

ZAVOD ZA RIBIŠTVO SLOVENIJE
Spodnje Gameljne 61a, 1211 Ljubljana - Šmartno



**STROKOVNE PODLAGE Z UVELJAVITVIJO UKREPOV ODSTRANJEVANJA IN
OBVLADOVANJA VODNIH INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST**

Poročilo o izvedenih aktivnostih v letu 2020

Spodnje Gameljne, maj 2021

STROKOVNE PODLAGE Z UVELJAVITVIJO UKREPOV ODSTRANJEVANJA IN
OBVLADOVANJA VODNIH INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST

Poročilo o izvedenih aktivnostih v letu 2020

Naročnik:	Republika Slovenija Ministrstvo za okolje in prostor Dunajska cesta 48 1000 Ljubljana
Izvajalec:	Zavod za ribištvo Slovenije Spodnje Gameljne 61a 1211 Ljubljana - Šmartno
Odgovorni predstavnik izvajalca:	dr. Daša Zabric, univ. dipl. biol.
Avtorji poročila:	Luka Mrzelj, dipl. biol. (UN) Diana Marguč, univ. dipl. biol. Ana Celestina, univ. dipl. biol. Vit Kukolja, mag. biol. in ekol. z naravovar. dr. Martina Jaklič, univ. dipl. biol.
Terenski sodelavci:	Luka Mrzelj, dipl. biol. (UN) Ana Celestina, univ. dipl. biol. mag. Maša Čarf, univ. dipl. biol. mag. Aljaž Jenič, univ. dipl. biol. Diana Marguč, univ. dipl. biol. Vit Kukolja, mag. biol. in ekol. z naravovar. Sani Župec, dipl. ekol. naravov. (UN) Marko Pšajd, dipl. ekol. naravov. (UN) dr. Daša Zabric, univ. dipl. biol. Danilo Puklavec, univ. dipl. biol. Rok Hamzić, univ. dipl. inž. grad. Dr. Martina Jaklič, univ. dipl. biol. Luka Ložar David Sotenšek Saša Kolarič Luka Modic Aljaž Tonkli



Slike: Zavod za ribištvo Slovenije (razen, kjer je navedeno drugače)

Kartografija: Rok Hamzić, univ. dipl. inž. gradb.

Številka: 101-3/2020-15

Datum: 5. 5. 2021

Direktor: Rado Javornik, univ. dipl. inž. kmet.

KAZALO

1. UVOD	1
2. ODSTRANJEVANJE TRNAVCA (<i>Faxonius limosus</i>, predhodno: <i>Orconectes limosus</i>) NA OBMOČJU GRAMOZNIC OB DRAVI V LETU 2020.....	3
2.1. Biologija, ekologija in razširjenost trnavca	3
2.2. Metode vzorčenja trnavca	4
2.2.1. Elektroizlov z nahrbtnim agregatom	8
2.2.2. Lov z roko.....	8
2.2.3. Vzorčenje z vršami	9
2.2.4. Elektroizlov s čolna	11
2.2.5. Praznjenje gramoznice.....	12
2.3. Rezultati z diskusijo	13
2.3.1. Razširjenost trnavca.....	13
2.3.2. Primerjava metod.....	14
2.3.3. Uspešnost, število ujetih osebkov in razmerje med spoloma	16
2.3.4. Število ponovno ujetih osebkov.....	21
2.3.5. Praznjenje Gramoznice 5.....	22
2.3.5.1. Azijska sladkovodna bisernica (<i>Corbicula fluminea</i> , Müller 1774)	23
2.3.5.2. Ozimica (<i>Coregonus</i> spp.)	24
2.3.6. Ozaveščanje	26
2.3.7. Praznjenje Ptujkega jezera	26
2.4. Zaključki in sklepi.....	27
3. MONITORING IN ODSTRANJEVANJE OZKOŠKARJEVCA (<i>Pontastacus leptodactylus</i>, Eschscholtz 1823) V LETU 2020	29
3.1. Biologija in razširjenost ozkoškarjevca.....	29
3.1.1. Monitoring razširjenosti vrste.....	30
3.2. Metode vzorčenja ozkoškarjevca	31
3.2.1. Vzorčenje z vršami	31
3.2.2. Metoda ocene populacije	31
3.2.3. Fizikalno – kemijski parametri	32
3.3. Rezultati z diskusijo	32
3.4. Zaključek in sklepi	36
4. MONITORING RDEČEŠKARJEVCA (<i>Cherax quadricarinatus</i>, Von Martens 1868) NA OBMOČJU MRTVIC TOPLA IN COLA (PRILIPE - ČATEŽ OB SAVI)	38

4.1. Biologija in razširjenost rdečeškarjevca	38
4.2. Metode vzorčenja	39
4.3. Rezultati z diskusijo	41
4.3.1. Razširjenost rdečeškarjevca na območju mrtvic Topla in Cola	41
4.3.2. Vrstni sestav rib na območju mrtvice	44
4.4. Zaključki in sklepi.....	47
5. MONITORING MOČVIRKEGA ŠKARJARJA (<i>Procambarus clarkii</i>, Girard 1852) NA OBMOČJU SLOVENIJE V LETU 2020	49
5.1. Biologija in razširjenost močvirskega škarjarja	49
5.1.1. Prisotnost <i>P. clarkii</i> v Sloveniji in aktivnosti odstranjevanja.....	50
5.2. Metode vzorčenja	51
5.2.1. Analiza okoljske DNA.....	51
5.3. Rezultati z diskusijo	53
5.3.1. Monitoring <i>P. clarkii</i> z uporabo eDNA na območju Lopate	53
5.3.2. Monitoring <i>P. clarkii</i> z uporabo eDNA na območju Velenjskega in Šoštanskega jezera ter reke Pake v letu 2020	55
5.3.3. Območje zadrževalnika Vogršček v letu 2020	57
5.4. Zaključki in predlagani ukrepi v nadaljevanju.....	59
6. Zahvala	61
7. LITERATURA	62
8. PRILOGE.....	70

Kazalo slik

Slika 1: Hrbtna stran trnavca (<i>F. limosus</i>).....	4
Slika 2: Prikaz območja aktivnosti eradikacije trnavca ob reki Dravi	7
Slika 3: Izvajanje elektroizlova v Kanalu 2.	8
Slika 4: Primer lova z roko v Gramoznici 7.....	9
Slika 5: Postavljanje vrš v gramoznici 5.	10
Slika 6: Ulov trnavca v vršah	10
Slika 7: Elektroizlov s čolna v Gramoznici 7.....	11
Slika 8:Končni vodostaj po praznjenju Gramoznice 5.....	13
Slika 9: Samici trnavca (<i>F. limosus</i>) z jajčeci na zadku v različnem razvojnem stadiju.	18
Slika 10: Prikaz števila samcev in samic trnavca (<i>F. limosus</i>), ujetih v letu 2020 v posameznih gramoznicah. Prikazane so lokacije, kjer smo ujeli osebkke.	19
Slika 11: Prikaz števila ujetih samcev in samic trnavca (<i>F. limosus</i>) v obeh letih poteka eradikacije v okviru LIFE IP projekta v posameznih gramoznicah.	19
Slika 12: Razmerje med spoloma - delež ujetih osebkov trnavca na celotnem območju eradikacije v letu 2020.	20
Slika 13: Razmerje med spoloma (delež) v populaciji trnavca (<i>F. limosus</i>) v posameznih gramoznicah v letu 2020.	20
Slika 14: Označen in izpuščen samec raka trnavca.....	22
Slika 15: Azijska sladkovodna bisernica (<i>C. fluminea</i>) najdena v gramoznici 5 ob Dravi.....	24
Slika 16: Ozimica, ulovljena v gramoznici 5 tekom praznjenja.	25
Slika 17: Samica in samec vrste ozkoškarjavec (<i>Pontastacus leptodactylus</i>) iz ribnika Lava.29	
Slika 18: Prikaz postavitve vrš v ribniku Lava pri Laškem ter v reki Savinji v letu 2020.....	30
Slika 19: Označeni samci ozkoškarjevca.	34
Slika 20: Gonopodiji nekastriranega samca in gonopodi kastriranega samca po enem letu....	34
Slika 21: Frekvenčno dolžinska distribucija ujetih samcev in samic ozkoškarjevca v sezonah 2019 in 2020.....	35
Slika 22: Frekvenčno dolžinska distribucija ujetih samcev (levo) in samic (desno) ozkoškarjevca v sezonah 2019 in 2020.	35
Slika 23: Struktura in delež ulovljenih rib v vrše v ribniku Lava v letu 2020.	36
Slika 24: Samec in samica rdečeskarjevca (<i>Cherax quadricarinatus</i>) (Foto: Borut Mavrič)..	38
Slika 25: Primer nastavljanja vrš na odseku C v letu 2020 (Foto: Borut Mavrič).	40
Slika 26: Postavitev vrš glede na posamezen odsek.	41
Slika 27: Frekvenčno dolžinski histogram dolžine glavoprsja z rostrumom (CLR) vseh ujetih osebkov rdečeskarjevca (<i>Cherax quadricarinatus</i>) v letu 2020.....	43
Slika 28: Frekvenčno dolžinski histogram dolžine glavoprsja z rostrumom vseh v mrtvicah ujetih osebkov rdečeskarjevca (<i>Cherax quadricarinatus</i>)v letu 2020, ločenih po spolu.	44
Slika 29: Nilska tilapija (<i>Oreochromis niloticus</i>) (Foto: Borut Mavrič).....	45
Slika 30: Delež posameznih vrst rib, ujetih z vršami na območju mrtvic v letu 2020.....	45
Slika 31: Število ujetih osebkov rib po vrstah na posamezen odsek mrtvic v letu 2020.	46

Slika 32: Pozitivni vzorci na podlagi analize eDNA za <i>P. clarkii</i> na področju Slovenije (Govedič, 2018).	51
Slika 33: Rezultati analize eDNA na območju Lopate (Govedič, 2018; 2019).	53
Slika 34: Lokacije vzorčenja eDNA na območju Lopate v 2020.	55
Slika 35: Lokaciji odvzema vzorcev iz Velenjskega in Šoštanjskega jezera.	56
Slika 36: Lokacija odvzema vzorcev iz reke Pake v letu 2020. Odvzem vzorcev na reki Paki.	57
Slika 38: Lokacije odvzema vzorcev na območju zadrževalnika Vogršček v letu 2020.	58
Slika 39: Terenski ogled po praznjenju akumulacije Vogršček dne 14. 12. 2020 (Foto:Tomaž Remžgar).	58

Kazalo preglednic

Preglednica 1: Mesečni pregled števila postavljenih vrš po gramoznicah.....	10
Preglednica 2: Primerjava metod glede na uspešnost in učinkovitost ulova.....	15
Preglednica 3: Število ujetih in ponovno ujetih samcev trnavca (<i>F. limosus</i>) v posameznih gramoznicah.	21
Preglednica 4: seznam tujerodnih vrst in število odstranjenih osebkov iz Gramoznice 5.	23
Preglednica 5: Število ujetih samcev in samic ozkoškarjevca ter njihovo spolno razmerje glede na posamezno leto in vzorčenje.....	35
Preglednica 6: Abiotski parametri ribnika Lava v času posameznih vzorčenj.	35
Preglednica 7: Število ujetih osebkov rdečeškarjevca v letu 2020 na posameznih odsekih mrtvic glede na spol.	42
Preglednica 8: Izbrane fizikalne in kemijske lastnosti vode na odsekih mrtvic v letu 2020....	43
Preglednica 10: Lokacije vzorčenja in abiotski parametri na območju Lopate v letu 2020. ...	54
Preglednica 11: Lokacije vzorčenja in abiotski parametri na območju Velenjskega in Šoštanjskega jezera.	56
Preglednica 12: Lokacije vzorčenja in abiotski parametri na območju Pake.....	56
Preglednica 13: Lokacije vzorčenja in abiotski parametri območje zadrževalnika Vogršček.	57



1. UVOD

Sladkovodne tujerodne invazivne vrste so ena od največjih groženj ekosistemom po celem svetu. Njihova prisotnost znižuje biotsko pestrost in ima velik vpliv na gospodarstvo (Lovell in sod., 2006). Največ sredstev in napora je zato potrebno vložiti pri zgodnjem odkrivanju invazivnih vrst, saj se s tem poveča možnost hitrega in učinkovitega odstranjevanja (Jerde in sod., 2011).

Evropska komisija je 25. julija 2019 sprejela Izvedbeno uredbo Komisije (EU) 2019/1262 o sprejetju seznama invazivnih tujerodnih vrst, ki zadevajo Unijo, v skladu z Uredbo (EU) št. 1143/2014 Evropskega parlamenta in Sveta. Izvedbena uredba je stopila v veljavo 14. avgusta 2019. Za vse vrste, ki so na seznamu Unije, veljajo najstrožji ukrepi za preprečitev širjenja. Vse te vrste je prepovedano vnašati v Unijo, jih razmnoževati, gojiti, prevažati, kupovati, prodajati, uporabljati, izmenjevati, posedovati ali jih izpustiti v okolje (Kus Venvlieet in Venvlieet, 2018).

Kljub sprejeti zakonodaji se namerni in nenamerni izpusti teh vrst v naravno okolje še naprej vrstijo in povzročajo negativne vplive na domorodne vrste in njihove habitate. Slovenija je bila ena od redkih držav Evropske unije, ki se je do tega stoletja precej uspešno izogibala naselitvam tujerodnih vrst rakov. Do sedaj so bile v Sloveniji odkrite naslednje tujerodne vrste rakov: signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*), ki se je v Slovenijo domnevno razširil iz Avstrije, rdečeskarjavec (*Cherax quadricarinatus*), ki je verjetno posledica gojenja v lokalni ribogojnici, in ozkoškarjavec (*Astacus leptodactylus*), ki je bil odkrit v ribniku Lava pri Laškem. Leta 2015 je bil v gramoznicah ob Dravi odkrit trnavec (*Faxonius limosus*). V letu 2017 naj bi se domnevno zgodil izpust marmornatega škarjarja (*Procambarus fallax* f. *viriginialis*) na območju pritoka reke Reke v Ilirski Bistrici, v letu 2018 pa smo v Sloveniji zabeležili izpust še ene invazivne tujerodne vrste raka, močvirskega škarjarja (*Procambarus clarkii*) na avtocestnem počivališču Lopata.

Močvirski škarjar, trnavec, signalni rak in marmornati škarjar so vrste, za katere imamo v slovenskem prostoru zabeležene dogodke, ki lahko vodijo v vzpostavitev viabilne populacije, oz. so te že vzpostavljene in predstavljajo grožnjo domorodnim vrstam. Te rake uvrščamo med invazivne tujerodne vrste, ki zadevajo Evropsko Unijo. V primeru vzpostavitve naturalizirane populacije predstavljajo grožnjo tako domorodnim vrstam rakov in drugim živalskim in rastlinskim skupinam kot tudi vodnim habitatom. Na seznam sta poleg rakov vključeni tudi dve tujerodni vrsti rib, in sicer sončni ostriž (*Lepomis gibbosus*) in psevdorazbora (*Pseudorasbora parva*), ki sta prisotni na širšem območju Slovenije.

Poročilo o izvedenih aktivnostih naloge »STROKOVNE PODLAGE Z UVELJAVITVIJO UKREPOV ODSTRANJEVANJA IN OBVLADOVANJA VODNIH INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST« smo pripravili na osnovi pogodbe št. 2550-20-330012, ki je bila sklenjena med Ministrstvom za okolje in prostor Republike Slovenije in Zavodom za ribištvo Slovenije.



V poročilu so predstavljene izvedene aktivnosti v letu 2020, ki so v okviru navedene naloge obsegale:

- monitoring in odstranjevanje trnavca (*Faxonius limosus*) iz gramoznic ob Dravi;
- monitoring in odstranjevanje ozkoškarjevca (*Astacus leptodactylus*) iz ribnika Lava v Laškem in ugotavljanje prisotnosti vrste v Savinji;
- monitoring in odstranjevanje rdečeskarjavca (*Cherax quadricarinatus*) na območju Mrtvic Topla in Cola;
- spremljanje območja evidentiranega izpusta močvirskega škarjarja (*Procambarus clarkii*) z analizo eDNA na območju Lopate, Velenjskih jezer in zadrževalnika Vogršček.



2. ODSTRANJEVANJE TRNAVCA (*Faxonius limosus*, predhodno: *Orconectes limosus*) NA OBMOČJU GRAMOZNIC OB DRAVI V LETU 2020

2.1. Biologija, ekologija in razširjenost trnavca

Rak trnavec, znanstveno poimenovan *Faxonius limosus* (Rafinesque, 1817), je do nedavnega spadal v rod *Orconectes*. Sedaj se to rodovno ime (*Orconectes*) uporablja izključno za jamske vrste, ostale vrste, kamor sodi tudi trnavec, spadajo v znova obujen rod *Faxonius* (Crandall in De Grave, 2017).

Trnavec je manjši rak, ki zraste do dolžine 12 cm. Telo je svetlo do temno rjavo ali olivno zeleno obarvano (*Slika 1*). Spolno zrelost lahko posamezniki dosežejo že v prvem letu. Paritveno obdobje se začne jeseni in lahko traja vse do konca pomladi (Burič in sod., 2013; Holdich in Black, 2007). Povprečna življenjska doba je dve leti, doživijo pa lahko tudi 4 leta (Alridge, 2016). Trnavec ima sposobnost fakultativne apomiktične partenogeneze, kar pomeni da samice za razmnoževanje ne potrebujejo samcev (Burič in sod., 2011). Trnavec naseljuje nižinske reke, potoke in kanale, tudi ribnike in jezera, najdemo ga celo v brakičnih vodah (Kus Venvlieet, 2013). Odrasli osebki prenašajo nizke temperature, sušne razmere in onesnaženja. V račinah, izkopanih v brežine, lahko odrasli osebki v dormantnem stanju preživijo tudi daljša sušna obdobja (Alridge, 2016). Trnavec je vsejed, v večji meri odrasli osebki uživajo rastlinsko hrano, kot so makrofiti, korenine in filamentozne alge. Velik del prehrane jim predstavlja detrit, manjši delež pa hrana živalskega izvora (bentoški nevretenčarji, ribje ikre, mehkužci, zooplankton). Juvenilni osebki, ki v prvem letu intenzivno rastejo, zaužijejo večji delež hrane živalskega izvora (Vojkovská in sod., 2014).

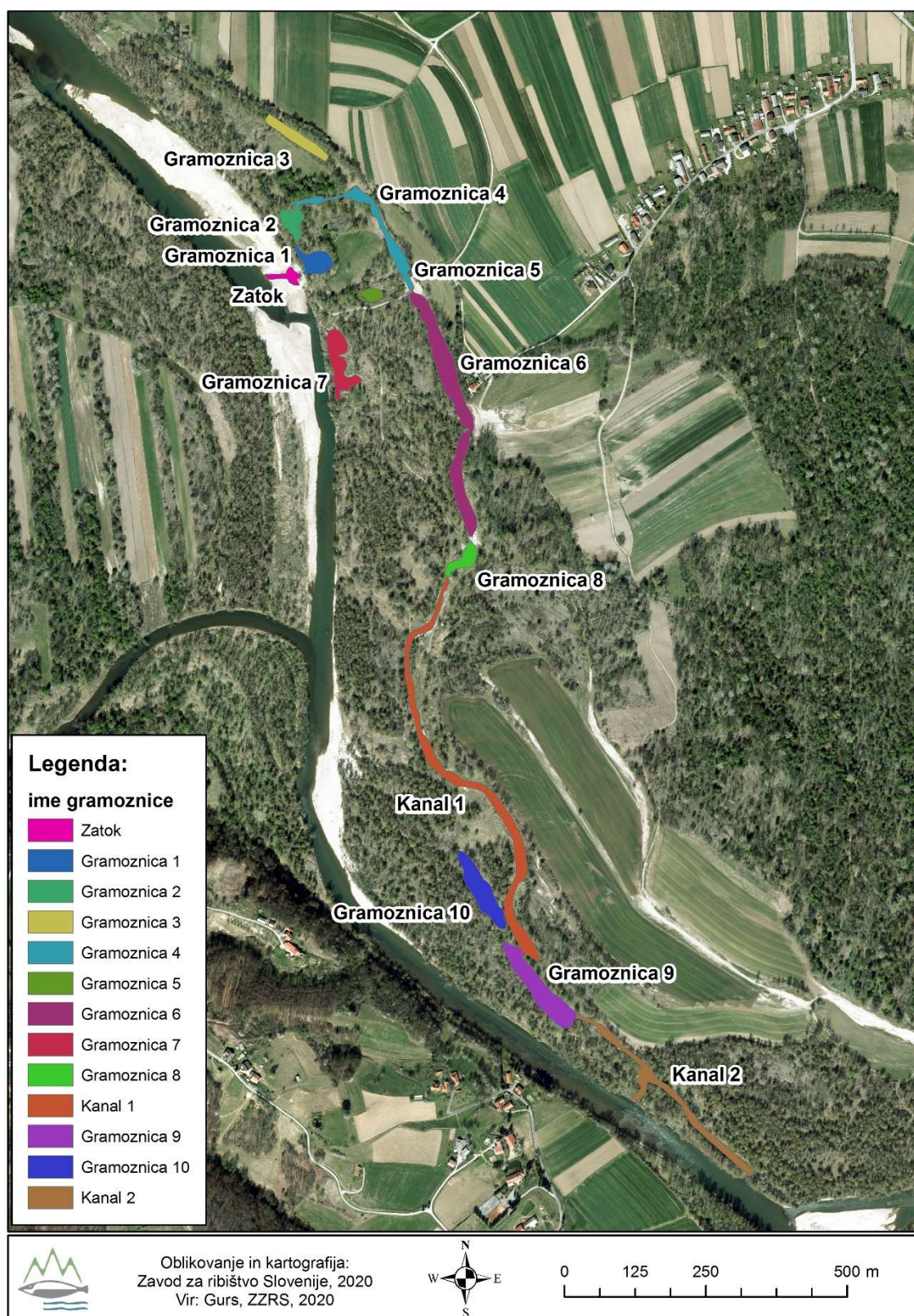
Trnavec je bil v Sloveniji prvič opažen v gramoznicah ob reki Dravi leta 2015. Najdena je bila številčna populacija različnih velikostnih razredov (Govedič in sod., 2015). Do danes je to edina znana lokacija trnavca v Sloveniji. Leta 2017 je ZZRS pričel z ukrepi za preprečevanje širjenja in obvladovanje populacije na tem območju; ta aktivnost sedaj že drugo leto poteka v okviru LIFE integriranega projekta (LIFE17 IPE/SI/000011). V letu 2019 je bila na območju gramoznic pri enem od petih testiranih osebkih trnavca potrjena okužba z račjo kugo (*Aphanomyces astaci*). Račja kuga je bolezen, ki je našim avtohtonim vrstam rakov lahko smrtno nevarna.



Slika 1: Hrbtna stran trnavca (F. limosus) z lepo vidnimi rdečimi progami in trni na glavoprsju.

2.2. Metode vzorčenja trnavca

Območje izvajanja ukrepov za preprečevanje širjenja in obvladovanja populacije trnavca je v letu 2020 tako kot v predhodnem letu zajemalo gramoznice ob levem bregu reke Drave pod Ptujskim jezerom. Na sliki v nadaljevanju (

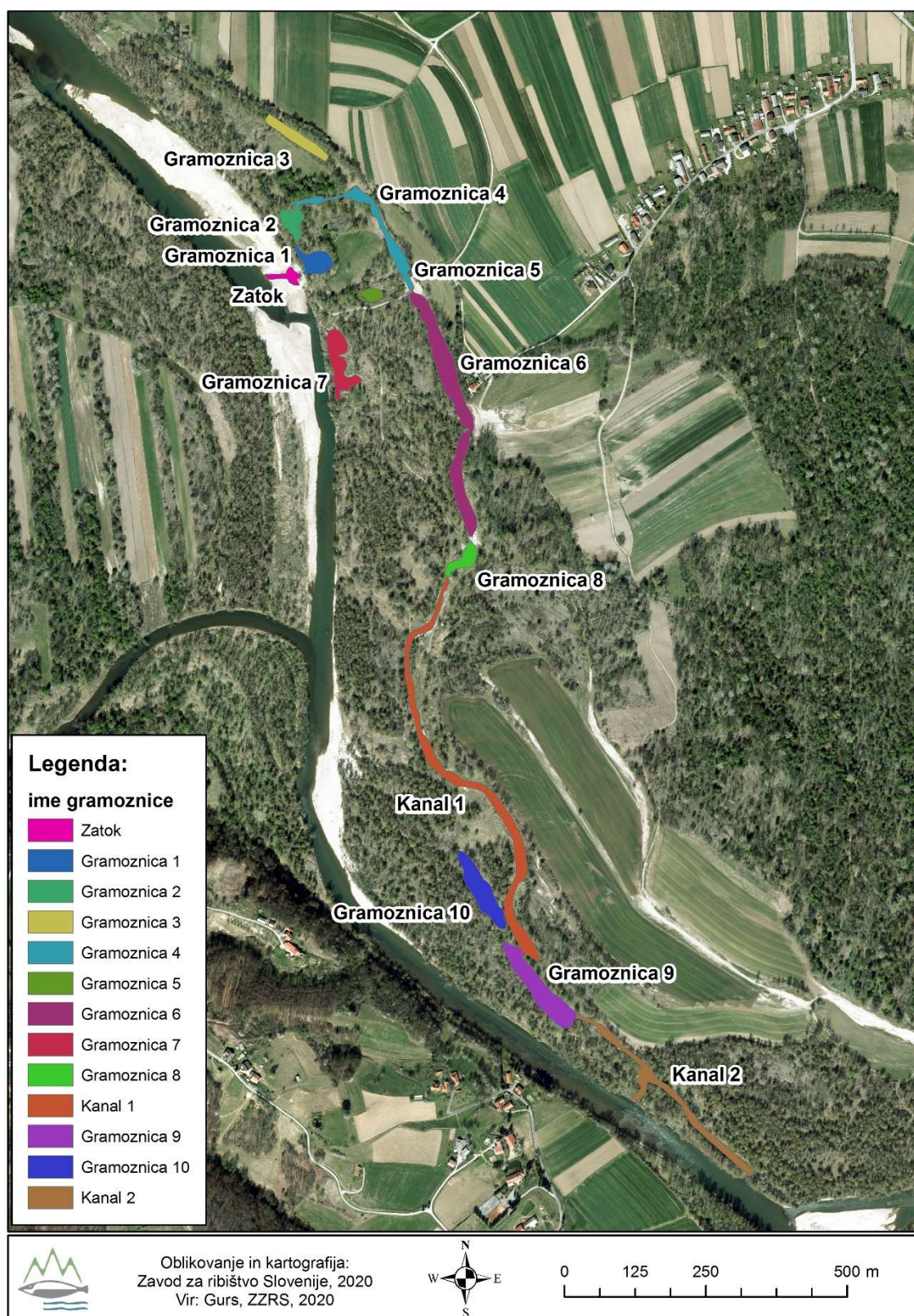


Slika 2) so za lažjo sledljivost in predstavo prikazane lokacije posameznih gramoznic. Osredotočili smo se na območje sedmih gramoznic, kjer je številčnost trnavca največja, ter na



povezavo z Dravo (Zatok). Preverjali smo tudi stanje Gramoznice 3 in gramoznic dolvodno od Gramoznice 8 (t.j. Gramoznica 9 in 10, Kanal 1 in 2).

