rak River

JAN GOJZNIKAR, LUCIJA FON MERVIČ, MATJAŽ KEPEC, RUDI KRAŠEVEC, DOMEN PLAZNIK & MATEJA GERM

Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, mateja.germ@bf.uni-lj.si

Povzetek

Reka Rak je kraški vodotok, ki je zaradi velikega gradienta v morfoloških lastnostih rečne struge, že več let predmet raziskav pogostosti in pojavljanja makrofitov. Konec junija smo v območju reke v okviru vsakoletnih terenskih vaj za študente, ponovno temeljito popisali makrofite reke Rak. Njihovo pogostost smo ocenjevali s petstopenjsko lestvico, hkrati pa smo okoljske parametre v posameznih odsekih reke ocenili s pomočjo modificirane RCE metode (Riparian, Channel and Environmental Inventory). 37 popisanih taksonov in uvrstitev v relativno visoke kakovostne RCE razrede nakazujeta, da je reka Rak v dobrem stanju.

Ključne besede

makrofiti, Rak, kraški vodotok, RCE

Abstract

The Rak River is a karst watercourse that has been studied for presence and abundance of macrophytes for many years due to its large gradient in the morphological characteristics of the river bed. In the end of the June, during the annual field work for students, we surveyed macrophytes in the river. Their abundance was estimated using a five degree scale and the river's stretches were also categorized according to the modified RCE method (Riparian, Channel and Environmental Inventory). The finding of 37 taxa and the relatively high quality of RCE classes indicate good conditions of the Rak River.

Key words

macrophytes, Rak River, karstic stream, RCE

1 UVOD

Rakov Škocjan je kraška dolina med Cerkniškim in Planinskim poljem, ki jo je izoblikovala reka Rak. Ta priteče na dan na vzhodu doline iz Zelških jam in prinaša vodo iz Cerkniškega jezera. Reka teče približno 2 kilometra po površju in nato zopet ponikne v Tkalci jami. Rak se nato v Planinski jami združi z reko Pivko in tvori reko Unico. Odprta struga vodotoka je nastala kot posledica sesutja kraške jame, kar je razvidno tudi pri Malem in Velikem naravnem mostu (JENKO 2004). Ravno dno določa relativno počasen, a stalen tok reke. Pretok lahko ob obilnih padavinah ekstremno naraste, saj porečje zaobjema Cerkniško

jezero in neposredne podzemne pritoke iz Javornikov. Rakov Škocjan je razglašen za krajinski park oz. naravni spomenik kot del Notranjskega regijskega parka (UR. L. RS 2002a), območje pa je bilo kot prirodni spomenik zavarovano že leta 1949 (UR. L. LRS 1949).

Makrofiti so vodne rastline, ki jih v vodi vidimo s prostim očesom. Skupina tako vključuje semenke, praprotnice, mahove in določene alge (HUTCHINSON 1975). Rast makrofitov je odvisna od hitrosti vodnega toka in pretoka, izpostavljenosti valovom in vetru, svetlobe, temperature, vrste substrata, razpoložljivosti plinov (kisika in ogljikovega dioksida), kemizma vode, vsebnosti hranil, kompeticije in upravljanja z rečnim ekosistemom (FRANKLIN & al. 2008, ŠRAJ-KRŽIČ & al. 2007), pa tudi širine in globine struge ter redu vodotoka – torej ali gre za glavno strugo ali pritok prvega, drugega, tretjega, ... reda (HASLAM 2006). Rastline, ki rastejo v vodi, imajo v rečnem in jezerskem ekosistemu pomembno vlogo (EBKE & al. 2013), saj vplivajo na zgradbo in delovanje vodnih ekosistemov (BLINDOW & al. 2002) in so vez med vodo in sedimentom. Slednjega tudi stabilizirajo in sodelujejo v samoočiščevalnih procesih (MADSEN & al. 2001).

Namen raziskave je bil ugotoviti prisotnost in pogostost makrofitov po celotnem delu reke Rak ter uvrstitve reke v enega od petih RCE kakovostnih razredov s pomočjo širše okoljske ocene vodotoka. Predvidevali smo, da se bo razporeditev makrofitov od izvira do izliva reke Rak spreminjala in da bodo sestoji makrofitov zaradi počasnejšega toka in večje osvetljenosti bolj pestri v spodnjem delu reke.

2 MATERIALI IN METODE

Reko Rak smo raziskovali v obdobju med 24. in 28. junijem 2019 v okviru vsakoletnih terenskih vaj magistrskega študijskega programa Ekologija in biodiverziteteta (BF UL). Pogostost makrofitov v reki smo popisali s pomočjo 5 stopenjske lestvice z vrednostmi od 1–5 (KOHLEH & JANAUER 1995, PALL & JANAUER 1995), pri čemer smo si pomagali s razdelitvijo rečne struge na odseke. Koordinate začetnih in končnih delov odsekov smo označili s pomočjo naprave GPS, rečni odseki so si sledili glede na rabo tal v obrežnem pasu, razvitost in sestavo obrežnega pasu ter prisotnosti in pogostosti makrofitov (Preglednica 1). Delo je v spodnjem, globljem delu reke Rak potekalo s čolna, plitvejše predele zgornjega toka pa smo pregledali z brenjenjem. Rastline smo vzorčili s pomočjo teleskopske palice (»makrofitolovec«). Večina rastlin je bila določena na terenu, težko določljive vrste pa smo določili kasneje v laboratoriju s pomočjo literature (MARTINČIČ & al. 2007, DÜLL & DÜLL-WUNDER 2008, STERGARŠEK & al. 2009, GERM 2013).

