Univerza v Ljubljani
Biotehniška fakulteta
Oddelek za biologijo

Projekt LIFE STRŽEN (LIFE 16 NAT/SI/000708) - akcija D3:

ANALIZA BENTOŠKIH NEVRETENČARJEV Z ANALIZAMI FIZIKALNO-KEMIJSKIH LASTNOSTI VODNEGA TELESA (vodotok Stržen, Cerkniško jezero). Poročilo za leto 2021 in Končno poročilo



Ljubljana, januar 2022

Projektna naloga:

ANALIZA BENTOŠKIH NEVRETENČARJEV Z ANALIZAMI FIZIKALNO-KEMIJSKIH LASTNOSTI VODNEGA TELESA (vodotok Stržen, Cerkniško jezero).

Št. pogodbe: 410-2/EVN-20/POG

Poročilo za leto 2021 in končno poročilo

Izvajalec:	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana
Nosilec naloge:	doc. dr. Igor Zelnik, univ. dipl. biol.
Strokovni sodelavci:	prof. dr. Mateja Germ, univ. dipl. biol. doc. dr. Aleksandra Golob, univ. dipl. biol. dr. Mojca Hrovat, univ. dipl. biol. Maja Sever, univ. dipl. biol. Petra Pavšič, univ. dipl. biol. Živa Hanc, univ. dipl. biol. Matej Holcar, univ. dipl. inž. les.
Naročnik:	NOTRANJSKI REGIJSKI PARK Tabor 42 1380 Cerknica

Ljubljana, 24.1.2022

Prof. dr. Marko Kreft

Prodekan Odd. za biologijo

Prof. dr. Nataša Poklar Ulrih

Dekanja

KAZALO VSEBINE

1. UVOD 4
2. METODE in MATERIALI 5
2.1 VZORČNA MESTA 5
2.2. VZORČENJE NEVRETENČARJEV IN MERITVE ABIOTSKIH DEJAVNIKOV 7
2.3. PESTROST ZDRUŽBE BENTOŠKIH NEVRETENČARJEV 8
2.4. ŠTEVILO IN DELEŽI INDIKATORSKIH TAKSONOV 9
3. REZULTATI 10
3.1. OSNOVNI FIZIKALNI IN KEMIJSKI PARAMETRI 10
3.2. SUBSTRAT 11
3.3. ZDRUŽBA BENTOŠKIH NEVRETENČARJEV 12
3.1.1. Taksonomska sestava in številčnost bentoških nevretenčarjev na vzorčnih mestih 12
3.1.2. Struktura in pestrost združbe bentoških nevretenčarjev 13
4. RAZPRAVA 15
5. PRIMERJAVA REZULTATOV ANALIZ V LETIH 2018, 2020, 2021 16
6. SKLEPI 19
MNENJE 21
7. VIRI 22

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1. Seznam vzorčnih mest 6
Preglednica 2. Osnovni fizikalni in kemijski parametri na treh vzorčnih mestih v reki Stržen 10
Preglednica 3. Popis substrata na vzorčnih mestih 11
Preglednica 4. Popis substrata na vzorčnih mestih 11
Preglednica 5. Taksonomska sestava in številčnost bentoških nevretenčarjev v vzorcih 12
Preglednica 6. Številčnost in deleži indikatorskih taksonov ter pestrost združbe bentoških nevretenčarjev 13

1. UVOD

Združbe bentoških nevretenčarjev so sestavni del vodnih ekosistemov. Imajo ključno vlogo pri kroženju snovi v vodnih ekosistemih in so nepogrešljivi v samočistilnih procesih v vodnih ekosistemih. Bentoški nevretenčarji (BN) so tudi pomembna skupina bioindikatorjev, saj lahko na podlagi strukture združb BN ocenimo kakovost vodnega ekosistema, oziroma ekološko stanje površinskih voda. Zaradi njihove bioindikatorske vrednosti smo v sklopu projekta vzorčili BN in izmerili osnovne fizikalne ter kemijske parametre na treh različnih odsekih vodotoka Stržen. Za dobro ekološko stanje vodotoka je pomembna tudi ohranjenost naravne struge. Hidromorfološko spremenjenost vodotoka lahko ovrednotimo s pomočjo združbe BN, saj se ta skupina organizmov izrazito odziva na tovrstne človekove posege v strugo.

V sklopu projekta LIFE STRŽEN (LIFE 16 NAT/SI/000708), akcije D3 (ugotavljanje stanja PRED POSEGI), smo v letu 2018, ko renaturacijski posegi na Strženu še niso bili izvedeni, analizirali izhodiščno stanje. Izvedli smo vzorčenje BN in meritve izbranih dejavnikov, v skladu s projektno nalogo z naslovom: Analiza bentoških nevretenčarjev z analizami fizikalno-kemijskih lastnosti vodnega telesa (vodotok Stržen, Cerkniško jezero). Na podlagi strukture združbe BN, določenih do nivoja družin, smo ugotavljali diverziteto združbe in prisotnost indikatorskih taksonov. Na ta način smo ovrednotili hidromorfološko spremenjenost vodotoka, oziroma splošno degradiranost rečnega habitata. Glavni namen vzorčenja v letu 2018 je bil pridobiti informacije o stanju pred renaturacijskimi posegi, oziroma pridobitev podatkov o razmerah in strukturi združbi bentoških nevretenčarjev pred renaturacijskimi posegi v okviru projekta LIFE Stržen.

Večji del tega projekta in akcije D3, pa je obsegalo ugotavljanje stanja PO POSEGIH v sklopu renaturacije vodotoka Stržen. V skladu s tem smo v letu 2020, ki je prvo leto po izvedenih posegih, opravili drugo vzorčenje in meritve v skladu s projektno nalogo z naslovom: Analiza bentoških nevretenčarjev z analizami fizikalno-kemijskih lastnosti vodnega telesa (vodotok Stržen, Cerkniško jezero), v letu 2021 pa tretje vzorčenje in meritve. Glavni namen vzorčenja v letih 2020 in 2021 je bil pridobiti informacije o stanju v obdobju po renaturacijskih posegih. Tudi v teh dveh letih smo izvedli vzorčenje BN ter na podlagi

strukture združbe BN, določenih do nivoja družin, ugotavljali diverziteto združbe in prisotnost indikatorskih taksonov. Dve vzorčni mesti **Z** (nad renaturiranim odsekom) in **S** (pod renaturiranim odsekom) sta bili v celotnem obdobju vzorčenja in meritev isti in sta služili kot referenčni mesti (Preglednica 1, Slika 1). Vzorčno mesto **K** je bilo v regulacijskem kanalu, in je omogočalo vpogled v razmere v reguliranem delu, ki je bil tudi predmet renaturacijskih posegov, medtem ko je vzorčno mesto **V** predstavljalo vir informacij iz obnovljene meandrirajoče struge Stržena. Na ta način smo ovrednotili hidromorfološko spremenjenost vodotoka, oziroma splošno degradiranost rečnega habitata. Pričakovali smo, da bodo razmere boljše v renaturiranem delu kot v regulacijskem kanalu.