Izlov invazivne vrste raka trnavca smo na območju gramoznic izvajali med februarjem in novembrom 2020. Pogostost terenov je bila odvisna od vremenskih razmer, vodostaja in epidemiološkega stanja v državi zaradi korona virusne bolezni (Covid-19). V zimsko spomladanskih mesecih smo preverjali aktivnost vrste, v aprilu in maju pa smo pričeli z bolj intenzivnim izlavljanjem. Lovili smo tako v dnevnem kot tudi v nočnem času. Trnavec je v večji meri nočno aktivna žival, ki svojo aktivnost začne povečevati ob sončnem zahodu (Kozák in sod., 2015), zato smo menili, da bo lov uspešnejši v nočnem času. V letu 2020 zaradi omenjenega epidemiološkega stanja v državi terenska ekipa v določenih obdobjih leta ni imela možnosti prenočitve, zato nismo uspeli realizirati načrtovanega večjega števila nočnih terenov. Pregled območja gramoznic smo izvedli s kombinacijo elektroizlova, lova z vršami, lova z roko, elektroizlova s čolna in praznjenjem Gramoznice 5.



Slika 2: Prikaz območja aktivnosti eradikacije trnavca ob reki Dravi, južno od jezu HE Markovci. Vsaka barva predstavlja svojo enoto.



2.2.1. Elektroizlov z nahrbtnim agregatom

Elektroizlov smo izvajali z uporabo nahrbtnih agregatov (*Slika 3*). Elektroribolov je standardna metoda za vzorčenje rib, ki jih elektrika omami do te mere, da jih lahko ujamemo. Na elektriko so občutljivi tudi sladkovodni raki (Peay in sod., 2014), zato je zlasti v plitvih vodnih telesih ali njihovih predelih ob ustrezni hidromorfologiji to dobra metoda za detekcijo osebkov. Za razliko od elektroribolova smo pri elektrorakolovu postopek izvajali mnogo počasneje kot običajno, saj so raki na elektriko zaradi enostavnejšega živčnega sistema manj odzivni od rib. Posamezno vzorčenje z elektroizlovom je predstavljal en obhod posamezne gramoznice. Elektroizlov smo izvajali ob brežinah ter v plitvejših delih gramoznic, kjer je bilo brodenje še varno za elektroribiča. Globlji deli gramoznic so bili z nahrbtnimi agregati nedostopni; za ta območja smo se poslužili drugih metod (vrše in elektroizlov s čolna).



Slika 3: Izvajanje elektroizlova v Kanalu 2.

2.2.2. Lov z roko

Vzorčenje območja gramoznic z metodo lov z roko je zajemalo obračanje kamnov (*Slika 4*), pregledovanje račin (rovov), makrofitov in drugega organskega materiala ter gradbenih odpadkov (zidaki) v vodnih habitatih, ki rakom služijo kot skrivališča. V Gramoznicah 1, 6 in 8 smo že leta 2019 postavili nekaj zidakov, ki so zaradi svojih odprtin predstavljali nadomestna skrivališča za rake (ekološke pasti). Osebkke, ujete s pregledovanjem zidakov, smo upoštevali kot ujete z metodo *lov z roko*. Metoda je uporabna v plitvejših predelih gramoznic, do globine, kamor lahko vzorčevalec seže z roko.



Slika 4: Primer lova z roko v Gramoznici 7.

2.2.3. Vzorčenje z vršami

V letu 2020 smo se vzorčenja z vršami lotili nekoliko bolj intenzivno in sistematično v primerjavi s prejšnjim letom. Od meseca aprila do novembra smo mesečno v izbrano gramoznico postavili točno določeno število vrš. Število vrš glede na mesec in gramoznico je prikazano v preglednici (Preglednica 1). Gramoznico 3 smo pričeli vzorčiti šele v mesecu maju. V Gramoznici 7 in Gramoznici 5 smo zaradi zaznane večje populacijske gostote trnavca poleg mesečnih vzorčenj od maja do julija opravili še dodatna vzorčenja. Dodatna vzorčenja niso bila izvedena isti teden kot redno mesečno vzorčenje. Za namen vzorčenja smo uporabljali črne okrogle vrše (dolžina 60 cm, $\phi=30$ cm; vhodna odprtina 13x16 cm), v katere smo za vabo nastavili ribje brikete proizvajalca BioMar, World class fish feed. Za posamezna vzorčenja z vršami sta bila potrebna 2 terenska dneva. Prvi dan smo vrše postavili na stalno lokacijo, jih v vodi pustili preko noči, naslednji dan pa smo jih pobrali. Zabeležili smo datum, čas postavitve in dviga vrš ter GPS koordinate lokacije in globino nastavljenih vrš. Vsaka postavljena vrša je predstavljala posamezno ločeno vzorčenje. Ujetim rakom smo s pomočjo kljunastega merila izmerili dolžino glavoprsja z rostrumom (CLR), jih stehali in jim določili spol. Poleg tega smo izmerili, stehali in določili tudi vse ujete ribe. Zaradi visokega vodostaja Drave v septembru in oktobru vrš nismo postavili.



Slika 5: Postavljanje vrš v gramoznici 5.



Slika 6: Ulov trnavca v vršah - dominanten samec (slika levo) in samica z delno razvitimi embriji na zadku (slika desno).

Preglednica 1: Mesečni pregled števila postavljenih vrš po gramoznicah. V oklepaju so prikazane dodatne vrše za določen mesec.

Mesec vzorčenja	Gramoznica							
	1	2	3	4	5	6	7	8
april	10	10	0	5	5	3	15	3
maj	10	10	3	5	5	3	15 (+15)	3
junij	10	10	3	5	5 (+3)	3	15 (+30)	3
julij	10	10	3	5	10	3	15 (+45)	3
avgust	10	10	3	5	5	3	15	3
november	10	10	3	5	5	3	15	3



2.2.4. Elektroizlov s čolna

Metode elektroizlova s čolna smo se poslužili z namenom lažjega dostopa do globlin, večjih od 0,7 m. Ta metoda je zelo učinkovita tudi v plitvinah in v muljastih predelih, kjer se teren udara, zato je vzorčenje z nahrbtnim agregatom nevarno. Vzorčenje z elektroizlovom s čolna smo letos (2020) izvedli poskusno štirikrat v jesenskih mesecih na Gramoznici 7. Pri tej metodi smo katodo namestili na bok čolna in na premec. Uporabili smo močnejši stacionarni elektroagregat. Izlovna ekipa na čolnu je štela štiri člane. Zadaž sta sedela dva člana ekipe, ki sta veslala in manevrirala čoln, obenem pa upravljala elektroagregat in zapisovala podatke. Na premcu sta stala dva elektroribiča, ki sta vsak na svoji strani z ročnimi anodami, ki sta se končali s sakom, lovila vzdražene rake; zajete rake sta odlagala v plastične kadi. Za doseganje boljše vidljivosti sta elektroribiča uporabljala polarizacijska očala. Uporabljeni anodi s sakom sta bili dolgi 2,5 m, zato je bilo v primeru dobre vidljivosti mogoče uloviti rake tudi v globljih predelih, ki sicer niso prebrodljivi.

Širino in globino izlova (pasu) določa obseg električnega polja in se spreminja glede na električno prevodnost vode, glede na globino v času vzorčenja in substrat. Zaradi poenostavitve območja delovanja električnega polja ocenjujemo, da lahko zajamemo rake vsaj 2 metra na vsako stran od čolna. Največja globina ob čolnu, pri kateri še lahko zajamemo rake, znaša okoli 2,5 m. Elektroizlov s čolnom povzroča tudi bistveno manjše kaljenje v primerjavi z elektroizlovom z brodenjem. Po končanem vzorčenju smo vso opremo temeljito umili, razkužili in dodatno pregledali, da ne bi v špranjah v čolnu nevede širili trnavcev.



Slika 7: Elektroizlov s čolna v Gramoznici 7.



2.2.5. Praznjenje gramoznice

Poleg elektroizlova s čolna smo v letu 2020 izvedli pilotno uporabo nove metode, ki smo jo poimenovali praznjenje oz. prečrpavanje vode iz gramoznice. Pilotno praznjenje smo izvedli na Gramoznici 5 (centroid gramoznice, podan z Gauss-Krügerjevima koordinatama GKY = 573199; GKX = 137192). Gre za najmanjšo in od ostalih ob povprečnih pretokih reke Drave najbolj izolirano gramoznico. Obseg gramoznice pri normalnem vodostaju znaša 117 m, površina pa 721,3 m² (Mrzelj in sod., 2020). Za izvedbo te metode smo se odločili predvsem zato, ker smo z ostalimi metodami elektrolova in nabiranja z rokami omejeni na določeno globino in ne poznamo stanja (struktura dna in prisotnost trnavca) v globljih predelih gramoznice.

Za praznjenje gramoznice smo pridobili dovoljenje Direkcije Republike Slovenije za vode (DRSV), o akciji pa smo obvestili tudi Ministrstvo za okolje in prostor, Zavod Republike Slovenije za varstvo narave (ZRSVN), Društvo za opazovanje in proučevanje ptic Slovenije in Ribiško družino Ptuj. Pred pričetkom praznjenja gramoznice smo na brežinah pripravili vedra in hidrobion začasno shranjevanje ujetih rib, rakov in školjk. Preko gramoznice smo napeljali tudi električno bariero. Tehnični del praznjenja so izvedli gasilci iz prostovoljnega gasilskega društva Nova vas pri Markovcih. S praznjenjem smo pričeli okoli 15:00 ure dne 23. 9. 2020. Z najzmogljivejšo opremo in ogromno tehničnega znanja so gasilci dosegli največjo skupno črpalno moč, ki je znašala 2280 L/min. Ko se je gladina vode v gramoznici spuščala, smo plitvejši dostopni dele sproti vzorčili s pomočjo različnih metod: v vodi smo izvajali elektrizolov z nahrbtnimi elektroagregati, na kopnih predelih pa smo se poslužili metod obračanja kamenja, pregledovanja naplavin, makrofitov in iskanja rakov v razpokah med kamenjem. Večje skale, ki so v gramoznico ob višjih vodostajih zdrsnile s kamnitega nasipa, ki obdaja gramoznico, smo ponovno zložili na brežino; s tem smo si omogočili boljši pregled nad raki, ker smo zmanjšali število njihovih potencialnih skrivališč. Rastlinske ostanke (makrofiti) smo po odstranitvi prekuhali, da smo preprečili morebitno širjenje spregledanih osebkov. Pri natančnem pregledovanju izsušenega dna gramoznice sta pomagali tudi predstavniki ZRSVN. Iz gramoznice smo odstranili tudi odpadke. Ujete ribe smo predstavili v hidrobion; za ribe so med samim vzorčenjem skrbeli predstavniki RD Ptuj. Ko je gladina vode dosegla najnižji nivo, smo iz vode s pomočjo nahrbtnih elektroagregatov izlovili preostale ribe in rake, nato pa vklopili električno bariero, priklopljeno na stacionarni elektroagregat, v želji uničiti morebitne preživele trnavce. Po končanem izlovu smo popisali vrste domorodnih rib ter jih vrnili nazaj v naravno okolje. Tujerodne vrste rib smo določili, izmerili, stehali in odstranili. Ujetim trnavcem smo določili spol, jim izmerili dolžino glavoprsja z rostrumom (CLR) in jih stehali. Samice smo odstranili, samce pa označili in vrnili v gramoznico. Odstranili smo tudi tujerodne školjke.



Med izvajanjem aktivnosti smo v gramoznici odkrili dve tujerodni vrsti, ki jih sedaj na tem mestu še nismo našli. Opis in podrobnejši podatki o najdbi teh dveh vrst so predstavljeni v poglavju 2.3.5. *Praznjenje Gramoznice 5.*



Slika 8: Končni vodostaj po praznjenju Gramoznice 5.

2.3. Rezultati z diskusijo

2.3.1. Razširjenost trnavca

V strugi reke Drave, ki je z gramoznicami povezana preko Zatoka, prisotnosti trnavca nismo potrdili. V letu 2020 tako kot v predhodnih letih trnavca nismo potrdili v Gramoznici 3, v kateri smo v celotnem letu izvedli 15 vzorčenj z vršami. Za razliko od leta 2019 v letu 2020 trnavcev nismo ulovili dolvodno od Gramoznice 8. Na tem območju smo opravili dva terenska dneva, in sicer v maju in avgustu. V jesenskih mesecih je bilo to območje zaradi visokega vodostaja in kasneje tudi zaradi podrtih dreves, ki so bili posledica visokih voda, nedostopno. Menimo, da lahko kljub temu, da trnavca z vzorčenji nismo potrdili, v času visokih voda, ko so vse gramoznice med seboj povezane, prihaja do odnašanja posameznih osebkov trnavca dolvodno na to območje. Na tem predelu smo opazili veliko količino predatorskih rib (npr. ščuka, menek, ameriški somič, sončni ostriž, linj...), ki pomagajo pri eradikaciji raka na tem področju. V naslednjem letu načrtujemo večji terenski napor prav na tem delu, in sicer predvsem v poznem poletnem in jesenskem obdobju, ko se aktivnost



trnavca zaradi razmnoževanja poveča. Trnavca smo v letu 2020 potrdili v Zatoku in v vseh ostalih gramoznicah, kjer je bil najden do sedaj.

2.3.2. Primerjava metod

V letu 2020 smo vzorčenja izvajali od februarja do konca novembra. Skupaj smo na območju gramoznic ujeli 2072 osebkov raka trnavca. Število ujetih rakov s posamezno metodo prikazuje *Preglednica 2* **Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti..** Največ osebkov smo ujeli z elektroizlovom z nahrbtnim agregatom (1337 osebkov), sledil je elektroizlov s čolna (455 osebkov), nekaj manj smo jih ulovili z lovom z roko (120 osebkov) in z vršami (82 osebkov), najmanj pa smo jih ulovili s praznjenjem Gramoznice 5 (78 osebkov). Glede na število ujetih osebkov za najučinkovitejši metodi smatramo elektroizlov z nahrbtnim agregatom in elektroizlov s čolna. Metoda elektroizlova je poleg svoje učinkovitosti tudi manj velikostno ali spolno selektivna. Z omenjeno metodo lahko lovimo tako juvenilne kot tudi odrasle osebkke. Slaba stran uporabe te metode je vpliv na ne-tarčne organizme ter hrup in onesnaževanje z izpustom. Velik faktor pri elektroizlovu predstavlja izkušnost elektroribiča (njegova hitrost, okretnost in sposobnost opazovanja). Določena območja so pri vzorčenju z nahrbtnim agregatom zaradi globine vode in zaraščenosti težko ali celo nedostopna, obenem pa v določenih pogojih za vzorčevalca tudi nevarna. Taka območja lahko učinkovito vzorčimo z elektroizlovom s čolna pod pogojem, da ima gramoznica primeren dostop za vplutje čolna in ustrezno vidljivost.

Elektroizlov s čolna se je izkazal za zelo uspešno metodo, saj smo s samo štirimi vzorčenji ujeli kar 455 osebkov trnavca. Kljub temu, da smo se nove metode poslužili v poznem poletnem in jesenskem času, oz. v obdobju, ko so raki trnavci zaradi začetka razmnoževalnega obdobja tudi bolj aktivni, menimo, da ima metoda velik potencial za izvajanje ukrepov v prihodnje. Pri izvajanju elektroizlova s čolna se nahajamo višje nad vodno gladino, kar nam omogoča boljši pregled nad večjim območjem, ker ne brodimo po vodi, pa zaradi manjšega kaljenja vode lahko bolj temeljito izlovimo rake na nekem območju. Pri lovu z nahrbtnim agregatom posamezno vzorčenje predstavlja en obhod gramoznice, zaradi kaljenja vode po prvem vzorčenju običajno ne moremo narediti naslednjega obhoda tik za prvim, medtem ko pri vzorčenju s čolnom lahko naredimo več zaporednih obhodov. Na terenu smo opazili, da, ko električni tok vzdraži rake, ti po prvem električnem dražljaju pogosteje zapustijo svoje zavetje, zato lahko ob ustreznih razmerah po vrnitvi na določeno območje pri drugem zaporednem obhodu te rake naknadno ulovimo. Z nahrbtnim agregatom je to praktično nemogoče, saj dodatna teža agregata še pospešuje kaljenje predvsem na bolj muljasti podlagi. S čolnom pokrivamo tudi bolj globoke predele, v katerih je brodenje nemogoče in prenevarno. Pri metodi vzorčenja s čolna je tudi nekaj slabosti. Za izvedbo potrebujemo vsaj 4 osebe na čolnu, med tem ko pri vzorčenju z nahrbtnim agregatom potrebujemo le 2 osebi. Zahtevna je tudi logistika in priprava na teren (prevoz čolna in premik le tega v vodo, večji in težji stacionarni elektroagregat). V letu 2020 smo metodo



elektroizlova s čolna testno uporabili samo v Gramoznici 7. Ker se je izkazala za učinkovito, jo bomo v naslednjem letu skušali uporabiti na širšem območju na gramoznicah s primernim dostopom.

Vrše in lov z roko sta se izkazali za manj uspešni metodi, vendar je potrebno poudariti, da se je lov z roko izvajal predvsem za iskanje samic z jajčeci v zimskem in spomladanskem času. S to metodo smo najuspešnejši pri iskanju samic z jajčeci, ki jih z drugimi metodami redko oz. sploh ne ujamemo. Nekaj samic z jajčeci smo ujeli tudi v vrše. Vrše smo postavljali vsaj enkrat mesečno, občasno pa tudi pogostejše. Vzorčili smo z enako stopnjo napora, zato so ti podatki primerni za analizo sezonske aktivnosti in oceno velikosti populacije. Uspešnost ulova trnavca je večja na območjih z večjimi populacijski gostotami.

Preglednica 2: Primerjava metod glede na uspešnost in učinkovitost ulova.

Metoda	Št. vzorčenj	Št. osebkov	Skupno trajanje vzorčenja (h)	Št. vzorčevalcev	Št. ujetih osebkov v 1h na vzorčevalca
Vrša za rake	418	82	21	3	1,3
Lov z roko	57	120	21	1	5,8
Nahrbtni agregat	219	1337	85	2	7,9
Elektroizlov s čolnom	4	455	5	4	24,9
Praznjenje	1	78	5	9	1,7
Skupaj	699	2072			

Metode zaradi svoje raznolikosti težko primerjamo med seboj, zato smo v tem letu (2020) opravili analizo, s katero smo ugotavljali učinkovitost posamezne metode glede na čas, ki ga porabi vzorčevalec za samo vzorčenje (*Preglednica 2*).

Poudariti je potrebno, da smo pri metodi vrš upoštevali čas za postavitev in dvig vrš, ne pa tudi, koliko časa je posamezno vzorčenje potekalo (1 lovna noč). V primeru elektroizlova in lova z roko je upoštevan čas, ko je lov potekal. V nobenem primeru ni upoštevan čas, ki smo ga potrebovali za predpripravo, biometrijo ujetih osebkov in pospravljanje ter razkuževanje opreme.

Učinkovitost na vzorčevalca glede na napor (porabljen čas) je bila največja pri metodi elektroizlova s čolna. S to metodo je en vzorčevalec v eni uri ulovil 25 rakov. Za drugo najuspešnejšo metodo se je izkazal elektroizlov z nahrbtnim agregatom; s to metodo smo v eni uri ujeli 8 osebkov na vzorčevalca. Z metodo lova z roko smo ujeli 6 osebkov trnavca na osebo v eni uri vzorčenja. Metoda praznjenja gramoznice je poleg dolgotrajnega poteka vzorčenja zahtevala veliko vzorčevalcev in ostalih sodelujočih, zato se je izkazala za manj uspešno. V eni uri s to metodo ujamemo povprečno 2 osebka na vzorčevalca. Metoda je



zahtevala tudi precej priprav in predhodnega dela v pisarni, saj je bilo potrebno za tako akcijo pridobiti različna dovoljenja in uskladiti sam potek.

Metoda postavljanja vrš se je glede na ulov izkazala za najmanj učinkovito, saj smo v povprečju v eni uri na vzorčevalca ujeli le enega raka. Pri izračunu porabe časa smo upoštevali le čas postavitve in dviga vrš v posamezni gramoznici, a se je kljub temu uspešnost ulova na uro vzorčevalca izkazala za manj učinkovito. Sam prevoz med gramoznicami, priprava vab in vrš, čiščenje in razkuževanje opreme v izračun niso všteti; če bi dodatno upoštevali čas pred in po vzorčenju, bi se učinkovitost še zmanjšala (podobno kot pri ostalih metodah). Za eno vzorčenje z vršami smo porabili 2 terenska dneva. Redko smo lahko v tem času izvedli še vzorčenje s katero izmed ostalih metod, saj večinoma za to ni bilo časa, obenem pa smo tekom postavljanja in dvigovanja vrš skalili vodo do te mere, da je bila vidljivost slaba in neposredno po postavitvi vrš nismo mogli izvajati drugih metod. Raki so se v vrše učinkoviteje lovili v gramoznicah z večjo gostoto, izjema je že omenjena Gramoznica 4. Glede na vse navedeno menimo, da ima metoda postavljanja vrš majhen doprinos k eradikaciji trnavca, zato se bomo v naslednjih letih te metode posluževali le na manj dostopnih območjih, kot je npr. Gramoznica 3, in v globljih predelih ter v Gramoznici 4.

O manjšem uspehu te metode smo poročali že prejšnje leto (2019), vendar je bilo takrat preko celega leta postavljenih premalo vrš (13), da bi prišli do bolj relevantnih ugotovitev. Menimo, da je veliko bolj smiselno kot postavljanje vrš izpeljati dva terenska dneva elektroizlova, saj v enakem obdobju ulovimo bistveno več osebkov. Poleg tega se je elektroizlov izkazal za spolno in velikostno manj selektivno metodo. V vrše se namreč lovijo večji osebki, v primeru prisotnosti dominantnih samcev v vrši je manjša možnost dodatnega ulova manjših osebkov in samic. Podobno so z raziskavami potrdili tudi Stebbing in sodelavci (2012) ter Peay in Hiley (2001). Vseeno moramo upoštevati, da so vrše pomembna dodatna metodana na območjih, ki so nedostopna z drugimi metodami, predvsem na območju kalnih globljih predelov. Na uspeh ulova z vršami ima po vsej verjetnosti velik vpliv tudi prisotnost različnih virov hrane, ki jih trnavci s pridom izkoriščajo.

2.3.3. Uspešnost, število ujetih osebkov in razmerje med spoloma

Največ trnavcev (večinski delež – 98 %) je bilo ujetih v gramoznicah 1, 5 in 7. Delež ujetih osebkov v ostalih gramoznicah je znašal zgolj slaba 2 %. V letu 2020 smo v gramoznicah 1, 2, 4 in Zatoku v primerjavi z letom 2019 ulovili manjše število osebkov, kar nakazuje na manjšo populacijsko gostoto v teh gramoznicah v primerjavi z lanskim letom (2019). V gramoznicah 6 in 8 je bilo število ujetih osebkov v letu 2020 podobno kot v predhodnjem letu (2019). Pri interpretaciji rezultatov smo previdni, saj je letošnje leto zaznamovala epidemija (COVID 19), kar je vplivalo na število izvedenih nočnih terenov in pomoč zunanjih sodelavcev. Proti koncu sezone je prišlo zaradi velikih pretokov Drave do intenzivnega



ruvanja dreves. Zaradi podrtih dreves je območje postalo zelo nevarno in nedostopno za vzorčevalce, kar nam bo predstavljalo velik izziv za vzorčenja tudi v naslednji sezoni.

Izjemi po številu ujetih osebkov v primerjavi z letom 2019 sta Gramoznici 5 in 7, kjer smo v letošnjem letu (2020) kljub manjšem številu nočnih terenov ujeli podobno ali celo večje število osebkov kot prejšnje leto. Pričakovano smo ulovili tudi večji delež samcev, saj jih po ulovu označimo in izpustimo nazaj. K boljšem ulovu je doprinesla tudi uporaba novih metod, to je praznjenja Gramoznice 5 in elektroizlova s čolna v Gramoznici 7. V preteklih letih, po pričetku izvajanja ukrepov v letu 2017, je bilo trnavcev v Gramoznici 7 zelo malo; ulovili smo nekaj večjih osebkov. V naslednjih letih je populacijska gostota pričela strmo naraščati, kar je verjetno rezultat hitre eksponentne faze rasti populacije, ki je značilna za tujerodne invazivne vrste po začetni fazi prilagajanja na novo okolje. Gramoznica 7 je velika gramoznica z zelo ugodnim habitatom, saj je v njej veliko skrivališč in makrofitov. Poleg tega je v tej gramoznici tudi nekoliko višja povprečna temperatura vode, kot v ostalih gramoznicah. Vsi ti dejavniki lahko vplivajo na velikost populacije. V omenjeni gramoznici smo uporabili za nas novo metodo elektroizlova s čolnom, ki se je izkazala za zelo uspešno. Na račun boljše učinkovitosti smo ulovili večje število rakov kot s predhodno uporabljenimi metodami.

