



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

www.natura2000.si

LIFE-IP NATURA.SI - LIFE17 IPE/SI/000011



www.zzrs.si

Izlavljanje invazivnega raka trnavca *Faxonius limosus* na področju stare struge reke Drave pod jezom Markovci, Slovenija

Akcija A.1.2

Avtorji / Authors: Luka Mrzelj, Vit Kukulja, Diana Marguč

Soavtorji / Co-authors: Aljaž Jenič, Maša Čarf, Rok Hamzić

Spodnje Gameljne, 23. 1. 2020

LIFE integrirani projekt za okrepljeno upravljanje Nature 2000 v Sloveniji (LIFE17 IPE/SI/000011) sofinancirajo Evropska unija preko programa LIFE, Ministrstvo za okolje in prostor ter partnerji. Vsebine ne odražajo nujno mnenja Evropske unije, Ministrstva za okolje in prostor ali partnerjev.



LIFE 17 IPE/SI/000011

Izvajalec:



Zavod za ribištvo Slovenije
Spodnje Gameljne 61 a
SI-1211 Ljubljana Šmartno

Odgovorni predstavnik izvajalca:

mag. Aljaž Jenič, univ. dipl. biol.

Avtorji poročila:

Luka Mrzelj, dipl. biol. (UN)
Diana Marguč, univ. dipl. biol.
Vit Kukolja, mag. biol. in ekol. z naravovar.
mag. Aljaž Jenič, univ. dipl. biol.
mag. Maša Čarf, univ. dipl. biol.

Kartografija:

Rok Hamzić, univ. dipl. inž. grad.

Terensko delo:

Luka Mrzelj, dipl. biol. (UN)
Vit Kukolja, mag. biol. in ekol. z naravovar.
Diana Marguč, univ. dipl. biol.
mag. Maša Čarf, univ. dipl. biol.
Sani Župec, dipl. ekol. naravov. (UN)
mag. Aljaž Jenič, univ. dipl. biol.
Danilo Puklavec, univ. dipl. biol.
Jernej Košir, dipl. ekol. naravov. (UN)
Ana Celestina, univ. dipl. biol.
Valentina Pernat, mag. biol. in ekol. z naravovar.
Mateja Jamnik, mag. ekol. in biod.
Tina Leskošek, univ. dipl. biol.
Rok Hamzić, univ. dipl. inž. grad.
Bernard Semrajc
Maša Panjan, mag. var. nar.

Slike:

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

Številka:

410-3/2019/7

Datum:

23. 1. 2020

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



Kazalo vsebine

ABSTRACT	9
1. UVOD	10
1.1. Cilji in namen naloge	10
2. TRNAVEC <i>Faxonius limosus</i> R.	12
2.1. Poimenovanje vrste in uvrstitev v sistem.....	12
2.2. Morfološke značilnosti vrste	13
2.3. Biologija vrste	13
2.4. Ekologija vrste	13
2.5. Razširjenost	13
2.6. Poti vnosa	14
2.7. Vpliv na domorodne vrste rib in habitatov	15
2.8. Naravni sovražniki trnavca	15
2.9. Pregled dosedanjih aktivnosti in ukrepov	16
2.10. Ekonomska vrednost vrste	16
2.11. Vplivi trnavca na biotsko raznovrstnost in gospodarstvo	16
3. STARA STRUGA REKE DRAVE	17
3.1. Značilnosti reke Drave	17
4. MATERIALI, METODE IN OPIS OBMOČJA ERADIKACIJE	20
4.1. Materiali	20
4.2. Metode	20
4.2.1. Elektrorakolov (elektroizlov)	23
4.2.2. Vzorčenje z vršami.....	24
4.2.3. Obračanje kamnov / ročno pobiranje	25
4.2.4. Nastavljanje umetnih skrivališč /opek/ zidakov	25
4.2.5. Biometrija	25
4.2.6. Kemijske lastnosti vode v gramoznicah.....	26
4.2.7. Preverjanje prisotnosti račje kuge.....	26
4.2.8. SMRT.....	26
4.2.9. Opis vzorčnih mest	27
1.1.1.1 Gramoznica 1.....	28



1.1.1.2	Gramoznica 2.....	28
1.1.1.3	Gramoznica 3.....	28
1.1.1.4	Gramoznica 4.....	28
1.1.1.5	Gramoznica 5.....	29
1.1.1.6	Gramoznica 6.....	29
1.1.1.7	Gramoznica 7.....	29
1.1.1.8	Gramoznica 8.....	30
1.1.1.9	Gramoznici 9 in 10.....	30
1.1.1.10	Zatok.....	30
1.1.1.11	Kanal 1.....	30
1.1.1.12	Kanal 2.....	30
1.1.1.13	Pregled vodnih površin.....	31
4.2.10.	Izračuni/Statistika.....	31
5.	REZULTATI.....	32
5.1.	Primerjava metod.....	32
5.2.	Populacijske lastnosti.....	32
5.2.1.	Število ujetih osebkov in razmerje med spoloma.....	32
5.3.	Sezonska uspešnost lova.....	35
5.4.	Velikost ujetih osebkov med leti 2017 in 2019 ter levitve.....	35
5.5.	Število ponovno ujetih osebkov.....	38
5.6.	Število ujetih osebkov in razmerje med spoloma po gramoznicah.....	38
5.6.1.	Gramoznica 1.....	38
5.6.2.	Gramoznica 2.....	39
5.6.3.	Gramoznica 3.....	41
5.6.4.	Gramoznica 4.....	41
5.6.5.	Gramoznica 5.....	42
5.6.6.	Gramoznica 6.....	43
5.6.7.	Gramoznica 7.....	44
5.6.8.	Gramoznica 8.....	46
5.6.9.	Zatok.....	48
5.6.10.	Kanal 1, 2 in Gramoznici 9, 10.....	49
5.7.	Preverjanje prisotnosti račje kuge.....	49



6.	DISKUSIJA.....	50
6.1.	Primerjava metod.....	50
6.2.	Populacijske lastnosti	52
6.2.1.	Število in sezonska uspešnost ujetih osebkov.....	52
6.2.2.	Razmerje med spoloma.....	53
6.2.3.	Velikost ujetih osebkov levitve.....	54
6.2.4.	Število ponovno ujetih osebkov	54
6.3.	Preverjanje prisotnosti račje kuge.....	57
7.	SKLEPI IN ZAKLJUČKI	58
8.	LITERATURA.....	59



Kazalo slik

Slika 1: Razširjenost raka trnavca po svetu	14
Slika 2: Razširjenost raka trnavca v Sloveniji, 2019.	15
Slika 3: Leva slika: signalni rak <i>Pacifastacus leniusculus</i> iz Ptujskega jezera, desna slika: izpostavljen kamnomet na območju Rance, Ptujsko jezero.....	17
Slika 4: Pretoki reke Drave na merilnih postajah Ptuj in Borl med 1. 1. in 31. 10. 2019.....	18
Slika 5: Jožefinski kataster, 1784-1785.....	19
Slika 6: Zgornja slika: jez male hidroelektrarne Markovci, spodnja slika: jez Markovci, poplave 6. novembra 2012.....	19
Slika 7: Mrtva riba, ki je bila z močnim tokom zanešena okoli 50 m od Drave	21
Slika 8: Invazivna potujoča trikotničarka na invazivnem severnoameriškem raku trnavcu.....	21
Slika 9: Slika zgoraj levo: poplavljen pot med Zatokom in Gramoznico 1, slika zg. desno: poplavljen pot med gramoznico 4 in gramoznico 6, slika sp. levo: obseg poplav v Gramoznici 2, slika sp. desno: na sliki zgoraj je vidno, kako je velika količina vode drla neposredno iz reke Drave na območje med Gramoznico 1 in Gramoznico 7.....	22
Slika 10: Prikaz vseh obravnavanih vodnih teles v letu 2019, tudi tistih, kjer trnavec ni bil potrjen	23
Slika 11: Na sliki levo: nočni elektroizlov v Gramoznici 7 z baterijskim agregatom, na sliki desno: primer dnevnega elektroizlova po Kanalu 2	24
Slika 12: Na sliki levo je prikazan samec. Na sliki desno je prikazana samica	25
Slika 13: Dokaj velik rak trnavec z vidnimi poškodbami z melanizacijo	26
Slika 14: Prostorska umestitev vseh obravnavanih vodnih teles	27
Slika 15: Prikaz vseh vodnih teles na eradikacijskem območju.....	33
Slika 16: Število ujetih osebkov <i>F. limosus</i> ter razmerje med spoloma na celotnem območju.	34
Slika 17: Razmerje med spoloma ujetih osebkov <i>F. limosus</i> po gramoznicah.	34
Slika 18: Uspešnost izlova osebkov <i>F. limosus</i> za posamezno vodno telo	35
Slika 19: Dolžinsko frekvenčni histogram dolžine glavoprsja z rostrumom ujetih osebkov <i>F. limosus</i> leta 2017 in leta 2018.....	36
Slika 20: Dolžinsko frekvenčni histogram dolžine glavoprsja z rostrumom ujetih osebkov <i>F. limosus</i> leta 2019.....	36
Slika 21: Delež levjenih osebkov glede na velikost glavoprsja z rostrumom v posameznem mesecu.....	37
Slika 22: Mesečni prikaz števila ujetih osebkov <i>F. limosus</i> v Gramoznici 1 in prikazana povprečna mesečna temperatura v času vzorčenja leta 2019	39
Slika 23: Spolna struktura ujetih osebkov <i>F. limosus</i> po mesecih v Gramoznici 1	39
Slika 24: Mesečni prikaz števila ujetih osebkov <i>F. limosus</i> v Gramoznici 2 in prikazana povprečna mesečna temperatura v času vzorčenja leta 2019	40
Slika 25: Spolna struktura ujetih osebkov <i>F. limosus</i> po mesecih v Gramoznici 2	40
Slika 26: Mesečni prikaz števila ujetih osebkov <i>F. limosus</i> v Gramoznici 4 in prikazana povprečna mesečna temperatura v času vzorčenja leta 2019	41
Slika 27: Spolna struktura ujetih osebkov <i>F. limosus</i> po mesecih v Gramoznici 4	42
Slika 28: Mesečni prikaz števila ujetih osebkov <i>F. limosus</i> v Gramoznici 5 in prikazana povprečna mesečna temperatura v času vzorčenja leta 2019	42



Slika 29: Spolna struktura ujetih osebkov <i>F. limosus</i> po mesecih v Gramoznici 5	43
Slika 30: Mesečni prikaz števila ujetih osebkov <i>F. limosus</i> v Gramoznici 6 in prikaz povprečne mesečne temperature v času vzorčenja leta 2019	44
Slika 31: Spolna struktura ujetih osebkov <i>F. limosus</i> po mesecih v Gramoznici 6 leta 2019	44
Slika 32: Mesečni prikaz števila ujetih osebkov <i>F. limosus</i> v Gramoznici 7 in prikazana povprečna mesečna temperatura v času vzorčenja leta 2019	45
Slika 33: Spolna struktura ujetih osebkov <i>F. limosus</i> po mesecih v Gramoznici 7	46
Slika 34: Mesečni prikaz števila ujetih osebkov <i>F. limosus</i> v Gramoznici 8 in prikazana povprečna mesečna temperatura v času vzorčenja leta 2019	47
Slika 35: Spolna struktura ujetih osebkov <i>F. limosus</i> po mesecih na Gramoznici 8	47
Slika 36: Mesečni prikaz števila ujetih osebkov <i>F. limosus</i> v Zatoku in prikazana povprečna mesečna temperatura v času vzorčenja leta 2019	48
Slika 37: Spolna struktura ujetih osebkov <i>F. limosus</i> po mesecih na Zatoku	49
Slika 38: Poškodovan rak z delno regeneriranimi okončinami	57



Kazalo preglednic

Preglednica 1: Klasifikacija in uvrstitev vrste v sistem	12
Preglednica 2: Vsa vodna telesa, katere zadeva naš projekt.	31
Preglednica 3: Število ujetih osebkov po različnih metodah.	32
Preglednica 4: Preglednica ujetih osebkov po spolu v posameznih gramoznicah, brez lova z vršami.	32
Preglednica 5: Prikaz povprečnih vrednosti, mediane in modusa dolžine glavoprsja z rostrumom za ujete osebkove, samce in samice po letih.	36
Preglednica 6: Število jajčec v odvisnosti od dolžine in mase izmerjenih samic <i>F. limosus</i> ujetih v maju. .	37
Preglednica 7: Delež levljenih osebkov po mesecih.	37
Preglednica 8: Število označenih in ponovno ujetih samcev.	38
Preglednica 9: Preverjanje račje kuge.	49
Preglednica 10: Podatki o prisotnosti raka trnavca za posamezno državo	63
Preglednica 11: Povzetek metod, ki se uporabljajo za odkrivanje in zatiranje invazivnih vrst rakov.	66



ABSTRACT

A substantial population with various body length size classes of invasive Spiny Cheek Crayfish (*Faxonius limosus*) was observed in Slovenia in gravel pits near Drava River. So far, this is the only known location of the species in Slovenia. Within the Life IP project (Life 17 IPE/SI/000011) the Fisheries Research Institute of Slovenia is implementing spiny-cheek crayfish eradication to prevent the spread of the population to Dravinja River where the Natura 2000 native qualifying species Stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) is present. Control measures consist of electro-fishing, crayfish trapping, manual capturing of specimens (turning stones, inspecting burrows) and setting artificial hiding places. Fieldwork was performed during daytime and night-time. Every collected specimen was sexed, weighed and measured. Females and juvenile males were humanely killed while sexually mature males were marked and released back. We captured a total of 2353 specimens during May and November 2019. 1195 of the captured specimens were females and 1096 were males, while 62 individuals were not sexed. The sex ratio between males and females was 1:1,9, respectively. In total, 707 males were marked and released, 90 of them were recaptured, no overland migrations between gravel pits were observed. Laboratory test confirmed the crayfish plague (*Aphanomyces astaci*) in the Slovenian population of spiny-cheek crayfish.



1. UVOD

Leta 2015 je bil v gramoznicah ob Dravi odkrit severnoameriški sladkovodni rak trnavec (*Faxonius limosus*). Najdena je bila številčna populacija z osebki različnih velikostnih razredov (Govedič in sod., 2015). Kako je prišel v gramoznice, ni znano. Glede na dejstvo, da se lokacija najdbe trnavca v Sloveniji nahaja 300 km gor vodno od območja razširjenosti na Hrvaškem v narodnem parku Kopački rit (Maguire in sod., 2003), 250 km dol vodno od območja razširjenosti v Avstriji v Belem jezeru (Weinländer in sod., 2019) in 107 km zračne razdalje od območja razširjenosti v Blatnem jezeru na Madžarskem (Sepros in sod., 2018), Govedič (2017) sklepa, da gre za namerno naselitev. Do danes je to edina lokacija najdbe trnavcev v Sloveniji.

Evropska komisija je 13. julija 2016 sprejela Izvedbeno uredbo Komisije (EU) 2016/1141 o sprejetju seznama invazivnih tujerodnih vrst, ki zadevajo Unijo. Izvedbena uredba je stopila v veljavo 3. avgusta 2016. Drugič je bil seznam vrst razširjen in spremenjen 25. julija 2019 z Izvedbeno uredbo Komisije (EU) 2019/1262 o spremembi Izvedbene uredbe (EU) 2016/1141 z namenom posodobitve seznama invazivnih tujerodnih vrst, ki zadevajo Unijo, z veljavnostjo od 15. avgusta 2019 dalje. Za vse vrste, ki so na seznamu Unije, veljajo najstrožji ukrepi za preprečitev širjenja. Vse te vrste je prepovedano: vnašati v Unijo, razmnoževati, gojiti, prevažati, kupovati, prodajati, uporabljati, izmenjevati, posedovati ali jih izpustiti v okolje (Kus Venvlieet in Venvlieet, 2016).

Uredba je namenjena blaženju posledic vpliva tujerodnih vrst, ki povzročajo škodo biotski raznovrstnosti. Gre za tiste vrste, s katerimi je bilo s podrobnimi presojami tveganja ugotovljeno, da imajo izrazito negativne vplive in je zanje smiselno uvesti najstrožje ukrepe na ravni Evropske unije (Thuja, spletna stran, <http://www.tujerodne-vrste.info>).