2. METODE in MATERIALI

2.1 VZORČNA MESTA

Vzorčenje BN smo v sklopu projekta izvajali na štirih vzorčnih mestih vodotoka Stržen, vendar je nabor teh mest med posameznimi leti različen. Prvo vzorčno mesto po toku navzdol je na naravnem odseku struge nad regulacijskim kanalom (Z), zadnje vzorčno mesto po toku navzdol pa je na naravni strugi pod reguliranim delom (S) (Preglednica 1, Slika 1). Na teh dveh mestih smo vzorčili vsa tri leta, saj služita kot referenčni mesti, kjer ni bilo posegov v strugo. Struktura združbe BN se namreč spreminja tudi v času, tako med leti, kot med sezonami in bi spremembe na mestih, ki so predmet renaturacijskih posegov, lahko zmotno pripisali tem vplivom, čeprav je delno lahko to tudi posledica sprememb v naravi (spremembe temperatur, vodostaja, razvojni cikli živali).

Tretje vzorčno mesto je bilo v regulacijskem kanalu (K), ki smo ga vzorčili pred posegi (2018), da bi ugotovili strukturo združbe BN in abiotske dejavnike v njem. Po preusmeritvi Stržena v renaturirani del (V), je bil kanal na zgornjem koncu v letu 2020 in v juliju 2021 zgolj zaprt z nasipom, ki sedaj vodni tok preusmerja.

Vzorčenje v obnovljenem meandru, ki je bil v sklopu tega projekta ponovno spremenjen v glavno strugo Stržena, pred tem pa je bil ta del več desetletij mrtvica, smo vzorčili na vzorčnem mestu (V), v letu 2021 pa smo temu dodali še vzorčno mesto (M), ki se nahaja v manjšem meandru, ki je bil s strugo Stržena povezan šele v letu 2021.

Poleg vzorčnih mest, določenih v pogodbi, smo izvedli vzorčenje v regulacijskem kanalu (K) tudi v letu 2020 in še v julijskem vzorčenju v letu 2021, da bi dobili vpogled v razmere po posegih tudi na odseku v regulacijskem kanalu. V letu 2021 pa smo dodatno dvakrat vzorčili tudi mesto (M), ki se nahaja v manjšem meandru, ki je bil s strugo Stržena povezan šele v letu 2021.

Preglednica 1. Seznam vzorčnih mest z oznako vzorcev, lokacijo, nadmorsko višino, dolvodne meje odseka in datumom vzorčenja:

Vzorčno mesto	**G-K X koordinata**	**G-K Y koordinata**	**Nadm. višina (m)**	**Datum**	**Oznaka vzorca**
Naravni odsek nad mestom renaturacije - **Z**	66820	452740	547,9	9.8. in 25.9. '18	**Z**
				28.8. '20	**Z**
				8.7. in 19.8. '21	**Z**
Naravni odsek pod mestom renaturacije - **S**	67400	451810	547,2	9.8. in 25.9. '18	**S**
				28.8. '20	**S**
				8.7. in 19.8. '21	**S**
Reguliran odsek - **K**	67260	452340	547,5	9.8. in 25.9. '18	**K**
				28.8. '20	**K**
				8.7. '21	**K**
Renaturiran odsek - **V**	67309	452596	547,5	-	**-**
				28.8. '20	**V**
				8.7. in 19.8. '21	**V**
Renaturiran odsek - **M**			547,3	-	**-**
				-	**-**
				8.7. in 19.8. '21	**M**

Zaradi ukrepov za preprečevanje širjenja okužb s koronavirusom (SARS-CoV2) v pomladnem obdobju 2020 nismo mogli izvesti vzorčenja. Vzorčenje je fizično zahtevno in terja prisotnost vsaj treh usposobljenih vzorčevalcev, oz. oseb na terenu. Delu v skupinah je v tem obdobju nasprotovalo tudi vodstvo BF. Po koncu epidemije 31.5.2020, pa je že 4.6. prišlo do ojezeritve Cerkniškega jezera in poplavljenosti odsekov, kjer so vzorčna mesta. Zaradi dolgotrajnega visokega vodostaja v poletnem obdobju, smo izvedli samo eno vzorčenje konec avgusta, v obdobju najnižjega vodostaja. Po tem obdobju vodostaj ni več toliko upadel, da bi bilo vzorčenje izvedljivo. Za nameček smo v letu 2021 doživeli ponovno oviro za izvedbo vzorčenja na terenu. Konec marca, ko se je vodostaj že toliko znižal, da smo začeli z načrtovanjem vzorčenja v začetku aprila, je vlada RS izdala ukrep popolnega »*lock-downa*« 1.-11.4.2021. Že

v zadnjih dneh zaprtja se je gladina jezera močno dvignila, kar je onemogočilo vzorčenje še za naslednja dva meseca. Tudi v času edinega vzorčenja v letu 2020 je bil vodostaj previsok, da bi z ročno mrežo lahko vzorčili po vsej širini struge, kot smo to lahko izvedli v letu 2018.



Slika 1: Lokacije vzorčnih mest Z, V, K in S na reki Stržen.

2.2. VZORČENJE NEVRETENČARJEV IN MERITVE ABIOTSKIH DEJAVNIKOV

BN smo vzorčili v skladu z Metodologijo vrednotenja ekološkega stanja vodotokov na podlagi BN (Ministrstvo za okolje in prostor - MOP, 2016), in sicer po metodi za srednje velike vodotoke. Na vsakem od štirih vzorčnih mest z dolžino 50 m smo ocenili deleže posameznih vrst substrata in glede na njihove deleže določili število posameznih vzorčnih ploskev, na katerih smo z ročno mrežo (25 x 25 cm) vzorčili BN. Na vseh štirih vzorčnih mestih, smo izmerili tudi splošne fizikalne in kemijske parametre. Vzorčili smo lahko le v obdobju stabilnih in primernih hidroloških razmer, torej v obdobju, ko jezero presahne.

Nabran vzorec smo že na terenu razdelili na enake četrtine, od katerih smo le eno četrtino shranili v PVC vrečko in vzorec fiksirali v 70% etanolu. Vzorec smo hranili v laboratoriju, in bentoške nevretenčarje določili do nivoja družin. Pri določanju BN smo uporabili določevalne

ključe, ki se uporabljajo v skladu z Metodologijo vrednotenja ekološkega stanja vodotokov na podlagi BN (MOP, 2016). Sortirane taksone smo shranili v fiole v 70% etanolu.

Osebke iz posameznih družin smo prešteli in izračunali njihove deleže v posameznem vzorcu. Tako smo dobili podatke o sestavi združbe bentoških nevretenčarjev na štirih odsekih Stržena pred izvedeno renaturacijo, na osnovi katere smo lahko določili oz. izračunali različne metrike, ki odražajo taksonomsko sestavo in biotsko pestrost na naravnem in reguliranem delu struge.

2.3. PESTROST ZDRUŽBE BENTOŠKIH NEVRETENČARJEV

Na podlagi biotske pestrosti združbe BN, smo ovrednotili stanje ohranjenosti različnih habitatov v reki Stržen.