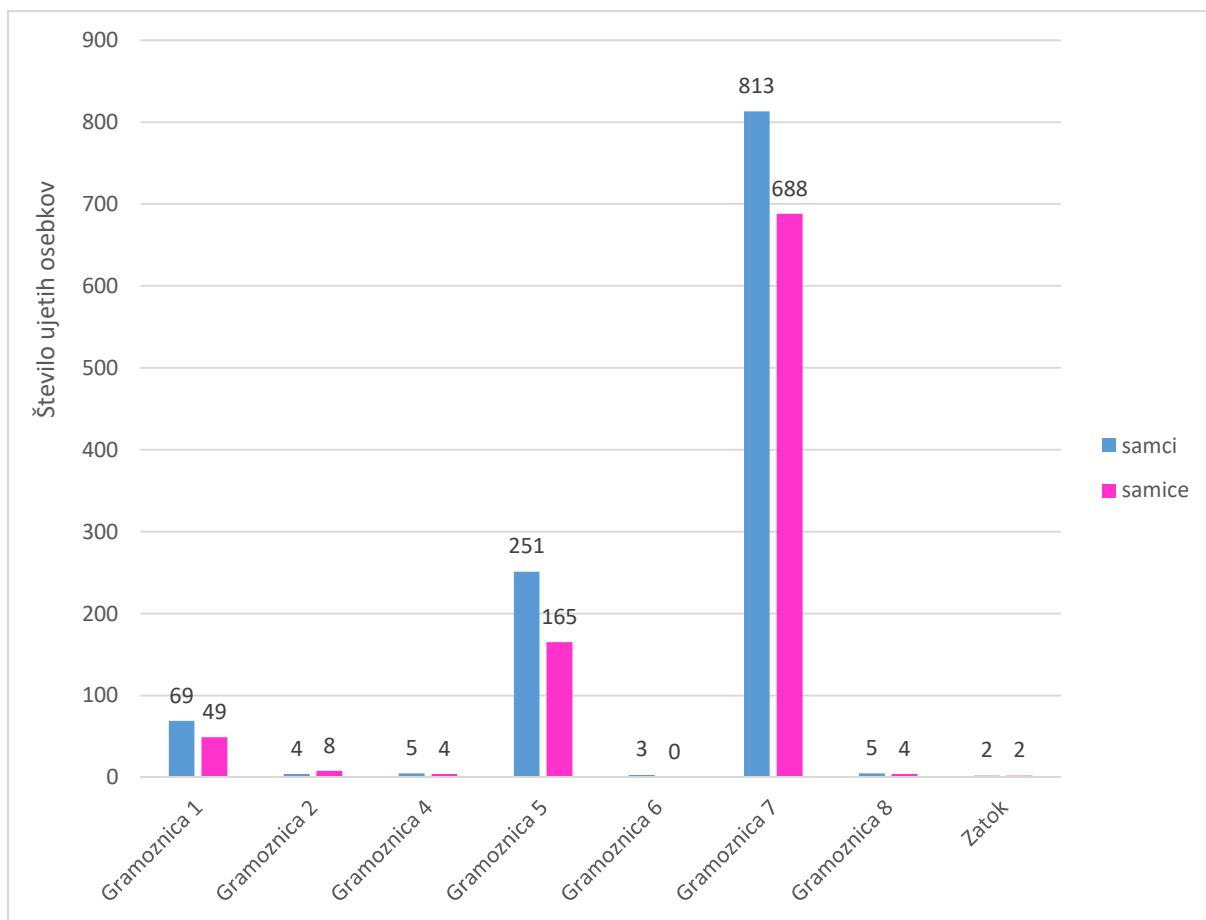
Letos smo pričeli z vzorčenjem že zelo zgodaj, in sicer februarja. Na začetku leta smo stanje preverjali z ročnim lovom, v okviru katerega smo obračali kamne, pregledovali zidake in preiskovali račine. V aprilu, ko se je aktivnost rakov povečala, smo pričeli z nastavljanjem vrš, maja pa še z intenzivnim elektroizolovom z nahrbtnimi agregati. V aprilu smo potrdili pojav samic z jajčeci; skupaj smo jih v celem letu ujeli 27. Konec maja je velika večina samic na zadku že nosila male razvite rakce. Za najbolj uspešno metodo lova samic z jajčeci se je izkazal lov z roko. Od 27 ujetih samic z jajčeci smo 24 samicam prešteli število jajčec oz. embrijev na zadku. Z izlovom 24 samic z jajčeci smo tako eliminirali kar 2728 trnavcev, ki pa zaradi primerljivosti med leti niso všteti v skupno število ujetih osebkov. Število ujetih samic z zarodom ima velik pomen pri eradikaciji vrste.



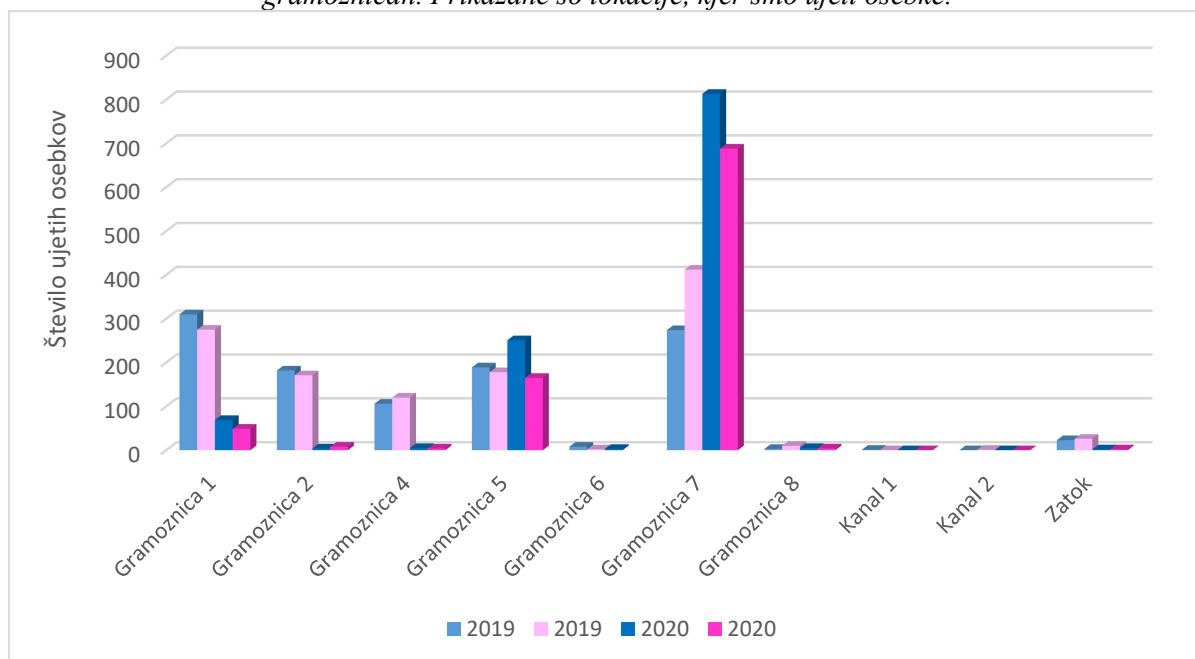
Slika 9: Samici trnavca (*F. limosus*) z jajčeci na zadku v različnem razvojnem stadiju.

V letu 2020 smo od februarja do konca novembra v vseh gramoznicah skupaj ujeli 2072 osebkov, kar znaša 281 osebkov manj kot v letu 2019. Od vseh osebkov je bilo 920 samic (44,4 %) in 1152 samcev (55,6 %). Podatki kažejo na zmanjšanje deleža samic v populaciji v primerjavi s prejšnjim letom. Zmanjšanje deleža samic je pozitivno, saj je ravno to naš dolgoročni cilj. Samice, ki smo jih ujeli, smo odstranjevali, odrasle samce pa označili in spustili nazaj. S takšnim načinom ravnanja z ujetimi trnavci smo vplivali na spolno strukturo in prevesili razmerje med spoloma v prid samcev. Tudi rezultati spolne strukture trnavca v posameznih gramoznicah kažejo na večji delež samcev v populaciji; izjema je le Gramoznica 2. V Gramoznicah 2, 4, 6, 8 in v Zatonu je bil vzorec ujetih trnavcev tako majhen, da težko podajamo kakršnekoli ugotovitve v zvezi z razmerjem med spoloma.

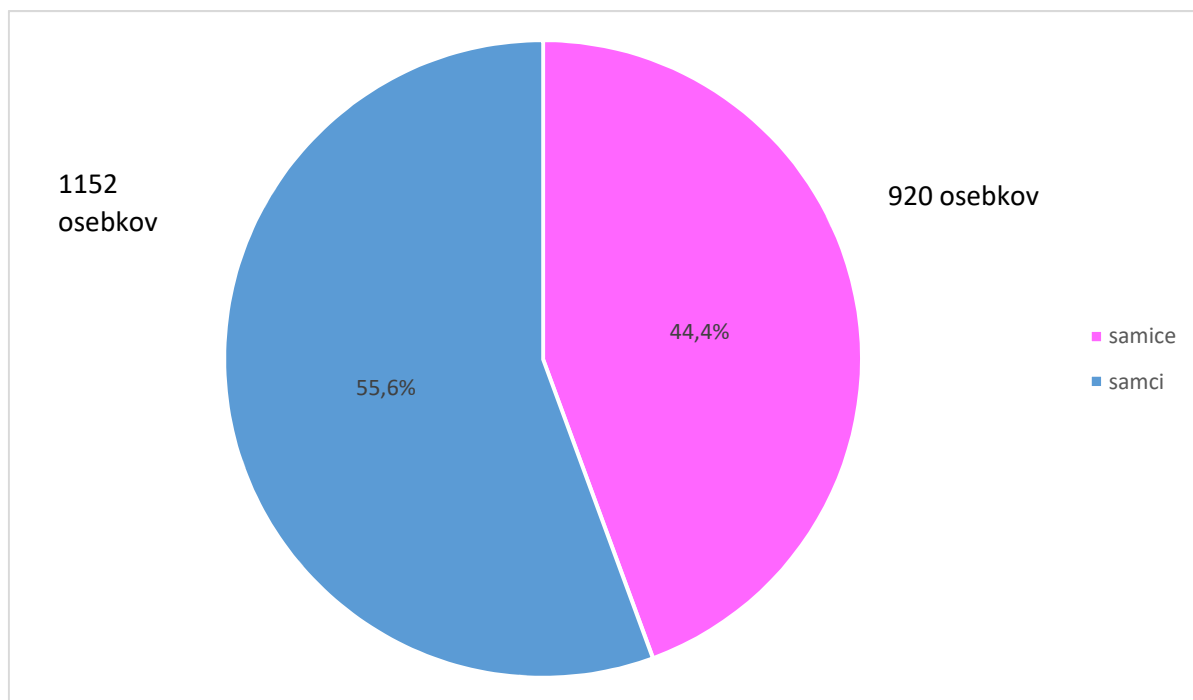
Delež ujetih osebkov v Gramoznici 7 je predstavljal kar 75 % vseh ujetih osebkov, kar kaže, da je na tem območju gostota trnavca velika; od tu se lahko posamezni osebki potencialno ob visokih vodah širijo v preostale gramoznice. Osebki, ujeti v Gramoznici 5, so predstavljali 20 % delež vseh ujetih osebkov. V preostalih gramoznicah je bil delež ujetih osebkov mnogo manjši kot v preteklih letih. Pri izračunu deleža samcev in samic smo upoštevali tudi ponovno ujete samce. V primeru, da ponovno ujetih samcev ne upoštevamo, delež samic predstavlja 46 %, delež samcev pa 54 %.



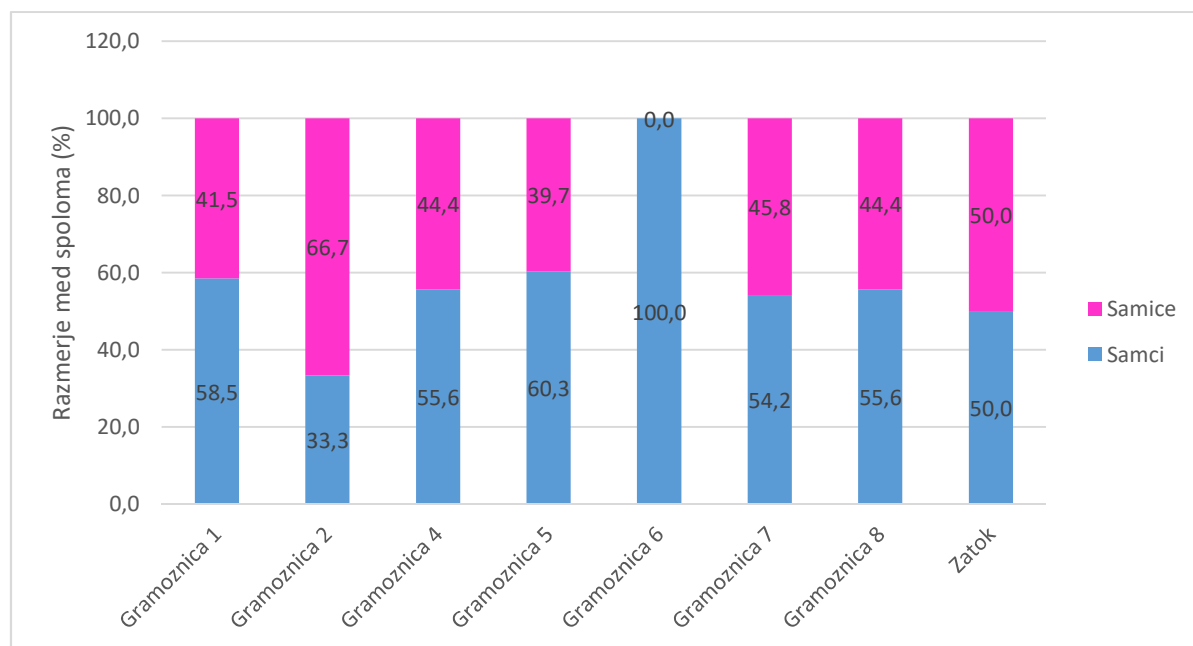
Slika 10: Prikaz števila samcev in samic trnavca (*F. limosus*), ujetih v letu 2020 v posameznih gramoznicah. Prikazane so lokacije, kjer smo ujeli osebkke.



Slika 11: Prikaz števila ujetih samcev in samic trnavca (*F. limosus*) v obeh letih poteka eradikacije v okviru LIFE IP projekta v posameznih gramoznicah.



Slika 12: Razmerje med spoloma - delež ujetih osebkov trnavca na celotnem območju eradikacije v letu 2020.



Slika 13: Razmerje med spoloma (delež) v populaciji trnavca (*F. limosus*) v posameznih gramoznicah v letu 2020.

Ujetim osebkom trnavca smo po vzorčenju izmerili dolžino glavoprsja z rostrumom (mm), maso (g), ter jim določili spol. Popisali smo poškodbe in morebitno fazo levitve. Odrasle samce, katerih CLR je meril preko 23 mm, smo označili z vodoodpornim pisalom (marker Edding 850) in jih vrnili v gramoznico, iz katere smo jih izlovili. Vse samice smo odstranili. Za vračanje samcev smo se odločili z namenom povečanja kompeticijskega pritiska in stopnje kanibalizma, ki je značilen za rake v populacijah z veliko gostoto (Gherardi in sod., 2011;



Burič in sod., 2013). S tem nam odrasli samci, predvsem dominantnejši, pomagajo pri kontroli populacije. Obenem je za trnavca značilno, da imajo samice sposobnost fakultativne partenogeneze (Burič in sod., 2011; Burič in sod., 2013). V letošnjem letu (2020) smo v okviru vzorčenj ujeli osebkke z dolžino glavoprsja z rostrumom od 6,09 mm in 54,45 mm (pri tem niso upoštevani najmanjši osebki, ki so bili še pritrjeni na samice).

2.3.4. Število ponovno ujetih osebkov

V letu 2020 smo skupno označili 815 samcev, od tega smo jih ponovno ulovili 69 (*Preglednica 3*). Uspešnost ponovno ujetih osebkov je manjša v primerjavi z lanskim letom predvsem na račun manj opravljenih nočnih terenov, saj se je leta 2019 pogosto dogajalo, da smo osebek, označen pri dnevnem vzorčenju, ponovno ujeli pri nočnem. Število ponovno ujetih osebkov v posameznih gramoznicah je seveda sorazmerno s številom osebkov, ki smo jih označili. Tako smo največ osebkov ponovno ujeli v Gramoznici 7, t.j. 39 osebkov, od tega 36 osebkov enkrat, 3 osebkke pa dvakrat. V Gramoznici 5 je bilo 29 ponovnih ujetij, od tega smo 23 osebkov ponovno ujeli enkrat, 4 osebkke dvakrat in 2 osebkka trikrat. V Gramoznici 8 smo ponovno ujeli enega trnavca. V Gramoznici 6 smo isti osebek ujeli 3-krat. Zanimiv podatek je, da smo v aprilu 2020 v Gramoznici 6 oz. v zatonu pred to gramoznico ujeli trnavca, označenega in ponovno ujetega v lanskem letu (dne 26. 9. 2019 in 27. 9. 2019) v Gramoznici 4. Istega trnavca smo v maju ujeli še dvakrat, potem pa ne več. Samec je bil pri prvi najdbi v letošnjem letu poškodovan, brez ene škarje, ko je bil drugič ujet, pa je bil že brez obeh škarij in dela hodilk. Med posameznimi ulovi je bilo na tem območju več visokih vod, ki bi lahko bile razlog za opisane poškodbe. Prav tako smo tudi v Gramoznici 7 aprila ujeli dva osebkka, ki sta bila označena v avgustu in septembru leta 2019 (dne 13. 8. 2019 in 10. 9. 2019), kar kaže na dobro obstojnost oznak z markerjem. V vseh treh primerih smo osebek označili pred obdobjem parjenja, kar pomeni, da so raki že prešli v obliko FI- spolno aktivno obliko (Kozak, 2015), ki jo raki obdržijo do pomladanskega časa, ko pride do ponovne levitve. V Gramoznici 4 smo v letu 2020 ponovno ujeli dva osebkka, ki smo ju označili tekom praznjenja Gramoznice 5. Do ponovnega ulova je prišlo po praznjenju Ptujskega jezera. V primeru, ko se pretok preko jezua Markovci poveča nad 300 m³/s, so vse gramoznice med seboj povezane, kar rakom omogoča prehajanje med gramoznicami. V nasprotnem primeru je pri rakihi zaradi pogostosti levitev, sploh pri manjših osebkkih, uporaba neinvazivne metode označevanja kratkotrajna, saj se oznake z levitvijo ne obdržijo. Juvenilni osebki severnoameriških vrst se v prvem letu, preden dosežejo spolno zrelost, levijo 9-11 krat. Ob nastopu spolne zrelosti se proces rasti upočasni in s tem se zmanjša tudi pogostost levitev. Za trnavca velja, da se spolno zreli osebki lahko levijo 2 - 3x letno (Kozak in sod., 2015; Buřič in sod., 2010; Pieplow, 1938).

Preglednica 3: Število ujetih in ponovno ujetih samcev trnavca (F. limosus) v posameznih gramoznicah.



Lokacija	Število označenih samcev	Skupno število ponovno ujetih	Ponovno ujeti (enkrat)	Ponovno ujeti (dvakrat)	Ponovno ujeti (trikrat)
Gramoznica 1	52	0	0	0	0
Gramoznica 2	4	0	0	0	0
Gramoznica 4	1	2 (iz Gr. 5)	2	0	0
Gramoznica 5	166	29	23	4	2
Gramoznica 6	0	3	0	0	3
Gramoznica 7	588	39	36	3	0
Gramoznica 8	3	1	1		
Zatok	1	0	0	0	0
Skupaj	815	72	62	7	5



Slika 14: Označen in izpuščen samec raka trnavca.

2.3.5. Praznjenje Gramoznice 5

V Gramoznici 5 smo se v septembru lotili pilotnega praznjenja gramoznice s prečrpavanjem vode, pri čemer smo ulovili 78 osebkov trnavca. Poudariti moramo, da je kljub večji uspešnosti ulova samo praznjenje zahtevalo veliko predpriprave in prisotnost večjega števila ljudi. Odlovna ekipa ZZRS je štela 9 članov. Pomagali so nam tudi predstavniki PGD Nova vas pri Markovcih, RD Ptuj ter predstavniki ZRSVN. Z občutnim znižanjem vodostaja gramoznice smo imeli dostop do globin, ki so nam bile prej nedostopne. Zaradi stalnega pritoka sveže podtalne vode je bilo praznjenje oteženo in dolgotrajno. Kmalu so gasilci ugotovili, da samo ena črpalka ne zadošča, zato so vključili še dodatno črpalko, da so dosegli maksimalno črpalno moč (2280 l/min). Kljub temu gramoznice zaradi konstantnega dotekanja podtalnice ni uspelo povsem izprazniti.



Poleg odstranitve tujerodnih vrst smo deloma spremenili tudi njihov habitat. Večje skale, ki so se z leti skotalile z nasipa v gramoznico, smo ponovno prestavili na brežine. Na ta način smo zmanjšali število skrivališč trnavca in pritrdišč trikotničarke. Odstranili smo tudi ostale kovinske predmete (odpadki), ki so bili prerasli s trikotničarkami. Podtalna voda, ki je po praznjenju ponovno napolnila gramoznico, je bila hladnejša in mnogo bolj bistra. S praznjenjem in ponovnim polnjenjem smo kratkoročno vplivali na večjo izpostavljenost osebkov trnavca plenilskim ribam, ki jih plenijo na podlagi vidnega zaznavanja, z zmanjšanjem števila skrivališč pa je izpostavljenost trnavca plenilcem dolgoročna. Pred izvedbo praznjenja smo pričakovali nekoliko večje število trnavcev, kot smo jih dejansko ujeli. Pregled območja nam je delno oviralo kaljenje vode. Nekatere trnavce smo ujeli z obračanjem kamenja, osebkki ki so se potencialno zarili globoko v substrat in v odprtine v kamnometu na severnem delu gramoznice so nam ostali nedostopni. Reže so bile pregloboke in preozke, da bi lahko vanje segli z roko. Predvidevamo, da smo večino rakov iz Gramoznice 5 odstranili z opisanimi metodami, ostale rake, ki so se umikali skupaj z gladino vode pa smo skušali eradicirati z uporabo električne bariere.

Tekom praznjenja Gramoznice 5 smo ulovili 78 osebkov trnavca, odstranili 263 školjk trikotničark (*Dreissena polymorpha*), 83 sončnih ostrižev (*Lepomis gibbosus*), eno ozimico (*Coregonus* sp.) in tri psevdorazbore (*Pseudorasbora parva*), zabeležili pa smo tudi tujerodno vrsto školjke azijsko sladkovodno bisernico (*Corbicula fluminea*).

Preglednica 4: seznam tujerodnih vrst in število odstranjenih osebkov iz gramoznice 5.

Tujerodna vrsta	Število odstranjenih osebkov
Trnavec	78
Potujoča trikotničarka	263
Sončni ostriž	83
Ozimica	1
Psevdorazbora	3
Sladkovodna bisernica	1

2.3.5.1. Azijska sladkovodna bisernica (*Corbicula fluminea*, Müller 1774)

Sladkovodna ali azijska bisernica je manjša sladkovodna školjka iz družine *Cyrenidae*, ki zraste do 30 mm in izvira iz vzhodne Azije. Gre za kratkoživo školjko, ki hitro doseže spolno zrelost in ima visoko plodnost. Posamezna školjka lahko proizvede do 68.000 jajčec na leto. Ličinke so majhne in merijo okoli 200 mikronov, med tem ko lahko odrasli osebki zrastejo tudi do 5 cm (McMahon in sod., 1999). Azijska sladkovodna bisernica se hitro širi z vodnim tokom, podobno kot školjke trikotničarke. Ta invazivna tujerodna vrsta se širi tako po Ameriki kot Evropi. Po obliki azijska bisernica nekoliko spominja na morsko ladinko (*Venus verrucosa*), ki je sicer nekoliko drugače obarvana in ima nazobčene grebene. Pri azijski bisernici je razmerje med širino in višino v povprečju 1.1; v prerezu je bolj sploščene,



kapljičaste oblike. Zanj je značilnih 7-14 grebenov oz. reber na centimeter (Bouchet, 2015). Najpogosteje jo lahko zamenjamo s še eno tujerodno vrsto, in sicer s školjko *Corbicula fluminalis*, ki je bila že potrjena v Italiji in na Madžarskem (CABI, 2020). Za razliko od azijske bisernice je ta bolj okrogla do srčasta in ima od 13 do 28 grebenov na centimeter (Bouchet, 2015).



Slika 15: Azijska sladkovodna bisernica (*C. fluminea*) najdena v Gramoznici 5 ob Dravi (levo – sprednja stran, desno – zadnja stran).

V Sloveniji je bila azijska bisernica prvič zabeležena leta 2018 v reki Dravi na območju med Ormožem in Središčem ob Dravi, kjer je bilo najdenih 61 osebkov vrste (Govedič in Govedič, 2018). Na Hrvaškem je bila prva najdba zabeležena v reki Donavi leta 2001, od koder se vrsta širi po Savi in Dravi navzgor (Lajtner in sod., 2016). Azijska bisernica poseljuje že celotno reko Dravo na Hrvaškem. Prve najdbe v Srbiji segajo v leto 1998, ko je bilo najdenih nekaj praznih lupin (Paunović in sod., 2007). Vrsta se hitro širi po toku reke Drave navzgor s Hrvaške. Ker smo jo našli tik pod Ptujskim jezerom, obstaja verjetnost, da je že prisotna tudi gorvodno od jezu.

Glavni vir prenosa z območja njene naravne razširjenosti naj bi bile balastne vode tovornih ladij. Školjka ima izven svojega naravnega območja razširjenosti v primeru velike gostote negativen vpliv na bentoške združbe, povzroči lahko celo upad biomase fitoplanktona za 70 % (Majdi in sod., 2014). Ugotovljeno je bilo, da lahko školjke vplivajo tudi na upad raztopljenega kisika v vodi. Zaradi zamašenih vodovodnih sistemov, toplotnih izmenjevalcev in drugih infrastrukturnih objektov po svetu povzroča velike ekonomske izgube. Ekološko *C. fluminea* prispeva k upadanju in nadomeščanju zelo ranljivih že ogroženih avtohtonih vrst školjk (Majdi in sod., 2014). Za preprečevanje njenega širjenja je potrebno vso opremo, ki se uporablja za različne rekreacijske dejavnosti, gradbene stroje itd., še posebno vpojne materiale, razkužiti ali izpostaviti visokim temperaturam oz. temeljito posušiti.