Trnavec je kot invazivna tujerodna vrsta uvrščen na seznam Uredbe Komisije (EU) 2016/1141. Naturalizirane populacije te vrste zaradi medvrstne kompeticije in plenilstva ter prenašanja različnih sevov povzročitelja bolezni ti. račje kuge resno ogrožajo populacije domorodnih vrst rakov. Gramoznice, ki jih naseljuje trnavec, se nahajajo v bližini izlivnega dela Dravinje. V porečju Dravinje je prisotna tudi domorodna varstveno prioriteta vrsta rak koščak (*Austropotamobius torrentium*). Potencialna razširitev trnavca v Dravinjo predstavlja veliko grožnjo koščaku, zato je ključnega pomena čim hitrejšo ukrepanje z intenzivnim odstranjevanjem osebkov za preprečevanje razširjanja trnavca na območju reke Drave. Ker gre po do sedaj znanih podatkih najverjetneje zaenkrat še za ozko lokalizirano populacijo, ob hitrem ukrepanju še obstaja možnost preprečevanja širjenja, zato je Zavod za ribištvo Slovenije (v nadaljevanju ZZRS) v letu 2017 pričel z izvajanjem ukrepov na območju razširjenosti.

1.1. Cilji in namen naloge

Cilj akcije je zmanjšanje populacije ter s tem omejevanje aktivnega razširjanja invazivne tujerodne vrste (trnavec) v Natura 2000 območje Dravinja s pritoki, kjer je kvalifikacijska vrsta koščak, z intenzivnim odstranjevanjem osebkov. Gre za intenzivno terensko delo, ki zahteva uporabo kombinacije različnih metod; izlovov z vršami, izlovov z elektroagregati, ročnim pobiranjem osebkov. Terensko delo se izvaja v obdobju aktivnosti vrste, to je od maja do oktobra vsako leto, v odvisnosti od vremenskih razmer.





2. TRNAVEC *Faxonius limosus* R.

2.1. Poimenovanje vrste in uvrstitev v sistem

Rak trnavec, znanstveno poimenovan *Faxonius limosus* (Rafinesque, 1817), je do nedavnega spadal v rod *Orconectes*. Tekom filogenetskih in biometričnih raziskav je bilo ugotovljeno, da je rod *Orconectes* sestavljen iz dveh specifičnih skupin. Iz skupine »jamskih potočnih rakov«, ki so monofiletski in so bolj sorodni predstavnikom iz rodu *Cambarus* ter skupino »površinskih potočnih rakov«, katerih predstavniki so bolj sorodni vrstam iz rodov *Barbicambarus*, *Creaserinus* in drugim vrstam rodu *Cambarus*. Vrsta *Orconectes inermis* (Cope, 1872), po kateri so poimenovali rod *Orconectes* (t.j. species typica), spada v skupino »jamskih potočnih rakov«, zato se rodovno ime *Orconectes* sedaj uporablja izključno za jamske vrste. Vsi površinski predstavniki po novem spadajo v znova obujen rod *Faxonius* (Ortman, 1905), ki velja za najstarejše še nezasedeno ime, ki je bilo predhodno uveljavljeno za sinonim rodu *Orconectes* (Crandall in De Grave, 2017). Prvo poimenovanje rodu *Faxonius* je podal Ortman že leta 1905. V ta rod spada približno 95 vrst (Crandall in De Grave, 2017), ki poseljujejo ZDA in Kanado. Species typica tega rodu pa je prav trnavec, ki predstavlja eno izmed glavnih invazivnih vrst v Evropi.

Preglednica 1: Klasifikacija in uvrstitev vrste v sistem.

Znanstvena klasifikacija		
Klasifikacija	Latinsko	Slovensko
Kraljestvo	Animalia	Živali
Deblo	Arthropoda	Členonožci
Poddeblo	Crustacea	Raki
Razred	Malacostraca	Višji raki
Red	Decapoda	Raki deseteronožci
Družina	Cambaridae	Cambaridae
Rod	<i>Faxonius</i>	Faxonius
Vrsta	<i>Faxonius limosus</i>	trnavec

V znanstvenih publikacijah je za trnavca, zaradi nedavnega preimenovanja, zaenkrat še vedno pogosto uporabljeno staro znanstveno poimenovanje vrste *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) zasledili pa smo tudi uporabo obeh rodovnih imen, t.j. *Orconectes (Faxonius) limosus*.

Imena vrste trnavec v nekaterih drugih jezikih (Keith in sod., 2001):

- angleško: spiny cheek crayfish (tudi: spiny cheek crawfish),
- češko: rak pruhovaný,
- francosko: écrevisse américaine,
- nemško: Kamberkrebs,
- italijansko: gambero americano,
- nizozemsko: amerikaanse rivierkreeft,
- poljsko: rak pregowany,
- rusko: polosaty rak.



2.2. Morfološke značilnosti vrste

Trnavec je manjši rak, ki zraste do 12 cm. Telo je svetlo rjavo, temno rjavo ali olivno zeleno obarvano. Na zgornji strani trebušnih segmentov in na njihovih stranskih izrastkih so rdeče proge. Na straneh sprednjega dela koša so številni trni (od tod ime vrste), preostali del koša je razmeroma gladek. Koš trupa se na hrbtu ne stika. Na konicah škarij imajo oranžne lise, ki so bolj izrazite pri mladih osebkih (Kus Venvlieet, 2013).

2.3. Biologija vrste

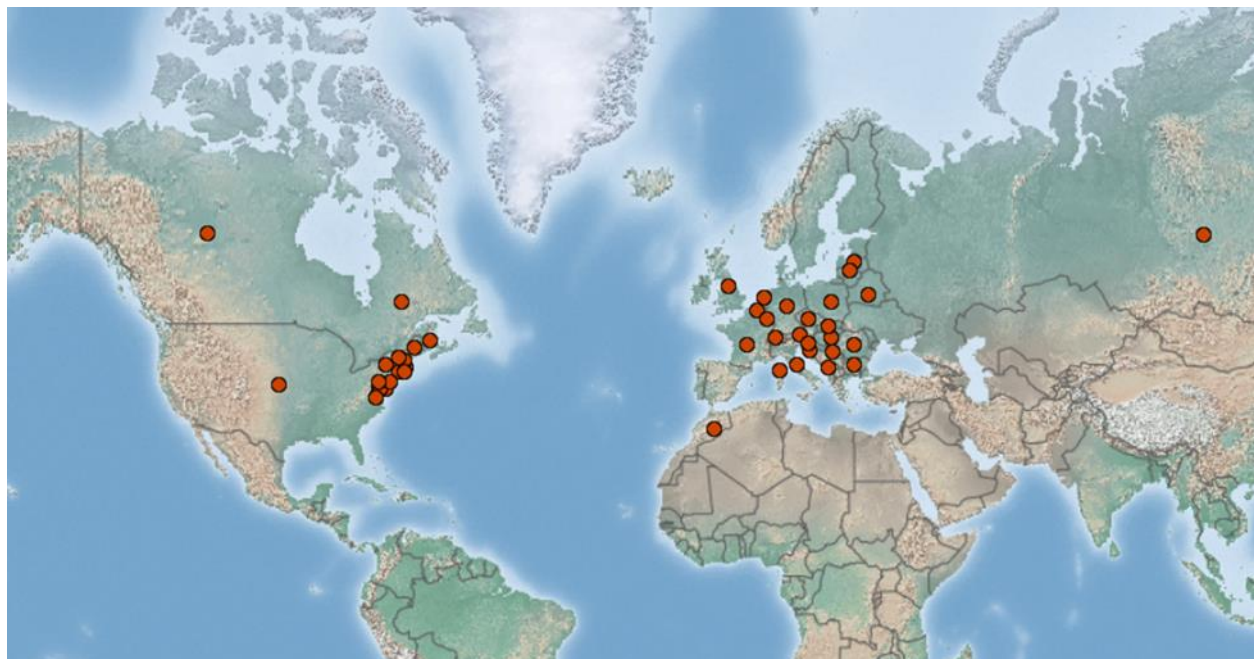
Parjenje poteka jeseni, vendar samica v tem času še ne izleže jajčec. Samčeve spermatofore nosi v posebni votlini na ventralnem delu telesa (*annulus ventralis*), s čimer zadrži nadaljnji razvoj. Ko se spomladi vodno okolje ogreje, se njihov razmnoževalni cikel nadaljuje. V tem obdobju pride do oploditve jajčec (Burič, 2009). V nekaterih populacijah širom sveta so bila opažena tudi spomladanska parjenja. Trnavec spolno dozori v drugem letu svojega življenja, med 15. in 16. mesecem. Nekateri hitro rastoči posamezniki lahko spolno dozori že koncem prvega leta, ko dosežejo totalno telesno velikost 40–50 mm (Kozak in sod., 2015). Povprečna življenjska doba je dve leti, nekateri osebki pa lahko živijo tudi do 4 leta (Aldridge, 2016). Pri tej vrsti je dokazana tudi sposobnost fakultativne apomiktične partenogeneze (deviškorodnost), kadar v okolju primanjkuje samcev oziroma okoljske razmere to pogojujejo (Burič in sod., 2011). Za trnavca je značilno, da se na nekaterih področjih lahko pari dvakrat letno - jeseni in spomladi. Spomladi se načeloma pari samice, katere se niso uspele pariti jeseni. Opazili pa so paritvene pare tudi že tekom zime. Znano je tudi več očetovstvo, kar pomeni, da se oba spola parita večkrat in z različnimi osebki nasprotnega spola (Holdich in Black, 2007; Burič in sod., 2013).

2.4. Ekologija vrste

Trnavec naseljuje nižinske reke, potoke in kanale, pa tudi ribnike in jezera. Ponekod ga najdemo tudi v brakičnih vodah (Kus Venvlieet, 2013). Odrasli osebki so tolerantni na nizke temperature, sušne razmere in onesnaženja. V račinah, izkopanih v brežine, lahko v stanju dormance preživijo sušna obdobja (Aldridge, 2016). V primeru izsušitve lahko krajše obdobje preživijo tudi na kopnem. Je vsejed, še posebej pomembne v njegovi prehrani so vodne rastline in ribje ikre (Kus Venvlieet, 2013).

2.5. Razširjenost

Vrsta naravno poseljuje severovzhodni del Severne Amerike. Tujerodna vrsta je bila prvič vnesena v Evropo na Poljsko leta 1890, od koder se je z namernimi vnosi ter širjenjem po vodotokih razširila po številnih državah Evrope. Danes na območju, kjer je tujerodna, poseljuje Avstrijo, Belorusijo, Belgijo, Bolgarijo, Češko, Črno goro, Hrvaško, Francijo, Italijo, Latvijo, Litvo, Luksemburg, Madžarsko, Nemčijo, Nizozemsko, Poljsko, Romunijo, Rusko federacijo (samo Kaliningrajska Oblast), Srbijo, Slovaško, Slovenijo, Švico in Združeno kraljestvo. V Severni Ameriki je vrsta invazivna v nekaterih zveznih državah ZDA in Kanadi, zabeležili so jo celo v Severni Afriki, in sicer v Maroku (IUCN, 2019). Natančnejši zapis pojavljanja je prikazan na Sliki 1 in v Prilogi 1.



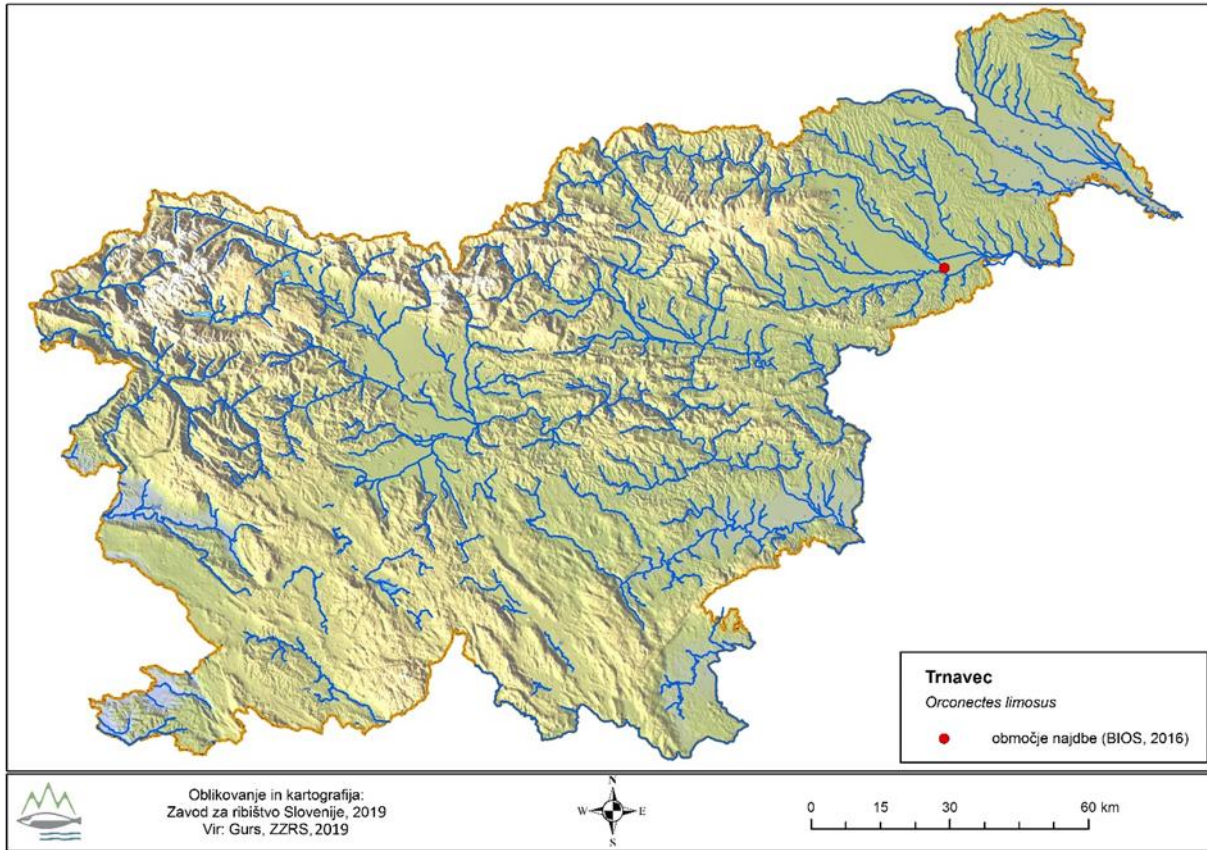
Slika 1: Razširjenost raka trnavca po svetu.

2.6. Poti vnosa

Trnavec je prva načrtno vnešena tujerodna vrsta raka. Leta 1890 so v ribnik Barnowko na zahodu Poljske naselili 90 osebkov iz Severne Amerike (Filipova in sod., 2011). Sledile so sekundarne introdukcije v Nemčiji ter na Poljskem in v Franciji z namenom nadomestitve izgub domorodnih jelševcev (*Astacus astacus*), ki so podlegli račji kugi *Aphanomyces astaci* (Holdich in Black, 2007). Iz mest vnosa se je trnavec širil tako spontano kot tudi nenamerno npr. z ribiškimi mrežami (Holdich, 2006) in z vlaganji rib ali namerno kot vaba, z izpusti in pobegi iz akvarijev (Holdich in Black, 2007), zabeleženi pa so tudi pobegi modelnih organizmov vključenih v raziskave (Tricarico in Aquiloni, 2016).

Na podlagi genetskih analiz se v Evropi nahajata le dva haplotipa *F. limosus* (haplotip A1 in haplotip A4) od do sedaj znanih 19 haplotipov. Med seboj se ločita le v eni mutaciji, zaradi česar je verjetno, da so vsi predstavniki trnavcev v Evropi potomci prvotnih 90 osebkov (Filipova in sod., 2011).

Leta 2004 je bila vrsta zabeležena na Hrvaškem, kamor se je razširila z Madžarske po reki Donavi. Širjenje se nadaljuje gorvodno po reki Dravi (Kus Venvlieet, 2013). Leta 2015 je bil odkrit v gramoznicah ob Dravi. Najdena je bila številčna populacija, z osebki različnih velikostnih razredov (Govedič in sod., 2015). Kako je prišel v gramoznice, ni znano. Glede na dejstvo, da se lokacija najdbe trnavca v Sloveniji nahaja 300 km gorvodno od območja razširjenosti na Hrvaškem v narodnem parku Kopački rit (Maguire in sod., 2003), 250 km dolvodno od območja razširjenosti v Avstriji v Belem jezeru (Weinländer in sod., 2019) in 107 km zračne razdalje od območja razširjenosti v Blatnem jezeru na Madžarskem (Sepros in sod., 2018) Govedič (2017) sklepa, da gre za namerno naselitev. Do danes je to edina lokacija najdbe trnavcev v Sloveniji.



Slika 2: Razširjenost raka trnavca v Sloveniji, 2019.

2.7. Vpliv na domorodne vrste rib in habitatov

Sodi med invazivne vrste in na področju njegove alohtone razširjenosti predstavlja grožnjo tako domorodnim vrstam kot tudi ekosistemom (Alridge, 2016). Gre za vrsto z visokim reprodukcijskim potencialom, sposobnostjo hitrega širjenja in za zelo prilagodljivega vsejeda. V primeru razširitve v okolja poseljena z domorodnimi vrstami zaradi medvrstne kompeticije pričakujemo negativni vpliv na domorodne vrste rakov. Poleg tega je trnavec prenašalec povzročitelja račje kuge (Holdich in Black, 2007).