Število družin bentoških nevretenčarjev

Število taksonov je najpreprostejši indeks za ugotavljanje pestrosti združb. Za primerjavo vrednosti med različnimi vzorčnimi mesti, je potrebno v vseh primerih poznati njihovo površino. Na vseh vzorčnih mestih smo vzorec nabrali z enake površine in sicer na 10 ploskvah velikosti 0,25 x 0,25 cm, kar skupaj znaša 0,625 m^2, tako da je število družin na različnih vzorčnih mestih neposredno primerljivo.

Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks

Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H') je med najpogosteje uporabljenimi kazalniki biodiverzitete. Shannon-Wienerjev indeks na osnovi družin smo izračunali tako, da smo delež zastopanosti posamezne družine (P_i) pomnožili z logaritmom (z osnovo 2) tega deleža taksona in sešteli deleže vseh družin. H' narašča s številom prisotnih družin in prav tako z vedno večjo enakostjo relativne zastopanosti vsakega taksona. Izračunamo ga po enačbi:

$$H' = \sum_{i=1}^{n} Pi * log_2 Pi$$

P_i – delež družine "i"
n – število družin

Margalefov diverzitetni indeks

Margalefov indeks (d) je razmerje med številom taksonov in velikostjo vzorca, oziroma abundanco BN. Margalefov indeks izračunamo tako, da od števila taksonov odštejemo 1 in nato vse delimo z naravnim logaritmom vseh osebkov v vzorcu. Ta indeks izračunamo po enačbi:

$$d = \frac{(S-1)}{lnN}$$

S - število taksonov
N - število vseh osebkov v vzorcu

2.4. ŠTEVILO IN DELEŽI INDIKATORSKIH TAKSONOV

Merilo za stanje vodnega okolja je število družin iz taksonov Ephemeroptera (enodnevnice), Plecoptera (vrbnice) in Trichoptera (mladoletnice) v združbi bentoških nevretenčarjev (EPT). Ofenböck in sod. (2004) so na podlagi raziskav združbe bentoških nevretenčarjev v avstrijskih rekah ugotovili, da indeksi, kot je delež EPT taksonov ali osebkov v vzorcu, število vseh taksonov in diverzitetni indeksi, kažejo na enosmeren odziv na vse stresorje, med katerimi je tudi spremenjenost rečne struge. Pinto in sod. (2004) so k tem trem taksonom dodali še taksonom Odonata (kačji pastirji), ki v ravninskih odsekih vodotokov nadomestijo Plecoptera (vrbnice), saj so slednje v nižinskih delih vodotokov manj pogoste. Večje število teh taksonov (EPTO), oziroma njihov večji delež v združbi bentoških nevretenčarjev, nakazuje na manjšo degradiranost, oziroma manjšo obremenjenost vodnega habitata.

Pinto in sod. (2004) so v raziskavah združb nevretenčarjev v portugalskih rekah za metriko GOLD kot tudi za metriko EPT ter EPTO, ugotovili linearni trend vzdolž gradienta obremenjevanja. V naši raziskavi smo uporabili tudi indeks GOLD (vsota deležev osebkov iz taksonov Gastropoda - polži, Oligochaeta - maloščetinci in Diptera - dvokrilci). Obratno kot EPTO, pa velika vrednost teh taksonov v združbi bentoških nevretenčarjev, kaže na obremenjeno vodno okolje, oziroma degradiran vodni habitat. Podoben parameter kot delež taksonov/osebkov EPT, je tudi razmerje med deležem osebkov EPT in deležem trzač (družina Chironomidae) v vzorcu, ki ga izračunamo kot razmerje med deležema EPT in vsoto deležev EPT in trzač (= EPT / (EPT + Chironomidae)).

3. REZULTATI

3.1. OSNOVNI FIZIKALNI IN KEMIJSKI PARAMETRI

V preglednici 2 so zbrane vrednosti izmerjenih osnovnih fizikalnih in kemijskih parametrov, ki so bile izmerjene hkrati z vzorčenjem bentoških nevretenčarjev.

Preglednica 2. Osnovni fizikalni in kemijski parametri na petih vzorčnih mestih dne 8.7. in 19.8. '21

Vzorčno mesto	**Z**	**S**	**K**	**V**	**M**	**Z**	**S**	**V**	**M**
	8.7.2021					**19.8.**			
pH	7,2	7,0	6,9	7,2	7,1	7,3	7,4	7,5	7,8
Temp. [°C]	23,2	22,5	27,6	22,8	29	21,6	21,4	23,4	27,9
El. prevodnost [µS/cm]	487	509	525	491	700	510	507	518	528
TDS [mg/L]	455	475	492	459	653	463	460	470	478
Nasičenost s O_2 [%]	53	37	61	49	36	75	65	81	120
Konc. O_2 [mg/L]	4,3	2,9	4,4	3,9	2,3	6,9	6,2	7,5	9,9
ura	14:50	11:15	16:50	13:35	18:20	13:05	10:45	12:00	15:00
Globina (razpon)	20-115	0-110	20-110	0-70	20-130	10-120	0-20	0-13	10-40
Globina (maks.)*	115	110	110	70	130	120	20	13	40
Globina (povprečje)	60	50	60	40	70	70	10	5	30
tok	drsenje	drsenje	ni	drsenje	ni	drsenje	drsenje	Počasen tok	drsenje
Hitrost (m/s)	<0,1	<0,1	0	<0,1	0	<0,1	<0,1	0,1-0,2	<0,1

*globina, do katere je bilo izvedeno vzorčenje

3.2. SUBSTRAT

Preglednica 3: Deleži anorg. in organskega substrata na izbranih vzorčnih mestih 8.7.2021. + - prisotnost <5%, (**1-9 pl**.) - število vzorčnih ploskev v sestojih pogostejših vrst makrofitov

Vzorčno mesto	**S**	**K**	**Z**	**V**	**M**
Tip substrata, oz. makrofitov					
Potopljeni /plavajoči makrofiti	*Nuphar luteum* 70%; (**7 pl.**) *Polygonum amphibium* 10% (**1 pl.**) *Myriophyllum spicatum* 20% (**2 pl.**)	*Nuphar luteum* 90% (**9 pl.**) *Myriophyllum spicatum* +	*Nuphar luteum* 50% (**5 pl.**) *Potamogeton lucens* 20% (**2 pl.**) *Myriophyllum spicatum* +	*Chara* spp. 90% (**9 pl.**) *Myriophyllum spicatum* + *Nuphar luteum* +	*Nuphar luteum* 10% (**1 pl.**) *Chara* spp. 70% (**7 pl.**) *Potamogeton lucens* + *Myriophyllum spicatum* 5%
Emergentni makrofiti	*Rorripa amphibia* + *Veronica anagallis-aquatica* + *Potamogeton crispus* +	*Phragmites australis* 10% (**1 pl.**) *Caltha palustris* + *Sium latifolium* + *Myosotis scorpioides* + *Mentha aquatica* + *Lythrum salicaria* + *Veronica anagallis-aquatica* + *Senecio paludosus* + *Sparganium erectum* agg. + *Equisetum fluviatile* +	*Schoenoplectus lacustris* 10% (**1 pl.**) *Phragmites australis* 10% (**1 pl.**) *Sparganium* spp + *Rorripa amphibia* + *Senecio paludosus* + *Butomus umbellatus* + *Sium erectum* + *Mentha aquatica* + *Carex elata* 5% (**1 pl.**)	*Schoenoplectus lacustris* + *Phragmites australis* + *Ranunculus trichophyllus* 10% (**1 pl.**) *Alisma lanceolatum* + *Sium erectum* + *Equisetum fluviatile* +	*Schoenoplectus lacustris* 10% (**1 pl**.) *Sparganium erectum* agg. + *Equisetum fluviatile* + *Phragmites australis* 10% (**1 pl.**) *Myosotis scorpioides* + *Ranunculus trichophyllus* 15% (**1 pl.**) *Potamogeton x zizii* +