Školjko nam je na podlagi slikovnega materiala določila izv. prof. dr. sc. Jasna Lajtner z oddelka za zoologijo Prirodoslovno matematične fakultete Univerze v Zagrebu.

2.3.5.2. *Ozimica (Coregonus spp.)*



Ozimica je jatna vrsta ribe, ki zraste od 30 do 50 cm; največje ozimice lahko merijo tudi do 76 cm. Ozimica ima izrazito podstojna usta ter tolščenko (*Slika 16*). Vrsta poseljuje hladna predalpska jezera, počasi tekoče reke in zaježitve. Drsti se med novembrom in januarjem, ponoči v odprti vodi na peščenem ali prodnatem dnu, preraslim z rastlinjem (Povž in sod., 2015). Ozimica poseljuje švicarska in francoska jezera, porečje Rena in predalpske vodotoke, prisotna je tudi v Skandinaviji ter Angliji. Razselili so jo v številne vodotoke izven njenega domorodnega okolja po vsej Evropi. Evropski kompleks ozimic *Coregonus* spp. predstavlja eno najrazličnejših skupin salmonidov z izjemno morfološko in genetsko diferenciacijo na celotnem območju. Ozimica je polimorfna vrsta, pri kateri se različne morfe pogosto prepozna po razlikah v številu škržnih rež. Škržne reže lahko imajo pomembno vlogo pri zadrževanju delcev hrane, zlasti zaradi hranjenja z zooplanktonom, zato so lahko dober morfološki določevalni znak (Ostaszewska in sod., 2018).



Slika 16: Ozimica, ulovljena v gramoznici 5 tekom praznjenja.

V Sloveniji so občasno ujeli odrasle osebke ozimice, ki naj bi k nam prišle kot posledica plavljenja iz Avstrije (Povž in sod., 2015). Po pričevanju avstrijskih ihtiologov je ena izmed vrst ozimic (*Coregonus lavaretus*) v Avstriji domorodna. Gre za kompleks vrst, ki se med seboj genetsko in morfološko razlikujejo. Glede na mitohondrijsko DNA je Ostbye s sod. (2005) določil, da se v Evropi nahajajo trije glavni kladi, in sicer severnoevropski klad (Od Rusije do Danske), sibirski klad (od Arktičnega morja do južne Norveške) in južnoevropski klad (od Danske do evropskih alp) (Crotti in sod., 2020). V Avstriji so ozimice prisotne v jezerih reke Inn, Drave, Traun in Salzah. Vsa ta jezera ležijo v donavskem povodju in



predstavljajo mejni areal naravne razširjenosti vrste *Coregonus laveranti*. Za namene akvakulture in ribolova so v določena jezera vlagali ozimice iz baltskega klada, ki jo v Avstriji imenujejo *Coregonus marane*. Avstrijska jezera, ki so povezana z Dravo in v katera so se vlagale tujerodne ozimice, sta Milstattersee in Wurthersee (Winkler in sod., 2010). Taksonomija osebkov ujetih v Sloveniji še ni bila preučena (Povž in sod., 2015). Iz prej navedenih podatkov lahko sklepamo, da je k nam prišla v Avstriji domorodna populacija, vložena baltska populacija ali pa hibrid med tema populacijama oz. vrstama. Za natančno določitev vrste bi bilo v prihodnosti potrebno narediti genetske analize.

Obstoj populacije z različnimi starostnimi kategorijami do leta 2015 po naših podatkih v Sloveniji še ni bil evidentiran (Povž in sod., 2015). V Gramoznici 5 smo v letu 2020 ujeli odrasli osebek ozimice (*Coregonus* sp). Istega leta jeseni je ZZRS tekom vzorčenja z mrežami v Ptujskem jezeru ujel tudi več manjših osebkov ozimice, kar nakazuje na možnost uspešne drsti v Ptujskem jezeru.

2.3.6. Ozaveščanje

V okviru akcije praznjenja Gramoznice 5 je Zavod Štirna, ki vodi komunikacijo v okviru Life IP projekta, z našo pomočjo oblikoval interpretativno gradivo za komunikacijo z javnostjo, naslovljeno »Rak trnavec v Sloveniji: še imamo čas, da preprečimo njegovo širjenje.« Novica dogodka je bila objavljena tudi na uradni strani Natura2000.si in na Facebook profilu ZZRS, kamor je bil vključen še krajši posnetek poteka praznjenja. Ozaveščanje širše javnosti, predvsem naključnih mimoidočih, smo izvajali tudi tekom samih vzorčenj. Okoliški sprehajalci in tudi ribiči so pokazali zanimanje za naše delo, tekom pogovora smo predstavili tudi samo problematiko tujerodnih in invazivnih vrst. Dogodka praznjenja gramoznice se je udeležila tudi novinarka lokalnega časopisa Štajerski tednik, ki je o dogodku objavila članek (dan izdaje 6. 11. 2020, str. 18). Sodelovali smo tudi pri objavi v Nedeljskih Novicah z naslovom Invazivni raki in školjke izpodrivajo domače vrste v rubriki Na preži (dan izdaje 7. 1. 2021, str. 33).

2.3.7. Praznjenje Ptujskega jezera

V začetku novembra smo bili priča praznjenju Ptujskega jezera, ki se nahaja gorvodno od preučevanih gramoznic. Prvotno je bilo praznjenje načrtovano že nekoliko prej, vendar zaradi dežja in visokih vod v septembru in oktobru to ni bilo mogoče. Prav takšne vremenske razmere so nam pogosto onemogočale učinkovito izvajanje ukrepov, saj je voda prestopila bregove reke Drave in omejila dostop do gramoznic. V mesecu oktobru zaradi visokega vodostaja, težke dostopnosti, kalnosti in nevarnega terena nismo mogli izvajati učinkovitih ukrepov. Ob visokem vodostaju smo opazili, da so vse gramoznice med seboj povezane in da je prehod posameznih osebkov med gramoznicami verjetno posledica odnašanja oz. premikanja po vodi.



Izpraznjeno Ptujsko jezero smo podrobneje pregledali. Med iskanjem potočnih rakov trnavca v jezeru nismo našli, ujeli in odstranili pa smo 5 osebkov signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*).

2.4. Zaključki in sklepi

V letošnjem letu smo prisotnost trnavca potrdili na približno enakem območju kot lansko leto. Na predelu gramoznic dolvodno od Gramoznice 8 letos nismo ulovili nobenega raka. Na tem območju je zaradi nizkih populacijskih gostot ulov nekoliko odvisen od naključja. Sama podlaga na tem območju je nekoliko bolj trdna, z manjšimi prodniki, ki ne predstavljajo najboljših skrivališč. V letošnjem letu smo v gramoznici 6 na območju blizu gramoznice 8 opazili tudi severnoameriško želvo iz rodu *Trachemys*. Vsi osebki trnavca, ki smo jih ujeli in pripisali Gramoznici 6, so se nahajali v zatonu pred gramoznico. Populacijska gostota trnavca je največja v Gramoznici 7, sledi ji Gramoznica 5. Zaradi velikih gostot in možnosti prehajanja na območja z nižjimi gostotami smo se prioriteto osredotočili na zmanjševanje številčnosti v teh dveh gramoznicah.

Sklepi:

1. V letu 2020 smo izvajali ukrepe eradikacije populacije invazivnega sladkovodnega raka trnavca na edini do sedaj znani lokaciji za to vrsto v Sloveniji. Samice smo aktivno odstranjevali, medtem ko smo označene spolno zrele samce vračali na mesta ulova.
2. Na območju razširjenosti smo s kombinacijo metod skupaj ujeli 2072 osebkov, kar je 281 osebkov manj kot leta 2019, ko smo jih ujeli 2353. Leta 2020 smo ujeli 920 samic in 1152 samcev.
3. Pri pregledu območja smo potrdili prisotnost vrste samo znotraj območja gramoznic. Izven znanega območja trnavcev nismo zasledili. Ocenjujemo, da so posamezni osebki preko Zatoka in Kanala 2 potencialno lahko prešli v reko Dravo, predvsem pri najvišjih pretokih. Trnavca v vodnih telesih dolvodno od Gramoznice 8 v letu 2020 nismo potrdili.
4. V Gramoznicah 1, 2, 4, 6, 8 in v Zatonu smo v primerjavi z lanskim letom ujeli manjše število rakov, kar kaže na napredek v zmanjševanju populacije. Obratno pa se je izkazalo za Gramoznici 5 in 7, kjer smo številčno ujeli več rakov kot v prejšnjem letu. Že v letu 2019 smo ocenili, da se tu nahaja največji del populacije trnavca, zato smo ti dve gramoznici v letu 2020 izlavliali najbolj intenzivno in obenem tukaj preizkusili tudi novi metodi odstranjevanja.
5. V primerjavi z letom 2019 se je opazno zmanjšal delež samic v populaciji. Lani so samice predstavljale 50,8% ujetih osebkov, letos pa 44,4%.



6. V letu 2020 smo preizkusili dve novi metodi za eradikacijo trnavca. Obe sta bili uspešni, pri čemer se je dobro obnesel predvsem elektroizlov s čolnom, ki se ga bomo posluževali tudi v prihodnje, saj smo s 4 vzorčnji ujeli 455 osebkov. Ta metoda se tudi sicer je izkazala za najuspešnejšo. O uspešnosti izvedene metode praznjenja gramoznice bomo pridobili več podatkov v prihodnjem letu.
7. Poleg nove metode elektroizlova s čolnom je med učinkovitejšimi tudi metoda elektroizlova z nahrbtnim agregatom. Vrše so se izkazale za manj učinkovito metodo pri sami eradikaciji. Metoda ročnega lova se je izkazala za učinkovito za iskanje samic z jajčeci ali za iskanje juvenilnih osebkov v pomladnih mesecih.
8. Kljub temu, da sta se metodi elektroizlova izkazali za najučinkovitejši metodi eradikacije, menimo, da je zaradi specifičnih prednosti smiselna tudi kombinacija uporabe na prvi pogled manj učinkovitih metod odstranjevanja trnavca.
9. Na območju gramoznic smo poleg trnavca potrdili prisotnost še drugih invazivnih vrst, kot so sončni ostriž, psevdorazbora, želva iz rodu *Trachemys*, školjka trikotničarka in azijska sladkovodna bisernica. Potrdili smo tudi tujerodno ribjo vrsto ozimico.



3. MONITORING IN ODSTRANJEVANJE OZKOŠKARJEVCA (*Pontastacus leptodactylus*, Eschscholtz 1823) V LETU 2020

3.1. Biologija in razširjenost ozkoškarjevca

V okviru projekta »Ujemite naravo« je bil ozkoškarjevec leta 2017 odkrit v Laškem. Prisotnost vrste so potrdili v nekdanji mrtvici Savinje, ki je danes preoblikovana v ribolovni ribnik Lava (Govedič in Miličič, 2018). Gre za velikega raka, ki običajno meri 15 cm, posamezniki pa dosegajo tudi 30 cm. Ozkoškarjevec je dolgoživ, saj doseže starost 10 let. Odporen je na temperaturne spremembe vodnega okolja, nizko koncentracijo kisika in organska onesnažila. Poseljuje tako sladke kot tudi brakične vode; jezera, potoke, estuarje, lagune in ribnike, najdemo pa ga tudi v kalnih vodah (Holdich in sod., 2006).



Slika 17: Samica (levo) in samec (desno) vrste ozkoškarjevec (*Pontastacus leptodactylus*) iz ribnika Lava.

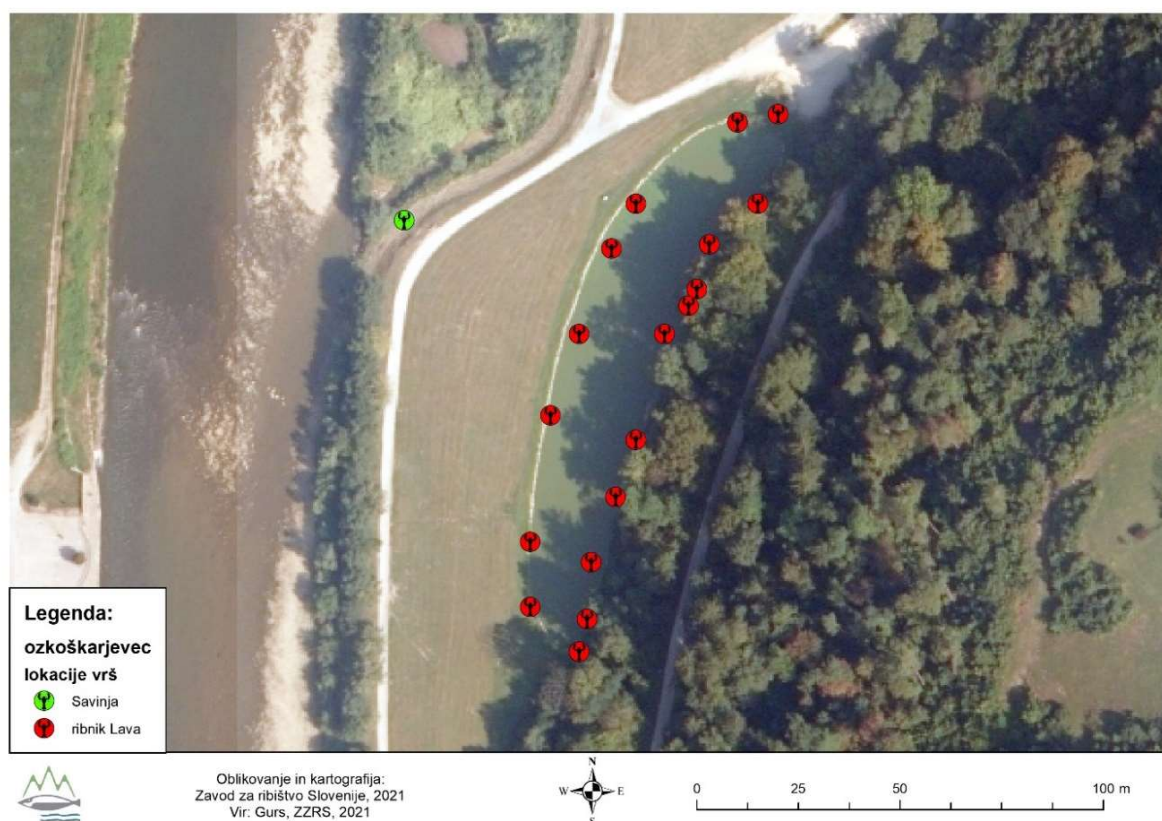
Ozkoškarjevec izvira iz vzhodnega dela Evrope in Bližnjega vzhoda. Zahodno mejo njegove razširjenosti določa reka Donava (Holdich in sod. 2006). Slovenija se nahaja tik ob meji njegovega areala. Sloveniji najbližje območje naravne razširjenosti ozkoškarjevca je na Hrvaškem, in sicer v rekah Kolpi in Savi. Zaradi širjenja svojega areala ga lahko po naravni poti teoretično pričakujemo v prihodnosti tudi v slovenskem delu omenjenih rek. V tem primeru ozkoškarjencu ne moremo dodeliti statusa tujerodne vrste. Z novejšimi dognanji je bilo odkritih več filogeografskih entitet ozkoškarjevca, ki bi lahko bile hipotetično kriptične vrste (Govedič in Vrezec, 2018). Govorimo lahko o kompleksu vrst, za razrešitev te sistematske uganke pa bi bile potrebne dodatne genetske raziskave. Prav te razlike med različnimi populacijami predstavljajo dodatno nevarnost pri prenosu ozkoškarjevca na nova območja (potencialno druga kriptična vrsta), saj lahko privedejo do genetskega onesnaženja avtohtonih populacij. Po nekaterih podatkih naj bi prihajalo tudi do hibridizacije med



jelševcem (*Astacus astacus*) in ozkoškarjencem, kar predstavlja dodatno grožnjo že tako prizadetemu jelševcu. Ozkoškarjavec je ponekod v tujini lovna vrsta, zato je bil v preteklosti prosto dostopen na trgu. Tudi v Sloveniji so se prodajali živi osebki iz Turčije, Armenije in jezer Donave. Znan je namerni izpust rakov iz trgovskega centra v reko Savinjo leta 2017. K sreči se do sedaj še niso našli živi osebki, ki bi nakazovali uspešno razmnoževanje in vzpostavitev viabilne populacije. Predvidevamo, da je prišlo do podobnega dogodka tudi v ribniku Lava, zato ozkoškarjencu pripisujemo status tujerodne vrste. Kljub omejitvam prodaje te vrste v Sloveniji verjetno še vedno poteka transport živih osebkov preko države, saj so februarja 2019 delavci FURS-a zasegli 68 ozkoškarjevcev v posodi med oblačili ukrajinskega voznika (Mrzelj in sod., 2019).

3.1.1. Monitoring razširjenosti vrste

V letu 2019 je ZZRS opravili terenski pregled reke Savinje z namenom ugotavljanja prisotnosti ozkoškarjevca. Z vsemi izvedenimi terenskimi pristopi, kot sta obračanje kamnov in lovom z vršami, te vrste na območju evidentiranega izpusta v reko Savinjo iz leta 2017 nismo potrdili. Prisotnost vrste smo potrdili v ribniku Lava, kjer smo izvedli tudi oceno populacijskih gostot. V letošnjem letu (2020) smo raziskavo ponovili; izsledki so predstavljeni v nadaljevanju.



Slika 18: Prikaz postavitve vrš v ribniku Lava pri Laškem ter v reki Savinji v letu 2020.



3.2. Metode vzorčenja ozkoškarjevca

Monitoring in eradikacijo ozkoškarjevca v ribniku Lava smo izvajali v oktobru leta 2020. Pri terenskem delu smo uporabili metodo lova z vršami.

3.2.1. Vzorčenje z vršami

V ribniku Lava smo postavili enako število in isti tip vrš na ista mesta kot pri vzorčenju leta 2019. Za vabo smo uporabili ribje brikete (BioMar, World class fish feed) in mrtve ribe. Vrše smo v vodi pustili eno lovno noč in jih naslednji dan pobrali. Eno vzorčenje je v tem primeru predstavljala ena vrša. Zabeležili smo datum, čas postavitve in pobiranja vrš ter GPS koordinate lokacije, kamor smo vršo postavili. Ujetim osebkom smo določili spol, jih izmerili in stehtali. Ujete samice smo humano usmrtili, samce pa po začasni kastraciji in označitvi vrnili v ribnik. Celoten protokol, ki smo ga izvedli pred izpustom samcev, je bil enak kot leta 2019.

3.2.2. Metoda ocene populacije

Velikost populacije je eden od najpomembnejših populacijskih parametrov v ekologiji. Ta informacija je ključna za upravljanje z vrsto, v primeru zavarovane vrste pa pomembna tudi za njeno zaščito. V idealnih razmerah bi število osebkov določene vrste v populaciji prešteli, vendar je to v večini primerov nemogoče. Na področju ekologije so zato razvite različne metode ocenjevanja velikosti populacije. V nadaljevanju navajamo predpostavke, ki so pogoj za zanesljivost ocene po metodi, ki smo jo uporabili za izračun - metoda po Petersenu:

- Oznake morajo biti dobro vidne in se ne smejo izbrisati,
- označeni osebki se morajo naključno razporediti v populacijo,
- označevanje ne sme vplivati na ulovljivost (večjo / manjšo),
- v času vzorčenja naj ne bi bilo imigracij, rojstev, emigracij in smrtnosti (v primeru, da so, morajo biti neznačilni – zelo majhni v primerjavi z našo populacijo),
- morebitna emigracija in smrtnost morata biti enaki za označene in neoznačene živali.

Metoda po Petersenu (Seber 1982):

$$N = (MC) / R$$

N = ocena številčnosti / št. osebkov v populaciji

M = št. označenih osebkov (osebki v prvem ulovu)

C = skupno št. osebkov v drugem ulovu (označeni in neoznačeni)

R = število označenih in ponovno ulovljenih osebkov (v drugem ulovu)

Meje zaupanja za oceno N:



$$N \pm t \sqrt{(\text{var}(N))}$$

Izračun variance:

$$\text{var}(N) = ((M+1)*(C+1)*(M-R)*(C-R))/((R+1)^2*(R+2))$$

V prejšnjem letu (2019) smo v drugem ulovu ujeli manjše število samic, zato smo lahko velikost populacije ocenili po metodi Robson in Reiger (1968) oz. metodi izločanja. Ker je bilo v letu 2020 v drugem ulovu več samic kot v prvem, velikosti populacije samic nismo ocenjevali.

3.2.3. Fizikalno – kemijski parametri

Kemijske lastnosti vode smo na terenu preverjali s Hach Lange merilnimi inštrumenti (HQ40d Multi meter) – terenska enota, s pomočjo katere smo na globini 10 cm določali temperaturo vode (°C), pH vode, raztopljen kisik v vodi (mg/L), nasičenost vode s kisikom (%) ter električno prevodnost vode (μS/cm). Meritve smo vedno opravili na istem mestu, pri čemer smo izbirali senčne lokacije, da smo se izognili napaki višje nasičenosti vode s kisikom zaradi večje intenzivnosti fotosinteze.

3.3. Rezultati z diskusijo

Pri prvem vzorčenju smo v 18 vrš dveh različnih tipov skupno ulovili 73 osebkov ozkoškarjevca. Teden dni kasneje smo vzorčenje ponovili in ujeli 58 osebkov. Od vseh ujetih osebkov je bilo pri prvem vzorčenju 10 samcev označenih od lanskega vzorčenja, pri drugem pa 4 samci. Skupno smo tako ulovili 14 samcev, ki so imeli le delno regeneriran prvi par gonopodov. Menimo, da se ti označeni samci v letošnji sezoni še ne bi mogli uspešno razmnoževati. Vsem ujetim samcem smo odstranili gonopode, jih označili in izpustili nazaj, Samice pa smo humano usmrtili. V letu 2019 smo pri obeh vzorčenjih, izvedenih na enak način, skupno ulovili 242 osebkov, v letošnjem letu pa zgolj 131 osebkov. Na podlagi teh rezultatov bi lahko zaradi iste metode vzorčenja, izvedene v primerljivem delu leta, sklepali, da je številčnost ozkoškarjevca na tem območju upadla. Vendar rezultati ocene številčnosti populacije izračunane po Petersenu, ki so podrobneje predstavljeni v nadaljevanju, nakazujejo na povečanje populacijske gostote. Spolno razmerje med samci in samicami ujetih osebkov z enako metodo je v letu 2019 bilo 3,84 : 1, v letošnjem letu pa 3,09 : 1. To bi lahko nakazovalo na nekoliko večji delež samcev v populaciji. Zaradi odstranjevanja samic in vračanja samcev med prvo (2019) in drugo (2020) sezono, bi v drugi sezoni vzorčenja pričakovali še večji delež samcev. V letu 2020 je bil delež samic v ulovu pri prvem in drugem vzorčenju zelo nesorazmeren. Razmerje med spoloma pri prvem lovu je bilo 5,08 : 1 v drugem pa zgolj 1,9 : 1 v korist samcev. Ti rezultati nakazujejo, da je lov z vršami pod določenimi pogoji lahko spolno selektivna metoda. Pri drugem vzorčenju v letu 2020 je bila temperatura vode nekoliko nižja od temperature pri prvem vzorčenju. Teoretično se z ohlajanjem vode povečuje



aktivnost samic zaradi nastopa razmnoževalnega obdobja, vendar bi bilo potrebno to domnevo podrobneje raziskati. Razmnoževanje ozkoškarjevca običajno poteka med oktobrom in novembrom, ko je temperatura vode med 6 in 12 °C (Kozak in sod., 2015). Pri drugem vzorčenju smo izmerili tudi nižjo koncentracijo kisika, kar je verjetno posledica razpada alg, ki smo ga zaznali na terenu.

Tudi v letošnjem letu smo opazili razliko v uspešnosti ulova pri uporabi različnih vab. Uspešnost ulova na brikete je bila 16 % večja od uspešnosti lova na mrtvo ribo. V lanskem letu je ta razlika znašala 18 %. Za razliko od lani, ko nismo zabeležili razlik v uspešnosti glede na tip vrše, smo v letošnji sezoni to razliko opazili. Ulov v kvadratnih vršah je bil nekoliko večji. Ker želimo prednostno odstranjevati samice, smo preverili tudi uspešnost ulova samic glede na tip vrše in vabe. Ugotovili smo, da so se samice najbolj učinkovito lovile v kvadratne vrše z briketi (45% ulova). Nekoliko slabši ulov smo zabeležili v okroglih vršah z mrtvo ribo (24 % ulova) in v kvadratnih vršah z mrtvo ribo (18% ulova). Za najmanj učinkovite pa so se izkazale okrogle vrše z briketi (13 % ulova).

Vse ujete samce smo enako kot lani označili in začasno kastrirali z metodo odstranjevanja gonopodov; po končanem postopku smo jih vrnili nazaj v ribnik. Samce, ki niso bili sposobni reprodukcije v letošnji razmnoževalni sezoni, smo vrnili z namenom povečanja intraspecifičnega kompeticijskega pritiska predvsem na mlajše osebkke v populaciji. V letu 2020 smo ulovili manjše število osebkov kot v letu 2019. Pri primerjavi velikosti (CLR) ugotavljamo, da je bil delež manjših osebkov (pod 50 mm) v letu 2020 bistveno manjši od deleža manjših osebkov v letu 2019. Točnih vzrokov za odsotnost manjših velikostnih kategorij ne poznamo. Razlogi so lahko različni: zmanjšana reprodukcija zaradi odstranjevanja samic in kastracije samcev, dosežena nosilna kapaciteta, ki se odraža v intraspecifični kompeticiji za prostor in hrano, verjetno pa je prisoten tudi kanibalizem. Poleg pritiska večjih osebkov na manjše je lahko prisotna tudi interspecifična kompeticija v obliki plenjenja, saj je v ribniku Lava prisotnih veliko plenilskih vrst rib, ki se lahko prehranjujejo prednostno z mlajšimi raki. Juvenilnih osebkov v letu 2019 nismo potrdili. Prisotnosti ozkoškarjevca v Savinji tudi v letošnjem letu nismo zaznali. V vrše v Savinji v neposredni bližini ribnika smo ulovili samo ribe.