2.8. Naravni sovražniki trnavca

Za trnavca je značilno, da ob preteči nevarnosti plenjenja spodvije svoj zadek in široko razpre škarje, s čimer postane navidezno večji in težje ulovljiv plen. Naprej obrnjeni trni, ki jih ima na obeh straneh in špičast rostrum na začetku glavoprsja, plenilcem otežujejo prehranjevanje z njim (Holdich in Black, 2007).

Med najučinkovitejše plenilce trnavca po Holdichu in Blacku (2007) spadajo: navadni ostriž (*Perca fluviatilis*), ščuka (*Esox lucius*), smuč (*Sander lucioperca*), jegulja (*Anguilla* sp.), menek (*Lota lota*), linj (*Tinca tinca*), rdečeočka (*Rutilus rutilus*), rdečeperka (*Scardinius erythrophthalmus*), gambuzija (*Gambusia affinis*), ameriški somiči (*Ameiurus nebulosus* in *A. melas*), poleg teh pa še po IUCN (2019): som (*Silurus glanis*), liska (*Fulica atra*), navadna vidra (*Lutra lutra*), navadni krap (*Cyprinus carpio*) ter ameriški mink (*Neovison vison*).



Kjer so gostote trnavca večje, pogosto prihaja do kanibalizma. Najpogosteje se z majhnimi juvenilnimi osebkami prehranjujejo odrasli samci (Vojkowska in sod., 2014).

2.9. Pregled dosedanjih aktivnosti in ukrepov

Gramoznice se nahajajo na območju stare struge Drave pod Ptujskim jezerom. V okviru projekta LIFE+ projekt LIVEDRAVA (LIFE11 NAT/SI/882) so bile te gramoznice povezane tako med seboj kot tudi stalno z reko Dravo. Trnavec je bil v Sloveniji prvič opažen v gramoznicah ob reki Dravi leta 2015. Najdena je bila številčna populacija, z različnimi velikostnimi razredi (Govedič in sod., 2015). V letu 2017 je ZZRS pričel z izvajanjem ukrepov za obvladovanje in preprečevanje širjenja populacije. Ta aktivnost se trenutno nadaljuje v okviru tega LIFE projekta. Do danes je to edina znana lokacija trnavca v Sloveniji.

2.10. Ekonomska vrednost vrste

Čeprav je trnavec pogosta in splošno razširjena vrsta sladkovodnih rakov in se ga lahko uporablja za človeško prehrano (Hamr, 2002), ga v komercialne namene ne vzrejajo iz dveh razlogov:

- v mnogih evropskih državah velja za značilno vrsto evtrofičnih ali onesnaženih voda,
- je precej manjša vrsta od evropske vrste jelševca ali nekaterih drugih severnoameriških vrst, npr. signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) ali močvirskega škarjarja (*Procambarus clarkii*) (Hamr, 2002; Holdich in sod., 2006).

2.11. Vplivi trnavca na biotsko raznovrstnost in gospodarstvo

Trnavec je zunaj naravne razširjenosti invaziven zaradi dobre prilagodljivosti na različne razmere v okolju (fizikalno-kemijski parametri). Zaradi široke ekološke valence nima težav pri izbiri habitatov (generalist). Je izrazit r strateg z visokim reproduktivnim potencialom in hitro rastjo. Samice imajo sposobnost apomiktične partenogeneze, kar še dodatno pripomore k večji kompeticijski sposobnosti. Je prehranski oportunist, zato običajno nima težav pri iskanju virov hrane. Zaradi teh lastnosti negativno vpliva na okolje, kar se odraža v spremembi trofičnih nivojev, ekosistema, habitatov, s tem pa posledično ogroža avtohtone vrste in zmanjšuje naravno biotsko raznovrstnost. Zaradi prenosa bolezni (glivne, virusne in bakterijske okužbe), medvrstne kompeticije in vloge plenilca so ti vplivi še toliko večji. Prav tako vpliva tudi na spremembo hidrologije, kar lahko vodi v poškodbe infrastrukture. Negativen vpliv ima tudi na ribogojstvo in ribištvo. Vnos trnavca izven območja naravne razširjenosti je lahko posledica naključnega, namernega in nezakonitega mednarodnega vnosa. Nadzor in preprečevanje širjenja sta zahtevna in predstavljata velik finančni zalogaj.

3. STARA STRUGA REKE DRAVE

3.1. Značilnosti reke Drave

Reka Drava je četrti največji pritok reke Donave in spada v črnomoško povodje. Izvira v severni Italiji (1450 m nadmorske višine) in teče preko Avstrije v Slovenijo. Svojo pot nadaljuje po Hrvaškem in je nekaj časa tudi mejna reka z Madžarsko. V spodnjem toku se izlije v Donavo na meji Hrvaške s Srbijo (81 m nadmorske višine) blizu Osijeka (Kopački rit). Skupna dolžina reke Drave znaša kar 719 km (Hudina in sod., 2009). Za reko Dravo je značilen alpski snežni režim, kar pomeni, da ima največ vode v strugi v obdobju taljenja snega v njenem zgornjem delu (Avstrija), drugi višek vode se pojavlja v jeseni (Frantar, 2005).

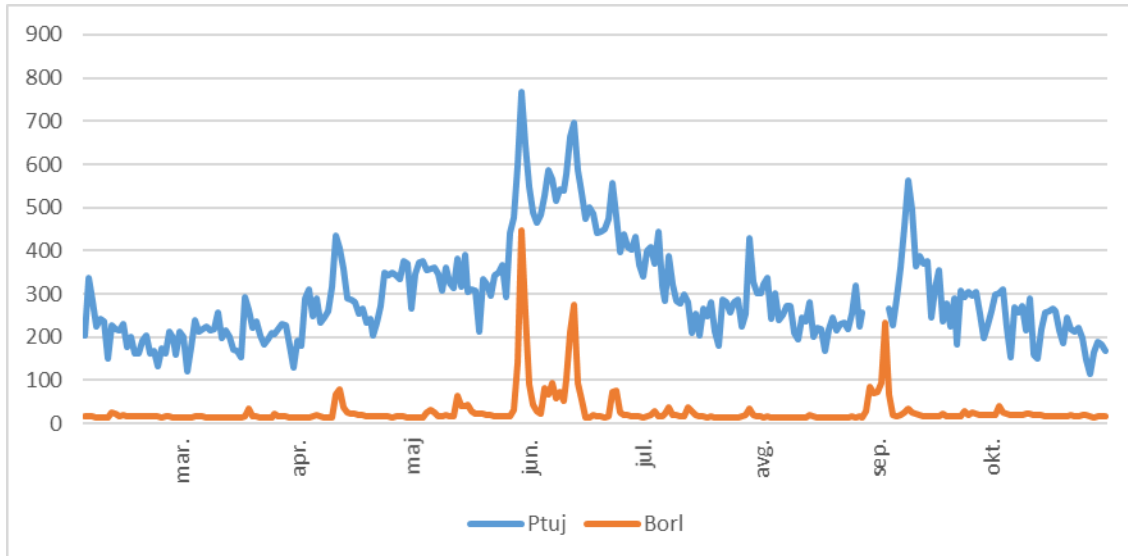
Reka Drava je energetska močno izkoriščena, predvsem v zgornjem toku. Spodnji tok reke je močno preoblikovan s protipoplavnimi nasipi in drugimi ureditvami struge. Kljub temu je predvsem na spodnjem in srednjem delu reke še vedno dokaj velika vrstna pestrost z nekaj endemičnimi vrstami. V reki na območju Hrvaške sicer živita dve avtohtoni vrsti rakov: **jelšavec**, ki prevladuje v zgornjem delu, in **ozkoškarjevec** (*Astacus leptodactylus*), ki prevladuje predvsem v spodnjem delu reke (Hudina in sod., 2009). Ozkoškarjevec v slovenskem delu Drave ni prisoten. V porečju Drave v Sloveniji pa se nahajata dve avtohtoni vrsti: **navadni koščak** in **jelšavec**. V Sloveniji Dravo poseljujeta tudi dve invazivni vrsti rakov. Nad Ptujskim jezerom se nahaja **signalni rak** (Govedič in Vrezec, 2018), ki se z leti širi dolvodno po reki Dravi. V gramoznicah pod Ptujskim jezerom pa je prisoten tudi **trnavec** (Govedič, 2017).



Slika 3: Leva slika: Signalni rak *Pacifastacus leniusculus* iz Ptujskega jezera (5830 m zračne razdalje od najdbe do Gramoznice 2). Desna slika: Izpostavljen kamnomet na območju Rance, Ptujsko jezero, v času sanacije jezera, ko je gladina vode hitro upadla in izpostavila za invazivne vrste rakov zelo potencialen habitat (vir: Vit Kukulja, 30. 8. 2019 ob 10:57).



Energetsko izkoriščanje reke Drave se je začelo po prvi svetovni vojni, ko je leta 1918 pričela obratovati prva elektrarna na Fali. Do danes je na reki Dravi zgrajenih 22 elektrarn. V Avstriji, na južnem Tirolskem, je zgrajena derivacijska elektrarna z velikim padcem, ostalih 21 si sledi v neprekinjeni verigi. V Avstriji jih je 10, v Sloveniji 8, na Hrvaškem pa 3. Drava ima v Sloveniji značilnosti nižinske reke, padec na celotnem odseku znaša 148,3 m. Del poti v Sloveniji teče po ozki rečni dolini, kjer je 6 elektrarn grajenih kot rečne stopnje z relativno majhnimi akumulacijskimi bazeni (Roškar, 2012).

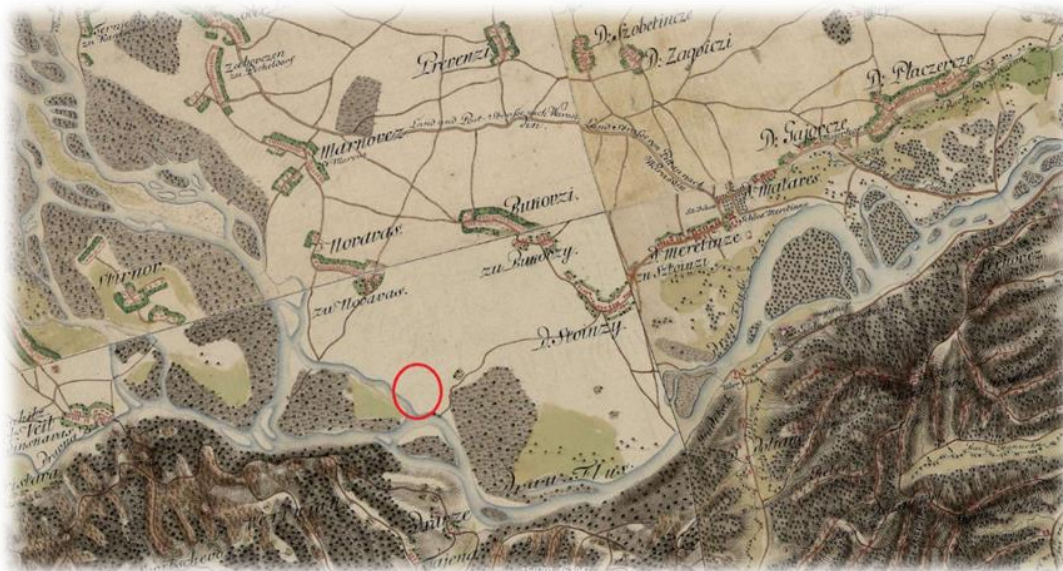


Slika 4: Pretoki reke Drave na merilnih postajah Ptuj in Borl med 1. 1. in 31. 10. 2019. V obdobju med 29. 8 in 3. 9. ni podatkov na merilni postaji Ptuj zaradi praznjenja in vzdrževanja akumulacijskega jezera Ptuj (vir: ARSO). Modro obarvana krivulja predstavlja pretok reke Drave na merilni postaji Ptuj, oranžno obarvana pa pretok na merilni postaji Borl. Razlika v pretokih je tako velika zaradi odvajanja vode v kanal hidroelektrarne Formin pred jezom v Markovcih, ki leži pod merilno postajo Ptuj in nad merilno postajo Borl.

Elektrarna Formin, dograjena leta 1978, je zasnovana kot kanalska elektrarna. Izkorišča 29 m padec med Ptujem in državno mejo s Hrvaško. Z zaježitvijo reke Drave z jezom v Markovcih je nastalo največje slovensko umetno jezero dolžine 7 km in površine 346 ha, imenovano Ptujsko jezero. Jez v Markovcih ima prepustno sposobnost 4200 m³/s. V desnem delu jeza obratuje mala hidroelektrarna, s čimer se izkorišča tudi biološki minimum, ki ga spuščajo v staro strugo reke Drave, ki trenutno znaša 10 m³/s poleti in 5 m³/s pozimi (Dravske Elektrarne Maribor, 2019).

V preteklosti, preden so reko Dravo regulirali (zadnja HE v verigi na območju Slovenije je bila HE Formin, dokončana leta 1978) in njeno vodo v večji meri namenili proizvodnji električne energije, je območje našega projekta v celoti ležalo v strugi reke Drave, kar dokazujejo tudi stare Habsburške karte narejene med leti 1784 in 1887.

Iz starejših pisnih in fotografskih virov lahko sklepamo, da so gramoznice, katere zadeva naš projekt nastale po regulaciji reke Drave (po letu 1978) z nastankom Ptujškega jezera in odvodnjavanjem vode za potrebe HE Formin.



Slika 5: Jožefinski kataster, 1784-1785 (vir: <https://mapire.eu/de/map/europe-18century-firstsurvey/?layers=163%2C165&bbox=1469319.679515493%2C5595795.633500167%2C2044737.6284463%2C5962693.3692690125>). Z rdečim krogom je označeno območje raziskave.



Slika 6: Zgornja slika: Jez male hidroelektrarne Markovci (foto: ZZRS). Spodnja slika: Jez Markovci, poplave 6. novembra 2012 (vir: svetovni splet: <https://www.delo.si/novice/slovenija/poplave-2012-avstriji-tozijo-slovenija-se-nic.html>).



4. MATERIALI, METODE IN OPIS OBMOČJA ERADIKACIJE

4.1. Materiali

Za potrebe uspešnega terenskega dela smo potrebovali naslednje pripomočke:

- vodoodporne ribiške škornje in čevlje (Simms G3),
- gumijaste rokavice,
- polaroidna očala (delo podnevi),
- pokrivalo in zaščita pred soncem in insekti,
- svetilke (Led Lenser H14R.2 in Led Lenser P7R) (delo ponoči),
- bencinski agregat (Hans Grassl ELT60II GI Honda GXV50) z lovno palico z mrežo,
- baterijski agregat (Hans Grassl IG200-2) z lovno palico z mrežo,
- vedra za zbiranje osebkov,
- digitalno kljunasto merilo,
- tehtnica (sprva 1 g natančnosti, nato 0,01 g natančnosti),
- Ecocid S (Krka d.d.) za razkuževanje opreme,
- oprema za določanje kemijskih lastnosti vode HACH HQ 40d Multi,
- vodoobstojni markerji,
- prenosni GPS (Garmin GPSMAP 64SX),
- fotoaparati (Olympus Tough TG-5),
- vrše: črne okrogle (dolžina 60 cm, $\phi=30$ cm; odprtina: 13x16 cm) in zelene kupolaste (dolžina 70 cm, širina 45 cm, višina 25 cm; odprtina 18x15 cm).

4.2. Metode

Terene izlova trnavca smo na območju njegove potencialne razširjenosti izvajali med majem in novembrom 2019. Pogostost terenov je bila odvisna od vremenskih razmer in vodostaja reke Drave. V mesecu maju smo se osredotočili na lov samic z jajčeci, s kombinacijo različnih metod (obračanje kamnov, lov z mrežico, seganjem z roko v račine ...). Ko se je aktivnost rakov povečala, smo pričeli z elekroizlovom.

Konec avgusta in začetek septembra (od 29. 8. do 3. 9. 2019) so Dravske elektrarne praznile Ptujsko jezero, ki se nahaja gorvodno od proučevanih gramoznic. Zaradi sanacije in vzdrževalnih del so na Ptujskem jezeru morali znižati njegovo gladino. V času praznjenja je gladina jezera upadala za približno 20 cm na uro. To je imelo za posledico velik dvig pretoka in gladine Drave dolvodno od jezov Markovci, skozi katerega je odtekala voda iz jezera. Zaradi kratkotrajnega dviga vodostaja in kasneje hitrega odtekanja vode so nekatere ribe ostale ujete v depresijah v obrečnem prostoru (Slika 7). Povišan vodostaj in pretok sta verjetno vplivala tudi na premeščanje trnavca, ki je v normalnih razmerah dokaj omejen na območje gramoznic.