Preglednica 4: Deleži anorg. in organskega substrata na izbranih vzorčnih mestih 19.8.2021. + - prisotnost <5%, (**1-8 pl.**) - število vzorčnih ploskev v sestojih pogostejših vrst makrofitov

Vzorčno mesto	**S**	**M**	**Z**	**V**
Tip substrata, oz. makrofitov				
Potopljeni /plavajoči makrofiti	*Nuphar luteum* 90%, (**8 pl.**) *Myriophyllum spicatum* 5% (**1 pl.**)	*Nuphar luteum* 5% (**1 pl.**) *Myriophyllum spicatum* 15%, (**2 pl**.) *Chara* spp. +	*Nuphar luteum* 30% (**3 pl.**) *Potamogeton lucens* 50% (**5 pl.**) *Myriophyllum spicatum* + *Polygonum amphibium* +	*Chara* spp. 5% (**1 pl.**) *Myriophyllum spicatum* 5% (**1 pl.**) *Potamogeton crispus* +
Emergentni makrofiti	*Schoenoplectus lacustris* + *Phragmites australis* +	*Phragmites australis* + *Schoenoplectus lacustris* 15%, (**2 pl.**)	*Schoenoplectus lacustris* 5% (**1 pl.**) *Phragmites australis* 7% (**1 pl.**) *Sparganium* spp. + *Rorripa amphibia* + *Alisma lanceolatum* + *Myosotis scorpioides* + *Carex elata* +	*Phragmites australis* 5% (**1 pl.**) *Rorripa amphibia* + *Ranunculus trichophyllus* + *Juncus articulatus* +
Neporaslo dno	argilal 10% (**1 pl.**)	argilal 50% (**5 pl.**)	-	argilal 70% (**7 pl.**)

3.3. ZDRUŽBA BENTOŠKIH NEVRETENČARJEV

3.1.1. Taksonomska sestava in številčnost bentoških nevretenčarjev na vzorčnih mestih

Preglednica 5. Taksonomska sestava in številčnost bentoških nevretenčarjev v vzorcih

		Vzorčno mesto in datum								
		08.07.2021					19.08.2021			
višji takson	nižji takson	Z	S	K	V	M	Z	S	V	M
Turbellaria	Dendrocoelidae			2	6					
Gastropoda	Viviparidae				1					
	Bithyniidae	7	2	1	24	3				
	Acroloxidae			2						
	Lymnaeidae	7								
	Physidae	1								
Bivalvia	Sphaeriidae	1								
Oligochaeta	Tubificidae	36	75	29	112	256	25	9	461	88
	Lumbriculidae	1	6	4	2	10	4	3	20	2
	Lumbricidae	1	19	5			1	1		
	Enchytraedidae	1			1		1			
	Naididae	2							2	
	Haplotaxidae	1		1						
Hirudinea	Erpobdellidae	14	40	9	89	16	37	3		
	Glossiphoniidae	7	27	13	4	2	7	3	5	
	Piscicolidae		1							
Branchiura		1								
Decapoda	Astacidae	5								
Amphipoda	Gammaridae				3					
Isopoda	Asellidae	20	55	5	524	13	1		1	
Acarina	Hydracarina	17	11	3	56	87	1	3	3	2
Collembola					1				1	
Ephemeroptera	Baetidae	86	72	19	95	65	36	2	10	
	Caenidae						1			
	Ephemeridae	1			11				1	
	Ephemerellidae	1			7					
Odonata	Coenagrionidae		5	3		39	4	5	1	
	Libellulidae								1	1
Heteroptera	Corixidae L	3	2		2					
	Corixidae A		1			1				
	Nepidae SA				1					
	Gerridae L				1					
Lepidoptera	Pyralidae	3	4	3			2	1		
Coleoptera	Chrysomelidae L			1						
	Dryopidae L			1						
	Dytiscidae A	30	12		3	1				
	Dytiscidae L	1								
	Elmidae A				9				2	
	Elmidae L				29				4	
	Haliplidae A		1				4	2	2	
	Haliplidae L				2	6				
	Helophoridae A	3								
	Hydraenidae A	3	1	1			12			

	Hydrophilidae L						1		9	
	Hygrobiidae A			1						
	Noteridae L			1						
Trichoptera	Leptoceridae		2						1	
	Limnephilidae				2					
	Phryganeidae		1				3			
	Polycentropodidae			3						
Diptera	Chironomidae	187	1793	165	2681	5836	807	138	1038	263
	Simulidae		1						5	
	Ceratopogonidae		5		1	3		1	7	4
	Chaoboridae			2		5				
	Tabanidae						5			
št. Osebkov	**št. Osebkov**	440	2136	274	3667	6343	**952**	**171**	**1574**	**360**
št. Družin = n		25	21	22	24	15	**18**	**12**	**18**	**6**

3.1.2. Struktura in pestrost združbe bentoških nevretenčarjev

Preglednica 6. Številčnost in deleži indikatorskih taksonov ter pestrost združbe bentoških nevretenčarjev

		Vzorčno mesto in datum								
		08.07.2021					19.08.2021			
	vzorčno mesto	**Z**	**S**	**K**	**V**	**M**	**Z**	**S**	**V**	**M**
višji takson	družina	št.	št.	št.	št.	št.	št.	št.	št.	št.
Ephemeroptera	Baetidae	86	72	19	95	65	36	2	10	
	Caenidae						1			
	Ephemeridae	1			11				1	
	Ephemerellidae	1			7					
Trichoptera	Leptoceridae		2						1	
	Limnephilidae				2					
	Phryganeidae		1				3			
	Polycentropodidae			3						
Odonata	Coenagrionidae		5	3		39	4	5	1	
	Libellulidae								1	1
št. družin EPTO		3	4	3	4	2	4	2	5	1
% družin EPTO		12,0	19,0	13,6	16,7	13,3	22,2	16,7	27,8	16,7
% osebkov EPT		20,0	3,5	8,0	3,1	1,0	4,2	1,2	0,8	0,0
%EPT/%EPT+Chironomidae		32,0	4,0	11,8	4,1	1,1	4,7	1,4	1,1	0,0
% osebkov GOLD		55,5	89,0	76,3	77,0	96,4	88,6	88,9	97,4	99,2
Gastropoda		15	2	3	25	3	0	0	0	0
Oligochaeta		42	100	39	115	266	31	13	483	90
Diptera		187	1799	167	2682	5844	812	139	1050	267

	Chironomidae	187	1793	165	2681	5836	807	138	1038	263
	vzorčno mesto	Z	S	K	V	M	Z	S	V	M
št. Družin		25	21	22	24	15	18	12	18	6
S-W index		2,88	1,15	2,37	1,50	0,59	1,08	1,31	1,29	1,01
Margalefov index		3,94	2,61	3,74	2,80	1,60	2,48	2,14	2,31	0,85

4. RAZPRAVA

V okviru naloge "Analiza bentoških nevretenčarjev z analizami fizikalno-kemijskih lastnosti vodnega telesa (vodotok Stržen, Cerkniško jezero)", smo v letu 2021 vzorčili bentoške nevretenčarje na petih vzorčnih mestih (Z, S, V, M in K) v reki Stržen. Na vseh mestih smo popisali tudi izbrane okoljske parametre ter izmerili fizikalne in kemijske parametre v vodi.