Izračunali smo masni indeks (MI), ki je z dejansko biomaso povezan s funkcijo $f(x) = x^3$. Za računanje kvantitativne pomembnosti vrste na določenem odseku, uporabimo relativno rastlinsko maso (RPM).

RPM_x = relativna rastlinska masa vrste x

PM_{xi} = rastlinska masa vrste x na rečnem odseku i

L_i = dolžina rečnega odseka i

Izračunali smo tudi MMT – povprečni masni indeks vrste na vseh odsekih reke in MMO – povprečni masni indeks vrste na odsekih, kjer se vrsta pojavlja.

MI_i = masni indeks vrste na odseku i

AL_i = dolžina odseka i , v katerem je vrsta prisotna

GL = celotna dolžina pregledanega vodotoka

Poleg spremljanja razporeditve makrofitov v vodotoku, smo zabeležili tudi izbrane osnovne fizikalne in kemijske parametre vode: temperaturo ($^{\circ}\text{C}$), prevodnost ($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH in koncentracijo (mg/L) ter nasičenost s kisikom (%). Meritve smo opravili z multimetrom EUTECH, PCD 650. Opravili smo tudi širšo okoljsko oceno vodotoka na posameznih odsekih po metodi RCE (Riparian, Channel and Environmental Inventory; PETERSEN 1992).

Preglednica 1: Pregledani odseki reke Rak. Podane koordinate označujejo začetno točko posameznega odseka.

Table 1: Surveyed stretches of the Rak River. Given coordinates indicate the starting point of the each river stretch.

Št. točke/ odseka	Z. širina [$^{\circ}\text{N}$]	Z. dolžina [$^{\circ}\text{E}$]	Dolžina [m]	Krajši opis
1	45.790510	14.303620	72	Skalovje, poraščeno z mahom
2	45.790244	14.302750	131	Mirnejši odsek s tolmuni in podrtimi debli v gozdu
3	45.789205	14.302254	87	Presvetljeni odsek s pogostimi ježki
4	45.788808	14.301312	53	Gozdnat, manj osvetljen zavoj reke
5	45.789177	14.300893	54	Presvetljeni odsek s pogostimi ježki
6	45.789541	14.300471	102	Grmovnat odsek z veliko podrtih debel
7	45.789600	14.299203	34	Mirnejši, presvetljen odsek
8	45.789583	14.298769	28	Presvetljeni odsek s pogostimi ježki
9	45.789761	14.298527	130	Odsek v gozdni soteski
10	45.789949	14.297261	32	Z vrbovjem zaraščen odsek
11	45.789858	14.296854	75	Manj osvetljen gozdnati odsek
12	45.790324	14.296249	94	Svetlejši odsek z ježki in jezerskim bičkom
13	45.790722	14.295269	130	Manj osvetljen odsek z obrežnim vrbovjem
14	45.791578	14.294290	210	Odsek z obrežnimi mokrotnimi travniki
15	45.793422	14.293758	274	Odsek z gozdom na desnem in travniki na levem bregu
16	45.795153	14.291616	81	Odsek z obrežnimi mokrotnimi travniki
17	45.795559	14.290755	114	Odsek, gosto preraščen z dristavci
18	45.796221	14.289707	109	Odsek z gozdom na desnem in travniki na levem bregu
Zaključna točka	45.795572	14.288728	/	Veliki naravni most