Slika 7: Mrtva riba, ki je bila z močnim tokom zanešana okoli 50 m od Drave (foto: Vit Kukulja, 6. 9. 2019 ob 9:15).

V mesecu septembru izvajanje terenskega dela zaradi omejenega dostopa, kalnosti in visokega vodostaja ni bilo mogoče (Slika 9). Prav tako je gladina vode močno narasla zaradi povečane precipitacije tudi v mesecu novembru. V tem mesecu smo izvedli samo en teren, na katerem smo bili zaradi visokega vodostaja in kalnosti vode neuspešni.



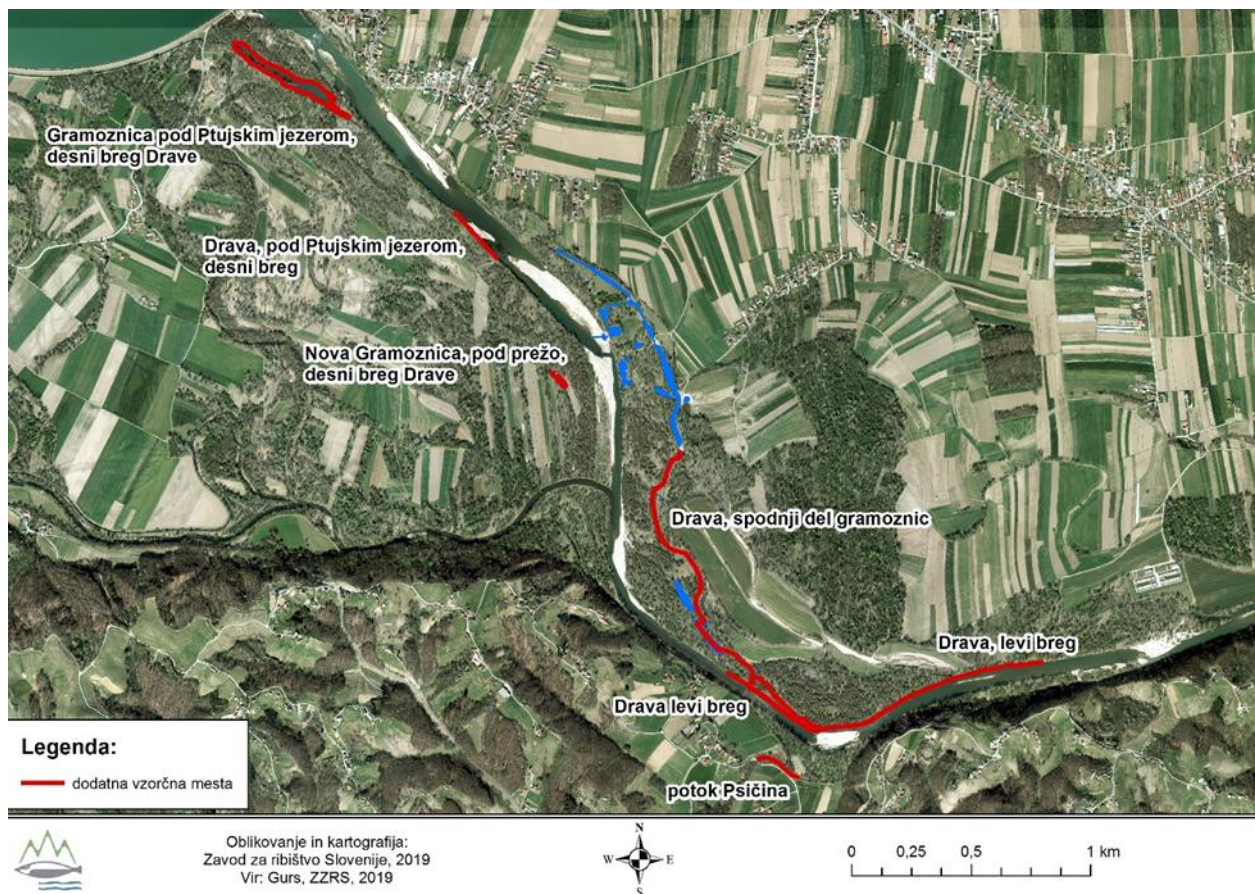
Slika 8: Invazivna potujoča trikotničarka (sicer avtohtona na območju Kaspijskega morja) na invazivnem severnoameriškem raku trnavcu (foto: ZZRS).



Slika 9: Slika zgoraj levo: Poplavljen pot med Zatokom in Gramoznico 1, ki je sicer kak meter nad gladino Drave (foto: Vit Kukolja, 30. 8. 2019 ob 13:45). Slika zg. desno: Poplavljen pot med Gramoznico 4 in Gramoznico 6 (foto: Vit Kukolja, 30. 8. 2019 ob 13:57). Slika sp. levo: Na fotografiji zgoraj je lepo viden obseg poplav v Gramoznici 2 (foto: Vit Kukolja, 6. 9. 2019 ob 9:55). Slika sp. desno: na sliki zgoraj je vidno, kako je velika količina vode drla neposredno iz reke Drave na območje med Gramoznico 1 in Gramoznico 7 (foto: Vit Kukolja, 6. 9. 2019 ob 9:15).

Terensko delo smo izvajali v dnevnem in tudi v nočnem času. Ker je trnavec v večji meri nočno aktivna žival, katere aktivnost se začne povečevati ob sončnem zahodu (Kozak in sod., 2015), smo menili, da bo lov uspešnejši v nočnem času. Pregled območja gramoznic smo izvedli s kombinacijo elektroizlova, lova z vršami, z metodo obračanja kamnov (ročni lov osebkov) in nastavljanjem umetnih skrivališč (zidakov). Slednja metoda je bila uporabljena zgolj kot pomoč ostalim metodam (metodi obračanja kamnov in elektroizlovu).

Poleg intenzivnega pregledovanja gramoznic, kjer je bila prisotnost vrste že potrjena, smo občasno z elektroizlovom in metodo obračanja kamnov preverjali tudi levi in desni breg Drave ob gramoznicah, staro strugo reke Drave pod Gramoznico 6 do pridružitve z matično strugo ter izliv Dravinje v Dravo in spodnji tok Dravinje, izliv reke Pščine v Dravo ter območje krajinskega parka Šturmovci (Slika 10).



Slika 10: Prikaz vseh obravnavanih vodnih teles v letu 2019, tudi tistih, kjer trnavec ni bil potrjen, vendar se nam je zdelo smiselno opraviti raziskavo.

4.2.1. Elektrorakolov (elektroizlov)

Elektrorakolov smo izvajali z uporabo nahrbtnih agregatov (Slika 11). Elektroribolov je standardna metoda za vzorčenje rib, katere 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 dobra metoda za detekcijo osebkov. Metodo elektroribolova, ki se uporablja za vzorčenje rib, smo prilagodili za lov rakov. Z razliko od elektroribolova smo pri elektrorakolovu postopek izvajali mnogo počasneje kot običajno in z manjšimi tokovi.

Elektroizlov smo izvajali s pomočjo nahrbtnih agregatov. Večinoma smo uporabljali bencinske agregate serije Hans Grassl ELT60II GI HONDA GXV50, občasno pa tudi baterijski agregat (IG200/2C).

Posamezno vzorčenje z elektroizlovom je predstavljal en obhod posamezne gramoznice z izbranim elektroagregatom. Zabeležili smo si tudi čas začetka in čas konca vzorčenja. Pri posameznih vzorčenjih smo na GPS-u imeli vklopljeno funkcijo beleženja sledi. Na popisne liste smo zabeležili tudi vzorčevalca. Tekom leta smo protokol iztlavljanja dopolnjevali z novimi vsebinami na podlagi izkušenj in spoznanj. Tako sta recimo na začetku leta v okviru enega vzorčenja lahko iztlavljala tudi dva vzorčevalca, proti koncu lovne sezone pa smo z novimi popisnimi listi, ki se navezujejo na posamezno lokaliteto, to ločili v dve vzorčenji. Torej v primeru, da sta bila v gramoznici dva vzorčevalca (vsak s svojim agregatom), je ulov vsakega izmed



njih predstavljal svoje vzorčenje. S tem si bomo v naslednjem letu zagotovili večjo primerljivost med vzorčevalci in lažjo oceno vloženega napora v posamezno vzorčenje.

Med vzorčenjem smo uporabljali zaščitno opremo, nepremočljive ribiške škornje ter zaščitne gumijaste rokavice, ki so nas varovale pred električnim tokom. Podnevi smo zaradi boljše vidljivosti uporabljali polarizacijska očala. V poletnih mesecih smo se posluževali tudi pokrival in krem, ki so nas varovale pred sončnimi opeklinami. Za nočni lov smo uporabili dobra svetila, s pomočjo katerih smo se gibali po zahtevnem terenu in lažje opazili bežeče in omamljene rake. V nočnem času smo občasno uporabili tudi repelente, s katerimi smo se zaščitili pred piki komarjev in ostalimi insekti, ki se zaradi osvetlitve zaletavali v oko, kar je onemogočalo delo. Zaradi zahtevne podlage in brežine smo vzorčenja izvajali v paru, kjer je ena oseba vzorčila, druga je zaradi varnosti in pomoči hodila zraven. Oseba, ki je spremljala vzorčevalca, mu je pomagala tudi z nošenjem ujetih rakov, vzorčevalca je opozarjala na rake, ki jih sam ni opazil, lahko mu je dodatno osvetljevala okolico, največjo vlogo pa je odigrala v primeru, ko je imel vzorčevalec zaradi teže agregata težave z ugrezanjem v podlago. Elektroizlov smo izvajali ob brežinah ter po plitvejših delih gramoznic, kjer je bilo brodenje še varno. Globlji deli gramoznic so bili z nahrbtnimi agregati nedostopni, za ta območja smo se poslužili drugih metod - vrše.



Slika 11: Na sliki levo: Nočni elektroizlov v Gramoznici 7 z baterijskim agregatom. Na sliki desno: Primer dnevnega elektroizlova po Kanalu 2.

4.2.2. Vzorčenje z vršami

Na območjih, kjer je bila voda pregloboka za izvajanje elektroribolova, smo nastavili vrše. Od tega je bila večina vrš črnih okroglih, nastavili pa smo tudi zelene kvadratne vrše. Kot vabo smo uporabili ribje brikete (BioMar, World class fish feed). Vrše smo v vodi pustili eno lovno noč in jih naslednje jutro pobrali. Eno vzorčenje je v tem primeru predstavljal ulov ene vrše. Prav tako kot pri elektroizlovu smo zabeležili datum in čas postavitve in pobiranja vrš ter GPS koordinate lokacije in globino vode, kamor smo vršo postavili. Z vršami smo iztlavljali v Gramoznicah 1 in 7, kjer so globoki deli najmanj dostopni.

Lov z vršami je metoda, s katero je eradikacija vrste mogoča le v primeru uporabe v kombinaciji z drugimi metodami. Vrše so velikostno selektivne, kar pomeni, da se vanje lovijo samo večji raki. Obenem je

dokazano tudi, da manjši osebki ne vstopajo v vrše, v katerih so že ujeti večji osebki (Stebbing in sod., 2012).

4.2.3. Obračanje kamnov / ročno pobiranje

V plitvejših delih gramoznic smo obračali kamne in z rokami ali pa s pomočjo male akvarijske mrežice lovili spodaj skrivajoče se rake. Na ta način smo ulovili tudi kar nekaj juvenilnih osebkov. S to metodo lahko vzorčimo na mestih, kjer globina vode ne presega dolžine roke vzorčevalca.

4.2.4. Nastavljanje umetnih skrivališč /opek/ zidakov

V Gramoznicah 1, 6 ter 8 smo postavili tudi nekaj zidakov, ki so zaradi svojih odprtih predstavljali nadomestna skrivališča za rake (ekološke pasti), kar nam je olajšalo dostopnost do rakov. Ko smo prišli do zidakov, smo jih dvignili iz vode in stresli v mrežico loparja za elektroizlov, v katero smo ulovili rake. Postavitev nadomestnih skrivališč nam je olajšala lov osebkov z metodo lova z roko in elektroizlova.

4.2.5. Biometrija

Po končanem posameznem vzorčenju smo vsem rakom določili spol. Spol se pri raku trnavcu določi s pomočjo primarnega in sekundarnega pleopoda. Če sta ta dva pleopoda podaljšana in segata proti abdomnu, je osebek samec (podaljšani pleopodi se imenujejo gonopodi); če sta odsotna, gre za samico (Slika 12). Samica se od samca loči tudi po Annulus ventralis, to je na trebušni strani ležeča odprtina, skozi katere samica shrani samčeve spermatofore (Kozák in sod., 2015).



Slika 12: Na sliki levo je prikazan samec. Na sliki desno je prikazana samica.

Vsakemu osebku posebej smo s pomočjo digitalnega kljunastega merila določili dolžino glavoprsja z rostrumom (CLR; angleško Cephalothorax, iz grških besed glava (κεφαλή, kephalé) in oprsje (θώραξ, thórax) na 0,01 mm natančno. Dolžino glavoprsja z rostrumom merimo od konice rostruma do začetka zadka.

Osebkom smo določili tudi maso, sprva na 1 g nato pa na 0,01 g natančno. Ostalih biometričnih znakov nismo merili na vseh osebkih. Pomerili smo le manjše število samic. Podatki meritev pa nam bodo morda v prihodnjih letih prišli prav pri različnih primerjavah.



V začetnem obdobju (maja) smo odstranjevali tako samce kot tudi samice. Z julijem, ko se je pričelo bolj intenzivno odstranjevanje vrste, pa smo samce, katerih CLR je bil večji od 20 mm, označili in spustili nazaj. Označevali smo jih s kodo, ki je bila sestavljena iz črke in številke. Črka je predstavljala gramoznico, v kateri je bil osebek ujet, številka pa zaporedno številko ujetih samcev. Označevali smo jih z neinvazivno metodo, s srebrnim markerjem (Edding 780 creative). Glede na to, da se raki pogosto levijo, seveda ta metoda ni bila dolgotrajna. Označene osebkke smo vrnili nazaj v izvorno gramoznico. Za vsako gramoznico smo si izbrali mesto izpusta, ki je bilo čez celo leto isto. To nam bi omogočilo opazovanje gibanja rakov znotraj posamezne gramoznice.

4.2.6. Kemijske lastnosti vode v gramoznicah

Kemijske lastnosti vode smo na terenu preverjali s terenskim kompletom HACH HQ 40d Multi, s pomočjo katerega 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 ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Meritve smo vedno opravili na istem mestu, pri čimer smo izbirali senčne lokacije, da smo se izognili napaki višje nasičenosti vode s kisikom zaradi večje intenzivnosti fotosinteze.

4.2.7. Preverjanje prisotnosti račje kuge

Invazivne vrste rakov so poleg kompeticije za naše avtohtone vrste rakov nevarne še zaradi prenašanja račje kuge. Pet osebkov smo preventivno dali na laboratorijsko analizo za prisotnost račje kuge. Dotične osebkke smo vzorčili v septembru. Za analizo smo izbrali 3 samice in 2 samca različnih velikosti (Preglednica 9). Dva osebka sta iz Gramoznice 7, ter po en osebek iz Zatoka, Gramoznice 5 in Gramoznice 4. Samec iz Gramoznice 5 je imel vidne melanizacije in poškodbe, ki so pogost pokazatelj prisotnosti račje kuge. Analizo so izvedli na Veterinarski fakulteti, Univerze v Ljubljani.