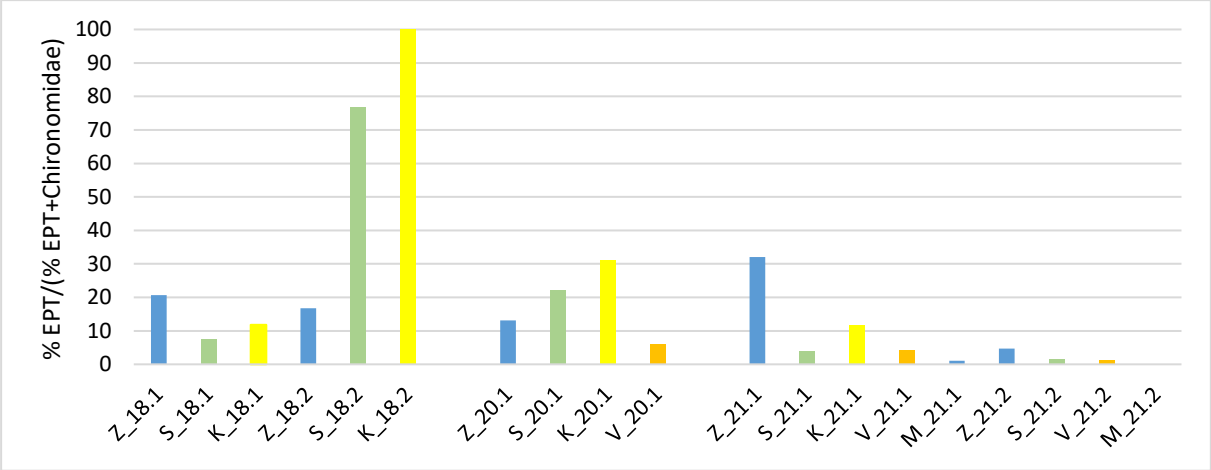
V letu 2021 je bila pestrost združbe BN (št. družin, Margalefov indeks), ki smo jo nabrali v avgustu (19.8.), bistveno nižja od pestrosti združbe nabrane v juliju (8.7.) (Preglednica 5 in 6). Vzrok za to je bil nizek vodostaj, ki se je zaradi odsotnosti padavin v poletnem obdobju v avgustu znižal na rekordno nizko raven (primerljivo z letom 2003). Pestrost (št. družin) je relativno bolj upadla na dolvodnih vzorčnih mestih S (21→12) in M (15→6) kot na gorvodnih mestih Z (25→18) in V (24→18). Pri ogledu širšega območja raziskav 19.8., smo ugotovili, da že nekaj 100 m dolvodno od najnižje ležečega mesta S, reka Stržen presahne.
Tudi pri Shannon-Wienerjevem diverzitetnem indeksu (S-WI) je v povprečju prišlo do zmanjšanja vrednosti, vendar ne na mestih S in M. Vrednost tega indeksa je zelo odvisna od abundance trzač (Chironomidae), ki so najštevilčnejša družina v vseh vzorcih. Število osebkov iz te družine se je zelo različno spremenilo od julijskega do avgustovskega vzorca, relativno se je najbolj povečalo na mestu Z, kjer je bil zato avgusta S-WI celo nižji kot v vzorcu iz V in S.

Na podlagi pregleda strukture združbe bentoških nevretenčarjev v vzorcih (Preglednica 5) in biotskih ter diverzitetnih indeksov (Preglednica 6) ugotavljamo, da je največje število družin v vzorcu Z, najvišji pa sta tudi vrednosti S-WI in Margalefovega indeksa. Po številu družin je na drugem mestu renaturirani del meandra (V), po vrednostih diverzitetnih indeksov pa še vedno regulacijski kanal (K), ki v času julijskega vzorčenja še ni bil zasut. Zanimivo je, da so vsi trije kazalniki pestrosti nižji na naravnem odseku S. Možen vzrok za to so renaturacijski (gradbeni) posegi zaradi poglabljanja in povezovanja meandra z aktivno strugo, zaradi katerih je prišlo do erozije glinastega dna in sedimentacije na naravnem odseku dolvodno (S).
Usedanje finega sedimenta negativno vpliva na nevretenčarje, saj jih zasipava, oz. njihove mikrohabitate, posredno pa nanje negativno vpliva tudi usedanje gline in mulja na makrofite, ki zaradi slabe oskrbe s svetlobo izločajo v vodo manj kisika ali celo odmirajo. Propadajoči makrofiti in drugi organizmi še poslabšajo kisikove razmere. Tako smo na mestu S in M izmerili nizko nasičenost s kisikom (37%, oz. 36%) (Preglednica 2), ki je že blizu hipoksičnih

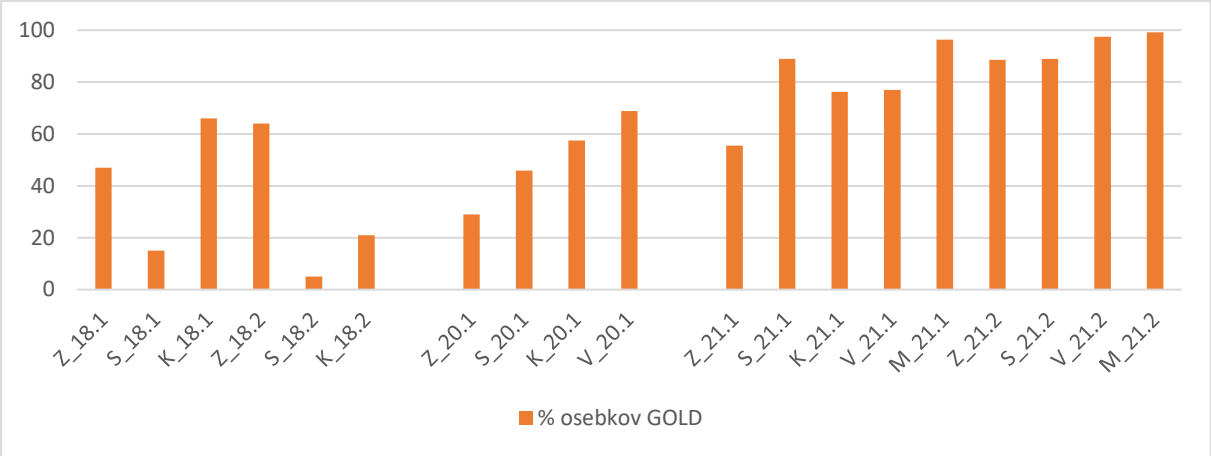
razmer. Iz že omenjenega razloga so vsi trije kazalniki diverzitete na osnovi obeh vzorcev najnižji v manjšem meandru (M), ki je bil kasneje povezan s Strženom. Pri obeh vzorčenjih smo zaznali v vodi procese gnitja organskih snovi.