3 REZULTATI

3.1 Makrofiti

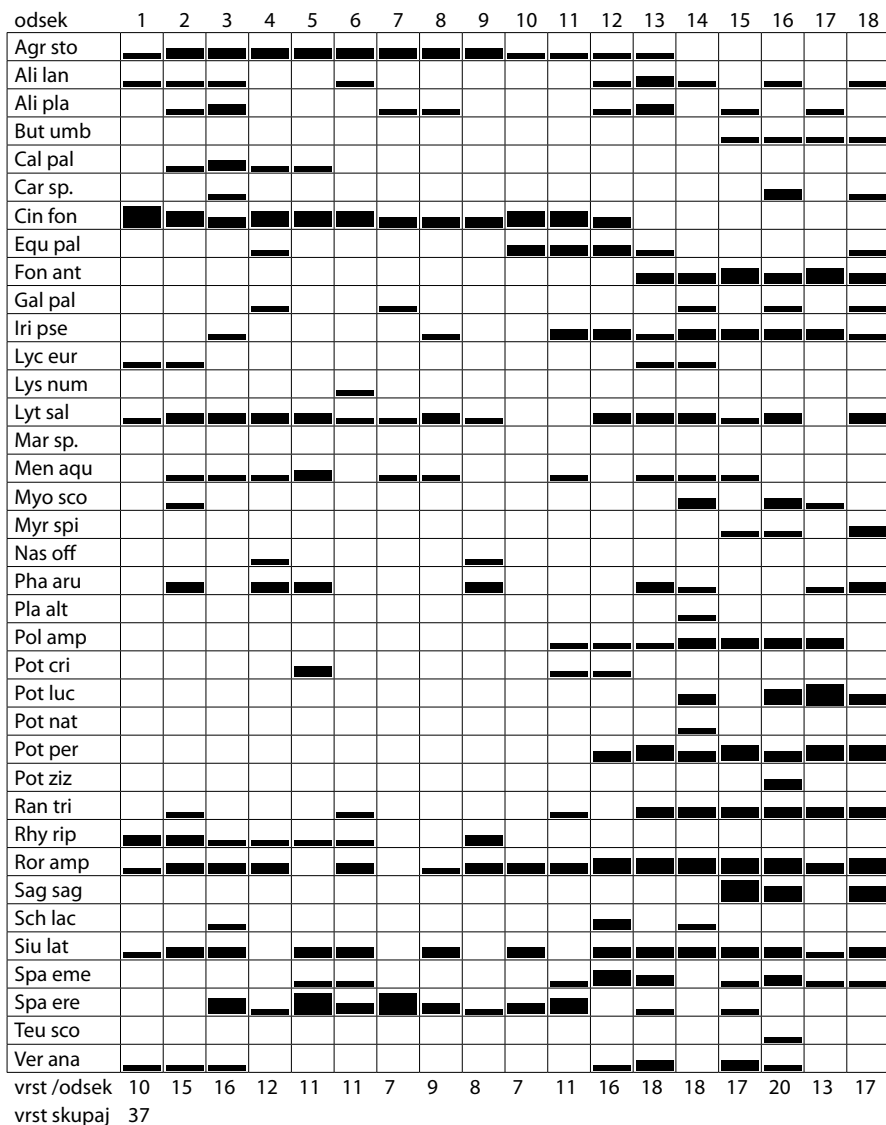
V reki Rak smo popisali 37 taksonov: štiri vrste mahov, eno vrsto praprotnice in 32 taksonov semenk (Preglednica 2, sl. 1). Taksoni so bili različno razporejeni. V največ odsekih so rasle vrste *Rorippa amphibia* (prava potočarka), *Lythrum salicaria* (navadna krvenka) in *Sium latifolium* (širokolistna koščica) (sl. 2), medtem ko sta imeli največjo relativno rastlinsko maso poleg vrste *R. amphibia* še vrsta *Sagittaria sagittifolia* (navadna streluša) in *Potamogeton perfoliatus* (prerasolistni dristavec) (sl. 3). Te tri vrste so imele tudi največji povprečni masni indeks (sl. 4).

Preglednica 2: Makrofiti taksoni, zabeleženi med popisom na reki Rak. Semenke (Spermatophyta) smo razvrstili v družine po MARTINIČIČ & al. (2007). (kategorija IUCN (UR. L. RS 2002b); V – ranljiva vrsta)

Table 2: Survey of macrophyte taxa in the Rak River. Seed plants (Spermatophyta) are assigned to families according to MARTINIČIČ & al. (2007). (IUCN category (UR. L. RS 2002b); V – vulnerable species)

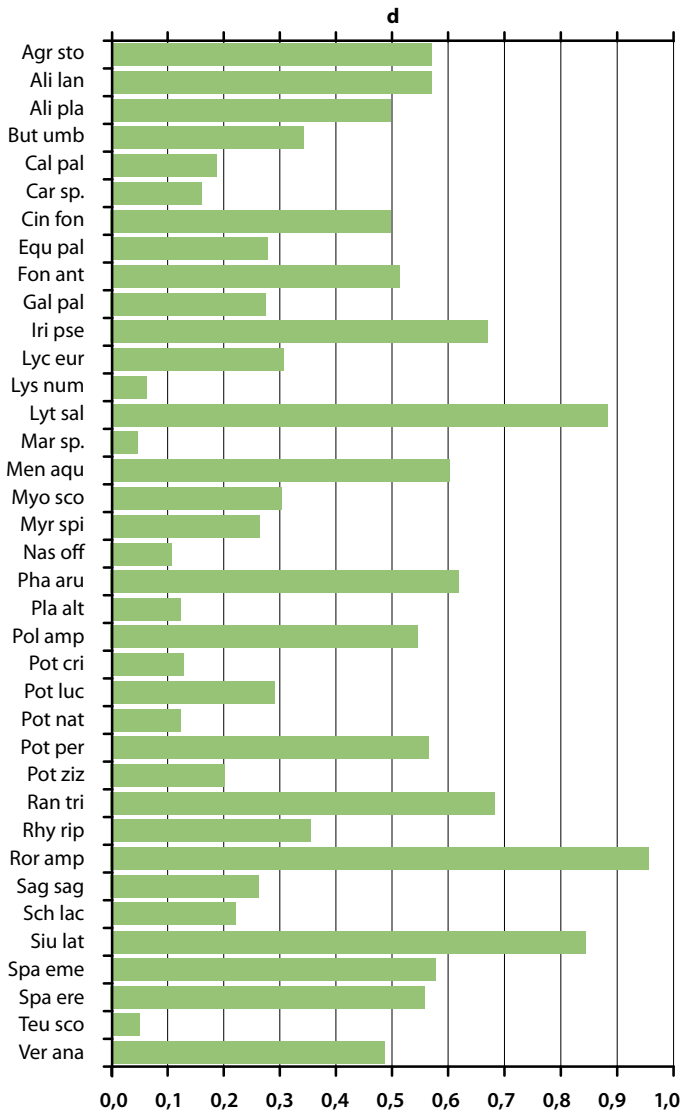
Družina	Latinsko ime	Slovensko ime	Kategorija IUCN	okrajšava vrste
Bryophyta				
<i>Brachytheciaceae</i>	<i>Rhynchostegium riparioides</i>	/	/	Rhy rip
<i>Fontinalaceae</i>	<i>Fontinalis antipyretica</i>	/	/	Fon ant
<i>Marchantiaceae</i>	<i>Marchantia</i> sp.	/	/	Mar sp.
<i>Pottiaceae</i>	<i>Cinclidotus fontinaloides</i>	/	/	Cin fon
Pteridophyta				
<i>Equisetaceae</i>	<i>Equisetum palustre</i>	Močvirska preslica	/	Equ pal
Spermatophyta				
<i>Alismataceae</i>	<i>Alisma lanceolatum</i>	Suličastolistni porečnik	V	Ali lan
	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	Trpotčasti porečnik	/	Ali pla
	<i>Sagittaria sagittifolia</i>	Navadna streluša	V	Sag sag
<i>Apiaceae</i>	<i>Sium latifolium</i>	Širokolistna koščica	V	Siu lat
<i>Boraginaceae</i>	<i>Myosotis scorpioides</i>	Močvirska spominčica	/	Myo sco
<i>Brassicaceae</i>	<i>Nasturtium officinale</i>	Navadna vodna kreša	/	Nas off
	<i>Rorippa amphibia</i>	Prava potočarka	V	Ror amp
<i>Butomaceae</i>	<i>Butomus umbellatus</i>	Kobulasta vodoljuba	V	But umb
<i>Cyperaceae</i>	<i>Carex</i> sp.	/	/	Car sp.
	<i>Schoenoplectus lacustris</i>	Jezerski biček	/	Sch lac