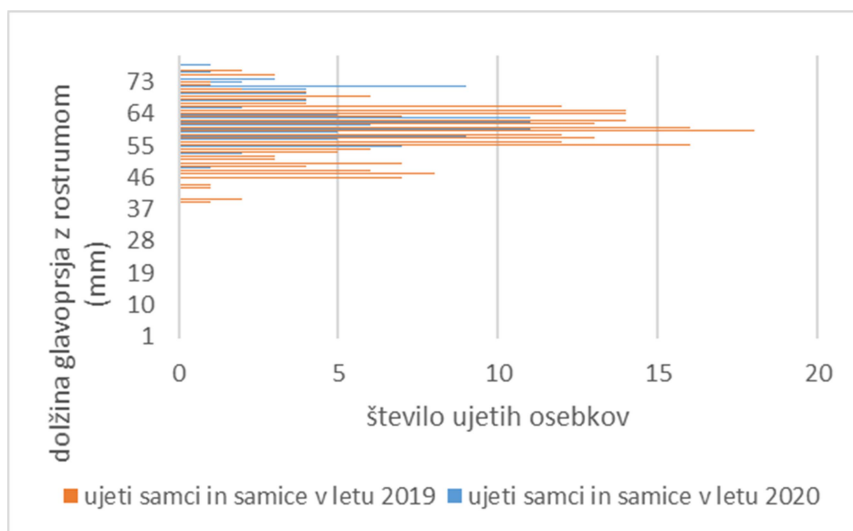


Slika 19: Označeni samci ozkoškarjevca.

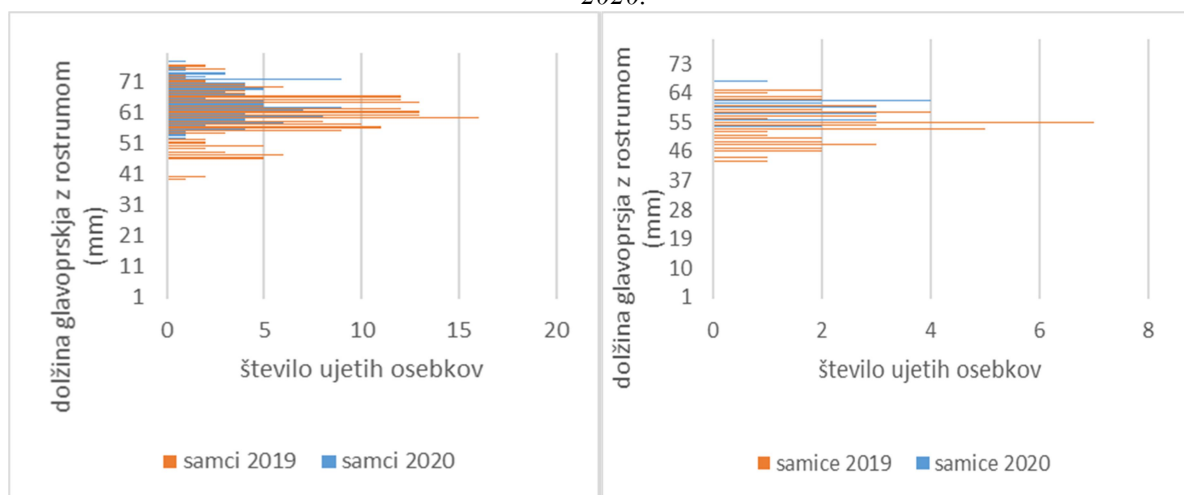


Slika 20: Gonopodiji (označeno s črno puščico) nekastriranega samca (levo) in gonopodi kastriranega samca po enem letu (desno).

Glede na oceno številčnosti populacije (po Petersonu) naj bi bilo v ribniku Lava v letu 2019 327 samcev (spodnja meja je 244, zgornja meja je 410). Izračun ocene smo opravili tudi za leto 2020. Na podlagi izračuna naj bi bilo v populaciji 760 samcev (spodnja meja 283, zgornja pa 1237). Zaradi zelo velikega razpona med spodnjo in zgornjo mejo je oceno težko interpretirati, saj bi lahko na podlagi manjšega števila ujetih osebkov v vrše v letošnji sezoni smatrali, da smo številčnost populacije bolj verjetno precenili kot pa podcenili.



Slika 21: Frekvenčno dolžinska distribucija ujetih samcev in samic ozkoškarjevca v sezonah 2019 in 2020.



Slika 22: Frekvenčno dolžinska distribucija ujetih samcev (levo) in samic (desno) ozkoškarjevca v sezonah 2019 in 2020.

Preglednica 5: Število ujetih samcev in samic ozkoškarjevca ter njihovo spolno razmerje glede na

Zap. št. vzorčenja	Mesec vzorčenja	Št. samcev	Št. samic	Št. vrš	Razmerje samci/ samice
1 (2019)	oktober	96	26	18	3,7 : 1
2 (2019)	oktober	96	24	18	4,0 : 1
1 (2020)	oktober	61	12	18	5,1 : 1
2 (2020)	oktober	38	20	18	1,9 : 1

posamezno leto in vzorčenje.

Za oceno številčnosti samic smo v letu 2019 uporabili metodo izločanja. Ker smo v letošnjem letu pri drugem lovu ulovili več samic kot pri prvem, številčnosti samic nismo ocenjevali.

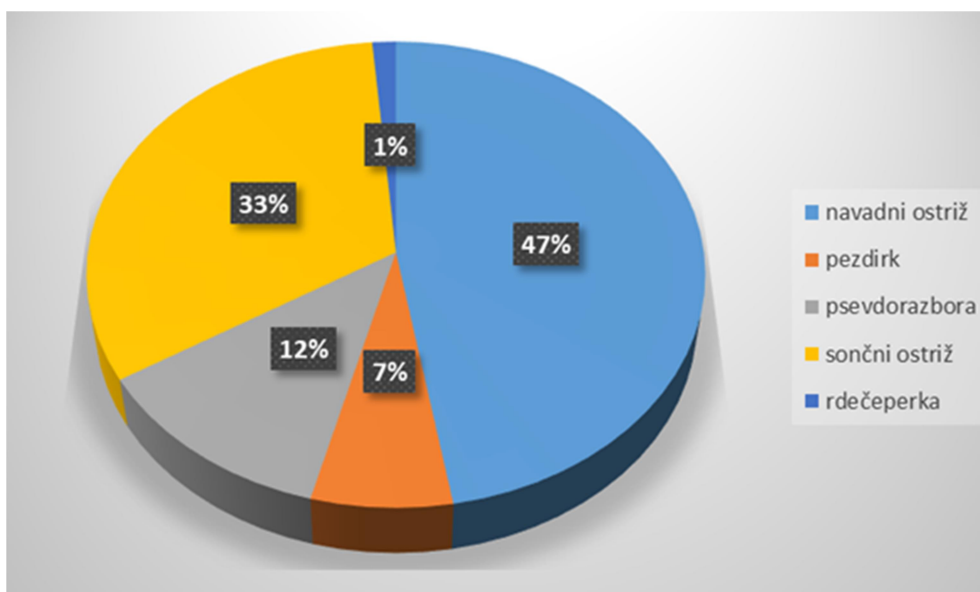
Preglednica 6: Abiotski parametri ribnika Lava v času posameznih vzorčenj.

Zap. št.	Temperatura	pH	Koncentracija	Nasičenost s	Električna
----------	-------------	----	---------------	--------------	------------



vzorčenja	(°C)		kisika (mg/L)	kisikom (%)	prevodnost (μS/cm)
1 (2019)	14,5	8,21	7,14	72,0	421
2 (2019)	15,5	8,60	10,45	105,3	426
1 (2020)	14,7	8,35	9,76	99,9	354
2 (2020)	13,2	7,87	8,71	86,4	392

Poleg rakov smo v ribniku Lava v vrše ulovili tudi 74 rib. Osebkje tujerodnih vrst (pseudorazbora in sončni ostriž) smo odstranili. V vršah je bili v največjem deležu zastopan navadni ostriž (*Perca fluviatilis*), sledita sončni ostriž (*Lepomis gibbosus*) in pseudorazbora (*Pseudorasbora parva*). Od ostalih vrst rib je bilo ujetih 5 pezdirkov (*Rhodeus amarus*) in ena rdečeperka (*Scardinius erythrophthalmus*). Skupni delež tujerodnih vrst (sončni ostriž in pseudorazbora) je v letu 2019 znašal 43 %, v letošnjem letu pa 45 %. Razmerje med sončnim ostrižem in pseudorazboro je bilo v letu 2019 približno 1:1, medtem ko je bilo v letošnjem letu ujetih skoraj trikrat več sončnih ostrižev kot pseudorazbor. Obe vrsti sta uvrščeni na Uredbo o preprečevanju in obvladovanju tujerodnih vrst (EU) 1143/2014, za katere veljajo stroge omejitve in ukrepi za preprečevanje širjenja in vnosa na nova področja. Med vzorčenjem v Savinji smo v vrše ulovili pezdirke, navadna globočka (*Gobio obtusirostris*), ogrico (*Vimba vimba*), rdečeperko in sončnega ostriža.



Slika 23: Struktura in delež ulovljenih rib v vrše v ribniku Lava v letu 2020.

3.4. Zaključek in sklepi

- Ozkoškarjevec je lokalno tujerodna vrsta, ki je bila v ribnik Lava vnesena. Za podrobnejšo določitev statusa oz. ugotovitev izvirne populacije predlagamo genetsko raziskavo.
- V letu 2020 smo ponovili del vzorčenj iz leta 2019. V Savinji ozkoškarjevca nismo ulovili, med tem ko je bil v ribniku Lava dokaj številčen.



- Iz rezultatov je razvidno, da je na podlagi dveh vzorčenj v dveh različnih letih razmerje med spoloma zelo raznoliko, z vsemi vzorčenji smo ulovili večji delež samcev kot samic, kljub temu pa točnega razmerja ne poznamo, saj se je izkazalo, da so za oceno razmerja med spolom vrše zelo selektivna in ne najbolj primerna metoda.
- V letu 2019 je bilo ocenjeno, da v ribniku Lava živi med 244-410 samcev in med 319-333 samic. V letu 2020 zaradi večjega ulova samic pri drugem vzorčenju za samice nismo mogli opraviti izračunov. Na podlagi podatkov iz letošnjega leta naj bi bilo v ribniku med 283 in 1237 samcev. Glede na slabši ulov samcev v letošnjem letu v primerjavi z ulovom lanskega leta menimo, da je zgornja meja številčnosti samcev močno precenjena.
- Ker želimo tarčno izloviti samice, je v prihodnji sezoni smiselno za njihov izlov uporabiti črno kvadratno vršo, za vabo pa brikete (Biomar), saj se je ta kombinacija izkazala za najuspešnejšo.
- Črna kvadratna vrša ima večjo notranjo površino in širši vhod, vendar se lahko samice zaradi predhodno ujetih dominantnih samcev v vrše lovijo manj učinkovito. Da bi povečali delež samic v ulovu, predlagamo shranjevanje samcev v kletkah med posameznimi vzorčenji, saj bi s tem lahko povečali ulov manj dominantnih osebkov. Po končanem ciklu odlova bi samce izpustili nazaj.
- Glede na številčnost ujetih osebkov predlagamo nadaljnji monitoring reke Savinje na ožjem območju in eradikacijo v ribniku Lava. Glede na bližino reke Savinje obstaja možnost širjenja vrste tudi tja.
- Med vzorčenjem z vršami smo v ribniku Lava v letu 2019 ulovili dokaj visok delež tujerodnih vrst rib (pseudorazbore in sončni ostriži); ta delež je znašal kar 43 % v primerjavi z domorodnimi vrstami rib. Razmerje med sončnim ostrizem in pseudorazboro je bilo približno 1:1. Tudi v letu 2020 smo v vrše ulovili 45 % tujerodnih vrst, s to razliko, da je bilo v ulovu skoraj trikrat več sončnih ostrizev kot pseudorazbor. Pseudorazbore ujete v vrše v ribniku Lava dosežejo tudi 13 cm dolžine in so bistveno večje od ujetih osebkov v drugih vodah po Sloveniji.



4. MONITORING RDEČEŠKARJEVCA (*Cherax quadricarinatus*, Von Martens 1868) NA OBMOČJU MRTVIC TOPLA IN COLA (PRILIPE - ČATEŽ OB SAVI)

4.1. Biologija in razširjenost rdečeskarjevca

Rdečeskarjavec je velika avstralska tropska vrsta potočnega raka, ki je gospodarsko pomembna v akvakulturi. Zaradi obarvanosti je vrsta zelo popularna tudi med akvaristi. Izvorno rdečeskarjavec poseljuje severne dele Avstralije in jugovzhodni del Papue Nove Gvineje. V dolžino rdečeskarjavec zraste do 25 cm in lahko tehta preko 600 g. Živi od 4 – 5 let, je modre do modrozeleno barve, sklepi hodilk in škarij so obarvani v odtenkih bež in rdeče barve. Rakovo glavoprsje in notranji rob škarij sta gladka. Zunanji rob prvih hodilk (škarij) pri samcih gradi mehka dekalifikacija, ki je svetlo rdeče do oranžne barve. Po tem znaku je ta vrsta dobila ime. Pri samicah je ta lisa odsotna. Vrsta se je sposobna uspešno razmnoževati pri temperaturi, višji od 23° C. V ustreznih razmerah se lahko rdečeskarjavec razmnožuje preko celega leta, isti osebki pa lahko tudi večkrat letno. Samice izležejo od 200 do 1000 jajčec, ki si jih pritrdijo na zadek, iz njih pa se čez 3 tedne izvalijo mladi rakci. Spolno zrelost dosežejo že pri 6-9 mesecih (Kozak in sod., 2015).



Slika 24: Samec (levo) in samica (desno) rdečeskarjevca (*Cherax quadricarinatus*) (Foto: Borut Mavrič).



Za preživetje potrebuje ta vrsta vodo, toplejšo od 10° C, krajše obdobje pa je sposobna preživeti tudi pri nižjih temperaturah od 10° C (Jones in sod., 1995; Nyström, 2002; Vázquez, 2008). Nekateri poročajo o preživetju te vrste tudi pri 4 °C (Karplus in sod., 1998; Jaklič in sod., 2015; Jaklič in Vrezec, 2011; Kozak in sod., 2015). Zaradi fizioloških omejitev lahko postane rdečeskarjavec invaziven predvsem na tropskih območjih. Zaradi prenizkih zimskih temperatur vode je v Evropi rdečeskarjavec obravnavan kot neinvazivna vrsta, brez možnosti preživetja v naravi (Kozak in sod., 2015). V preteklosti so bile opažene posamezne najdbe osebkov na Nizozemskem, v Italiji, Angliji, Nemčiji in na Madžarskem, edina vitalna populacije te vrste v naravi v Evropi pa je potrjena v Sloveniji (Jaklič in Vrezec, 2011). Rdečeskarjavec poseljuje različne habitate od obalnih vodotokov do sladkovodnih okolij. Najpogosteje ga najdemo v počasi tekočih vodah, jezerih in lagunah. Strpen je do organskega onesnaženja, nizke koncentracije kisika in do okužb z različnimi patogeni. Zaradi plenilskega značaja, spreminjanja habitata in prenosa številnih bakterijskih in virusnih bolezni lahko rdečeskarjavec negativno vpliva na domorodne vrste in habitate (Kozak in sod., 2015).

V Sloveniji je bil rdečeskarjavec prvič odkrit leta 2009 v mrtvicah Topla in Cola (Prilipe, Čatež ob Savi). Predvideva se, da je voda v mrtvicah že od nekdaj topla, dodatno pa jo segrevajo dotoki odpadne vode iz Term Čatež. Do izpusta te vrste je verjetno prišlo med letoma 2005 in 2007, ko je v bližini mrtvice delovala gojilnica rdečeskarjevcev. Po vsej verjetnosti je bila vrsta v naravo izpuščena (namerno ali nenamerno) iz te gojilnice, ni pa izključena tudi možnost, da so bili izpuščeni osebki iz kakšnega akvarija, saj rdečeskarjavec velja za priljubljeno vrsto med akvaristi. V okviru raziskave je bilo ugotovljeno, da se vrsta uspešno razmnožuje, saj so bili v vzorcu zastopani različni velikostni razredi vključno z juvenilnimi osebki (Jaklič in Vrezec 2011). V kasnejšem obdobju je bilo opravljenih tudi nekaj dodatnih raziskav (Jaklič in Vrezec, 2011; Jaklič, 2016).

Kljub temu, da rdečeskarjavec v Evropi velja za neinvazivno tujerodno vrsto, je njegovo populacijsko dinamiko smiselno spremljati po principu načela previdnosti, saj se lahko zgodi, da se bo v prihodnosti uspešno širil tudi v reko Savo.

4.2. Metode vzorčenja

V letu 2020 smo izvedli terenske aktivnosti, v okviru katerih smo ugotavljali prisotnost in razširjenost avstralskega tujerodnega raka rdečeskarjevca na območju mrtvic Topla in Cola na Prilipah (Čatež ob Savi). Gre za povezani mrtvici, katerih izvir je v bližini Term Čatež, nato pa se po približno 4 km izlijeta v reko Savo.

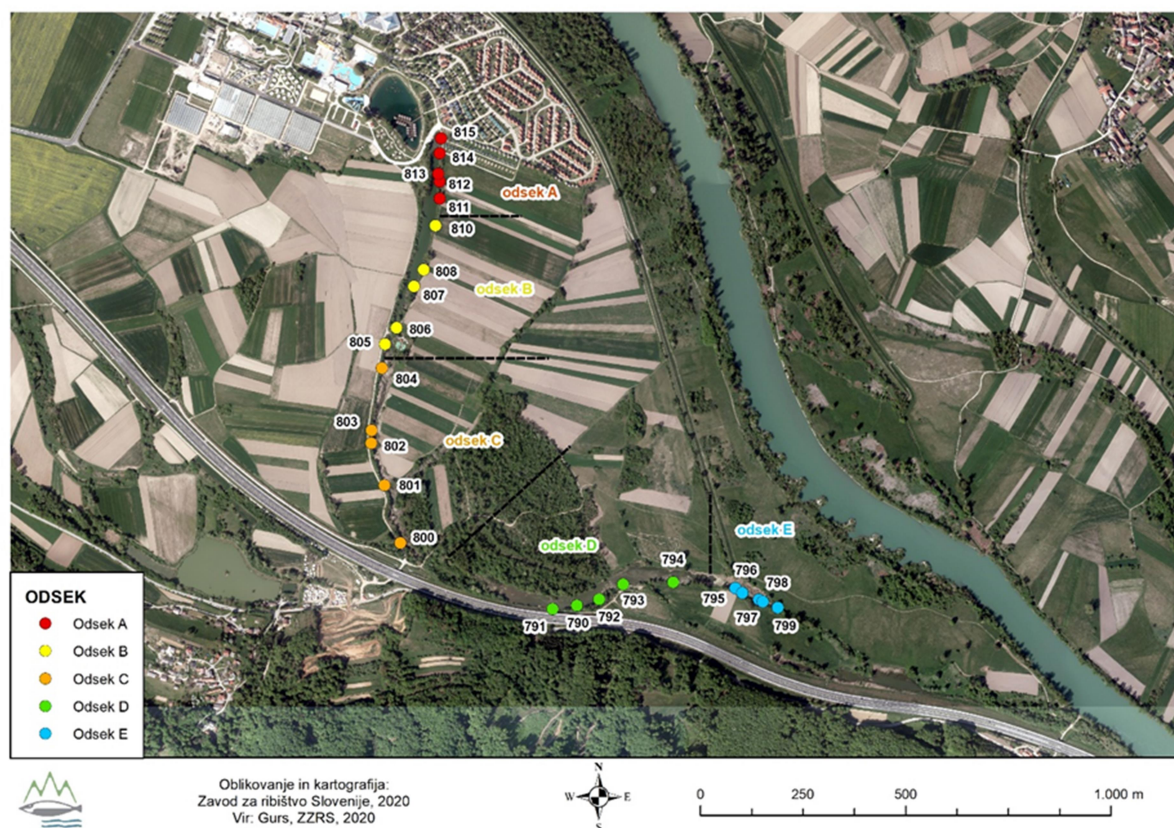
Monitoring rdečeskarjevca smo izvedli z metodo lova z vršami v dveh jesenskih terenskih dneh in sicer 20. in 21. oktobra 2020. Mrtvici smo po zgledu Jaklič in Vrezec (2011) razdelili na 5 odsekov. Razdelitev je pomembna predvsem zato, ker se voda z oddaljenostjo od izvira ohlaja. Na vsak odsek smo postavili po 5 črnih okroglih vrš, skupaj 25 vrš. Za vabo smo uporabili svinjska jetra, ki so bila predhodno zamrznjena z namenom počasnejšega razkroja v



topli vodi. Vrše smo eno lovno noč pustili v vodi in jih naslednji dan pobrali ter preverili ulov. Zabeležili smo si GPS koordinate posamezne vrše ter datum in čas nastavitve ter dviga vrše. Lokacije vrš in odsekov so prikazane na sliki (*Slika 26*). Na vsakem odseku smo izmerili osnovne fizikalno kemijske parametre vode. Na odseku A smo za razliko od ostalih parametre izmerili dvakrat (na sredini odseka in na izviru). Ulov vsake posamezne vrše je predstavljal posamezno vzorčenje. Ujetim rakom smo s pomočjo kljunastega merila izmerili CLR (dolžino glavoprsja z rostrumom), jih stehali in jim določili spol. Poleg rakov smo na terenu opravili tudi meritve dolžine in mase v vrše ujetih rib.



Slika 25: Primer nastavljanja vrš na odseku C v letu 2020 (Foto: Borut Mavrič).



Slika 26: Postavitev vrš glede na posamezen odsek.

4.3. Rezultati z diskusijo

4.3.1. Razširjenost rdečeškarjevca na območju mrtvic Topla in Cola

Vzorčenje rdečeškarjevca smo v letu 2020 opravili v sklopu dveh terenskih dni v drugi polovici meseca oktobra. Na celotnem območju mrtvice smo s 25 vršami ujeli 20 osebkov rdečeškarjevca, od tega je bilo 8 samic, 9 samcev in 3 obojespolniki. Med obojespolniki so bili zastopani kar trije različni tipi (E, F in G), ki smo jih določili po objavi Sagi in sod. (1996). Velikost ujetih rdečeškarjevcev (CLR) je bila v razponu med 33 in 76 mm. Vsi osebki so bili ujeti v dveh najtopplejših odsekih (odseka A in B). Na teh dveh odsekih je bila temperatura vode najvišja, in sicer med 28,6° C in 19,8° C. Poleg visokih temperatur je bila na tem območju najvišja tudi koncentracija raztopljenega kisika (*Preglednica 7*). Odseka A in B nista bila prekrita s tujerodno plavajočo rastlino, vodno solato (*Pistia stratiotes*), ki na nekaterih predelih popolnoma zasenči vodno površino (odseka C in D). Odmrta biomasa vodne solate pozimi potone, kjer v procesu razkroja pospeši porabo kisika. Najnižjo koncentracijo kisika smo izmerili na odseku C; znašala je le 2,15 mg/L oz. 22,2 %. Proti izlivu v reko Savo se je sicer koncentracija kisika nekoliko povečala, a je bila še vedno dokaj nizka. Kljub temu, da rdečeškarjavec velja za vrsto, ki tolerira nižje koncentracije kisika,



menimo, da tako okolje v kombinaciji z nižjimi temperaturami zanj ne predstavlja optimalnih pogojev.

Pri primerjavi z rezultati iz leta 2009 (Jaklič in Vrezec, 2011), kjer so ulovili 15 osebkov v 200 vrš na celotnem območju mrtvice, bi lahko sklepali, da je populacija danes nekoliko številčnejša. Avtorja članka, Jaklič in Vrezec (2011), sta v svoji raziskavi na podlagi rezultatov ugotavljala, da je populacija rdečeskarjevca v fazi kolonizacije na takrat zanje novem območju (0,09 ulovljenih osebkov na lovno noč). V letu 2020 je bila uspešnost ulova 0,8 ulovljenih osebkov na lovno noč za celotno območje. V tropskih in subtropskih populacijah se uspešnost ulova giblje med 0,55 in 1,85 (Vazques, 2008; Jaklič in Vrezec, 2011). Če letošnje podatke primerjamo podrobneje, je bila na odseku A uspešnost ulova 2,2 ulovljena osebkov na lovno noč, na odseku B 1,8 osebkov na lovno noč, na ostalih odsekih pa 0 osebkov na lovno noč. Ker so vsi odseki (od A do E) povezani, je smiselno primerjati z drugimi raziskavami, le podatke uspešnosti ulova za celotno območje obeh mrtvic, saj posamezni osebki tekom leta lahko prehajajo med odseki. Iz literature je znano, da potočni raki migrirajo po kopnem gorvodno in dolvodno (Byron in Wilson, 2001; Johnsen in Taugbol, 2010; Guan in Wiles, 1997). V ustreznih vremenskih razmerah lahko rdečeskarjavec prehodi tudi do več 100 m na dan (Holdich, 1997; Karplus in sod., 1995). Iz rezultatov lahko povzamemo, da je populacijska gostota rdečeskarjevca na celotnem odseku mrtvic primerljiva s stabilnimi populacijami tropskih in subtropskih območij in da je ugotovljena gostota populacije veliko višja kot je bila leta 2009. Zaradi pomanjkanja podatkov med letoma 2009 in 2020 ne moremo oceniti, v kakšni fazi naraščanja ali padanja je trenutno populacija rdečeskarjevca v mrtvici.

Preglednica 7: Število ujetih osebkov rdečeskarjevca v letu 2020 na posameznih odsekih mrtvic glede na spol.