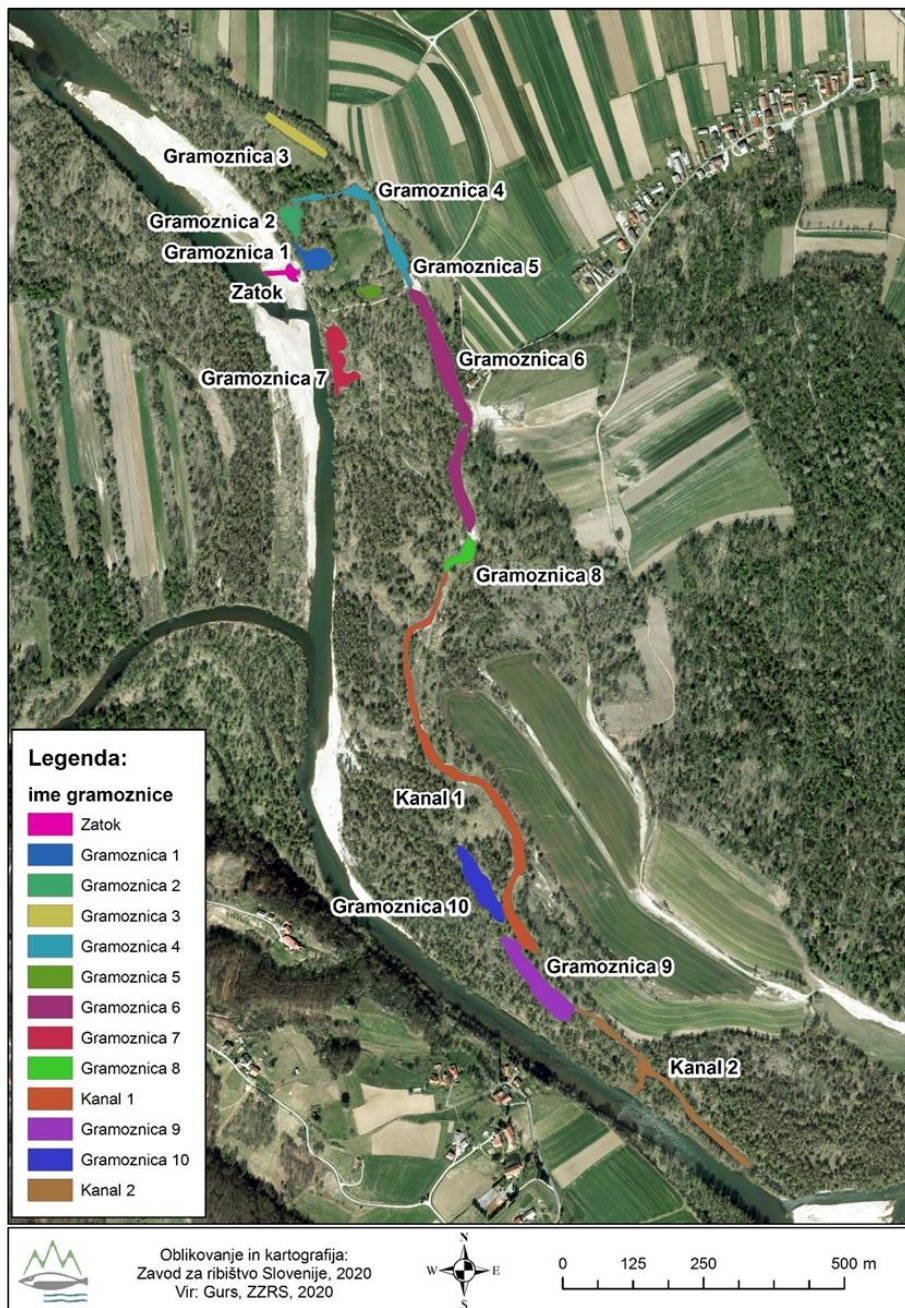
Slika 13: Dokaj velik rak travec z vidnimi poškodbami z melanizacijo, ki je lahko posledica okužbe z glivo (foto: ZZRS, 2019).

4.2.8. SMRT

Metode SMRT (Sterile Male Release Technique – tehnika spuščanja sterilnih samcev) se nismo posluževali. Predvsem zaradi kratke življenjske dobe, sposobnosti fakultativne partenogeneze in tveganja pri transportu živih osebkov.

4.2.9. Opis vzorčnih mest

Obravnavane gramoznice ležijo na levem bregu reke Drave, na območju nekdanje struge. Najbližje naselje je Nova vas pri Markovcih, večina ozemlja pa leži v katastrski občini Bukovci. Po pregledu starih kart lahko sklepamo, da je na tem območju nekoč bila večja razlivna površina s številnimi rokavi reke Drave, na območju Gramoznice 1 pa je pred veliko leti deloval celo mlin.



Slika 14: Prostorska umestitev vseh obravnavanih vodnih teles. Vsaka barva predstavlja enoto.



1.1.1.1 Gramoznica 1

Gramoznica 1 je edina vodna površina z neposrednim stikom z reko Dravo, preko Zatoka. Sama gramoznica je srednje osenčena, njen južni del je strmejši in globlji in zgrajen iz večjih prodnikov. Proti vzhodu postaja brežina vse bolj položna in zamuljena, na skrajnem vzhodnem delu je večji sestoj rogoza (*Typha* sp.) in trstičja, v katerem je prisotna tudi invazivna rastlinska vrsta oljna bučka (*Echinocystis lobata*). Na temu delu gramoznice je zaradi pogrezanja in goste vegetacije izlov najtežji. Severni rob gramoznice zaraščajo drevesa, pod katerimi so v dveh terasicah razporejeni prodniki, ki so v običajnem vodostaju na kopnem. Omočene površine so zamuljene in poraščene s trstjem, ki trnavcem predstavlja dobre možnosti za skrivališča. Do gramoznice največkrat dostopamo z zahodnega brega, tik ob zatoku. Tukaj je gramoznica plitvejša, njeno dno pa je večinoma sestavljeno iz srednje velikih prodnikov. Na tem vstopnem mestu imamo postavljene 3 opeke za pasti. Običajno se po gramoznici gibamo v nasprotni smeri urinega kazalca.

1.1.1.2 Gramoznica 2

Gramoznica 2 se nahaja približno 15 m severno od Gramoznice 1. Za njo je značilno, da je velikokrat z vodo povezana z Gramoznico 1, saj ju povezuje nizek, delno napolnjen kanal/preliv, v katerem so velikokrat prisotni raki trnavci in postrance (*Amphipoda*). Kadar je višina reke Drave in Gramoznice 1 nizka, sta Gramoznica 2 in preliv ločena od vodnega sistema, njena gladina pa je nižja od prve. Vzhodni del gramoznice je osončen, prodnat, s položnim padcem in relativno plitek (do 1 m). Na severovzhodnem delu gramoznica prehaja v preliv, ki je del Gramoznice 4. V času rahlo visokih vod je sistem povezan, sicer ne. Severni rob gramoznice je od vzhoda prodnat, nato se strmec brežine proti zahodu povečuje in na dnu je več blata. Severozahodni del gramoznice naseljujejo nežice (*Cobitis* sp.), katerih je na tem predelu več kot na ostalih mestih. Zahodna brežina je strma in globoka. Pod to točko je v gramoznici več poškodovanih betonskih konstrukcij, kar povečuje število potencialnih prebivališč in skrivališč za trnavca, to pa dodatno otežuje lov. Proti jugu od ribolovne točke se brežina še vedno dokaj strmo spušča v vodo, dno tukaj pa je zelo mehko in zamuljeno. Na južnem robu je največja pokrovnost dreves, zaradi strmin in drseče površine kot tudi mehkega roba in vejevja je lov na tem območju otežen.

1.1.1.3 Gramoznica 3

Gramoznica 3 je najbolj osenčeno in z makrofiti najbolj poseljeno vodno telo v območju. Leži severozahodno od Gramoznice 4 in je kot slepo črevo, ki ni v stalni povezavi s sistemom spodaj. Dno gramoznice je zelo mehko, podlaga je globok mulj, kar v kombinaciji z zelo gostim sestojem vodnih rastlin skoraj onemogoča elektroizlov. Brežine so položne, dostop do gramoznice pa je zaradi okoliških dreves in grmovja zelo otežen. V letu 2019 smo gramoznico obiskali dvakrat in trnavca nismo potrdili, tako da verjetno ostaja to vodno telo brez raka. Rakov na tem območju verjetno ni zaradi izoliranosti od ostalih gramoznic v času normalnega vodostaja. Ko pa so ti vodostaji povišani, voda teče iz smeri, kjer raki še niso prisotni.

1.1.1.4 Gramoznica 4

Gramoznica 4 se nahaja na vzhodnem robu stare struge reke Drave, njen vzhodni rob predstavlja stičišče s teraso. Brežina tukaj je strma in senčna, dno je mešanica mulja, blata in proda. Proti severu je vodno telo vse bolj ozko, brežina vse bolj strma, dno pa blatno. Na zahodni strani je brežina položna in predvsem



zamuljena in blatna. Na tem delu je veliko vodnih rastlin, ki proti jugu prehajajo v gost, strnjen sestoje rogoza. Na jugu gramoznice je postavljena zaščita proti visokim vodam, ki deluje tudi kot neke vrste jez za Gramoznico 4, sestoji pa iz večjih betonskih konstrukcij. Skozi to pregrado voda v nadzorovanem spustu zapušča Gramoznico 4 in kadar ni veliko vode, ponikne v prodišče. Ob veliki vodi pa je povezana z nižje ležečo Gramoznico 6.

Preliv je del Gramoznice 4 in se začne na severovzhodnem robu Gramoznice 2 in poteka generalno v smeri proti vzhodu, kjer v neki točki doseže dravsko teraso in ob njej nadaljuje pot proti jugovzhodu v Gramoznico 4. V prvem delu je to zelo senčen prostor, ki ni stalno napolnjen z vodo. Velikokrat je ta del le zaporedje večjih in manjših prodnatih luž v širini do 5 m, v katerih pa živi veliko postranic, hroščev iz družine kozakov (*Dityscidae*) in hrbotplovk (*Notonectidae*). Ko preliv doseže teraso, se dno iz prodnatega spremeni v muljasto, od te točke dalje pa po vsej dolžini raste veliko rogoza. Voda je plitva, zaradi ozkega prehoda in goste vegetacije je vzorčenje z elektroagregati oteženo. Na nekaj mestih se preliv razširi, dno pa ostaja predvsem muljasto.

1.1.1.5 Gramoznica 5

To je najbolj senčna gramoznica, po obliki zelo podobna elipsoidu. Dostop do gramoznice je zaradi bližine ceste lahek. Na jugu je brežina položna, dno je na sredini precej mehko, blatno, z veliko gnijočega lesa. Proti vzhodu postaja dno bolj prodnato s posameznimi večjimi kamni, voda je plitva, dno v plitvejših delih poraščajo makrofiti. Vzhodni rob je srednje strm, dno je prodnato. Severni rob je težek za lov, saj je brežina zelo strma, poraščena, dno pa sestoji iz velikih kamnov z veliko vmesnega prostora. Zahodna brežina je podobna vzhodni, le da se tukaj strmina nadaljuje tudi v vodo, ni plitvine, kot je na vzhodni polovici gramoznice. Na tem odseku je tudi delno ločena mlaka, kjer je voda hladnejša – dotok podtalnice.

1.1.1.6 Gramoznica 6

To je po dolžni najdaljša gramoznica. Na skrajnem severnem delu v njo priteka voda iz Gramoznice 4 (pod površino kadar je gladina Drave nizka). Na tem severnem delu je voda plitva, brežine so položne. V poletnih mesecih je bilo na gladini prisotno veliko perifitona, ki je zmanjšal vidljivost pri elektroizlovu. V zgornjem delu gramoznice je prisotno veliko makrofitov. Vzhodni del gramoznice podobno kot pri Gramoznici 4 omejuje terasa, brežina tukaj je zaraščena in srednje strma, dno je prodnato. Proti jugu se gramoznica na drugi tretjini zoža, smer brežine pa se spremeni iz jugovzhod na jugozahod. Brežina tukaj ostaja strma in poraščena, dno se pa v položnem strmecu spušča proti središču vodnega telesa. Dno je prodnato, zbito, z malo skrivališči. Voda je bila tukaj večinoma prosojna, makrofitov je malo. Na jugu doseže Gramoznica 6 območje preliva. Tukaj je dno položno, plitvo. Dostop je zaradi bližine ceste lahek. Proti severu je zahodna brežina srednje strma, vodni rob je poraščen z nizkim rastlinjem, vodno dno je položno, prodnato z malo skrivališči.

1.1.1.7 Gramoznica 7

Po obliki je to najbolj členjeno vodno telo, ki daje vtis, da sestoji iz treh nekdanjih ločenih, sedaj povezanih gramoznic. Do Gramoznice 7 dostopamo ali iz severne ali iz vzhodne smeri. Na severnem robu je brežina položna, dno je drobno prodnato. V tem delu, kadar Drava prestopi bregove, polni Gramoznico 7. Proti zahodu je brežina zaradi strmine in poraščenosti kot tudi globine vode in mehkega dna nedostopna. V tem



delu je lov z električno nemogoč. Naša lovna pot vedno poteka od severa po vzhodnem robu, kjer je brežina položnejša, voda pa ni tako globoka. Samo dno je prodnato s srednje velikim padcem. V severnem delu gramoznice je več plavajočega in gnijočega lesa. Celoten vzhodni rob gramoznice je zelo razčlenjen, s prvinami, ki delujejo kot majhni zalivčki in rti. V območju teh zalivčkov so skoraj vedno prisotni večji sestoji makrofitov, dno na teh območjih je mehko, muljasto. Na območju rtičkov je dno plitvo, plitvina pa se nadaljuje do zahodnega brega. Te plitvine sedmico razdelijo na tri večja, globlja območja. Na prehodu iz globine v plitvine je velika gostota makrofitov. Dno tukaj je prodnato, z večjim številom kamnov in skal.

1.1.1.8 Gramoznica 8

Ta gramoznica je poglobljen in razširjen del struge, kjer tok izgubi lastnosti vodotoka in se voda umiri v stoječe vodno telo. Kanal 1 prihaja v Gramoznico 8 na severnem delu vodnega telesa, zapusti pa jo na jugozahodnem delu. Osenčenost je močna po celotnem robu, še najbolj pa po zahodnem. Brežine so terasaste z močno zatrativjivo, na vzhodnem robu je precej ribjih skrivališč. Voda je globoka do 1,75 m, večinoma dobro prosojna z veliko ribami in posameznimi podrtimi drevesi, ki predstavljajo dobra skrivališča. Dno je prodnato, le na jugu sta na dnu mulj in blato. Zahodni rob je strmejši, dno pa prodnato. Makrofiti so najpogostejši v južnem delu vodne površine. Na severnem robu je ozek kanal, preko katerega je Gramoznica 8 povezana z Gramoznico 6.

1.1.1.9 Gramoznici 9 in 10

Obe vodni telesi sta povezani s sistemom Kanala 1, ki preko Gramoznice 9 prehaja v nižje ležeči Kanal 2. Tudi gramoznici sta med seboj povezani s približno 2 m široko povezavo. Voda v teh gramoznicah je prosojna, makrofitov je več na južnem in vzhodnem delu. Dno je enakomerno nagnjeno proti središču, večinoma prodnato, le na zahodnem delu Gramoznice 9 in vzhodnem delu Gramoznice 10 je več mulja in blata. V Gramoznici 10 je večji sestoj trstičja na vzhodnem robu. Brežine so položne, okolica je dokaj gosto poraščena z drevjem.

1.1.1.10 Zatok

Zatok predstavlja stično točko med gramoznicami in reko Dravo. Nastal je leta 2015 v okviru projekta LIVEDRAVA z namenom boljše povezave mrtvic in gramoznic z matično strugo reke Drave. Čeprav je vzpostavitev pretočnosti dobra za domorodne vrste, na nek način predstavlja tveganje za širjenje populacije trnavca v reko Dravo. Sam Zatok predstavlja jarek, vkopan v strugo reke, širok med meter in pol in dva metra, globok do 1 m, tako da voda lahko prehaja med strugo in gramoznicami. V času visokih voda je celotna stara struga poplavljen vključno z mostičkom, ki prečka Zatok.

1.1.1.11 Kanal 1

Kanal 1 je najdaljša enota eradikacijskega področja. Voda tukaj teče relativno počasi, kanal pa daje videz potoka z več tolmunji, nekateri so tudi pregloboki za elektroizlov. Dno je večinoma prodnato, redko muljasto, brežine so delno poraščene. Kanal 1 teče v smeri sever – jug, začne se v Gramoznici 8, zaključi pa se v Gramoznici 9.

1.1.1.12 Kanal 2

Ta del predstavlja našo najbolj južno in vzhodno točko lova. Svojo pot začne na JV robu Gramoznice 9.



Okolica je gosto poraščena z drevjem, največ je vrb (*Salix* sp.) in jelš (*Alnus* sp.), nekaj tudi topola (*Populus* sp.). Dno je kamnito, celoten kanal pa, podobno kot Kanal 1, daje videz počasi tekočega potoka, vendar tukaj z manj tolmoni. Brežine so položne, dostop je dokaj enostaven. Smer toka je izrazito SZ proti JV. Kanal 2 je neposredno povezan z reko Dravo na svojem skrajnem JV koncu.

1.1.1.13 Pregled vodnih površin

V spodnji preglednici so navedena imena posameznih vodnih teles, njihova površina, obseg in koordinate centroida.

Preglednica 2: V spodnji preglednici so navedena vsa vodna telesa, katere zadeva naš projekt. Vsaka vodna površina ima izmerjen obseg, površino in določene centroidne koordinate.