Družina	Latinsko ime	Slovensko ime	Kategorija IUCN	okrajšava vrste
<i>Haloragaceae</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	Klasasti rmanec	V	Myr spi
<i>Iridaceae</i>	<i>Iris pseudacorus</i>	Vodna perunika	/	Iri pse
<i>Lamiaceae</i>	<i>Lycopus europaeus</i>	Navadni regelj	/	Lyc eur
	<i>Mentha aquatica</i>	Vodna meta	/	Men aqu
	<i>Teucrium scordium</i>	Česnov vrednik	V	Teu sco
<i>Lythraceae</i>	<i>Lythrum salicaria</i>	Navadna krvenka	/	Lyt sal
<i>Plantaginaceae</i>	<i>Plantago altissima</i>	Veliki trpotec	/	Pla alt
	<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	Vodni jetičnik	/	Ver ana
<i>Poaceae</i>	<i>Agrostis stolonifera</i>	Plazeča šopulja	/	Agr sto
	<i>Phalaris arundinacea</i>	Pisana čužka	/	Pha aru
<i>Polygonaceae</i>	<i>Polygonum amphibium</i>	Vodna dresen	V	Pol amp
<i>Potamogetonaceae</i>	<i>Potamogeton crispus</i>	Kodravi dristavec	/	Pot cri
	<i>Potamogeton lucens</i>	Bleščeči dristavec	V	Pot luc
	<i>Potamogetons natans</i>	Plavajoči dristavec	/	Pot nat
	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	Preraslolistni dristavec	V	Pot per
	<i>Potamogeton x zizzi</i>		/	Pot ziz
<i>Primulaceae</i>	<i>Lysimachia nummularia</i>	Okroglostna pijavčnica	/	Lys num
<i>Ranunculaceae</i>	<i>Caltha palustris</i>	Navadna kalužnica	/	Cal pal
	<i>Ranunculus trichophyllus</i>	Lasastolistna vodna zlatica	V	Ran tri
<i>Rubiaceae</i>	<i>Galium palustre</i>	Močvirska lakota	/	Gal pal
<i>Typhaceae</i>	<i>Sparganium emersum</i>	Enostavni ježek	/	Spa eme
	<i>Sparganium erectum</i> agg.	Pokončni ježek	/	Spa ere



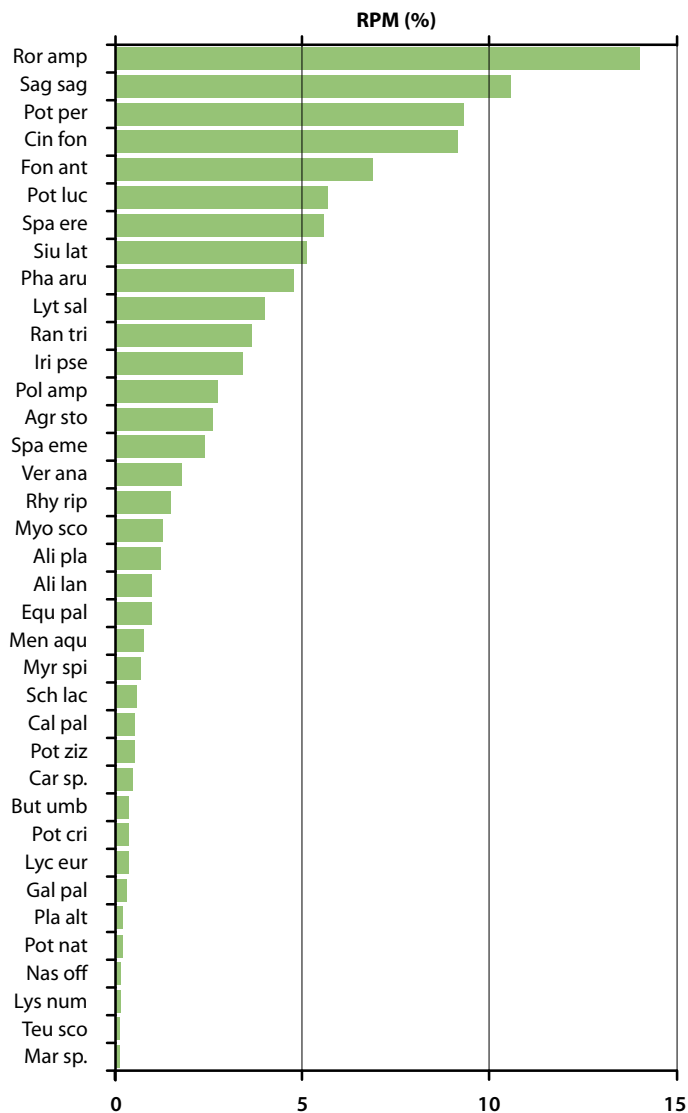
Slika 1: Razporeditev taksonov v 17 odsekih reke Rak. Najtanjša črtna oznaka v sliki pomeni pogostost 1 in najdebelejša 4 (KOHLER & JANAUER 1995). Oznake rastlinskih imen so razložene v Preglednici 2.