Odsek mrtvice	Št. vseh osebkov	Št. samic	Št. samcev	Št. obojespolnikov
Odsek A	11	5	5	1
Odsek B	9	3	4	2
Odsek C	0	0	0	0
Odsek D	0	0	0	0
Odsek E	0	0	0	0
Skupaj	20	8	9	3

Uspešnost ulova smo izračunali po sledeči formuli:

$$Enota\ napora = \frac{\text{število rakov}}{\text{število vrš} \times \text{število noči}}$$

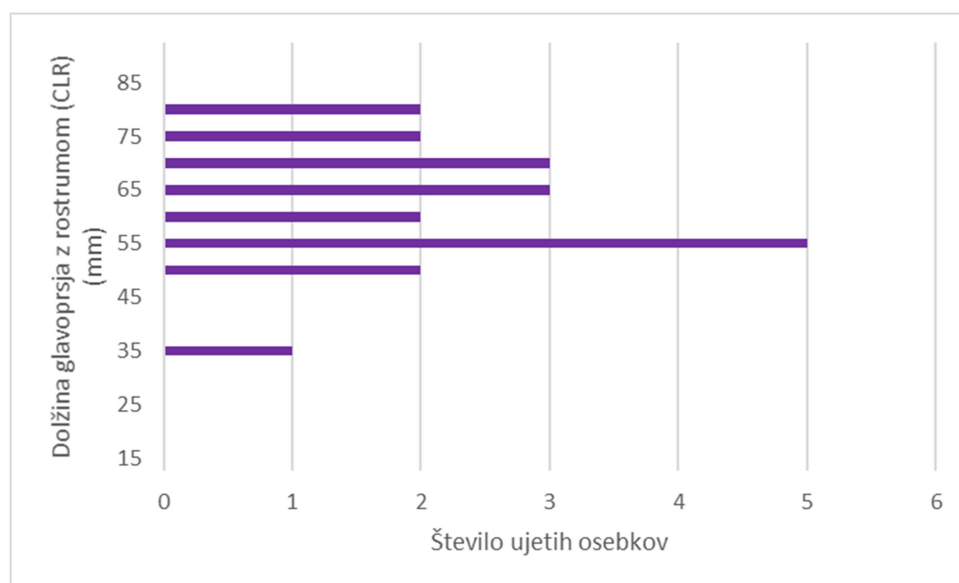
V prihodnjih letih se na podlagi optimističnega scenarija v Sloveniji, glede na količino izpusta toplogrednih plinov se kot posledica vpliva klimatskih sprememb predvideva dvig temperature za približno 1,3 °C (Sintezno poročilo, ARSO 2018). V primeru, da bi zaradi tega prišlo do segrevanja Save in bližnjih vodnih teles, obstaja večja možnost širjenja rdečeskarjevca izven mrtvice v vodotoke.



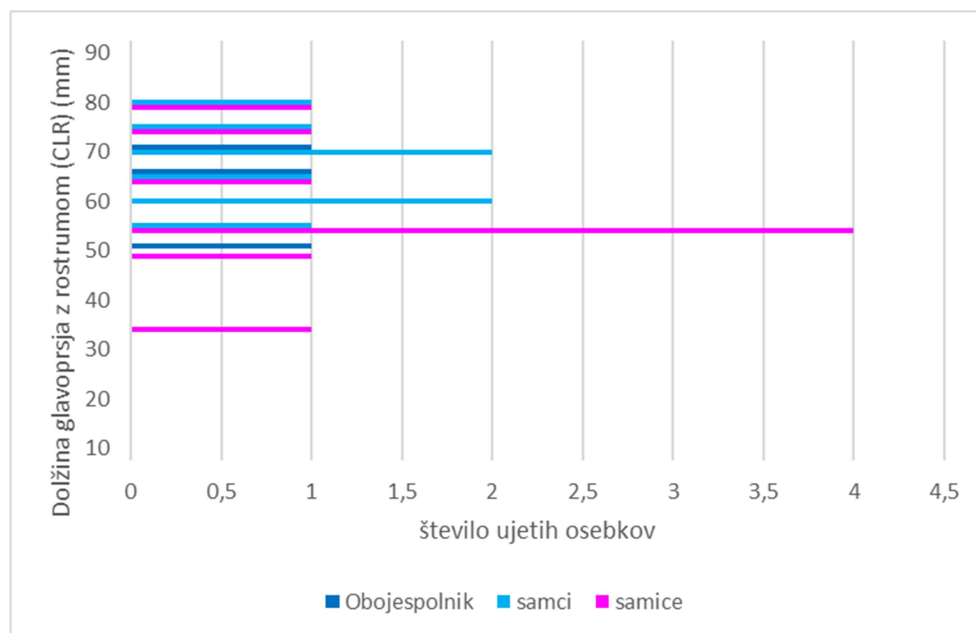
Preglednica 8: Izbrane fizikalne in kemijske lastnosti vode na posameznih odsekih mrtvic v letu 2020 (20.10.2021)

Odsek mrtvice	Temperatura vode (°C)	pH	Koncentracija O ₂ v vodi (mg/L)	Nasičenost vode z O ₂ (%)	Električna prevodnost (µS/cm)
Odsek A (izvir)	28,6	8,24	7,64	100,0	472
Odsek A (osrednji del)	24,9	8,43	9,40	115,0	459
Odsek B	19,8	8,39	8,85	98,2	456
Odsek C	16,2	7,59	2,15	22,2	465
Odsek D	12,4	7,41	5,78	54,7	488
Odsek E	10,7	7,45	5,41	49,4	424

**Odsek A in B se velikokrat v literaturi tudi imenuje mrtvica Topla, Odsek C, D in E pa se v literaturi imenuje mrtvica Cola.*



*Slika 27: Frekvenčno dolžinski histogram dolžine glavoprsja z rostrumom (CLR) vseh ujetih osebkov rdečeškarjevca (*Cherax quadricarnatus*) v letu 2020.*



Slika 28: Frekvenčno dolžinski histogram dolžine glavoprsja z rostrumom (CLR) vseh v mrtvicah ujetih osebkov rdečeškarjevca (*Cherax quadricarinatus*) v letu 2020, ločenih po spolu.

4.3.2. Vrstni sestav rib na območju mrtvice

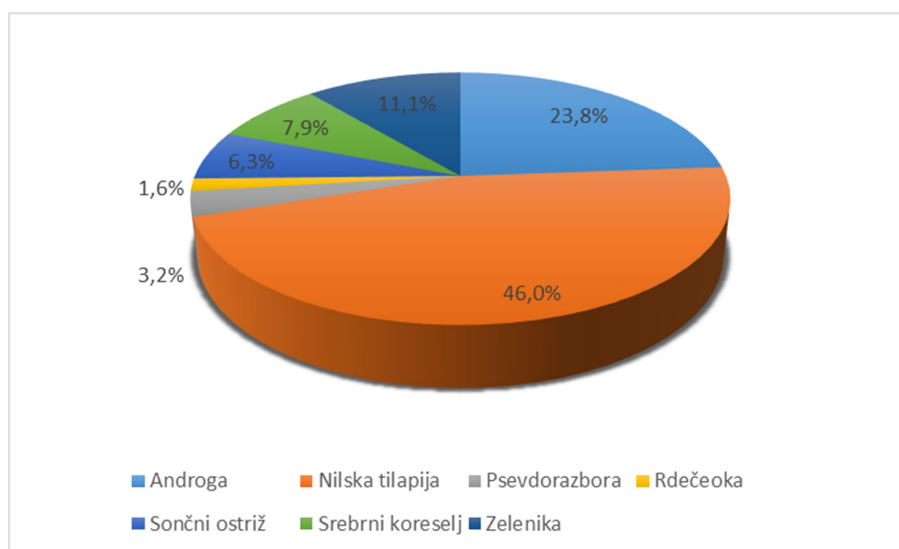
Med vzorčenjem smo v vrše ujeli sedem različnih vrst rib, od katerih so bile tri vrste domorodne, štiri pa tujerodne. Ujete domorodne vrste so bile androga (*Blicca bjoerkna*), zelenika (*Alburnus alburnus*) in rdečeočka (*Rutilus rutilus*), tujerodne vrste pa nilska tilapija (*Oreochromis niloticus*), srebrni koreselj (*Carassius gibelio*), sončni ostriž (*Lepomis gibbosus*) in psevdorazbora (*Pseudorasbora parva*). Zadnji dve vrsti sta uvrščeni na Uredbo o preprečevanju in obvladovanju tujerodnih vrst (EU) 1143/2014. Prisotnost vrst iz Uredbe v mrtvicah lahko predstavlja tveganje tudi za kolonizacijo antropogeno spremenjenih vodotokov, saj te vrste zaradi dobrih kompeticijskih prednosti uspešno zasedajo nove habitate s spremenjenimi habitatnimi razmerami.

Med ujetimi ribami je najvišji delež dosegala nilska tilapija, saj je predstavljala kar 46 % vseh ujetih rib. Ta vrsta ribe je bila ujeta na prvih štirih odsekih (A, B, C in D). Na zadnjem, dolvodnem odseku E, te vrste nismo ulovili. Odsotnost te vrste na zadnjem odseku je verjetno posledica nižje temperature vode in teoretično manjše količine hrane. Nilska tilapija izvorno izhaja iz zahodne in vzhodne Afrike (Kottelat in Freyhof, 2007). Poseljuje počasi tekoče vode in vodna zajetja, uporabljena za namakanje v tropskem pasu, s temperaturo vode med 8 in 24° C. Pri nižjih temperaturah tilapija ne preživi (Povž, 2015). Azaza in sod. (2008) ugotavljajo, da je za tilapijo letalna že temperatura med 10-12° C. V času našega vzorčenja je bila voda na odseku E ravno znotraj navedenega letalnega razpona. V poletnem obdobju, ko so temperature reke Save mnogo višje, posamezni osebki nilske tilapije zaidejo tudi v reko Savo. Po podatkih Povževe (2015) naj bi se tilapija po reki Savi dolvodno razširila tudi na Hrvaško.



Slika 29: Nilska tilapija (*Oreochromis niloticus*) (Foto: Borut Mavrič).

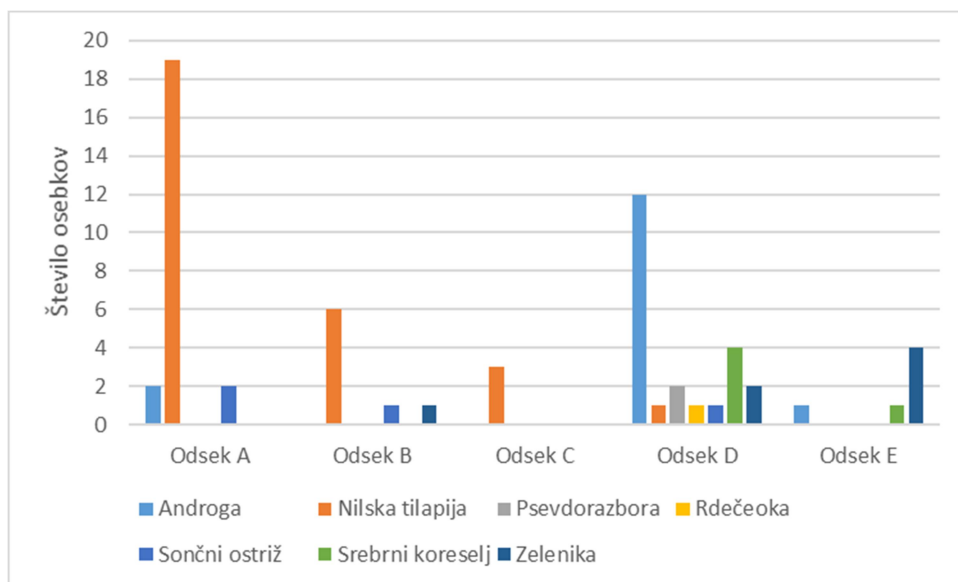
Glede na številčni delež ujetih osebkov je tilapiji sledila androga, katere delež je znašal skoraj 24 %. Androga se je pojavljala na odsekih A, B in D; na slednjem odseku je bilo ujetih tudi največ osebkov. Predvsem na spodnjih dveh odsekih (D in E) se je v vrše ulovilo tudi nekaj zelenika, katerih skupni delež je znašal 11 %. Ta vrsta po vsej verjetnosti v mrtvico zahaja iz reke Save. Z manjšim deležem so bili zastopani srebrni koreselj (8 %) - ujet na odseku D in v manjši meri na odseku E; sončni ostriž (6 %), rdečeoka (1,6 %) in psevdorazbora (3,2 %). Sončni ostriži so se v vrše ulovili na odsekih A, B in D, psevdorazbori in rdečeoka pa na odseku D. Odsek D se je izkazal za najbolj pester odsek, saj je bilo na tem odseku ujetih največ različnih ribjih vrst. Najbolj monotono ribjo združbo smo zasledili na odseku C, kar je verjetno posledica slabih kisikovih razmer.



Slika 30: Delež posameznih vrst rib, ujetih tekom vzorčenja z vršami na območju mrtvic v letu 2020.



Kljub nizki koncentraciji kisika smo na odseku C vseeno zasledili nilsko tilapijo. Na število ujetih rib je lahko predvsem na odsekih A in B vplivala tudi prisotnost rdečeskarjevca, saj se verjetno v vrše, v katerih so že prisotni raki, ribe lovijo manj učinkovito. Na uspešnost ulova je lahko vplivala tudi razlika v temperaturi in različna gostota populacije posameznih vrst rib. Nilske tilapije, za katere je značilno, da so zelo teritorialne, negativno vplivajo na habitat in drst drugih rib (Kottelat in Freyhof, 2007).



Slika 31: Število ujetih osebkov rib po vrstah prikazane na posamezen odsek mrtvic v letu 2020.



4.4. Zaključki in sklepi

Širjenje tropskega potočnega raka rdečeškarjevca iz mrtvic Topla in Cola je možno, vendar zaradi temperaturne omejitve zgolj lokalno v bližnja vodna telesa, npr. po mrtvici dolvodno in v bližnji pritoke ter del reke Save. Menimo, da je tveganje razširjanja rdečeškarjevca iz mrtvice po naravni poti majhno, vendar verjetno. Vrsta se lokalno lahko razširi in v poletnem času tudi preživi v bližnjih vodnih telesih, vprašljivo pa je preživetje rdečeškarjevca na teh območjih v zimskih mesecih. Ker se vrsta razmnožuje v vodi s temperaturo, višjo od 20° C (Jones, 2002), sklepamo, da vsaj razmnoževanje v bližnjih vodnih telesih trenutno ni možno. Trenutno v Evropi ni podatkov o kakšni drugi obstoječi populaciji rdečeškarjevca, zato širjenja te vrste ni mogoče primerjati ali napovedati.

Glede na podatke, ki potrjujejo preživetje vrste tudi pri nižjih temperaturah, je potrebno upoštevati možnost adaptacije vrste na nižje temperature. Menimo, da zaradi navedenih razlogov vrste ne moremo smatrati za nenevarno. Za spremljanje populacijske dinamike in zaznavo morebitnih adaptacij predlagamo letno spremljanje stanja vrste tako v mrtvicah kot tudi na ožjem območju Save blizu mesta iztoka. S tem bi zagotovili pravočasno odkritje potencialnega širjenja in načrtovali ustrezne ukrepe. Da bi bili izvedeni ukrepi kar se da učinkoviti in strokovno podprti, predlagamo raziskave populacijske gostote, spolne in starostne strukture ter fizioloških prilagoditev vrste rdečeškarjevca.

Glede na trenutne podatke predlagamo tudi, da se vzpostavi dialog med ključnimi deležniki v prostoru na tem območju (lokalna skupnost in stroka), koncesionarji ter da se preuči možnosti za zmanjševanje populacije. Z ukrepi za zmanjševanje populacije rdečeškarjevca bi se zmanjšala tudi potencialna možnost za adaptacijo osebkov, ki bi se bili zmožni širiti na nova območja. Prav tako bi se zmanjšal vpliv rdečeškarjevca na domorodne rastlinske in živalske vrste.

Z namenom osveščanja bi bilo smiselno na turistično zanimivo območje postaviti tudi kakšno informativno tablo, na kateri bi bila izpostavljena problematika tujerodnih vrst.

Sklepi:

1. V okviru vzorčenja smo na območju mrtvic Topla in Cola (Prilipe pri Čatežu ob Savi) potrdili prisotnost rdečeškarjevca. Največ osebkov (11) je bilo ujetih na zgornjem odseku (A), nekoliko manj (9 osebkov) pa na odseku (B). Na ostalih odsekih (C, D in E) te vrste nismo ujeli.
2. Poleg rakov smo v vrše ujeli tudi ribe. Največji delež (46 %) je predstavljala tujerodna nilska tilapija, sledita domorodni vrsti androga (23,8 %) in zelenika (11,1 %). V manjšem deležu so bile zastopane tudi tujerodne vrste srebrni koreselj (7,9 %), sončni ostriž (6 %) psevdorazbora (3,2 %) in domorodna rdečeoka (1,6 %).



3. Na območju smo potrdili prisotnost dveh tujerodnih vrst (sončni ostriž in psevdorazbora), ki sta navedeni na seznamu Uredbe (EU) 1143/2014.
4. Za območje mrtvic Topla in Cola predlagamo nadaljevanje spremljanja prisotnosti in gostote populacij tujerodnih vrst rib in raka rdečeskarjevca v smiselnem časovnem okvirju, predlagamo na vsaj vsake 3 leta.



5. MONITORING MOČVIRSKEGA ŠKARJARJA (*Procambarus clarkii*, Girard 1852) NA OBMOČJU SLOVENIJE V LETU 2020

Invazivne tujerodne vrste rakov so ključne krovne vrste, ki s svojo številčnostjo, velikostjo, omnivorno obliko prehrane (so generalisti), vlogo ekosistemskih inženirjev ter vplivom na zgornje in spodnje trofične nivoje prehranskih verig močno vplivajo na ekosisteme (Reynolds in sod., 2013). Invazivne tujerodne vrste rakov predstavljajo grožnjo avtohtonim vrstam rakov zaradi kompeticije in prenašanja bolezni, kot npr. račje kuge, (*Aphanomyces astaci*) (Kouba in sod., 2014).

Metoda eDNA (okoljska DNA) je vse bolj razširjena in splošno uporabljena metoda za odkrivanje različnih vrst vodnih organizmov (Goutte in sod., 2020). Uporablja se za hitro in zgodnje odkrivanje prisotnosti vodnih invazivnih tujerodnih vrst ter za monitoring avtohtonih rakov in račje kuge (Strand in sod., 2020).

V sklopu vzorčenja invazivnih tujerodnih vrst rakov smo julija leta (2020) ponovili vzorčenja eDNA na območju evidentiranega izpusta močvirskega škarjarja (*Procambarus clarkii*) na Lopati ter na drugih lokacijah, kjer je bila v preteklosti zaznana negova prisotnost na podlagi eDNA analiz (območje Velenjskih jezer in zadrževalnika Vogršček). Aktivnosti na teh območjih so bile izvedene na podlagi poročila »Ugotavljanje prisotnosti močvirskega škarjarja (*Procambarus clarkii*) na podlagi eDNA na izbranih lokacijah« (Govedič, 2018; 2019) in vzorčenja v januarju 2020, ki ga obravnava poročilo Podnebnega sklada »Monitoring in analiza eDNA močvirskega škarjarja (*Procambarus clarkii*)« (Pernat, 2020).

5.1. Biologija in razširjenost močvirskega škarjarja

Močvirski škarjar je globalno najbolj razširjen in najbolj raziskan sladkovodni rak, ki je zaradi človekovega vnosa, gojenja in številnih prenosov iz kraja v kraj v stotih letih postal ena najbolj invazivnih vrst rakov, ki spreminja ekosisteme. Prisoten je v kar 40 državah in se potencialno lahko širi še naprej (Oficialdeguei, 2020). Odrasli osebki močvirskega škarjarja so temnordeče ali oranžnorjave barve, obstajajo pa tudi bele, modre, rumene ali črne različice, ki so zanimive za akvariste. Barva telesa in škarij je bolj ali manj enotna. Juvenilni osebki so olivno zelene do rjave barve. Karapaks odraslih osebkov je ozek in zrnat, njihove škarje pa so tipične »S« oblike s 6 do 7 izrastki na notranji strani (Kozak in sod., 2015). Njihova povprečna življenska doba je glede na njihov hiter življenski cikel precej kratka (18 mesecev), posamezni osebki pa lahko živijo do 5 let. Parjenje v toplejših regijah poteka skozi vse leto. Za vrsto je značilna visoka produktivnost in kratka inkubacijska doba jajčec (r-strategija), razmnožuje se lahko tudi dvakrat letno (McClain in Romaine, 2007). Pod določenimi pogoji je močvirski škarjar sposoben tudi partenogeneze (Burič in sod., 2011). Odlikuje ga hitra rast, zmožnost preživetja v anoksičnih okoljih, odporen je na številne okoljske spektre, različne slanosti, vsebnosti nitritov, pH vrednosti ali onesnaženosti s težkimi kovinami. Prilagodi se



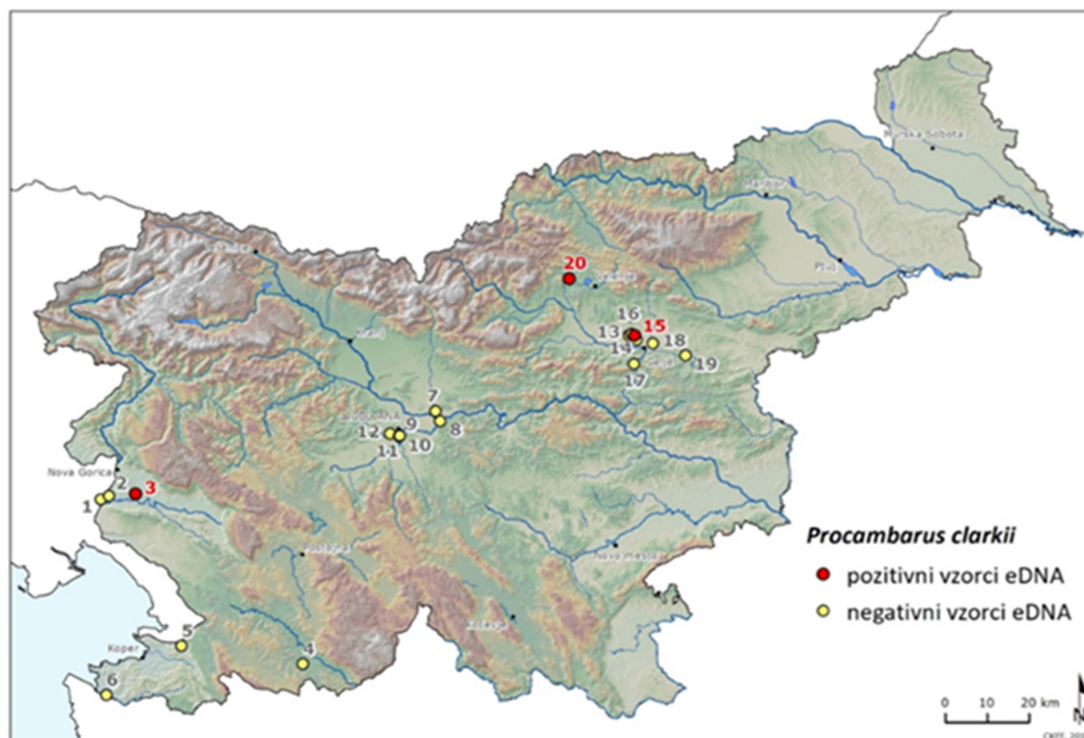
širokemu območju temperaturnih razmer (Holdich in sod., 2006). V okoljih, kamor je bila vrsta vnesena večkrat ločeno in v večjem številu, so z raziskavami ugotovili večjo genetsko varibilnost populacije s številnimi haplotipi kot v okoljih, kjer je prišlo do enkratnih vnosov manjšega števila osebkov (Oficialdeguei, 2020).

5.1.1. Prisotnost *P. clarkii* v Sloveniji in aktivnosti odstranjevanja

Junija 2018 je bilo na avtocestnem postajališču Lopata pri Celju izpuščeno neznano število rakov vrste močvirski škarjar (*P. clarkii*). Na travnato površino je iz tujega tovornega vozila neznana oseba stresla iz vreče večje število osebkov in jih pustila na parkirišču, kar je bilo posneto z varnostnimi kamerami (Govedič, 2018). Večino rakov so zaposleni s parkirišča odstranili in shranili. O dogodku so zaposleni preko centra za obveščanje Republike Slovenije obvestili ZZRS, ZRSVN in Zavod Symbiosis. Posamezniki z ZZRS, ZRSVN, društva SHS in CKFF so organizirali pregled območja in izlov rakov na Lopati. Opravljen je bil elektroizlov ter izlov z vršami na področju izpusta. Postavljene so bile zaščitne ograje okoli zadrževalnika OMV, izveden je bil ukrep fizičnega uničenja morebitnih ostalih osebkov z elektriko (električna bariera) in čiščenje kanalov z vodo. Izvedene so bile uparitve cevi ter testiranje okoljske eDNA (Revizijsko poročilo, 2019). Fizična prisotnost vrste *P. clarkii* je bila po izpustu junija 2018 zabeležena samo še teden dni kasneje, in sicer z enim osebkom, ujetim v vrši, nastavljeni v zadrževalniku OMV; nikjer drugje v vodotokih dolvodno, fizična prisotnost močvirskega škarjarja ni bila potrjena. Iztoki zadrževalnega bazena so bili zavarovani z mrežo (Semrajc, 2018), zato je velika verjetnost, da je ta ukrep preprečil širjenje odraslih osebkov naprej. Konec leta 2018 je bila z metodo eDNA ugotovljena prisotnost močvirskega škarjarja na območju Lopate. Na podlagi novih spoznanj so bili izvedeni številni terenski pregledi, vzorčenja z vršami in elektrolov. Fizična prisotnost vrste z nobeno metodo vzorčenja ni bila potrjena (Mrzelj in sod., 2019). Zaradi dvoma o prisotnosti vrste je bila v začetku leta 2020 opravljena dodatna raziskava eDNA, ki je pokazala, da je bil eden izmed petih vzorcev odvzetih na območju Lopate, pozitiven (Pernat in sod., 2020).

Tekom analize (Govedič 2018; 2019) vzorcev eDNA, odvzetih na širšem območju Slovenije, je bila ugotovljena potencialna prisotnost te vrste tudi na območju Velenjskih jezer in na območju zadrževalnika Vogršček (Slika 32). Vsi ponovno analizirani vzorci, odvzeti januarja 2020, so bili negativni.

V letu 2018 so bili na območju zadrževalnika Vogršček z metodo elektroizlova s čolna odvzeti vzorci rib za analizo prednostnih in nevarnih snovi v organizmih (Podgornik in Mrzelj, 2018), vendar tekom vzorčenja prisotnosti *P. clarkii* ni bila potrjena. Leta 2019 je bil iztok iz zadrževalnika Vogršček podrobneje pregledan z metodo elektrolova. Pregled je potekal v okviru vzorčenja primorske nežice (*Cobitis bilineata*) in laškega potočnega piškurja (*Lethenteron zanandreaei*). Prisotnost *P. clarkii* tudi v okviru tega vzorčenja ni bila potrjena.