IME GRAMOZICE	POVRŠINA [m ²]	OBSEG [m]	GKY	GKX
Zatok	821,8	170	573049	137224
Gramoznica 1	1963,8	209	573099	137251
Gramoznica 2	1528,1	178	573059	137320
Gramoznica 3	2259,1	284	573067	137469
Gramoznica 4	3741,8	674	573222	137307
Gramoznica 5	721,3	117	573199	137192
Gramoznica 6	10179,5	975	573353	136996
Gramoznica 7	3286,1	353	573143	137072
Gramoznica 8	1397,4	191	573362	136724
Kanal 1	10875,7	1647	573393	136320
Gramoznica 9	5517,8	428	573497	135965
Gramoznica 10	4068,1	342	573393	136139
Kanal 2	5231,1	997	573726	135784

4.2.10. Izračuni/Statistika

Terenske podatke smo s popisnih listov vnesli v Biološko zbirko podatkov Zavoda za ribištvo Slovenije (BIOS, ZZRS, 2019). Do podatkov smo nato dostopali preko programa MS Access. Za pridobivanje podatkov iz GPS naprave ter njihov pregled smo uporabljali program Base Camp znamke Garmin.

Pridobljene podatke smo s pomočjo Excel programa grafično prikazali. Za prikaz razmerja med spoloma smo izračunali delež posameznega spola. Uspešnost ulova pa smo izračunali po sledeči enačbi:

$$\text{Uspešnost ulova} = \frac{\text{Število ujetih osebkov}}{\text{Število opravljenih vzorčenj}}$$

Za vsak mesec posebej smo število ujetih osebkov delili s številom izvedenih vzorčenj tistega meseca v preučevani gramoznici. Prav tako smo po zgoraj navedeni enačbi izračunali faktor številčnosti osebkov v posamezni gramoznici za celotno lovno sezono samo za metodo elektroizova. Ker smo v vrše ujeli le en sam osebek, lova z vršami nismo upoštevali. Dobljene vrednosti smo uporabili za grafični prikaz.



5. REZULTATI

5.1. Primerjava metod

Rake smo izhlavljali s kombinacijo treh različnih metod. Lovili smo jih s pastmi (vršami), z roko ali mrežico, kot najbolj učinkovita in uporabljena metoda pa se je izkazal elektroizlov. Z vršami smo lovili rake v Gramoznici 1 in Gramoznici 7. Na sredino Gramoznice 1 smo čez noč postavili 9 vrš. Ulovili nismo nobenega raka. V Gramoznico 7 smo postavili 4 vrše, ujel se je le en odrasel samec (Preglednica 3).

Lov z rokami je bil izveden predvsem v plitvinah, na kamnitih delih gramoznic in na delih, ki rakom omogočajo kopanje račin. S to metodo smo ujeli 91 osebkov v 18 vzorčenjih.

Najpogosteje uporabljena metoda je bila metoda elektroizlova. S to metodo smo skupno opravili 221 vzorčenj, v katerih smo ujeli 2261 osebkov (Preglednica 3).

Preglednica 3: Število ujetih osebkov po različnih metodah.

Metoda	Število osebkov	Število vzorčenj
Vrša za rake - črna okrogla	1	13
Nabiranje ali lov z roko	91	18
Nahrbtni agregat elektroizlov	2261	221
Skupaj	2353	252

5.2. Populacijske lastnosti

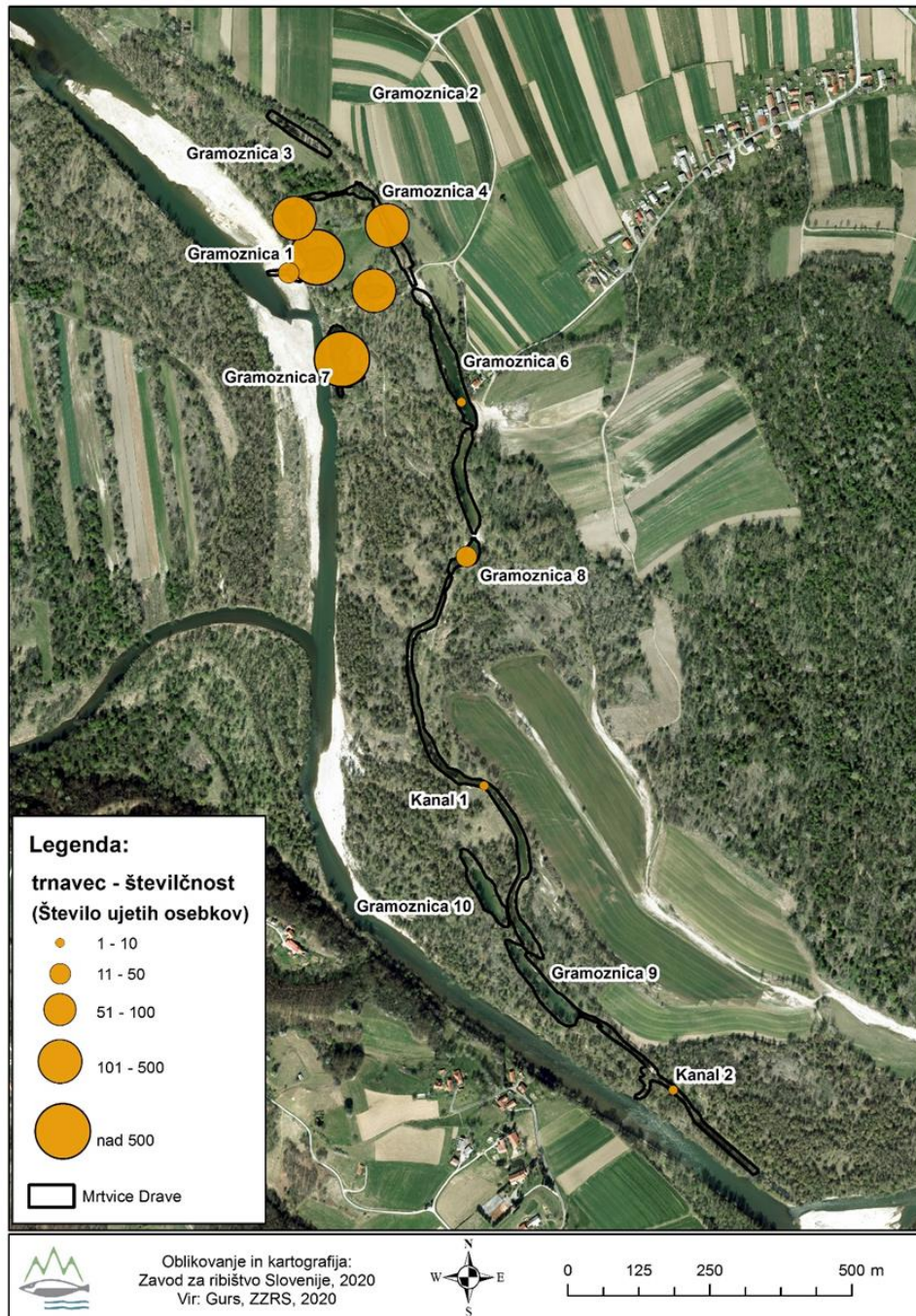
5.2.1. Število ujetih osebkov in razmerje med spoloma

V letu 2019 smo od maja do konca oktobra v vseh gramoznicah skupaj ujeli 2353 osebkov. Od tega je bilo 1195 samic in 1096 samcev, 62 osebkov nismo določili spola (Slika 16).

Preglednica 4: Preglednica ujetih osebkov po spolu v posameznih gramoznicah brez lova z vršami.

Ime lokacije	Samice	Samci	Nedoločeno	Razmerje (M:F)	Število vzorčenj	Faktor uspešnosti izlova
Gramoznica 1	275	310	5	1,1 : 1	41	14.39
Gramoznica 2	171	182	13	1,1 : 1	36	10.17
Gramoznica 4	120	106	7	0,9 : 1	30	7.77
Gramoznica 5	178	189	13	1,1 : 1	39	9.74
Gramoznica 6	2	8	0	4,0 : 1	11	0.91
Gramoznica 7	412	274	24	0,7 : 1	41	17.31
Gramoznica 8	10	3	0	0,3 : 1	11	1.18
Kanal 1	0	1	0	1 : 1	3	0.33
Kanal 2	1	0	0	0 : 1	3	0.33
Zatok	26	23	0	0,9 : 1	21	2.33
Skupaj (vseh 2353)	1195	1096	62	1 : 1,09	236	6,44

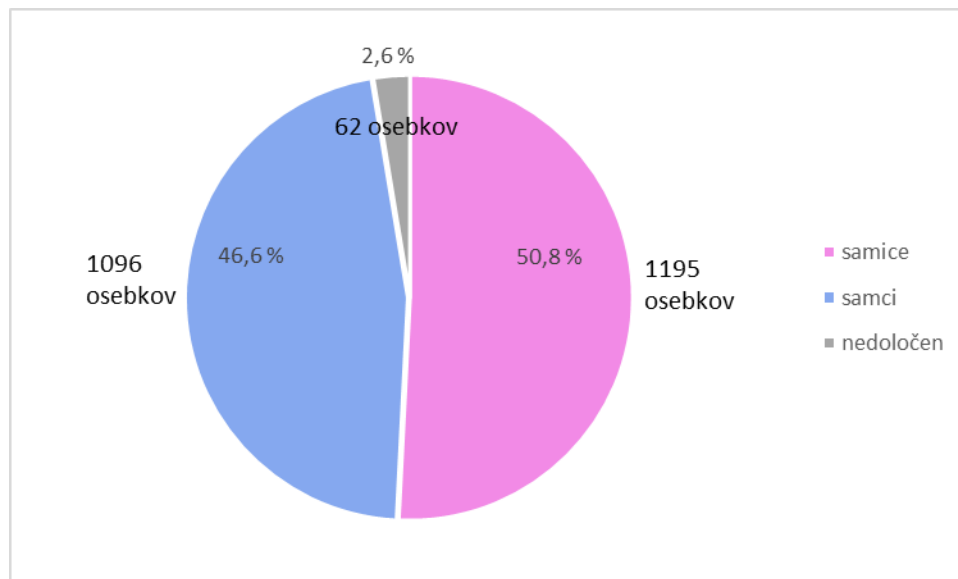
V Gramoznicah 1 in 7 smo ujeli nad 500 osebkov. Po številu ujetih osebkov (101-500) sledijo Gramoznice 2, 4 in 5. Od 11-50 osebkov smo ujeli v Zatok in Gramoznici 8. V Kanalu 1, Kanalu 2 in Gramoznici 6 smo ujeli do 10 osebkov (Slika 15).



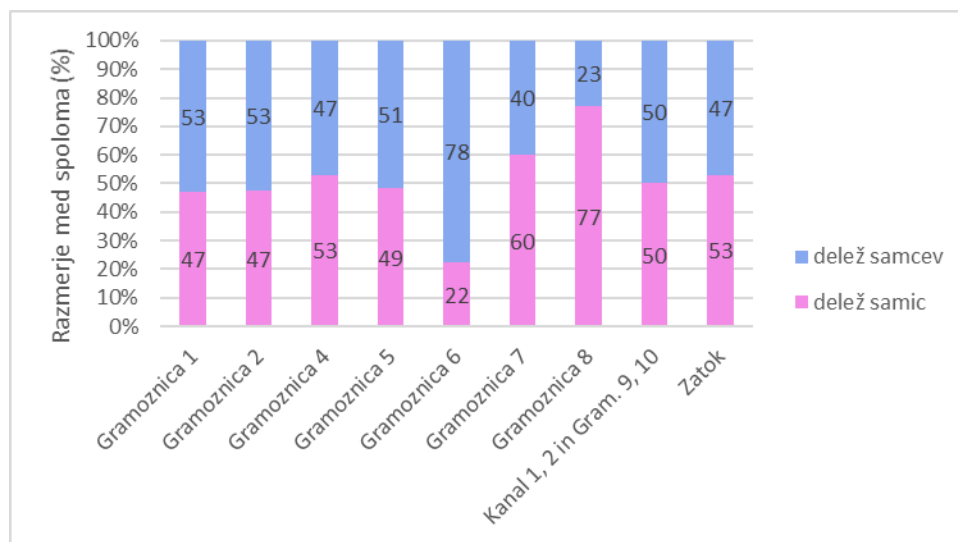
Slika 15: Prikaz vseh vodnih teles na eradikacijskem območju. Velikost krogov ustreza številu ujetih osebkov trnavca *F. limosus*.



V obdobju lovne sezone 2019 smo na območju vseh gramoznic ulovili 50,8 % samic, 46,6 % samcev, 2,6 % populacije pa spola nismo določili (Slika 16). Vsi osebkovi z nedoločenim spolom so bili juvenilni osebkovi. To pa ne pomeni, da vsem juvenilnim osebkom nismo določili spola. Če razmerje med spoloma pogledamo podrobneje po posameznih gramoznicah, se izkaže, da je v večini gramoznic razmerje med spoloma blizu 1:1. Izstopajo Gramoznica 6, kjer je delež v prid samcem ter Gramoznici 7 in 8, kjer večji delež predstavljajo samice. V analizah nismo upoštevali, da so bili nekateri izmed samcev ujeti večkrat.



Slika 16: Število ujetih osebkov *F. limosus* ter razmerje med spoloma na celotnem območju eradikacije.



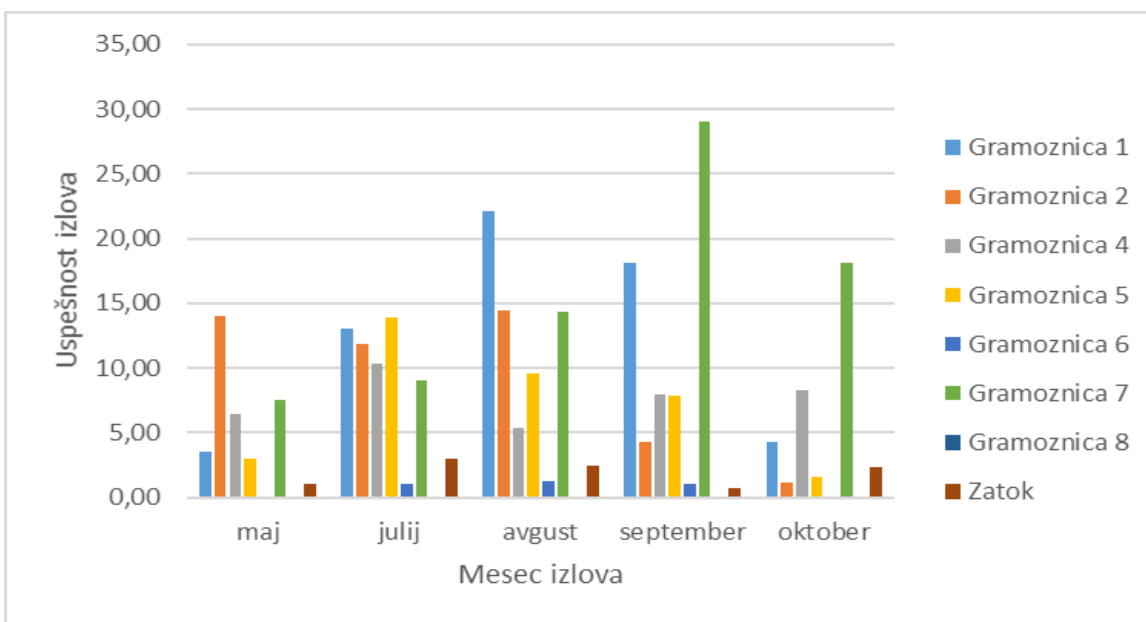
Slika 17: Razmerje med spoloma ujetih osebkov *F. limosus* po gramoznicah.



5.3. Sezonska uspešnost lova

V celotni sezoni smo bili z ulovom najbolj uspešni v Gramoznici 7 (17,31 osebkov na posamezno vzorčenje) in Gramoznici 1 (14,39 osebkov na posamezno vzorčenje). Sledile so Gramoznice 2 (10,17 osebkov na posamezno vzorčenje), Gramoznica 5 (9,74 osebkov na posamezno vzorčenje) in Gramoznica 4 (7,77 osebkov na posamezno vzorčenje). V teh gramoznicah je bil ulov slabši, vendar še vedno dober. Slabši ulov smo zabeležili v Gramoznici 8 (1,18 osebkov na posamezno vzorčenje), v Gramoznici 6 (0,91 osebkov na posamezno vzorčenje) in v Kanalu 1 in Kanalu 2 (0,33 osebkov na posamezno vzorčenje). V Gramoznicah 3, 9 in 10 nismo ujeli nobenega osebkov.

Uspešnost ulova v Gramoznici 1 je naraščala od maja do avgusta, ko je dosegla vrh. V septembru in oktobru je uspešnost postopno upadla. V Gramoznici 2 je bil dober ulov v mesecu maju, juliju in avgustu. V jesenskih mesecih pa nekoliko slabši. Ulov v Gramoznici 4 je bil najuspešnejši v mesecu juliju za razliko od ostalih gramoznic, v jesenskih mesecih pa uspešnost ni izrazito upadla. V Gramoznici 5 se je ulov povečeval od maja do julija, ko smo bili najbolj uspešni, nato pa je ulov postopno upadel. Ulov v Gramoznici 7 je bil najvišji v jesenskih mesecih. V Zatoku smo bili najbolj uspešni v mesecu juliju, avgustu in oktobru. V Gramoznicah 6 in 8 pa smo ulovili manjše število osebkov, zato težko govorimo o uspešnosti.