Delež osebkov EPT je bil daleč največji v Z, sledil je K (zadnje vzorčenje pred zasutjem), deleži teh osebkov pa so bili v vzorcih S, V in M <4% (Preglednica 6). Enak vrstni red je bil tudi na podlagi avgustovskih vzorcev, le da so deleži bistveno nižji, v M celo 0%.
Ravno obratno pa velja za delež osebkov GOLD, ki je največji v M, sledi S. Na podlagi avgustovskih vzorcev kaže združba nevretenčarjev z vseh štirih vzorčnih mest na zelo slabo stanje, saj je delež osebkov GOLD med 87 in 99%. Največje deleže smo določili v vzorcih V in M, kar kaže na še zelo nestabilne razmere renaturiranih odsekih (V in M), saj so še v fazi naseljevanja različnih taksonov BN in se zrela združba šele vzpostavlja. V omenjenih vzorcih je bil indeks GOLD največji, predvsem na račun visokega deleža družin trzač (Chironomidae) – generalisti, kar kaže, da je bil čas od motnje do vzorčenja kratek, oziroma so bile izredno močne motnje , kot dejansko sami posegi poglabljanja nekdanje mrtvice tudi so.

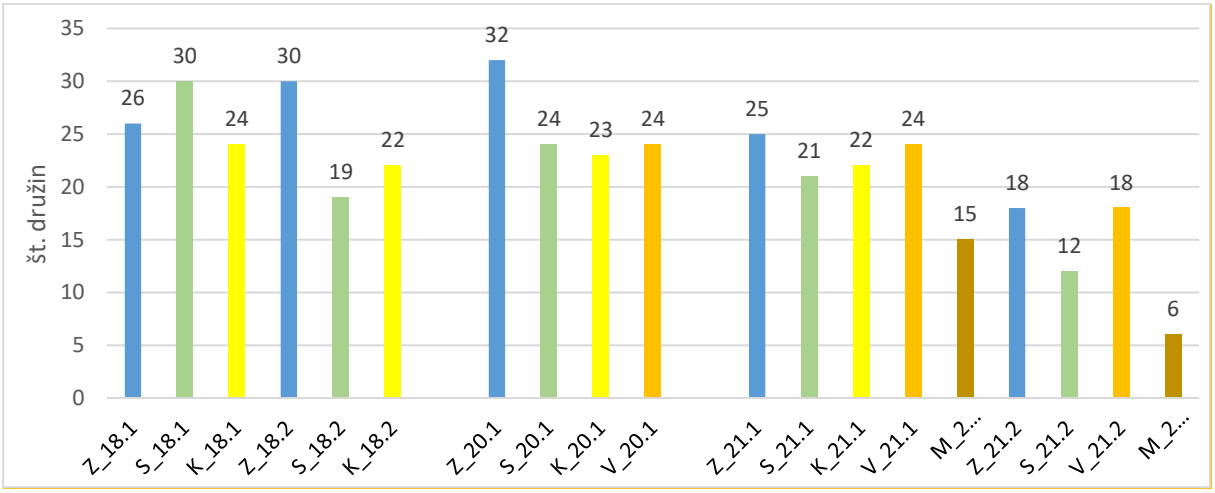
5. PRIMERJAVA REZULTATOV ANALIZ V LETIH 2018, 2020, 2021



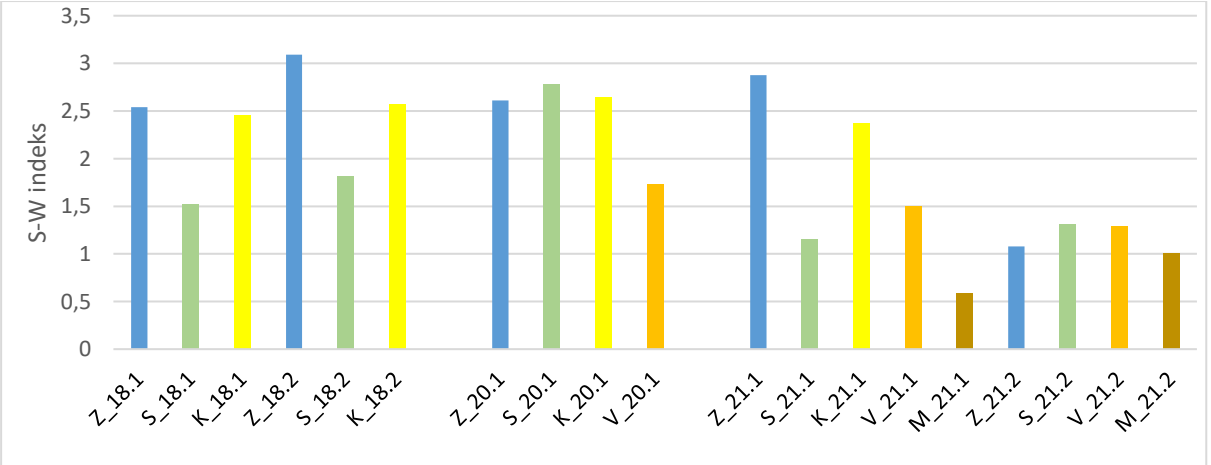
Slika 2: Razmerje med osebki EPT in vsoto osebkov EPT in trzač v vzorcih iz mest Z, S, K, V in M na reki Stržen.



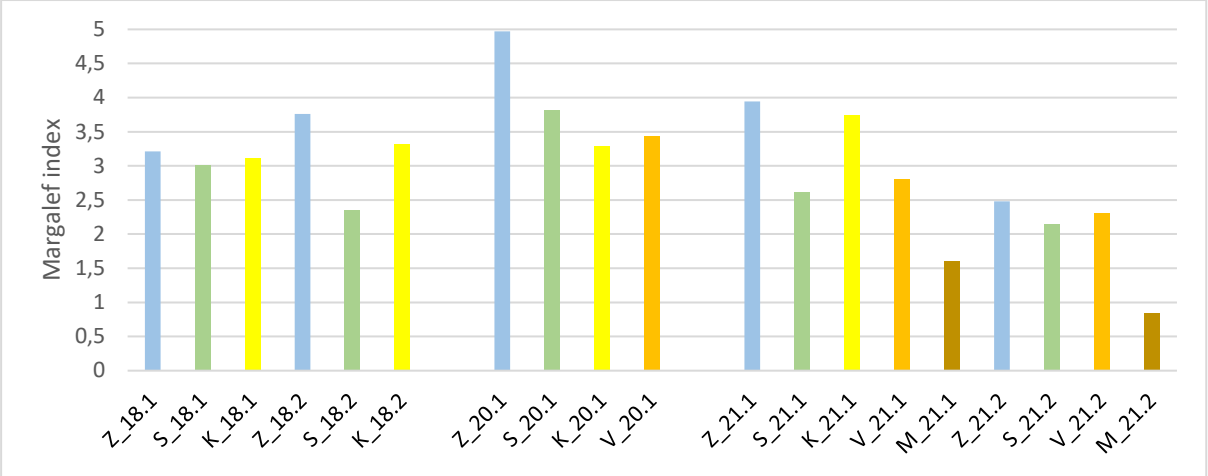
Slika 3: Deleži (%) osebkov GOLD v vzorcih iz vzorčnih mest Z, S, K, V in M na reki Stržen.