Slika 32: Pozitivni vzorci na podlagi analize eDNA za *P. clarkii* na področju Slovenije (Govedič, 2018).

5.2. Metode vzorčenja

5.2.1. Analiza okoljske DNA

Okoljska DNA (eDNA) so genetske sledi v obliki jedrne ali mitohondrijske DNA, ki jih puščajo v okolju enocelični organizmi ali celice kompleksnega organizma v obliki propagul, mukusa, izluščenih epitelnih celic, iztrebkov in telesnih tekočin (Thomsen in Willerselv, 2015) ali pred kratkim poginulih organizmov (Strand in sod., 2019). Ta genetski material se zlahka ujame v filter, iz katerega se izolira in analizira DNA. Iz vodnega vzorca se lahko na ta način identificira prisotnost posamezne vrste ali cele združbe (Mc Elroy in sod., 2020). V laboratoriju se DNA pomnoži z verižno reakcijo s polimerazo (PCR) in po potrebi sekvencionira ter s pomočjo že znanih kodonov determinira taksone do vrste. Za oceno populacijskih gostot se vedno pogosteje uporablja qPCR (kvantitativna PCR) metoda. Kvantitativna metoda dd PCR (digital droplet PCR) omogoča celo kvantifikacijo več tarčnih organizmov v istem vzorcu. Pri tej izredno zanesljivi metodi se reakcijska mešanica razdeli na več particij (komore na čipu ali kapljice v oljni emulziji).

S številnimi študijami je bilo dokazano, da je metoda eDNA primerna za ugotavljanje prisotnosti ali odsotnosti vrste. Kljub temu pa negativni rezultat ne pomeni absolutne odsotnosti iskane vrste (Rusch in sod., 2020). Koncentracija eDNA naj bi se uporabljala za oceno populacijske gostote ali biomase vrste, vendar je pri rakih ta korelacija zelo šibka



(Troth in sod., 2020, Johnsen in sod., 2020). Pri nekaterih vrstah, kot so ribe in dvoživke, je prisotne veliko sluzi, ki lahko predstavlja dodaten vir njihove DNA v okolju, za razliko od rakov, ki imajo trdno hitinasto ogrodje. Z raziskavo (Curtis in Larson, 2020) je bilo na *P. clarkii* dokazano, da se z eDNA ne da zanesljivo zaznati ostankov mrtvih rakov. Avtorji članka menijo, da pozitiven rezultat predstavlja večjo verjetnost za prisotnost živih kot za prisotnost mrtvih osebkov v vodotoku. Raziskavo so izvedli v vodotoku z dokaj hitrim vodnim tokom, zato obstaja možnost, da poginulih rakov, ki so jih dali v vodotok, niso zaznali, saj je bilo v majhnem volumnu vzorca in hitrega toka kljub razkroju rakov premalo ostankov DNA za detekcijo.

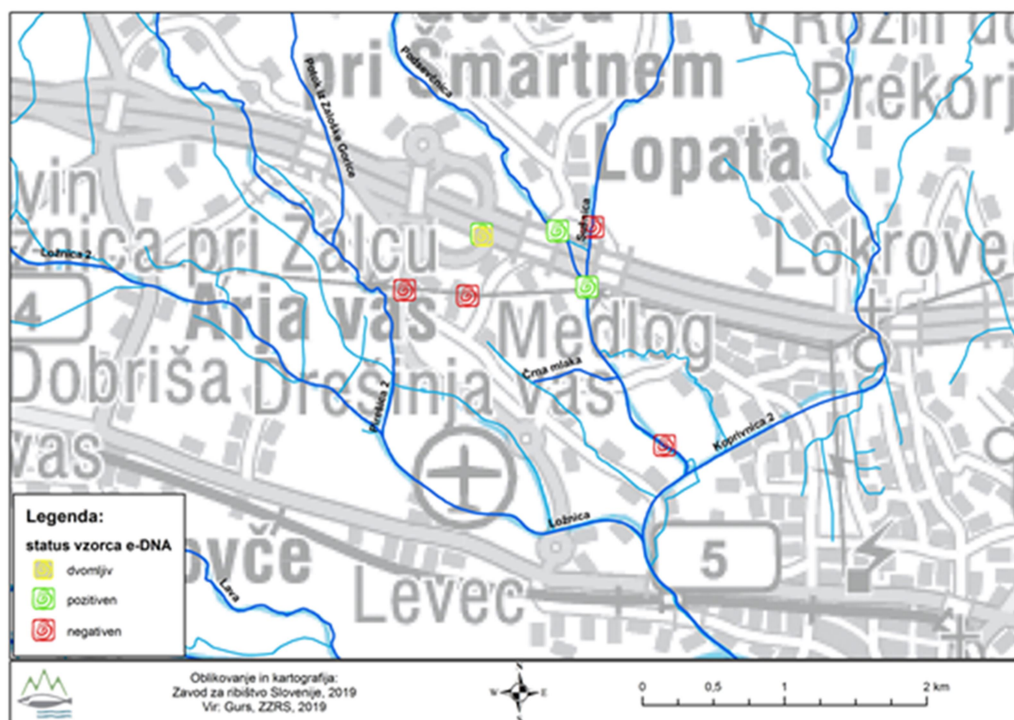
Navkljub izzivom, ki jih prinaša metoda analize eDNA v različnih okoljih in za različne vrste organizmov, gre razvoj v smeri večje natančnosti in hitrosti metode, ki jo je mogoče uporabiti tudi na terenu. S kombinacijo nahrbtnika za vodno filtracijo (Smith-Root eDNA vzorčevalnik) in ročno qPCR enoto (Biomeme) je bil razvit sistem, ki ima potencial za hitro in učinkovito detekcijo vrste in njene številčnosti na terenu v času ene ure (Thomas in sod., 2019).



5.3. Rezultati z diskusijo

5.3.1. Monitoring *P. clarkii* z uporabo eDNA na območju Lopate

Na podlagi analize okoljske DNA (Govedič, 2018; 2019) na območju Lopate je bilo ugotovljeno, da je močvirski škarjar prisoten na področju zadrževalnika meteoritnih vod oz. oljnega lovilca izcednih vod s parkirišča OMW ter v potoku Podsevnica (***Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.***).



Slika 33: Rezultati analize eDNA na območju Lopate (Govedič, 2018; 2019).

S tradicionalnimi metodami, ki se uporabljajo za preverjanje prisotnosti rakov, fizične prisotnosti močvirskega škarjarja leta 2019 nismo potrdili (Mrzelj in sod., 2019). Zaradi zahtevnosti terena (predvsem v smislu velikega območja), potencialnega prehoda osebkov preko avtoceste, onesnaženosti, slabe vidljivosti in vpliva na netarčne organizme smo se ob upoštevanju verjetnosti, da smo spregledali žive rake, odločili za monitoring prisotnosti močvirskega škarjarja z metodo okoljske DNA (eDNA). Analizo petih vzorcev smo izvedli v januarju 2020. Vsi vzorci, z izjemo vzorca odvzetega tik pod iztokom iz zadrževalnega bazena oz. lovilca olj na počivališču OMW, so bili negativni. Vzorec, vzet pod iztokom iz zadrževalnega bazena, se je izkazal za potencialno pozitivnega. Na podlagi pridobljenih rezultatov smo nato pripravili plan ponovnega vzorčenja z metodo eDNA v spomladanskem času, ki pa ga žal zaradi omejitev, povezanih z epidemijo (COVID 19), nismo mogli izvesti. Vzorčenje smo izvedli takoj, ko je to bilo mogoče (julija 2020). Vzporedno smo si zamislili tudi strategijo ukrepov, ki bi jih v primeru pozitivnih vzorcev izvedli takoj po pridobljenih



rezultatih analize. K sreči so bili vsi analizirani vzorci negativni, zato nadaljnjih fizičnih ukrepov nismo izvajali.

Izbrane fizikalno kemijske parametre smo izmerili na petih vzorčnih mestih. Na iztoku iz zadrževalnika OMW (*Preglednica 9*), kjer smo v začetku leta 2020 dobili potencialno pozitiven vzorec, je bila v primerjavi z ostalimi merilnimi mesti izmerjena najnižja koncentracija raztopljenega kisika.

Prav tako je bila na tem mestu izmerjena visoka električna prevodnost; ostale vrednosti so podobne vrednostim, izmerjenim na drugih lokacijah. Rezultati nakazujejo visoko organsko obremenitev ter prisotnost raztopljenih soli in drugih nečistoč, vir katerih je po vsej verjetnosti parkirni prostor na počivališču.

Preglednica 9: Lokacije vzorčenja in abiotski parametri na območju Lopate v letu 2020.

Abiotski parametri									
Vzorčno mesto	Št. vzorca	GKY	GKX	Količina prefiltrirane vode (ml)	T (°C)	pH	Raztopljen O ₂ (mg/l)	Nasičenost O ₂ (%)	Prevodnost (μS/cm)
Lopata- iztok iz zadrževalnika OMW	1	517644	124063	760	19,2	7,75	5,39	59,7	768
Lopata – Podsevnica nad zadrževalnikom	2	518038	124251	650	20,4	8,22	8,80	99,7	358
Lopata-Sušnica 1	3	518395	123903	300	20,8	8,03	8,52	97,3	274
Lopata-Sušnica 2	4	518938	122577	340	22,7	8,29	8,44	100	361
Lopata-Medlog	5	517536	123631	800	22,4	7,93	6,65	78,4	542



Slika 34: Lokacije vzorčenja eDNA na območju Lopate v 2020.

5.3.2. Monitoring *P. clarkii* z uporabo eDNA na območju Velenjskega in Šoštanjskega jezera ter reke Pake v letu 2020

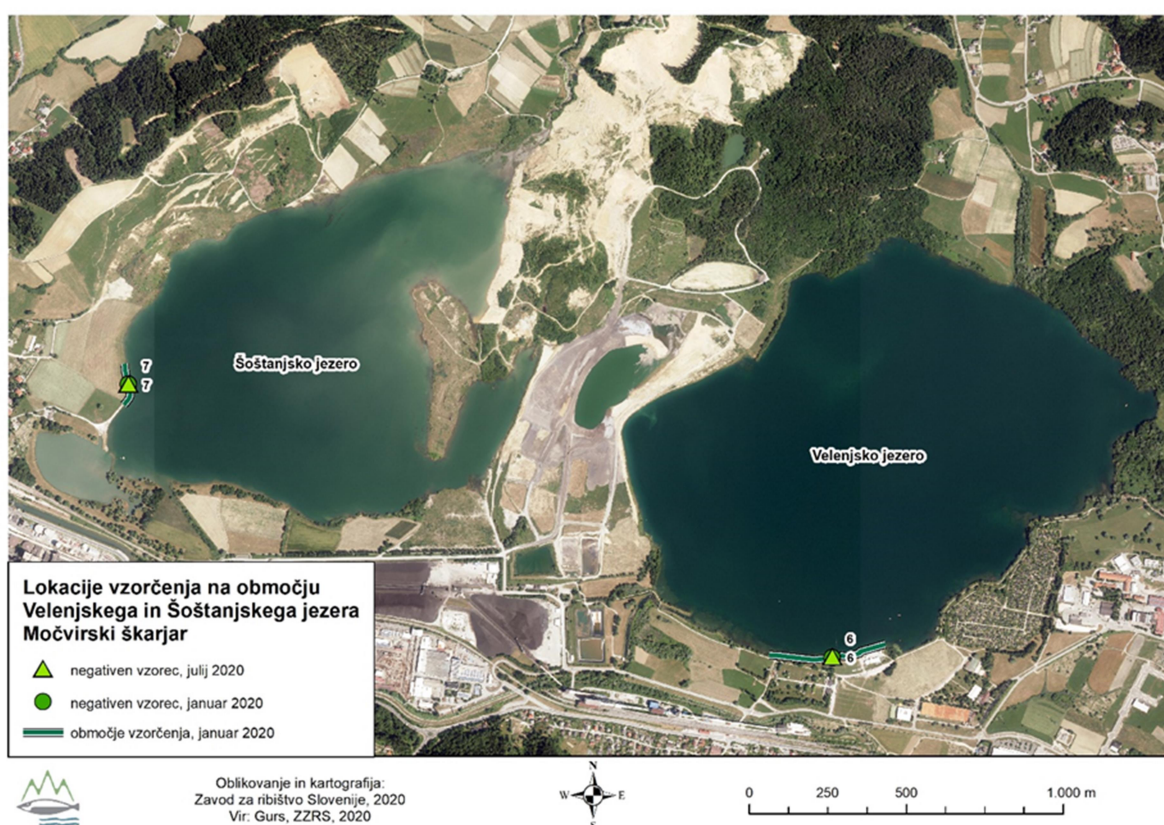
Vzorke smo odvzeli na enakem odseku priobalnega območja jezer kot v januarskem vzorčenju leta 2020 (Slika 35).

V obeh jezerih smo izvedli meritve izbranih fizikalno kemijskih lastnosti vode; rezultati meritev so prikazani v preglednici (Preglednica 10). Nasičenost vode s kisikom v obeh jezerih je odraz primarne produkcije alg in drugih vodnih rastlin ter visoke temperature v epilimnijski plasti. Obe jezera sta imeli visoko električno prevodnost. Izstopalo je Šoštanjsko jezero, saj se je v času vzorčenja izvajalo širjenje lagune in vzdrževalna dela ob pomolu. Prisotnost *P. clarkii* na podlagi analize eDNA ni bila potrjena.



Preglednica 10: Lokacije vzorčenja in abiotični parametri na območju Velenjskega in Šoštanjkega jezera.

Abiotični parametri									
Vzorčno mesto	Št. vzorca	GKY	GKX	Količina prefiltrirane vode (ml)	T (°C)	pH	Koncentracija O ₂ (mg/l)	Nasičenost O ₂ (%)	Prevodnost (μS/cm)
Velenjsko jezero	6	507197	136279	980	25,3	8,56	8,82	111,5	738
Šoštanjke jezero	7	504773	137042	540	26,5	8,52	8,31	108,6	920

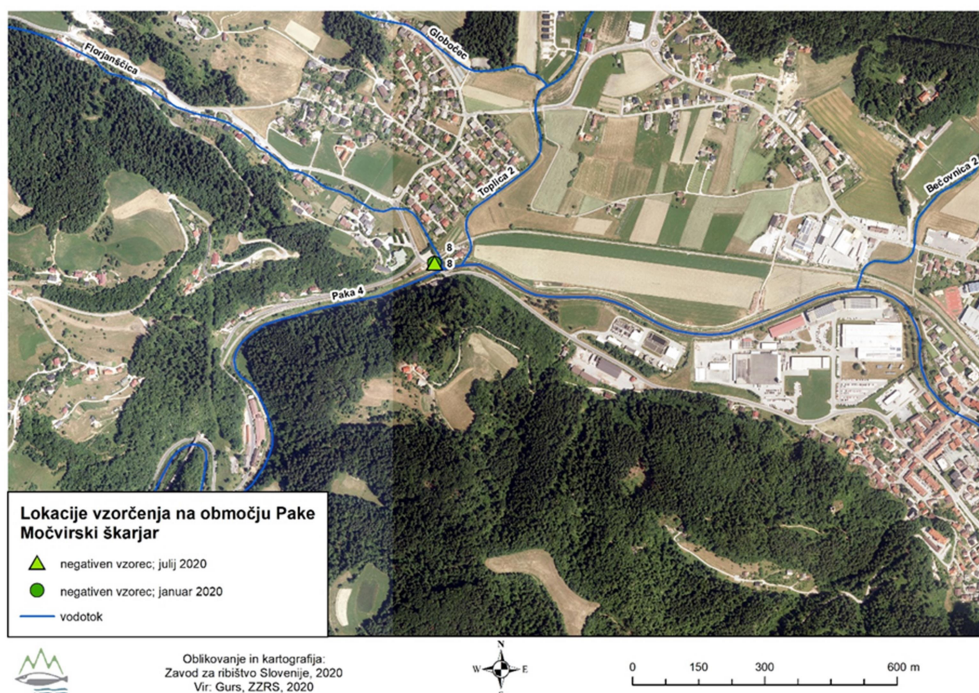


Slika 35: Lokaciji odvzema vzorcev iz Velenjskega in Šoštanjkega jezera.

Na vzorčnem mestu 8, ki je locirano na reki Paki (Slika 36) je bil eDNA vzorec v letu 2018 (Govedič, 2018; Govedič 2019) za vrsto pozitiven, vendar v januarju 2020 in pri ponovljenem vzorčenju julija 2020 prisotnosti vrste nismo potrdili. Fizikalno kemijski parametri so bili v mejah normale (Preglednica 11).

Preglednica 11: Lokacije vzorčenja in abiotični parametri na območju Pake

Abiotični parametri									
Vzorčno mesto	Št. vzorca	GKY	GKX	Količina prefiltrirane vode (ml)	T (°C)	pH	Koncentracija O ₂ (mg/l)	Nasičenost O ₂ (%)	Prevodnost (μS/cm)
Paka-pod viaduktom	8	502714	137469	1000	19,3	8,53	8,80	99,6	341



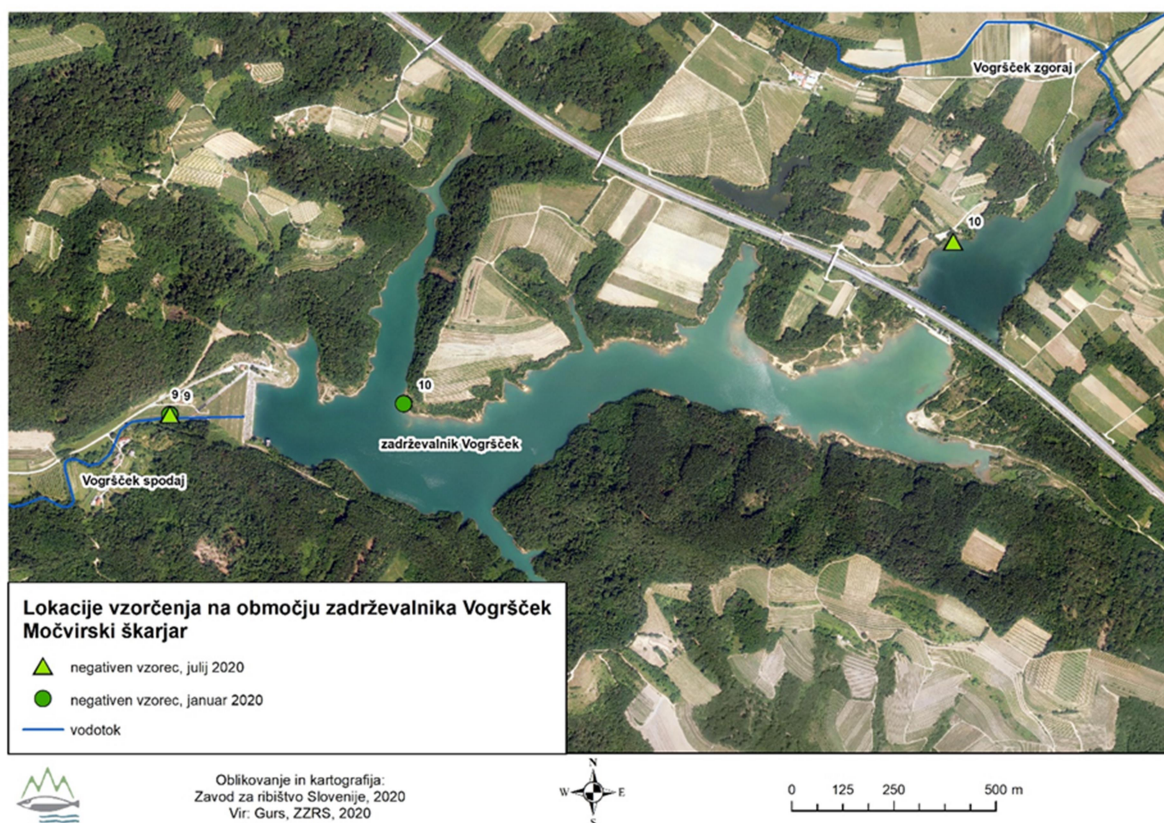
Slika 36: Lokacija odvzema vzorcev iz reke Pake v letu 2020. Odvzem vzorcev na reki Paki.

5.3.3. Območje zadrževalnika Vogršček v letu 2020

Na območju zadrževalnika Vogršček smo leta 2020 odvzeli dva vzorca (Slika 37) za analizo eDNA; oba sta bila negativna. Izmerjene vrednosti izbranih fizikalno kemijskih parametrov so pokazale visoko koncentracijo raztopljenega kisika v vodi in posledično visoko nasičenost kisika na vzorčnem mestu 10, ki je znašala 168,7 %, kar kaže na veliko primarno produkcijo in evtrofnost jezera (Preglednica 12). Ostale izmerjene vrednosti fizikalno kemijskih parametrov so bile tipične za čas meritev (letni čas). Na območju zadrževalnika Vogršček potekajo vzdrževalna dela, zato je vodostaj izjemno nizek, nekateri deli pa so celo popolnoma presušeni (Slika 38). Na celotnem območju v času nizkega vodostaja z večkratnimi pregledi območja močvirskega škvarjarja nismo potrdili. Na območju odvzema vzorca št. 10 smo med samim postopkom filtriranja vode opazili več jelševcev, ki so bili na to območje vneseni. V prihodnjih letih bi bilo smiselno opraviti analizo prisotnosti jelševca in njegovega vpliva na primorskega koščaka tudi na drugih vodotokih znotraj jadranskega povodja.

Preglednica 12: Lokacije vzorčenja in abiotski parametri na območju zadrževalnika Vogršček.

Abiotski parametri									
Vzorčno mesto	Št. vzorca	GKY	GKX	Količina prefiltrirane vode (ml)	T (°C)	pH	Koncentracija O ₂ (mg/l)	Nasičenost O ₂ (%)	Prevodnost (μS/cm)
Vogršček-iztok iz zadrževalnika	9	401323	85380	260	16,01	8,07	8,21	88,2	338
Vogršček	10	403242	85803	560	27,8	8,44	13,16	168,7	299



Slika 37: Lokacije odvzema vzorcev na območju zadrževalnika Vogršček v letu 2020.



Slika 38: Terenski ogled po praznjenju akumulacije Vogršček dne 14. 12. 2020 (Foto: Tomaž Remžgar).



5.4. Zaključki in predlagani ukrepi v nadaljevanju

1. Vzorčenje z metodo eDNA smo leta 2020 izvedli januarja in ponovili v mesecu juliju na območjih, za katera se je v preteklosti izkazalo, da obstaja verjetnost za prisotnost močvirskega škarjarja. Vsi analizirani vzorci so bili negativni, le pri vzorcu št. 9 (iztok iz zadrževalnika Vogršček) je bila zaznana nizka koncentracija DNA močvirskega škarjarja, ki je bila pod mejo, za katero bi lahko potrdili njegovo prisotnost na podlagi opravljene molekularne analize. Na nekaterih področjih smo opravili tudi dodatne terenske aktivnosti z namenom detekcije te vrste. Ker rakov nismo našli, menimo, da na nobenem proučevanem območju ni številčne populacije, ki bi imela vpliv na domorodne vrste rib in rakov. Kljub vsem izvedenim ukrepom in analizam ne izključujemo možnosti, da je na kateri izmed obravnavanih lokacij ta vrsta prisotna, saj obstaja verjetnost, da so bili spregledani posamezni osebki. Iskanje nočno aktivnih in dokaj majhnih organizmov v vodnem okolju na tako velikem območju dopušča možnosti, da vzorčevalci, ribiči, potapljači, sprehajalci in turisti kljub tarčnim aktivnostim in možnosti naključnih najdb posameznih osebkov niso zaznali.
2. V prejšnjem poročilu (Pernat in sod., 2020) smo predlagali uporabo kvantitativne metode, s katero bi lahko ovrednotili številčnost katerekoli populacije rakov in spremljali njeno potencialno širjenje. Nekatere novejšje raziskave nakazujejo, da ocena populacijskih gostot rakov, določena s kvantitativno metodo eDNA, ni najbolj zanesljiva (Johnsen in sod., 2020). Uporaba eDNA je perspektivno in uporabno orodje tudi na področju ohranjanja in varstva avtohtonih vrst rakov. S to metodo je mogoče že na samem terenu ugotoviti prisotnost tako domorodnih kot tujerodnih vrst rakov, možno pa je zaznati tudi morebitno okuženost rakov z račjo kugo ter v nadaljnjem postopku identificirati različne seve *A. astaci* na širšem območju Slovenije.
3. Kljub temu, da je za detekcijo redke ali invazivne tujerodne vrste metoda eDNA pogosto predstavljena kot najcenejše in najzaneslivejše orodje, obstaja možnost, da dobimo lažno negativne rezultate. Prav zgodnje odkritje prisotnosti je ključno za hitro ukrepanje in omejitev širjenja invazivne tujerodne vrste. Pomembno je, da se vsako vzorčenje skrbno načrtuje, da se izbere pravilno metodo vzorčenja ter da se časovno opredeli in optimizira vzorčenje z najvišjimi možnostmi za detekcijo eDNA iskane vrste. V nadaljevanju je pomembno, da se z molekularnimi metodami pridobi največje koncentracije eDNA iz vzorca in hkrati izbere najboljšega in zanesljivega ponudnika oz. strokovnjaka, ki bo zagotovil kvalitetne analize kljub morda višji ceni. Vsekakor ne smemo pozabiti tudi na ostale metode fizičnega iskanja rakov (elektrolov, vzorčenje z vršami, aktivno iskanje rakov v račinah in drugih skrivališčih ...). S temi metodami pridobimo ključne informacije o populacijski dinamiki, vitalnosti populacije, informacije o razmerju med spoloma, plodnosti in spolni zrelosti ter



njihovi velikosti in masi, ki so pomembni pri nadaljnjem izvajanju ukrepov, povezanih z odstranjevanjem in preprečevanjem širjenja tujerodnih invazivnih rakov.

4. Zaradi potencialne prisotnosti invazivne vrste, ki je zmožna hitrega širjenja, kljub vsem izvedenim ukrepom v preteklosti ne smemo pozabiti na preventivne ukrepe za preprečevanje novih vnosov, na zgodnje odkrivanje pojavljanja vrste ter monitoring potencialne prisotnosti v prihodnosti. V primeru, da je močvirski škarjar na določenem območju prisoten, a zaradi majhnega števila prisotnost ni bila potrjena, je na teh območjih potrebna posebna pozornost in spremljanje pojavljanja v prihodnosti. Predlagamo ponovitev eDNA analiz v obdobju naslednjih 3 let.