Figure 1: Distribution of taxa in the 17 stretches of the Rak River. The thinnest black line in the figure indicates the abundance (1) and the thickest the abundance (4) (KOHLER & JANAUER 1995). Abbreviation of species names are given in Table 2.



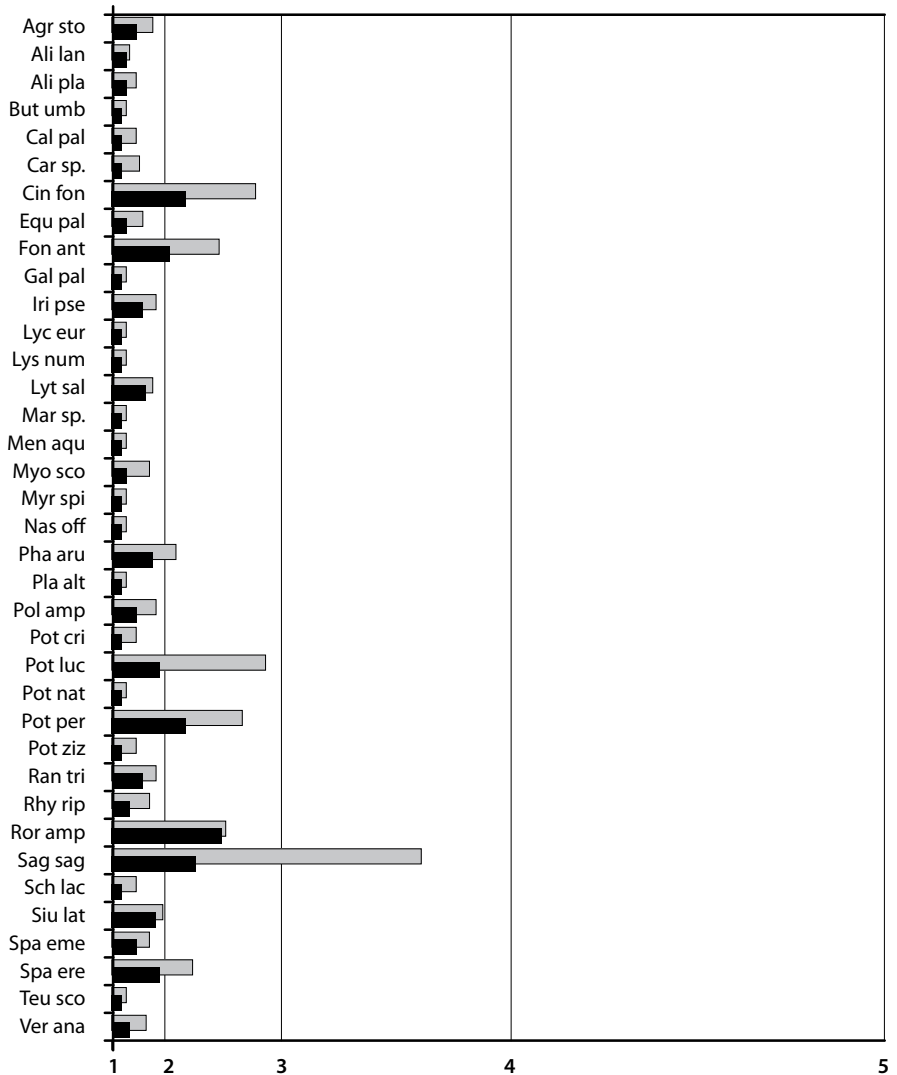
Slika 2: Delež vodotoka, kjer se pojavlja posamezen takson.

Figure 2: Percentage of the river where individual taxon occurs.



Slika 3: Relativna rastlinska masa posameznega taksona (RPM) oziroma delež biomase posameznega taksona glede na celotno maso vseh taksonov v vodotoku.

Figure 3: Relative plant mass of individual taxa (RPM) – the ratio of individual taxon biomass in relation to the biomass of all taxa in the river.



Slika 4: Povprečni masni indeks posameznega taksona. Črni stolpci prikazujejo povprečni masni indeks taksona v vseh odsekih reke, sivi stolpci pa povprečni masni indeks v odsekih, kjer se takson pojavlja.