Slika 4: Število družin bentoških nevretenčarjev v vzorcih iz mest Z, S, K, V in M na reki Stržen.



Slika 5: Vrednosti S-W diverzitetnega indeksa na osnovi družin bentoških nevretenčarjev v vzorcih iz mest Z, S, K, V in M na reki Stržen.



Slika 6: Vrednosti Margalefovega diverzitetnega indeksa na osnovi družin bentoških nevretenčarjev v vzorcih iz mest Z, S, K, V in M na reki Stržen.

Tudi v letu 2021 smo največ družin BN našli v vzorcu Z (Preglednica 5 in 6), kar je enako kot v letu 2020, kot tudi v vzorcu Z2, v septembru 2018 (Slika 4), ko smo izvedli jesensko vzorčenje v času višjega vodostaja Stržena. V letu 2021 smo na vzorčnem mestu Z našli 25 družin - julijsko vzorčenje, medtem ko smo v vzorcu nabranem avgust našli le še 18 družin BN. Najverjetnejši vzrok za najnižje število družin v letu 2021 je nizek vodostaj, ki je avgusta dosegel rekordno nizke vrednosti. Po drugi strani pa smo leta 2020 v vzorcu Z našli kar **32 družin,** kar je celo več kot najvišji rezultat v letu 2018, ko smo v dveh vzorcih (Z2 in S1) določili po 30 družin. V letu 2020 je bilo preučevano območje skoraj celo leto ojezerjeno, z izjemo zadnjih dni julija in prvih dni v avgustu. V času vzorčenja 28.8. je bilo spodnje mesto S v bistvu že del jezera, saj je nivo vode segal 10-20 cm nad zgornji rob struge Stržena.

Kljub temu, da je bilo v 2020 največje število družin v vzorcu **Z**, je S-WI tam nižji kot v vzorcu S in celo K zaradi velike prevlade osebkov iz družine Asellidae, oz. taksona *Asellus aquaticus* agg (Slika 5). S-WI je bil v vzorcu Z nižji kot v vzorcih S in V tudi v avgustu 2021.

V letu 2020 je bil delež osebkov EPTO v vzorcu **V** najmanjši, delež osebkov GOLD pa največji (Sliki 2 in 3). To kaže na še zelo nestabilne razmere v V, saj je renaturiran odsek še v fazi naseljevanja različnih taksonov BN. V omenjenem vzorcu **V** je bil največji tudi indeks GOLD, predvsem na račun visokega deleža družin trzač (Chironomidae; – generalisti), kar kaže na razmeroma kratek čas po motnjah, oziroma izredno močne motnje, kot dejansko sami

posegi poglabljanja nekdanje mrtvice tudi so. V 2020 manjši meander (**M**) še ni bil povezan z aktivno strugo Stržena.

Če primerjamo prisotnosti na motnje bolj občutljivih taksonov, npr. % osebkov EPTO, lahko ugotovimo, da jih v letih 2018 in 2020 v največjem številu najdemo prav v regulacijskem kanalu K (Slika 2), predvsem na račun taksona Ephemeroptera.

V letu 2018 smo v regulacijskem kanalu (**K**) opazili veliko število, oziroma gostoto rovov, ki so bivališča raka jelševca (*Astacus astacus*) – vrste, ki je zavarovana vrsta z Uredbo o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah (UL 46/04). Regulacijski kanal z večjo globino vode, kot jo ima ohranjena naravna struga, postane pomemben habitat v času najnižjih vodostajev v poletnem obdobju, kar se je pokazalo tudi v najvišjem deležu osebkov EPT v vzorcu K (2018 in 2020) (Slika 2). Za jelševca Govedič (2006) navaja, da ga običajno najdemo v nekoliko globljih vodah, na zasenčenih odsekih vodotokov s peščenim dnom in ilovnatimi bregovi, v katerega koplje luknje. Vkopani kanal je na levem bregu močno zasenčen z navadnim trstom (*Phragmites australis*), v neporaslem ilovnatem bregu pa lahko opazimo veliko število lukenj, ki jih je izkopal jelševec. Očitno je, da je regulacijski kanal postal pomemben sekundarni habitat jelševca, saj ga najpogosteje najdemo na podobnih, sicer naravnih ilovnatih obrežjih potokov in manjših rek v panonskem svetu (Govedič 2006). V renaturiranem odseku teh rovov nismo opazili. V vzorcih pa smo juvenilne osebke jelševca zajeli le na mestu Z, kjer je bil tok vode še zaznaven, in sicer 1 osebek v letu 2018 in pet osebkov v letu 2021.

6. SKLEPI

Na podlagi rezultatov vzorčenja v letu 2020 in 2021 ocenjujemo, da je v obnovljenem večjem meandru (V) – nekdanji mrtvici že v enem letu od renaturacije prišlo do naselitve številnih taksonov BN. Ker pa so v prvi polovici avgusta 2021 ta del struge dodatno širili in poglabljali, ja zaradi teh motenj prišlo do poslabšanja razmer in s tem strukture združbe nevretenčarjev. Predvidevamo, da bo v naslednjih letih kompleksnost združbe v renaturiranih meandrih naraščala, kar se bo pokazalo v večji pestrosti, oz. večjih vrednostih diverzitetnih indeksov ter deležu občutljivejših taksonov, ki so značilni za naravno ohranjene vodotoke (EPTO). Obdobje dveh let po renaturacijskih posegih, je prekratko, da bi se večina taksonov iz

naravnih odsekov lahko že naselila v obnovljenih, kot tudi da bi lahko ocenili uspešnost izvedenih ukrepov. Priporočljivo bi bilo **tovrstne raziskave izvajati tudi v naslednjih letih**, s čimer bi spremljali stanje in korektno ovrednotili uspešnost renaturacije Stržena.