Slika 18: Uspešnost izlova osebkov *F. limosus* za posamezno vodno telo. Uspešnost je izračunana iz mesečnega števila ujetih osebkov deljeno z številom izvedenih vzorčenj v tem mesecu.

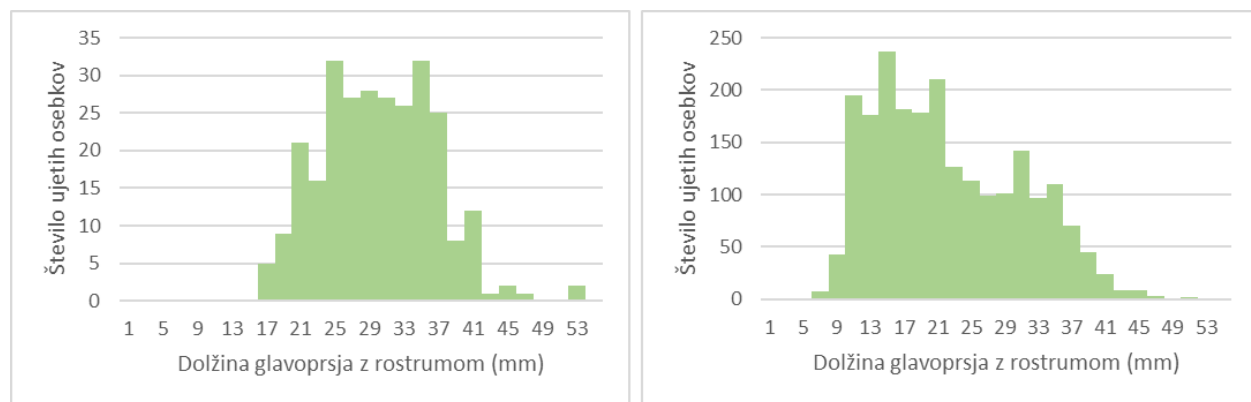
5.4. Velikost ujetih osebkov med leti 2017 in 2019 ter levitve

Spodaj prikazani podatki, prikazujejo povprečne dolžine glavoprsja z rostrumom osebkov ujetih v posameznih letih (Preglednica 5). V letu 2017 smo ujeli 275 osebkov, leta 2018 smo ujeli 2191 osebkov, letos pa 2353 osebkov. Najmanjše osebkve smo ujeli leta 2018, med tem ko smo v letu 2017 in 2019 ujeli približno enako velike osebkve (Preglednica 5). Dolžina glavoprsja z rostrumom v letu 2017 je merila med 16 in 53 mm, leta 2018 med 4 in 55 mm, leta 2019 pa so osebkvi merili med 8 in 55 mm.

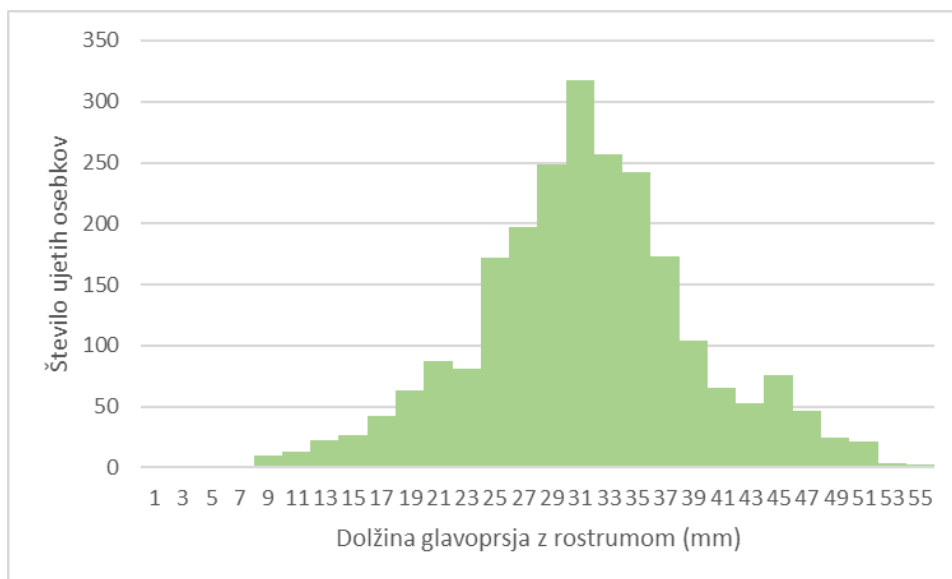


Preglednica 5: Prikaz povprečnih vrednosti, mediane in modusa dolžine glavoprsja z rostrumom za ujetе osebkе, samce in samice po letih.

	Leto 2017			Leto 2018			Leto 2019		
	Vsi osebki	Samci	Samice	Vsi osebki	Samci	Samice	Vsi osebki	Samci	Samice
Povprečje	29.53	29.18	29.97	21.36	22.64	25.24	30.39	30.70	31.04
Mediana	29	29	31	19.75	21	25	30.36	30.49	30.59
Modus	24	25	34	10.6	16	18	29.67	30.89	29.06



Slika 19: Dolžinsko frekvenčni histogram dolžine glavoprsja z rostrumom (CLR) ujetih osebkov *F. limosus* leta 2017 (levo) in leta 2018 (desno).



Slika 20: Dolžinsko frekvenčni histogram dolžine glavoprsja z rostrumom (CLR) ujetih osebkov *F. limosus* leta 2019.

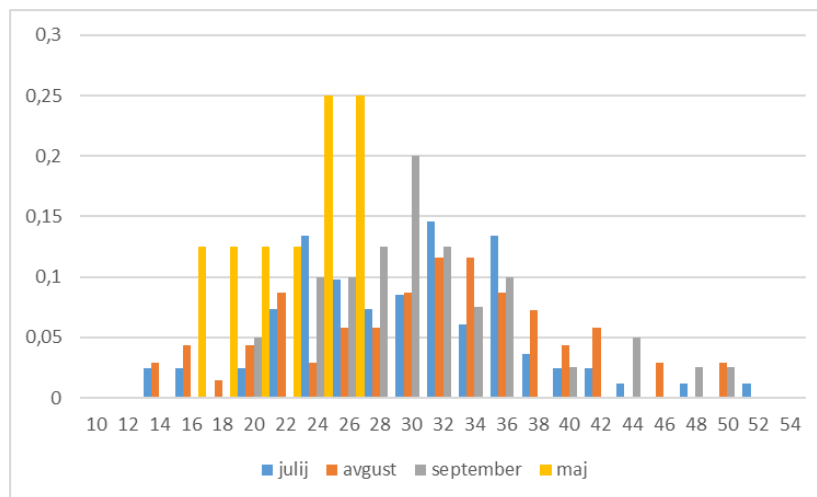


Spodnja preglednica (Preglednica 6) prikazuje dolžino in maso desetih samic z jajčeci, ki smo jih ujeli v maju. Najmanjša samica, pri kateri smo našli jajčeca, je merila (CLR) 24,11 mm, največja pa 43,12 mm. Najmanjša samica je imela na zadku pritrjenih 65 jajčec, največja pa 184. Samica z največjo totalno dolžino (TL: 91,23 mm), ki pa ni imela najdaljše dolžine glavoprsja z rostrumom, je imela na zadku pritrjeno največje število jajčec (462).

Preglednica 6: Število jajčec v odvisnosti od dolžine in mase izmerjenih samic *F. limosus* ujetih v maju.

Zaporedna št. Izmerjene samice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dolžina glavoprsja z rostrumom (mm)	42.25	32.6	34.57	39.56	24.11	31.36	35.6	43.12	27.58	41.15
Totalna dolžina (mm)	91.23	69.19	74.26	83.2	52.97	66.35	73	88.39	58.27	86.5
Masa samice z jajčeci (g)	26.1	10.4	12.6	20.9	4.6	9.7	14.1	22.7	6.5	23.7
Masa samice brez jajčec (g)	23.2	9.3	11.7	19.6	4.3	8.5	13.7	21.2	6	21.5
Število jajčec	462	163	156	239	65	207	81	184	124	297

Spodnji graf in preglednica prikazujeta pri katerih dolžinah CLR so se v sezoni (maj, julij, avgust, september) najpogosteje levili ujeti trnavci. Izbrali smo mesece, za katere je značilno, da se najpogosteje levijo. Največji delež levljenih osebkov smo zabeležili v mesecu maju, v sledečih mesecih pa je delež upadal. V maju so se levili osebki velikosti od 16–26 mm (CLR), največ v velikostnem razredu 24–26 mm. Julija so se levili osebki med 14 in 52 mm. Največ smo jih ujeli v dveh velikostnih razredih 22 mm in med 32 in 36 mm. Avgusta so se levili osebki med 14 in 50 mm, največ jih je bilo velikih med 32 in 36 mm. Septembra so bili vsi levljeni osebki med 20 in 50 mm, največ jih je bilo velikih 30 mm. Znotraj posameznega meseca seštevke vseh levljenih osebkov znaša 100 %.



Slika 21: Delež levljenih osebkov glede na velikost glavoprsja z rostrumom (CLR) v posameznem mesecu. Velikostni razredi so razdeljeni na 2 mm.

Preglednica 7: Delež levljenih osebkov po mesecih.

mesec	maj	julij	avgust	september
delež levljenih osebkov	14	11	10	7



5.5. Število ponovno ujetih osebkov

Preglednica 8: Število označenih in ponovno ujetih samcev.

Lokacija	Število označenih samcev	Skupno število dogodkov	Ponovno ujeti (enkrat)	Ponovno ujeti (dvakrat)	Ponovno ujeti (trikrat)
Gramoznica 1	198	21	19	2	0
Gramoznica 2	87	18	16	2	0
Gramoznica 4	71	10	10	0	0
Gramoznica 5	111	28	23	4	1
Gramoznica 6	3	1	0	0	1
Gramoznica 7	227	11	10	1	0
Zatok	10	1	0	1	0
Skupaj	707	90	78	10	2

Ujete samce smo izmerili, stehali, označili in izpustili v isto gramoznico, kjer smo jih ulovili. Skupno smo označili in izpustili 707 samcev. Od vseh izpuščenih samcev smo ponovno ujeli 90 označenih osebkov, od katerih smo dva osebkva iz Gramoznice 1 ponovno ujeli v Zatoku, ostalih 88 pa smo vedno ujeli v matični gramoznici. Večina osebkov (78) je bilo ponovno ujetih samo enkrat, 10 osebkov smo ponovno ujeli dvakrat, 2 osebkva pa celo trikrat.

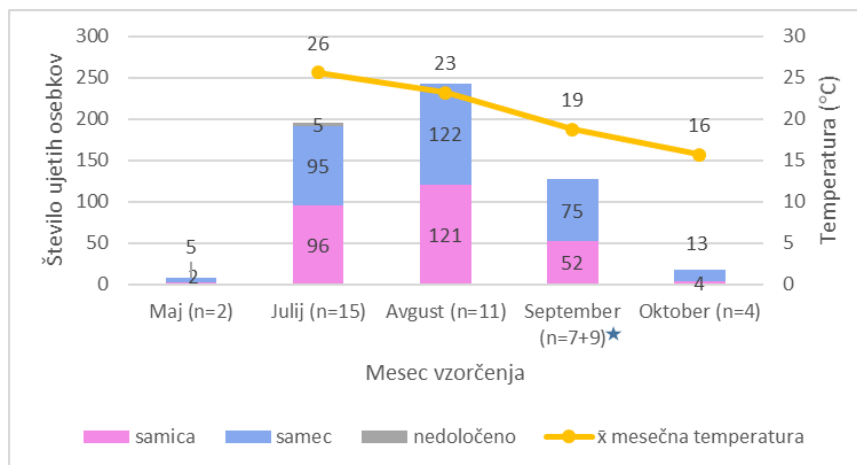
Največ osebkov smo ponovno ulovili v Gramoznici 5 (28), ki je od ostalih izstopala tudi po večkratnih ponovnih ulovih.

5.6. Število ujetih osebkov in razmerje med spoloma po gramoznicah

5.6.1. Gramoznica 1

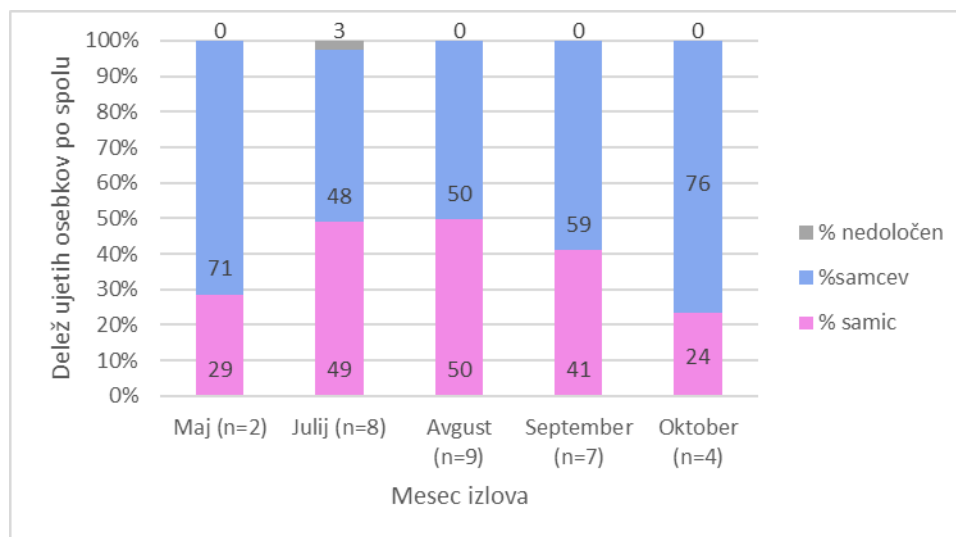
Vzorčenje v Gramoznici 1 smo izvajali od maja do novembra. V maju smo izvedli 2 vzorčenja, v katerih smo ulovili 5 samcev in 2 samici z jajci. V juliju smo v 15 vzorčenjih skupaj ulovili 196 osebkov, od tega 96 samic in 95 samcev, 5 osebkov spola nismo določili. Avgusta smo opravili 11 vzorčenj, v katerih smo ujeli 243 osebkov, od tega 121 samic in 122 samcev. V drugi polovici septembra smo v 7 vzorčenjih z elektroizlovom ujeli 127 osebkov, od tega 52 samic in 75 samcev. V septembru smo preko noči postavili 9 vrš v globlje dele gramoznice, v katere nismo ulovili nobenega raka. Oktobra smo izvedli 4 vzorčenja, v katerih smo ujeli 17 osebkov, od tega 4 samice in 13 samcev. V novembru smo opravili 1 vzorčenje, ujeli nismo nobenega osebkva (zaradi slabih vzorčevalnih pogojev), zato ta rezultat ni prikazan na grafu. Največje število osebkov smo ujeli v avgustu, sledila sta meseca julij in september (Slika 22).

Najvišjo temperaturo vode (26 °C) smo izmerili v juliju, v naslednjih mesecih pa je postopno upadala. Kjer je bilo opravljenih več meritev temperature v enem mesecu, smo izračunali povprečje. Prikazani so podatki dnevni in nočni temperatur skupaj. V maju temperature nismo merili. V mesecih, ko je bil naš ulov najštevilčnejši, je bila temperatura višja od 19 °C. Tudi oktobra povprečna temperatura v času vzorčenj ni padla pod 16 °C (Slika 23).



Slika 22: Mesečni prikaz števila ujetih osebkov *F. limosus* v Gramoznici 1 in prikazana povprečna mesečna temperatura v času vzorčenja leta 2019 (n predstavlja število vzorčenj). Kjer temperatura ni prikazana, je nismo izmerili. V septembru smo opravili 9 dodatnih vzorčenj z vršami.

V Gramoznici 1 je bil delež ujetih samcev večji od deleža ujetih samic v maju, septembru in oktobru. Avgusta in julija je bilo razmerje med spoloma ulovljenih osebkov blizu 1:1 (Slika 24).