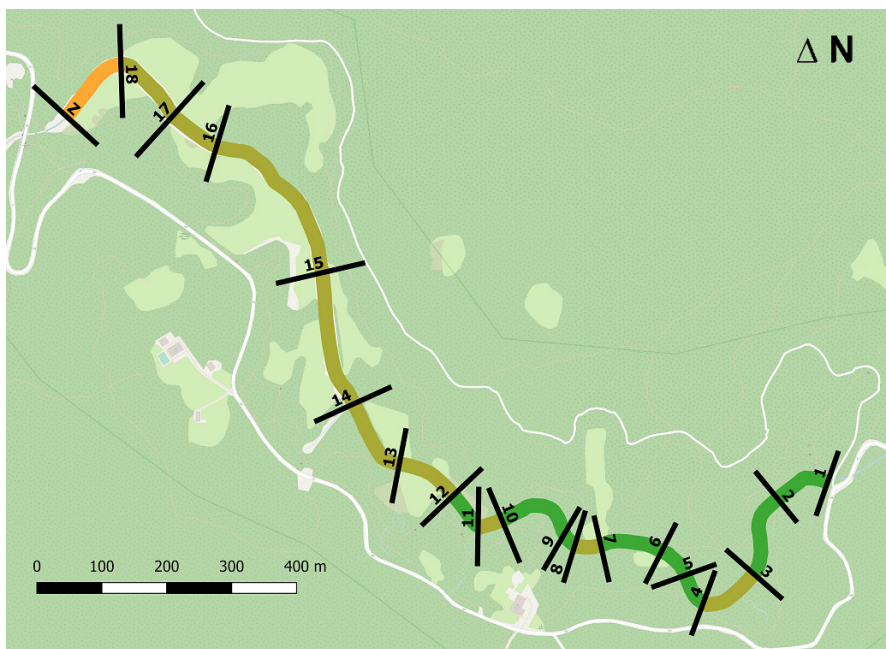
Figure 4: Mean mass index of individual taxa. Black bars indicate average mass index based on all river stretches, while the grey bars indicate the mean mass index based only on stretches, where the taxon occurs.

3.2 Fizikalni in kemijski dejavniki

Temperatura vode je bila od 17,4 °C do 20,2 °C. Koncentracija kisika je bila v različnih odsekih podobna, opazneje je padla le na odseku s povišano temperaturo. Pri nižji temperaturi vode je bilo v vodi raztopljenega več kisika (okoli 10 mg/L). V odsekih, kjer je bila temperatura vode višja, je bila koncentracija kisika približno 8 mg/L. Tej težnji je sledila tudi nasičenost s kisikom. pH je vzdolž vodotoka večinoma kazal težnjo upadanja do odseka 13, večinoma je bil okoli 8. Električna prevodnost je bila vzdolž celega vodotoka okoli 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

3.3 Okoljska ocena RCE (PETERSEN 1992)

Od petih (5) RCE razredov, smo odseke reke Rak uvrstili v 3 različne RCE razrede – od odseka 1 do 11 večinoma v 1. RCE kakovostni razred, od odseka 12 do 17 v 2. razred in zadnji odsek v 3. kakovostni razred (sl. 5). Ugotovimo lahko, da kakovost rečnih odsekov od začetka proti koncu reke kaže rahlo nižanje.



Slika 5: Uvrstitev v odsekov reke Rak v RCE razrede (zelena – 1. razred, olivnozeleno – 2. razred, oranžna – 3. razred). Odseki si sledijo od desne proti levi (od vzhoda proti zahodu). Zemljevid je bil izrisan z orodjem QGIS, osnovni sloj pa pridobljen prek platforme Open Street Maps (©OSM Contributors).

Figure 5: RCE classes on individual stretches of the Rak River (green – 1st class, olive – 2nd class, orange – 3rd class). The stretches numbers ascend from right to left (east to west). The map was prepared with QGIS, with the Open Street Maps (©OSM Contributors) base layer.

4 RAZPRAVA

Število taksonov makrofitov je bilo primerljivo s tistim v preteklem letu (HANC & al. 2018), kar kaže, da ni bilo večjih sprememb v okoljskih parametrih, ki bi vplivali na rast makrofitov. Večje število taksonov je bilo prisotno v spodnjih odsekih vodotoka. Uspevanje makrofitov pogojujejo okoljski dejavniki, med katerimi so najpomembnejši hitrost vodnega toka, vrsta substrata, svetlobne razmere in vsebnost hranil (ŠRAJ–KRŽIČ & al. 2007). Semenske so imele v spodnjem delu reke boljše razmere za uspevanje, saj je vodni tok tam počasen in ne omejuje ukoreninjenja in jih fizično ne poškoduje. Poleg tega je v spodnjem delu tudi ustrežnejši, droben substrat za ukoreninjenje. V zgornjem delu je vodni tok hiter, substrat pa sestavljajo v glavnem skale in večji kamni, kar semenkam onemogoča ukoreninjenje. Svetlobne razmere so v zgornjem delu slabše, ker teče reka skozi gozd, ki senči strugo. V takih razmerah lahko dobro uspevajo samo mahovi (ALLAN 1995). Reka Rak se v spodnjem delu ob zlitju z vodo iz bližnjega izvira bistveno razširi in poglobi. S tem se odprejo številne nove ekološke niše. Svetlobne razmere so boljše, kar omogoča naselitev taksonov z različnimi strategijami preživetja v vodnem okolju (npr. *L. salicaria* kot emergentna rastlina, vrsta *P. perfoliatus* kot submerzna, prava vodna rastlina). V zgornjem toku se tako večinoma pojavljajo mahovi, ki so bolj prilagojeni na nižje svetlobne jakosti, kot je mah *C. fontinaloides*. V spodnjem toku najdemo več submerznih semenk (npr. vodno obliko vrste *S. sagittifolia*), medtem ko se emerzne pojavljajo samo v plitvinah.