Na podlagi ugotovitev iz leta 2018 in 2020 smo projektni ekipi predlagali, **da se regulacijskega kanala ne zasuje, kot je bilo načrtovano, vendar so to v sklopu projekta vseeno storili**. S tem so uničili habitate nekaterih zavarovanih vrst, kot je jelševec (*Astacus astacus*), pa tudi številnih drugih nevretenčarjev, kar ni ustrezno z vidika naravovarstvenih ciljev, oziroma v skladu z zakonom o vodah (ZV-1) in zakonom o lovstvu (ZDLov-1). V akciji reševanja rib in jelševca iz kanala pred zasipavanjem konec julija 2021, so sicer cca 1000 večjih osebkov jelševca rešili, ne pa tudi na tisoče manjših nevretenčarjev in drugih organizmov na tem odseku. Glavni cilj tega projekta je »Izboljšanje stanja območij Natura 2000«, česar z zasipavanjem enega od habitatov, četudi antropogenega, ne izboljšamo. Tudi z vidika stanja voda zasipavanje strug ni ustrezno, kvečjemu je možno odvajati manjši del vode (z upoštevanjem ekološko sprejemljivega pretoka), ki sedaj teče v renaturirane meandre, v stari regulacijski kanal - npr. preko prepusta, ki bi omogočal dotok vode na gorvodnem koncu regulacijskega kanala. To v praksi ni bilo izvedeno, kanal pa je skoraj v celoti ostal vodni habitat primerljive kakovosti kot naravna struga še v juliju 2021, kar lahko potrdimo na osnovi vzorcev in meritev na mestih Z, K in S.

Odseki na mestih S, M in V, ležijo pod koto 547.7 m (Preglednica 1), kar pomeni, da je zadrževalni čas vode prevelik, da bi na teh rastiščih lahko uspevale lesnate vrste, z izjemo vrste *Salix cinerea*. Gaberščik in sod. (2018) so ugotovili, da je na Cerkniškem jezeru do kote 547.5 m zadrževalni čas vode tolikšen, da na teh rastiščih lahko uspeva le vodna vegetacija (emergentni makrofiti in amfibijske vrste rastlin). Na obrežnem delu obnovljenega meandra se z največjo pokrovnostjo pojavljajo močvirske vrste npr. *Schoenoplectus lacustris, Phragmites australis* in *Phalaris arundinacea*. Sestoji navedenih vrst, ki sicer uspevajo v Strženu, so bili evidentirani tudi v sklopu raziskave vegetacije vodotokov, katere rezultati so bili objavljeni aprila 2021 (Zelnik in sod., 2021). Ker smo v letu 2021 opazili začetke zaraščanja bregov novo vzpostavljenih meandrov (V in M) z omenjenimi vrstami menimo, da se bo spontano zaraščanje nadaljevalo in kakršno koli **sajenje** sploh **ni potrebno** ali utegne biti **celo neprimerno** zaradi kopanja v glinaste bregove, ki bi jih tako narasla voda v Strženu lahko erodirala.

Pri vseh **bodočih renaturacijah** vodotokov in vzpostavitvi nekdanje meandrirajoče struge predlagamo ohranitev reguliranih strug, na podoben način kot je bilo to v prvi fazi renaturacije struge Stržena, in sicer, da se na zgornjem koncu regulirano strugo zasuje in se glavnino vode preusmeri v obnovljeni meander, na spodnjem koncu pa se zagotovi, oz. ohrani povezava med novim potekom struge in reguliranim odsekom, ki bi s tem postal mrtev rokav. Na zgornjem koncu bi zagotovili manjši dotok vode z vodoprepustnim nasipom ali manjšim prepustom za vodo, da bi voda v manjši meri zastajala v tako nastalem mrtvem rokavu. Takšna rešitev se nam zdi dobra iz vsaj dveh razlogov: 1) odseka regulirane struge ne bi uničili z zasipavanjem in s tem ohranili habitat in pestro življenjsko združbo različnih bentoških organizmov (bentoški nevretenčarji, makrofiti, perifiton, bakterijske združbe); 2) z mrtvimi rokavi bi povečali kapaciteto rečnega sistema za vode, kar bi podaljšalo zadrževalni čas vode v rečnem sistemu in povečalo kapaciteto krajine za vodo, s tem pa bi povečali tudi poplavno varnost.

MNENJE

Glavni namen te projektne naloge je bil pridobitev podatkov o združbi bentoških nevretenčarjev in abiotskih dejavnikih pred in po načrtovanih renaturacijskih posegih, vendar na tem mestu navajamo ugotovitve, ki so nastale kot rezultat primerjave rezultatov našega preteklega (npr. Gaberščik in sod. 2018), in sedanjega raziskovanja (vzorčenje v sklopu tega projekta v letu 2018, 2020 in 2021) na Cerkniškem jezeru.

Obstoječe stanje na terenu – poglobljena in z glavnim tokom Stržena povezana meandra ter hkrati tudi nekdanji regulacijski kanal - se nam je zdela primerna rešitev, saj je celotni nekdanji kanal ostal morfološko nespremenjen, je pa zaradi zaprtosti na gorvodnem koncu to sedaj pretežno lentični habitat (stoječa voda). Zato **obžalujemo**, **da je** kljub našim ugotovitvam in izraženem mnenju **do zasutja tega kanala vseeno prišlo**.

Glede načrtovanega zasajanja obnovljenih okljukov z lesno vegetacijo menimo, da to ni primerno. Iz preglednice 1 je razvidno, da odseki Stržena na mestih S, M in V, ležijo pod koto 547.7 m, kar pomeni, da je zadrževalni čas vode prevelik, da bi na teh rastiščih lahko uspevale lesnate vrste, z izjemo vrste *Salix cinerea*. Gaberščik in sod. (2018) so ugotovili, da je na

Cerkniškem jezeru do kote 547.5 m zadrževalni čas vode tako velik, da na tovrstnih rastiščih lahko uspeva le še vodna vegetacija, in sicer emergentni makrofiti in amfibijske vrste, kot so na primer vrste *Schoenoplectus lacustris, Phalaris arundinacea* in *Phragmites australis*. Sestoji navedenih vrst, ki uspevajo v Strženu, so bili evidentirani tudi v sklopu raziskave vegetacije vodotokov, katere rezultati so bili objavljeni aprila 2021 (Zelnik in sod., 2021).

7. VIRI

Gaberščik A., Krek J.L., Zelnik I., 2018. Habitat diversity along a hydrological gradient in a complex wetland results in high plant species diversity. Ecological Engineering 118: 84-92.

Govedič M., 2006. Potočni raki Slovenije: razširjenost, ekologija, varstvo. Center za kartografijo favne in flore. Miklavž na Dravskem polju. ISBN 961-90512-2-X

Ministrstvo za okolje in prostor, 2016. Metodologija vrednotenja ekološkega stanja vodotokov z bentoškimi nevretenčarji.

Ofenböck T., Moog O., Gerritsen J., Barbour M., 2004. A stressor specific multimetric approach for monitoring running waters in Austria using benthic macroinvertebrates. Hydrobiologia 516: 251–268.

Pinto P., Rosado J., Morais M., Antunes I., 2004. Assessment methodology for southern siliceous basins in Portugal. Hydrobiologia 516: 191–214.

Uredbo o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah (Uradni list RS, št. 46/04, 109/04; št. 64/16)

Zakon o divjadi in lovstvu (ZDLov-1). Uradni list RS, št. 16/2004.

Zakon o vodah (ZV-1). Uradni List RS, št. 67-3237/2002

Zelnik I., Kuhar, U., Holcar, M., Germ, M., Gaberščik, A. 2021. Distribution of vascular plant communities in Slovenian watercourses. Water 13: 1-26, DOI: 10.3390/w13081071.