6. Zahvala

Zahvaljujemo se dr. Chiari Manfrin z oddelka za okoljske znanosti univerze v Trstu za sodelovanje, nasvete, razlago, hitro odzivnost in izvedbo analize eDNA. Kljub vsem težavam, ki so jih imeli v Italiji v pomladanskem času povezanih z epidemijo (COVID 19), in težavam pri dobavi opreme, so svoje delo opravili hitro in kvalitetno.

Za vso pomoč in sodelovanje tekom terenskega dela pri eradikaciji trnavca bi se radi zahvalili: članom Ribiške družine Ptuj, gasilcem PGD Nova vas pri Markovcih, VGP Ptuj d.o.o., Nevenu Verdniku za geodetske izmere in posnetke z dronom, ekipi ZRSVN (Tamara Karlo, Jasmina Kotnik) za pomoč, DRSV za hitro reševanje postopkov pri pridobivanju dovoljenja za črpanje vode iz gramoznice, ekipi Štirne, ki je skrbela za komunikacijo z javnostjo, novinarki Štajerskega tednika Mojci Zemljarič za objavo v časniku, vsem mimoidočim, ki so z zanimanjem spremljali naše delo. Dr. Jasni Lajtnar z oddelka za zoologijo, Prirodoslovno matematične fakultete Univerze v Zagrebu pa lepa hvala za določitev invazivne tujerodne školjke azijske bisernice.



7. LITERATURA

Aldridge D. 2016. Spinycheek crayfish, *Orconectes limosus*. Factsheet. Non-native Species Secretariat. Dostopno na: <http://www.nonnativespecies.org/factsheet/downloadFactsheet.cfm?speciesId=2441> (15. nov. 2019).

Azaza M.S., Dhraïef M.N., Kraïem M.M. 2008. Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters in southern Tunisia. *Journal of Thermal Biology*. 33, 2: 98–105.

Bergant K., 2010. Podnebje v prihodnosti – koliko vemo o njem?. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. Dostopno na: <https://www.arso.gov.si/podnebne%20spremembe/Podnebje%20v%20prihodnosti/Projekcije%20podnebja%20v%20prihodnosti.pdf> (datum dostopa: 13. 2. 2020).

Bouchet, P. 2015. *Corbicula fluminea* (O. F. Müller, 1774). In: *MolluscaBase* (2015). Accessed through: World Register of Marine Species at <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=181580>

Buřič M., Kouba A., Kozák P. 2010. Intra-sex dimorphism in crayfish females. *Zoology*, 113: 301–307.

Buric M., Hulak M., Kouba A., Petrusek A., Kozak P. 2011. A successful crayfish invader is capable of facultative Parthenogenesis: A novel reproductive mode in decapod crustaceans. *PLoS ONE* 6(5): e20281.

Buřič M., Kouba A., Kozák P. 2013. Reproductive plasticity in freshwater invader: From long-term sperm storage to parthenogenesis. *Plos One*, 8,10.

Byron CJ, Wilson KA. 2001. Rusty crayfish (*Orconectes rusticus*) movement within and between habitats in Trout Lake, Vilas County, Wisconsin. *Journal of the North American Benthological Society* 20: 606–614.

CABI, 2020 – *Corbicula fluminalis*. [original text by Fabiana Freitas, University of Aveiro, Portugal]. In: *Invasive Species Compendium*. Wallingford, UK: CABI International (www.cabi.org/isc). Date of access: 15/12/2020

Crandall K.A., De Grave S. 2017. An updated classification of the freshwater crayfishes (Decapoda: Astacidea) of the world, with a complete species list. *Journal of Crustacean Biology*, 37,5: 1–39.

Crotti, C. E. Adams, E. C. Etheridge, C. W. Bean, A. R. D. Gowans, R. Knudsen, A. A. Lyle, P. S. Maitland, I. J. Winfield, K. R. Elmer & K. Præbel, 2020. Geographic



hierarchical population genetic structuring in British European whitefish (*Coregonus lavaretus*) and its implications for conservation. *Conservation Genetics* volume 21, pages 927–939.

Chucholl, C. 2011. Population ecology of an alien "warm water" crayfish (*Procambarus clarkii*) in a new cold habitat. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 401.

Curtis A.N. Larson E.R. 2020. No evidence that crayfish carcasses produce detectable environmental DNA (eDNA) in a stream enclosure experiment *PeerJ*, DOI 10.7717/peerj.9333

Diegues-Uibeondo, K Söderhäll. 1993. *Procambarus clarkii* Girard as a vector for the crayfish plague fungus, *Aphanomyces astaci* Schikora. *Aquac.Fish.Manag.*24:761-765.

Đuriš Z., Drozd P., Horká I., Kozák P., Polícar T. 2006. Biometry and demography of the invasive crayfish *Orconectes limosus* in the Czech Republic. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 380 – 381: 1215-1228.

Fernandez S., Sandin M.M., Beaulieu P.G., Clusa L., Martinez J.L., Ardura A., García – Vázquez E. 2018. Environmental DNA for freshwater fish monitoring: insights for conservation within a protected area. *Peer J* 6:e4486; DOI 10.7717/peerj.4486.

Goutte A., Molbert N., Guerin S., Richoux, R. and Rocher V. 2020. Monitoring freshwater fish communities in large rivers using environmental DNA metabarcoding and a long-term electrofishing survey. *J.Fish Biol.* 97, 444-452.

Govedič M., Vrezec A., Jaklič M., Lešnik A., Grobelnik V., Šalamun A., Amrožič Š., Kapla A. 2015. Vzpostavitev in izvajanje monitoringa koščaka (*Austropotamobius torrentium*) in koščenca (*Austropotamobius pallipes*) v letih 2014 in 2015. Končno poročilo. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju. 56 str. Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana.

Govedič M. 2017. First record of the spiny-cheek crayfish (*Oronectes limosus*) in Slovenia – 300 km upstream from its known distribution in the Drava River. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 2017, 418, 7.

Govedič M. 2018. Ugotavljanje prisotnosti raka močvirskega škarjarja (*Procambarus clarkii*) na podlagi okoljske DNA na izbranih lokacijah v letu 2018. Poročilo. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju. 10 str. [Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana].



Govedič, M., 2018. Močvirski škarjar - pobeg, lov in uspešno skrivanje ubežnikov na počivališču Lopata. Trdoživ, Ljubljana 7(2): 6–7.

Govedič T., Govedič M. (2018): First record of the invasive Asian clam *Corbicula fluminea* (O.F. Müller, 1774) (Bivalvia: Corbiculidae) in Slovenia, NATURA SLOVENIAE 20(2): 17-23.

Govedič M. 2019. Ugotavljanje prisotnosti raka močvirskega škarjarja (*Procambarus clarkii*) na podlagi okoljske DNA na izbranih lokacijah v letu 2018. Poročilo. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju. 11 str. [Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana].

Govedič M., Miličič I. 2018. Ujemite naravo!: zbranih 10.000 fotografij. Ribič, Ljubljana 77(1–2): 6–9.

Govedič M., Vrezec A. 2018. Raziskava razširjenosti signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) v letu 2018. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju. 20 str. [Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana].

Grosset-Souty C., Holdich M.D, Noël Y.P., Reynolds D. J., Haffner P. 2006. Atlas of Crayfish in Europe. Pariz.

Harper K.J., Anucha N.P., Turnbull J.F., Bean C.W., Leaver M.J. 2018. Searching for a signal: environmental DNA (eDNA) for the detection of invasive signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852). Management of Biological Invasions (2018), 9, 2: 137 – 148.

Holdich, D.M., 1997. Negative effects of established crayfish introductions, The Introduction of Alien Species of Crayfish in Europe, How to Make the Best of a Bad Situation?, An International Workshop. Florence, Italy, 24–27 September 1997, pp. 18–20, Abstract.

Holdich D.M., Haffner P., Noël P.Y. 2006. Species files. In: Atlas of crayfish in Europe (C. Souty-Grosset, D. M. Holdich, P.Y. Noël, J.D. Reynolds & P. Haffner (eds.), pp. 49–131. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.

Holdich D., in Black J. 2007. The spiny-cheek crayfish, *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) [Crustaceae: Decapoda: Cambridae], digs into the UK. Aquatic invasions (2007), 2, 1: 1-15.

Holdich, D.M., Reynolds, J.D., Souty-Grosset, C. in Sibley, P.J. 2009. A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, 11: 1-46.



Izvedbena uredba Komisije (EU) 2019/1262 z dne 25. 7. 2019 o sprejetju seznama invazivnih tujerodnih vrst.

Jaklič M., Brancelj A., Lipej L. 2016. Ecological niche relations of indigeneus and invasive crayfish (Astacoidea) in Slovenia: Dissertation.

Jaklič M., Vrezec A. 2011. The first tropical alien crayfish species in European waters: the red claw *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868)(decapoda, Parastacidae). *Crustaceana* 84:651-665.

Jaklič M., Simčič A., Vrezec A., 2014. Poster presentation: Comparison of thermal niche between native and non-native crayfish species.congres: european crayfish conference: research and management” – 9-12 aprile, landau (germany)

Jerde CL, Mahon AR, Chadderton WL, Lodge DM (2011) Sight-unseen, detection of rare aquatic species using environmental DNA. *Conserv Lett* 4:150–157.

Johnsen SI, Strand DA, Rusch JC and Vrålstad T. 2020. Environmental DNA (eDNA) Monitoring of Noble Crayfish *Astacus astacus* in Lentic Environments Offers Reliable Presence-Absence Surveillance – But Fails to Predict Population Density. *Front. Environ. Sci.* 8:612253. doi: 10.3389/fenvs.2020.612253

Jones, C. M., 1995. Production of juvenile redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Von Martens) (Decapoda, Parastacidae) II. Juvenile nutrition and habitat. *Aquaculture*, 138 (1-4):239-245.

Jones, C. M., 2002. Redclaw crayfish information package. (Departement of Primary industries, Northern Fisheries and Aquaculture Centre, Cairns, Queensland).

Karplus, I., Barki, A., Cohen, S., Hulata, G., 1995. Culture of the Australian red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. in Israel: I. Polyculture with fish in earthen ponds. *Isr. J. Aquacult.* 47, 6–16.

Karplus I, Zoran M, Milstein A, Harpaz S, Eran Y, Joseph D, Sagi A, 1998. Culture of the Australian red-claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in Israel — III. Survival in earthen ponds under ambient winter temperatures. *Aquaculture*, 166 (3-4): 259-267.

King, C.R., 1993. Potetntial fecundity of red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* von martens. *Aquaculture* 109:275-280.

Kottelat M., Freyhof J. 2007. Handbook of European Freshwater Fishes. Switzerland: Steven Simpson Books, 646 s.



Kouba A., Petrusek A., Kozák P. 2014. Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 31, 401.

Kozák P., Ďuriš Z., Petrusek A., Burič M., Horka I., Kouba A., Kozubikova-Balcarova E., Policar T. 2015. *Crayfish Biology and Culture*. Faculty of Fisheries and Protection of Waters.

Kus Veenvliet J., Veenvliet P. 2019. Evropska zakonodaja. Dostopno na: <https://www.tujerodne-vrste.info/ukrepi/evropska-zakonodaja/> (30. nov. 2019).

Kus Veenvliet J. 2013. Trnavec (*Orconectes limosus*). Kratki opisi tujerodnih vrst. Dostopno na: <http://www.tujerodne-vrste.info/tujerodnevrste/> (22. okt. 2019).

Lajtner J., Crnčan P., Čuk R., Dekić S., Gottstein S., Hudina S., Kovačević S., Lucić A., Paunović M., Simić V., Tomović J., Žganec K. 2016: Distribution of the invasive alien bivalve *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in Croatia. In: Jelaska S.D. (Ed), *Book of Abstracts, 2nd Croatian Symposium on Invasive Species*, Croatian Ecological Society, Zagreb, p. 57.

Loureiro T.G., Anastacio P.M.S.G, Araujo P.b. SOuty-Grosset C., Almerao M.P. 2015. Red swamp crayfish: biology, ecology and invasion-an overview. *Nauplius* vol.23 no.1 Cruz das Almas Jan./June 2015.

Lovell S., Stone S.F., Fernandez L. 2006. The economic impacts of aquatic invasive species: A review of the literature. *National center for environmental economics*. 64 str.

Majdi, Nabil; Bardon, Léa; Gilbert, Franck (2014). "Quantification of sediment reworking by the Asiatic clam *Corbicula fluminea* Müller, 1774". *Hydrobiologia*. 732 (1): 85–92.

McClain, W. R., Romaine, R. P., Lutz, C. G. & Shirley. M. G., 2007: Louisiana crawfish production manual. 2637. – Louisiana State University Agricultural Center, Baton Rouge, Louisiana USA.

McElroy M. et al. 2020. Calibrating Environmental DNA Metabarcoding to Conventional Surveys for Measuring Fish Species Richness. *Front. Ecol. Evol.* Vol 8. Article 276.

McMahon, R.F. (1999) Invasive Characteristics of the Freshwater Bivalve *Corbicula fluminea*. In R. Claudi & J.H. Leach (Eds.), *Nonindigenous Freshwater Organisms: Vectors, Biology, and Impacts* (pp. 315-343).



Mauvisseau Q., Burian A., Gibson C., Brys R, Ramsey A., Sweet M. 2019. Influence of accuracy, repeatability and detection probability in the reliability of species-specific eDNA based approaches. *Scientific reports*, 9: 580.

Mrzelj, L., Pernat, V., Panjan, M., Kukolja, V., Marguč, D. 2019. Priprava strokovnih podlag pri uveljavitvi ukrepov za odstranitev in obladovanje vodnih invazivnih tujerodnih vrst. Poročilo o izvedenih aktivnostih v letu 2019. Zavod za ribištvo Slovenije, Sp. Gameljne. 51 str.

Nyström, P., 2002. Ecology. In: D. M. HOLDICH (ed.), *Biology of freshwater crayfish*: 190-235.(Blackwell Science, Oxford).

Oberlercher J. Wanzenböck, 2016. Impact of electric fishing on egg survival of whitefish, *Coregonus lavaretus*.

Oficialdegui FJ in sod. 2019. Unravelling the global invasion routes of a worldwide invader, the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Freshwr Biol* 64(8):1382–1400.

Oficialdegui FJ, Sanchez MI, Clavero M . 2020. One century away from home: how the red swamp crayfish took over the world. *Springer Nature Switzerland. Reviews in fish biology and fisheries* 30(2).

Oficialdegui FJ, Sanchez MI, Clavero M. 2020. Brought more than twice: the complex introduction history of the red swamp crayfish into Europe. *Knowl Manag Aquat Ecosyst* 421:02

Ostaszewskaa, T., Krajnika K., Adamek-Urbańska, D., Kasprzaka, R., Rzepkowskaa, M., Luczynskib, M., Karczewska, A., Dabrowski, K., 2018. Effect of feeding strategy on digestive tract morphology and physiology of lake whitefish (*Coregonus lavaretus*). *Aquaculture Volume* 497, Pages 32-41.

Paunović M., Csanyi B., Knežević S., Simić V., Nenadić D., Jakovčev-Todorović D., Stojanović B., Cakić P. (2007): Distribution of Asian clams *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) and *C. fluminalis* (Müller, 1774) in Serbia. *Aquat. Invasions* 2(2): 99-106.

Peay, S., Hiley, P., 2001. Eradication of alien crayfish. Phase II. Environmental Agency Tehnical Report W1-037/TR1. Environ Agency, Bristol, 118 str.

Peay C., Dunn A.M., Kunin W.E., McKimm R., Harrod C. 2014. A method test of the use of electric shock treatment to control invasive signal crayfish in streams. *Aquatic conservation: Marine and Freshwater ecosystems*.



- Pernat V. 2020. Analiza e DNA za močvirskega škarjarja (*Procambarus clarkii*). Podnebni sklad. Zavod za ribištvo Slovenije, Sp. Gameljne. 26 str.
- Pieplow U. 1938. Fischereiwissenschaftliche Monografie von *Cambarus affinis* Say. Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften 36: 349–440.
- Podgornik, S. in Mrzelj, L. 2019. Monitoring rib kot element ekološkega stanja voda ter vzorčenje rib za analizo prednostnih in nevarnih snovi v organizmih v letu 2018. Zavod za ribištvo Slovenije, Sp. Gameljne. 41 str.
- Povž M., Gregori A., Gregori M. 2015. Sladkovodne ribe in piškurji v Sloveniji. Zavod Umbra, Ljubljana 2015.
- Reynolds J, Souty-Grosset C, Richardson A. 2013 Ecological roles of crayfish in freshwater and terrestrial habitats. *Freshw. Crayfish* 19, 197–218. (doi:10.5869/fc.2013.v19-2.197)
- Robson D. S., Reegier H. A. 1968. Estimation of population number and mortality rates. In: *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Blackwell scientific publications, Oxford. (ed. by W. E. Ricker (I. B. P. Handbook No. 3, 124 – 138).
- Rusch JC, Mojžišová M, Strand DA, Svobodová J, Vrålstad T, Petrusek A. 2020. Simultaneous detection of native and invasive crayfish and *Aphanomyces astaci* from environmental DNA samples in a wide range of habitats in Central Europe. *NeoBiota* 58: 1–32.
- Sagi, a., i. Khalaila, a. Barki, g. Hulata & i. Karplus, 1996. Intersex red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Von Martens): functional males with pre-vitellogenic ovaries. *Biol. Bull., Woods Hole*, 190 (1): 16-23.
- Seber G. A. F. 1982. *The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters*. Caldwell, New Jersey: Blackburn Press.
- Semrajc B. 2018. Priprava strokovnih podlag pri uveljavitvi ukrepov za odstranitev in obvladovanje vodnih invazivnih tujerodnih vrst. Poročilo o izvedenih aktivnostih v letu 2018. Zavod za ribištvo Slovenije, Sp. Gameljne. 35 str. [Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana].
- Shen G., Zhang X., Gong J., Wang Y., Huang P., Shui Y., Xu Z., Shen H. 2020. Transcriptomic analysis of *Procambarus clarkii* affected by “Black May” disease. *Scientific reports*, 10: 21225.



Smith D.G. 1981. Life history parameters of the crayfish *Orconectes limosus* (Raf.) in Southern New England. The Ohio Journal of Science. 81, 4: 169 -172.

Souty – Grosset C., Holdich D.M., Noël Y. P., Reynolds J.D., Haffner P. 2006. Atlas of crayfish in Europe. Muséum national d'Histoire naturelle, Pariz. 187 p. (Patrimoines naturels, 64).

Strand D.A., Rusch J., Johnsen S.I., Tarpai A. and Vralstad T. 2020. The surveillance programme for *Aphanomyces astaci* in Norway 2019. Annual report, Oslo: Norwegian veterinary institute.

Stebbig P., Longshaw M., Taylor N., Norman R., Lintott R., Pearce F., Scott A., 2012. Review of methods for the control of invasive crayfish in Great Britain. CEFAS. Contract C5471 final report

Svetina M., Verce F. 1969. Ribe in ribolov v slovenskih vodah. Ribiški zbornik. Ribiška zveza Slovenije. Ljubljana. Str. 132.

Thomsen PF, Willerslev E. 2015. Environmental DNA-An emerging tool in conservation for monitoring past and present biodiversity. Biological conservation 183: 4-18.

Učinkovitost varstva pred invazivnimi tujerodnimi vrstami, Revizijsko poročilo. 2019. Ljubljana, Republika Slovenija, Računsko sodišče., 66 str.

Uredba (EU) št.1143/2014 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 22. 10. 2014 o preprečevanju in obvladovanju vnosa in širjenja invazivnih tujerodnih vrst.

Vázquez, S. G., 2008. Distribution of exotic Australian crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) in Puerto Rico: 1-57. (University of Puerto Rico, Puerto Rico).

Vojkovská R., Horká I., Ďuriš Z. 2014 The diet of the spiny-cheek crayfish in the Czech Republic. Central European Journal of Biology, 9, 1: 58-69.

Winkler, Barbara Pamminer-Lahnsteiner, Josef Wanzenböck, Steven Weiss, 2011. Hybridization and restricted gene flow between native and introduced stocks of Alpine whitefish (*Coregonus* sp.) across multiple environments. Mol Ecol. 2011 Feb; 20(3): 456–472.



8. PRILOGE

Priloga 1: Poročilo o rezultatih analize eDNA za različna obravnavana območja (str. 71-73).



Trieste, 21st September 2020

TO WHOM IT MAY CONCERN

OBJECT: Detection of *Procambarus clarkii* using eDNA analysis on ten Slovenian water samples during summer season.

Samples

Environmental DNA (eDNA) from 10 water samples (hereinafter referred from 1 to 10 and listed in Table 1) were collected with Sterivex Durapore PVDF 0.45 µm filters (Merck-Millipore) and dedicated disposable syringes, and isolated through the DNeasy PowerWater Sterivex kit (14600, Qiagen), following the manufacturer's instructions.

Table 1. List of the sites analysed as reported on the filters.

# eDNA filter	Site
1	Lapata
2	Zadrževalnik Podsevčnica
3	Sušnika
4	Podsevčnica 2
5	Medlog
6	Volenjsko jezero
7	Šoštanjско jezero
8	Paka
9	Vogršček
10	Sample 10

Each eDNA was analysed by qRT-PCR with KAPA Probe Force mastermix (KK4301, Kapa biosystems) with the set of primers specific for a *Procambarus clarkii* Cytochrome Oxidase I (COI) portion of 65 bp (Tréguier *et al.*, 2014).

The following thermal profile of 98°C for 3' and 50 cycles of 95°C 10", 62°C 30" was used.

Each eDNA sample was amplified in 5 replicates, and 5 replicates of "no template control" of pure water were also run to check possible contamination in the reagents used.

The limit of detection (LOD) of the Pcla-SPY was evaluated with a series dilution of a genomic DNA (gDNA) from *P. clarkii* (initial concentration of 7.56 ng/µl) in detail the final concentrations of 7.56E-03, 7.56E-04, 7.56E-06, 7.56E-07 and 7.56E-08 gDNA were run in triplicates for each dilution.



Results

From the series dilution we calculated a standard curve (Figure 1), where the three highest concentrations tested were amplified (7.56E-03, 7.56E-04, 7.56E-06), whereas gDNA at 7.56E-07 and 7.56E-08 ng/ μ l were not detected by the primers.

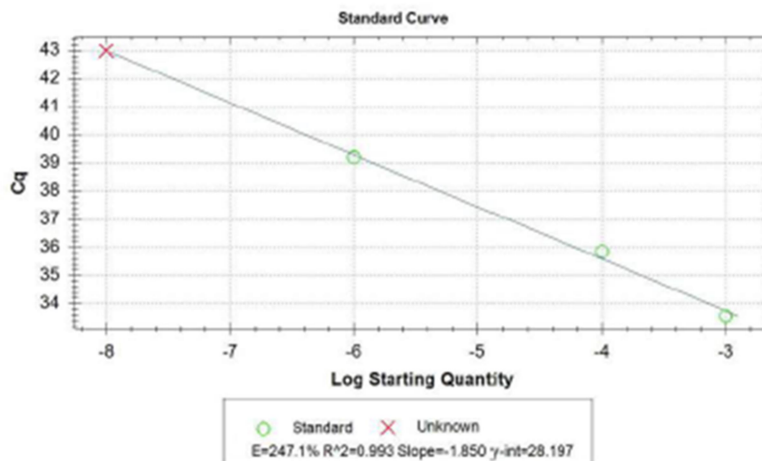


Figure 1. Standard curve plot of positive samples series dilution shown as green circles, one amplified replicate from the eDNA filter 9 is indicated as a red X. On y-axis the quantitative cycles (Cq), on x-axis the Log of the starting quantity of each dilution. E = reaction efficiency, R^2 = coefficient of determination and y-int = y intercept.

From the ten eDNA samples, 9 filters were not amplified and from Vogršček site (Filter #9) 1 hit out of 5 replicates was amplified at a cycle threshold >40 (Ct 42.2) with a Relative Fluorescence Unit (RFU) of 222. Amplification curves are given in Figure 2.

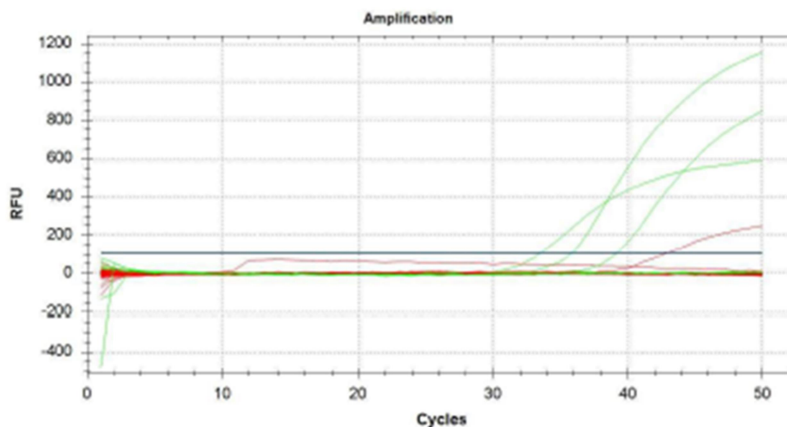


Figure 2. Amplification curves. In green the series dilution from positive control amplified (from a *P. clarkii* specimen). In red the curve from one replica of the eDNA 9.



Here below a schematic representation of the overall results:

Sample	PCR Amplification (- negative, + positive)				
	<i>P. clarkii</i>				
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
9	-	-	-	x	-
10	-	-	-	-	-

Conclusion

All the stations resulted negative to the *P. clarkii* presence except a single replicate of eDNA 9 that returned an amplification curve at Ct 42.2 with RFU of 222.

The recent paper by Mauvisseau and colleagues (2019) set a positive eDNA signal with a threshold cycle below 45 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6345946/>).

The amplification curve obtained did not allow for a resolved positive assignment of *P. clarkii* presence, however despite it is characterised by a weak signal it represents a result that should be taken into account.

The DSV remains available for clarifications on the results obtained and for subsequent analysis and verification.

Prof. A. Pallavicini and Dr. Chiara Manfrin
Department of Life Sciences (University of Trieste)

Alberto Pallavicini *Chiara Manfrin*