Največjo abundanco vrste *R. amphibia* lahko pojasnimo z njeno življenjsko strategijo. Prava potočarka lahko uspeva tako na kopnem kot v vodi in se na spremembe v okolju hitro prilagodi (STERGARŠEK & al. 2009). Vrsta *S. emersum* je omejena na počasneje tekoče dele reke. V reki Rak smo jo našli tudi na dveh odsekih v zgornjem delu reke, večkrat pa v spodnjem delu, kar se sklada s podatki iz literature (CARBIENER & al. 1990). Od dristavcev je najvišjo relativno rastlinsko biomaso dosegla vrsta *P. perfoliatus*, ki ima široko ekološko amplitudo uspevanja. Najbolj vitalne rastline rastejo v vodi, kjer je globina vode vsaj 1 m (PRESTON 1995), kakršne so bile razmere tudi v reki Rak. Na 15 in 16 rečnem odseku smo našli takson *P. x zizii*, križanec med vrstama *P. gramineus* in *P. lucens*, ki uspeva v mezotrofnih jezerih in rekah. Takson *P. zizii* pogosto najdemo na mestih, kjer eden od staršev manjka (PRESTON 1995). Vrsta *P. lucens* je v reki Rak prisotna na istih odsekih, kot križanec *P. zizii*, vrste *P. gramineus* pa v reki Rak v zadnjih 11 letih popisov nismo našli, je pa občasno prisotna v Cerkniškem jezeru (A. GABERŠČIK, osebna komunikacija). Visoko relativno rastlinsko maso je dosegla tudi vrsta *P. lucens*, za katero je dokazano, da kot vir ogljika za fotosintezo uporablja HCO_3^- , in jo najdemo v alkalnih vodah (WESTLAKE 1975), kamor uvrščamo tudi reko Rak.

Zaradi obilice rastlin in njihove fotosintezne aktivnosti, se v vodo sprošča kisik (biogeno prezračevanje). Več kisika se raztaplja v vodi s hitrejšim tokom, kjer so brzice, ki so bile pogoste predvsem na odsekih med 1 in 9. pH, je bil na vseh odsekih med 7 in 8. Bazičen pH je v tej reki pričakovan, saj voda teče po karbonatni podlagi. Relativno visoka električna prevodnost (okoli 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$) je večinoma posledica visoke vsebnosti karbonatov, v manjši meri pa tudi spiranja različnih snovi iz kraškega zaledja. Manjši padec električne prevodnosti vode smo izmerili v odsekih, kjer je največ vodnih rastlin (odseki 10 do 14), ker se karbonat zaradi fotosinteze vodnih semenk obarja (GABERŠČIK & MAZEJ 1995). Visoka vrstna pestrost vodnih makrofitov je pokazatelj relativno dobrega stanja ohranjenosti vodotoka reke Rak. Slednje se sklada tudi z uvrstitvijo odsekov vodotoka v RCE kakovostne razrede. Rezultati uvrstitev kažejo, da je reka v zelo dobrem oziroma odličnem stanju glede na vrednotenje po

RCE metodi, kar je bilo pričakovano, saj teče po naravnem oz. malo spremenjenem območju (PETERSEN 1992). Zanimivo je, da smo zabeležili kar 11 vrst (Preglednica 1), ki so uvrščene v kategorijo V (ranljive vrste) na Rdečem seznamu ogroženih praprotnic in semen v Republiki Sloveniji (UR. L. RS 2002b).

Zaključimo lahko, da uspeva v reki Rak veliko število vodnih rastlin, od potopljenih (klasasti rmanec,...), plavajočih (plavajoči dristavec,...), do emergentnih (jezerski biček,...) in vrst z amfibijskim značajem (navadna strelišča,...). Pokazalo se je, da se število taksonov povečuje dolvodno, in da je reka v zelo dobrem oziroma odličnem stanju glede na vrednotenje po RCE metodi.

5 SUMMARY

The aim of the present research was to determine the distribution, abundance and frequency of macrophyte taxa in the Rak River. The Rak River is a karstic stream interesting for macrophyte studies. During the field work with students between 24th and 28th of June 2019, we surveyed macrophytes in the river. In each stretch, the macrophytes were recorded, with evaluation of their abundance from 1–5. Physical and chemical parameters were measured in the water in every stretch and the status of the physical and biological condition was assessed, according to the Riparian, Channel and Environmental Inventory. Diversity of macrophyte taxa is the highest at the lower part of the the Rak River, where the environmental parameters like light, type of substratum and the presence of nutrients, enable their luxury growth. The Rak River host rich macrophyte communities. As much as 37 taxa were found in the Rak River: four species of mosses, one fern species and 32 taxa of seed plant. Taxa were differently distributed along the river. In the highest number of stretches, we found taxa like *Rorippa amphibia*, *Lythrum salicaria* and *Sium latifolium*, while the highest relative plant mass was achieved beside *R. amphibia* also by *Sagittaria sagittifolia* and *Potamogeton perfoliatus*. The majority of the river stretches were classified into 1st or 2nd river RCE quality class, and only one, the last into 3rd RCE class.

The finding of 37 taxa and the classifying the stretches into RCE classes indicates relatively high quality condition of the Rak River.

Raziskovalni program Biologija rastlin (P1-0212) je sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

6 LITERATURA

- ALLAN, J. D., 1995: Stream Ecology. Structure and function of running waters. Chapman & Hall. 388 pp.
- BLINDOW, I., HARGEBY, A. & G., ANDERSSON, 2002: Seasonal changes of mechanisms maintaining clear water in a shallow lake with abundant Chara vegetation. *Aquat. Bot.* 72: 315–334.
- CARBIENER, R., TRÉMOLIERES, M., MERCIER, J. L. & A., ORTSCHERT, 1990: Aquatic macrophyte communities as bioindicators of eutrophication in calcareous oligosaprobe stream waters (Upper Rhine plain, Alsace). *Vegetatio* 86: 71–88.
- DÜLL, R. & B., DÜLL-WUNDER, 2008: Moose einfach und sicher bestimmen. Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim. 471 pp.
- EBKE, K. P., FELTEN, C. & L., DÖREN, 2013: Impact of heterophylly on the sensitivity of

- Myriophyllum aquaticum biotests. *Sciences Europe* 25: 6.
- FRANKLIN, P., M. DUNBAR & P. WHITEHEAD, 2008: Flow controls on lowland river macrophytes: A review. *Sci. Total Environ.* 400: 369–378.
- GABERŠČIK, A. & Z. MAZEJ, 1995: Photosynthetic performance and photoinhibition in two species of *Potamogeton* from lake Bohinj (Slovenia). *Acta Bot. Gallica* 142, 6: 667–672.
- GERM, M. 2013: *Biologija vodnih rastlin*, Učbenik. Ljubljana. 72 pp.
- HANC, Ž., HORVAT, U., MEDVEDŠEK, M., MLINARIČ, E., POTOČNIK ERZIN, J. & S. VUKSANOVIĆ, 2018: Makrofiti. In: I. Hostnik (ed.): *Poročilo terenskih vaj v Rakovem Škocjanu pri predmetu Ekosistemi, Msc Ekologija in biodiverziteta 2017/18*. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana. pp. 7–16.
- HASLAM, S. M., 2006: *River plants. The macrophytic vegetation of watercourses*. Second revised edition. Forrest Text, Swn y Nant, Tresaith, Cardigan, Ceredigion. 450 pp.
- HUTCHINSON, G. E., 1975: *A Treatise on Limnology. Volume III. Limnological Botany*. John Wiley Sons Inc., New York, London, Sydney, Toronto. 660 pp.
- JENKO, B., 2004: *Obrambnogeografsko vrednotenje notranjskega podolja*. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede.
- KOHLER, A. & G. A. JANAUER, 1995: Zur Methodik der Untersuchung von aquatischen Makrophyten in Fließgewässern. In: C., Steinberg, H., Bernhardt, H., Klapper (eds.): *Handbuch Angewandte Limnologie*. Ecomed Verlag, Landsberg am Lech. pp 3–22.
- MADSEN, J. D., CHAMBERS, P. A., JAMES, W. F., KOCH, E. & D. F. WESTLAKE, 2001: The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. *Hydrobiologia* 444(1–3): 71–84.
- MARTINČIČ, A., WRABER, T., JOGAN, N., PODOBNIK, A., TURK, B., VREŠ, B., RAVNIK, V., FRAJMAN, B., STRGULC KRAJŠEK, S., TRČAK, B., BAČIČ, T., FISCHER, M. A., ELER, K. & B. SURINA, 2007: *Mala flora Slovenije – ključ za določanje praprotnic in semenk*. 4. izdaja. Tehniška založba Slovenije, Ljubljana. 967 pp.
- PALL, K. V. & G. A., JANAUER, 1995: Die Makrophytenvegetation von Flußstauen am Beispiel der Donau zwischen Fluß-km 2552,0 und 2511,8 in der Bundesrepublik Deutschland. *Archiv für Hydrobiologie – Supplement* 101(2): 91–109.
- PETERSEN, R. C., 1992: The RCE: a Riparian, Channel, and Environmental Inventory for small streams in the agricultural landscape. *Freshwater Biology* 27: 295–306.
- PRESTON, C. D., 1995: *Ponweeds of Great Britain and Ireland*. Botanical Society of the British Isles. London. 352 pp.
- STERGARŠEK, J., VASILEVSKA, T., DROBNIČ, S., VONČNINA GNEZDA, M., SCHEIN, V. & I., LIKAR, 2009: *Cvet skrivnosti, vodnik po rastlinskem svetu Cerkniškega jezera in okolice*. Notranjski regijski park, Cerknica. 204 pp.
- ŠRAJ-KRŽIČ, N., GERM, M., URBANČ-BERČIČ, O., KUCHAR, U., JANAUER, G. A. & A. GABERŠČIK, 2007: The quality of the aquatic environment and macrophytes of karstic watercourses. *Plant Ecol.* 192: 107–118.
- UR. L. LRS, 1949: *Odločba o zavarovanju okolice Rakove kotline pri Rakeku na Notranjskem*. Uradni list Ljudske republike Slovenije. 27/49.
- UR. L. RS, 2002a: *Odlok o Notranjskem regijskem parku*. Uradni list Republike Slovenije. 75/2002: 8330.
- UR. L. RS, 2002b: *Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam*. Uradni list Republike Slovenije. 82/2002: 8893.
- WESTLAKE, D. F., 1975: *Macrophytes*. In: A. D. Whitton (ed.): *River Ecology*. Blackwell Scientific publications, Oxford London, Edinburgh, Melbourne. pp. 106–129.