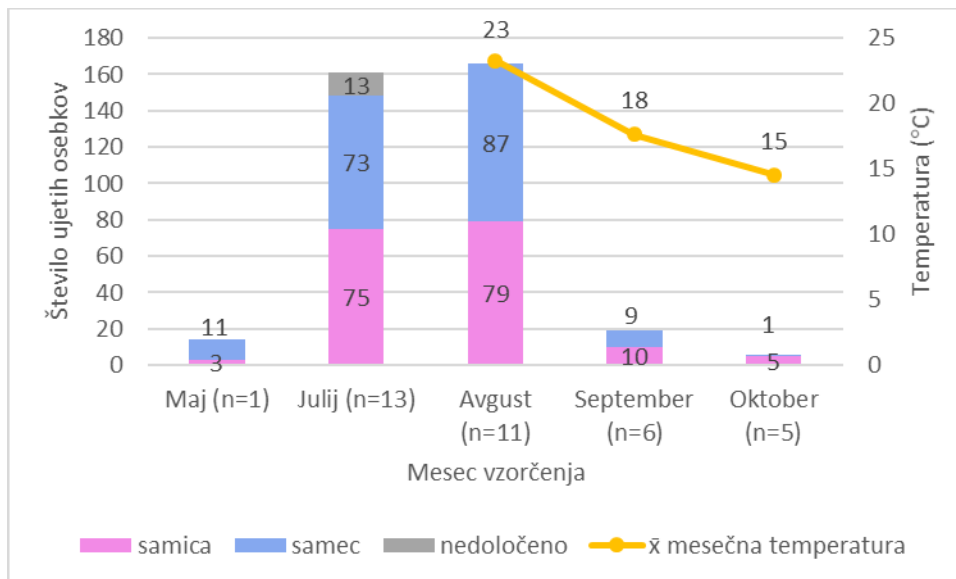
Slika 23: Spolna struktura ujetih osebkov *F. limosus* po mesecih v Gramoznici 1 (n predstavlja število vzorčenj).

5.6.2. Gramoznica 2

Vzorčenje v Gramoznici 2 smo izvajali od maja do oktobra. V maju smo izvedli eno samo vzorčenje, v katerem smo ujeli 14 osebkov, od tega 11 samcev in 3 samice (1 z jajčeci). V mesecu juliju smo v 13 vzorčenjih ujeli skupaj 161 osebkov, od tega 75 samic in 73 samcev, 13 osebkov nismo določili spola. Avgusta smo opravili 11 vzorčenj, v katerih smo ulovili 166 osebkov, od tega 79 samic in 87 samcev. V drugi polovici septembra smo v 6 vzorčenjih ulovili 19 osebkov, od tega 10 samic in 9 samcev. Oktobra smo izvedli 5 vzorčenj, v sklopu katerih smo ujeli 6 osebkov, od tega 5 samic in 1 samca (Slika 24). V Gramoznici 2 je bilo ujetih največ osebkov v juliju in avgustu, septembra in oktobra pa je uspešnost ulova močno upadla.

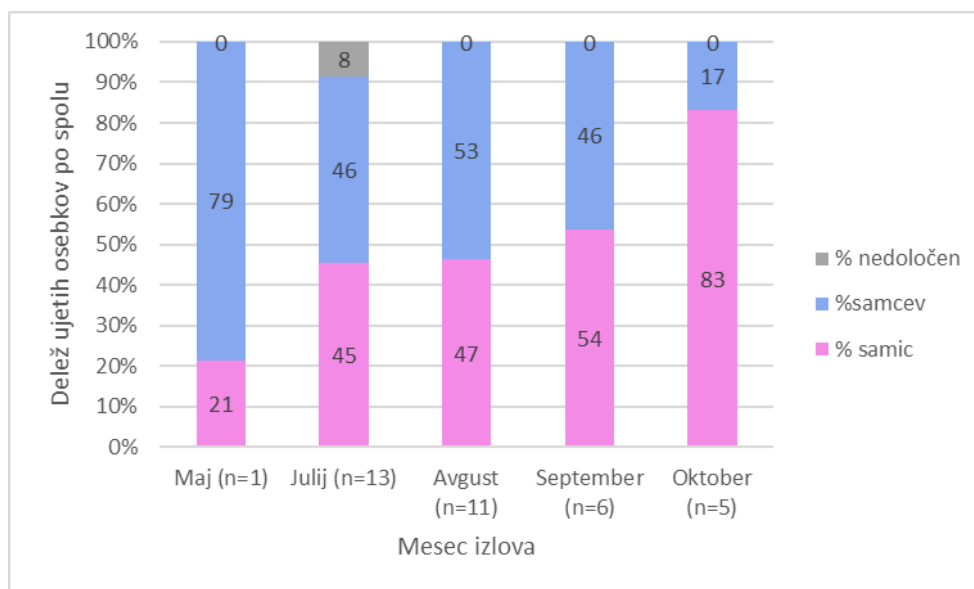


Temperaturo vode smo merili od avgusta do oktobra. V tem obdobju povprečne temperature za posamezen mesec niso padle pod 15 °C. Najvišja povprečna temperatura je bila izmerjena v avgustu (23 °C), takrat smo v Gramoznici 2 ujeli tudi največ osebkov. S septembrom je temperatura vode padla pod 18 °C. Kjer je bilo opravljenih več meritev temperature v enem mesecu, smo izračunali povprečje.



Slika 24: Mesečni prikaz števila ujetih osebkov *F. limosus* v Gramoznici 2 in prikazana povprečna mesečna temperatura v času vzorčenja leta 2019 (n predstavlja število vzorčenj). Kjer temperatura ni prikazana, je nismo izmerili.

V Gramoznici 2 je bil delež ujetih samcev večji od deleža ujetih samic v maju. V juliju, avgustu in septembru je bilo razmerje med spoloma ujetih osebkov blizu 1:1. Posebej izstopa oktober, kjer je bilo razmerje močno v prid samicam 1:5 (Slika 25).



Slika 25: Spolna struktura ujetih osebkov *F. limosus* po mesecih v Gramoznici 2 (n predstavlja število vzorčenj).



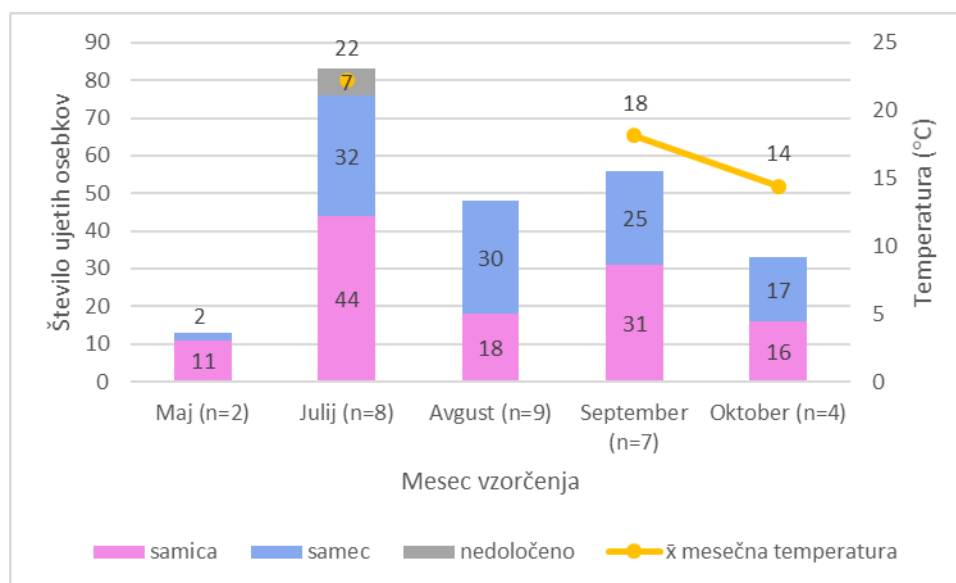
5.6.3. Gramoznica 3

V Gramoznici 3 smo izvedli dve vzorčeni. Eno v mesecu maju, drugo pa v mesecu juliju. Gramoznica je težko dostopna in zelo globoko zamuljena, kar predstavlja neugoden in nevaren teren za elektroizlov. Vodno območje je intenzivno zaraščeno z makrofiti in obrežnim rastjem (ločje in trstičje), kar poslabša vidljivost in okretnost. V vzorčenjih, ki smo jih izvedli, nismo ujeli nobenega raka.

5.6.4. Gramoznica 4

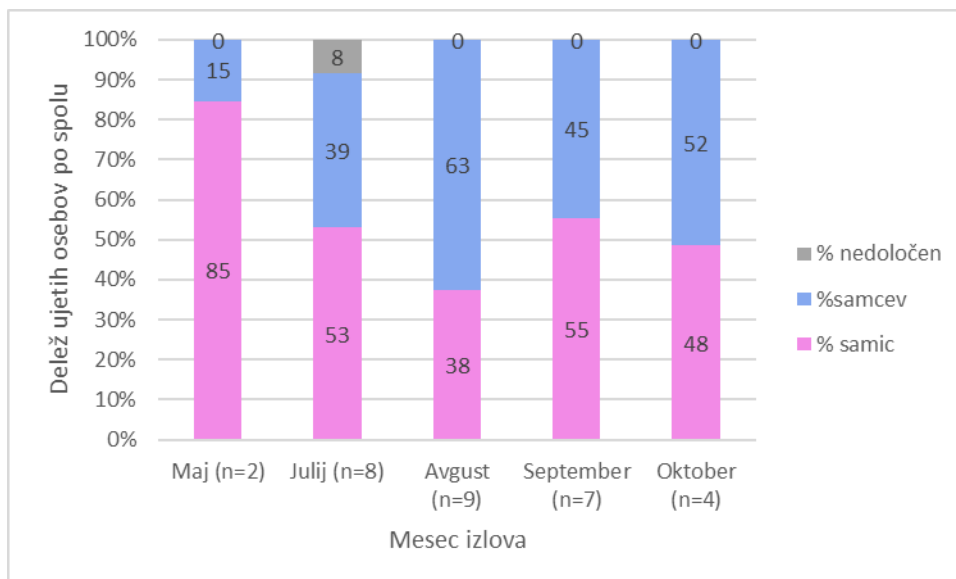
Vzorčenje Gramoznice 4 smo izvajali od maja do oktobra. V maju smo izvedli dve vzorčeni, v katerih smo ulovili 13 osebkov, od tega 2 samca in 11 samic (8 z jajčeci). V juliju smo v 8 vzorčenjih ulovili 83 osebkov, od tega 44 samic in 32 samcev, 7 osebkov pa spola nismo določili. Avgusta smo opravili 9 vzorčenj, s katerimi smo izlovili 48 osebkov, od tega 18 samic in 30 samcev. V drugi polovici septembra smo v 7 vzorčenjih izlovili 56 osebkov, od tega 31 samic in 25 samcev. Oktobra smo izvedli 4 vzorčenja, v katerih smo ujeli 33 osebkov, od tega 16 samic in 17 samcev. Največje število osebkov je bilo izlovljenih v juliju, sledila sta september in avgust (Slika 27).

Prikazana je povprečna temperatura vode v juliju, septembru in oktobru. Julija, ko je bila uspešnost lova največja, je imela voda 22 °C (Slika 27).



Slika 26: Mesečni prikaz števila ujetih osebkov *F. limosus* v Gramoznici 4 in prikazana povprečna mesečna temperatura v času vzorčenja leta 2019 (n predstavlja število vzorčenj). Kjer temperatura ni prikazana, je nismo izmerili.

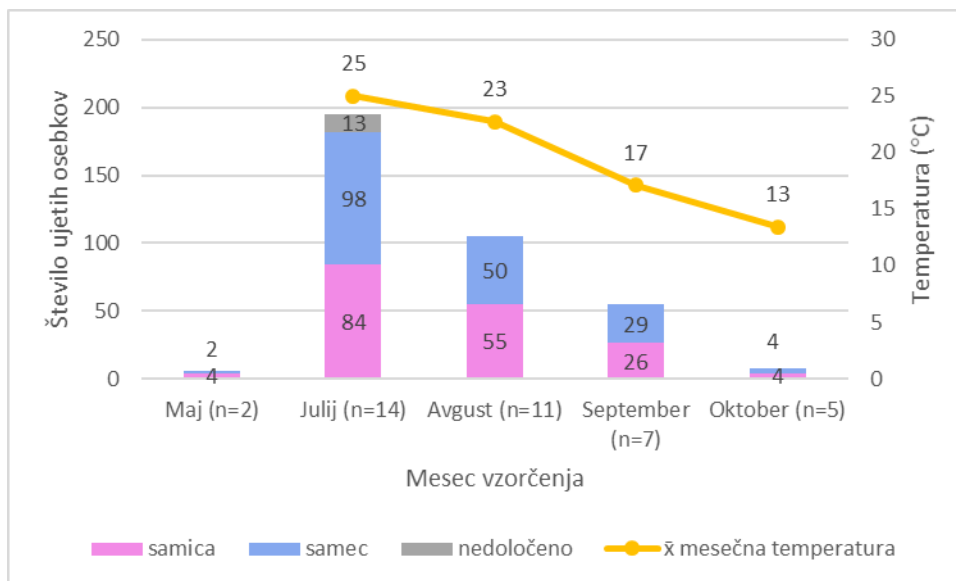
V Gramoznici 4 je bil delež ujetih samcev večji le v avgustu (63 %). V mesecu maju je bilo razmerje med spoloma (11:2) v prid samicam. V preostalih mesecih je bilo razmerje med samci in samicami blizu 1:1 (Slika 28).



Slika 27: Spolna struktura ujetih osebkov *F. limosus* po mesecih v Gramoznici 4 (n predstavlja število vzorčenj).

5.6.5. Gramoznica 5

Vzorčenje v Gramoznici 5 smo izvajali od maja do oktobra. V maju smo izvedli dve vzorčenji, v katerih smo skupaj ujeli 6 osebkov, od tega 2 samca in 4 samice (2 z jajčeci na zadku). Julija smo v 14 vzorčenjih ulovili skupaj 195 osebkov, od tega 84 samic in 98 samcev, 13 osebkov spola nismo določili. Avgusta smo opravili 11 vzorčenj, v katerih smo ulovili 105 osebkov, od tega 55 samic in 50 samcev. V drugi polovici septembra smo v 7 vzorčenjih ulovili 55 osebkov, od tega 26 samic in 29 samcev. Oktobra smo izvedli 5 vzorčenj, v katerih smo ujeli 8 osebkov, od tega 4 samice in 4 samce.

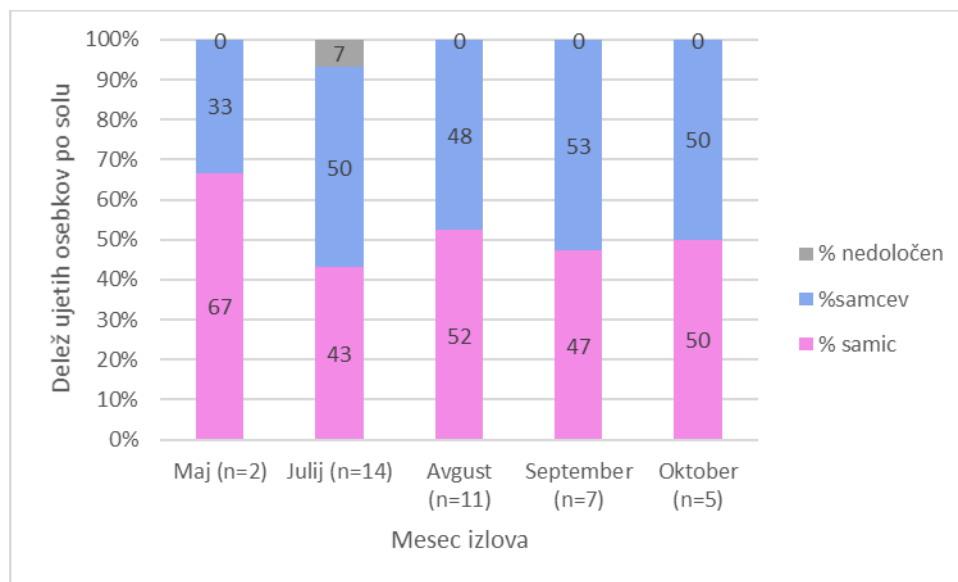


Slika 28: Mesečni prikaz števila ujetih osebkov *F. limosus* v Gramoznici 5 in prikazana povprečna mesečna temperatura v času vzorčenja leta 2019 (n predstavlja število vzorčenj). Kjer temperatura ni prikazana, je nismo izmerili.



Največ osebkov smo ulovili v mesecu juliju, sledila sta mu avgust in september, v oktobru pa je bilo število ujetih osebkov manjše kot v prejšnjih mesecih (Slika 28). Temperaturo vode v Gramoznici 5 smo izmerili v mesecu juliju, avgustu, septembru in oktobru. Julija je voda dosegla najvišjo povprečno temperaturo 25 °C, v tem mesecu smo bili pri lovu tudi najuspešnejši. Avgusta je temperatura vode padla na 23 °C, septembra pa na 17 °C. Oktobra, ko je temperatura vode upadla na 13 °C, smo ujeli najmanj osebkov (Slika 29).

Razmerje med spoloma ulovljenih osebkov je bilo približno 1:1, le v mesecu maju je bil delež samic nekoliko večji (2:1) (Slika 30).

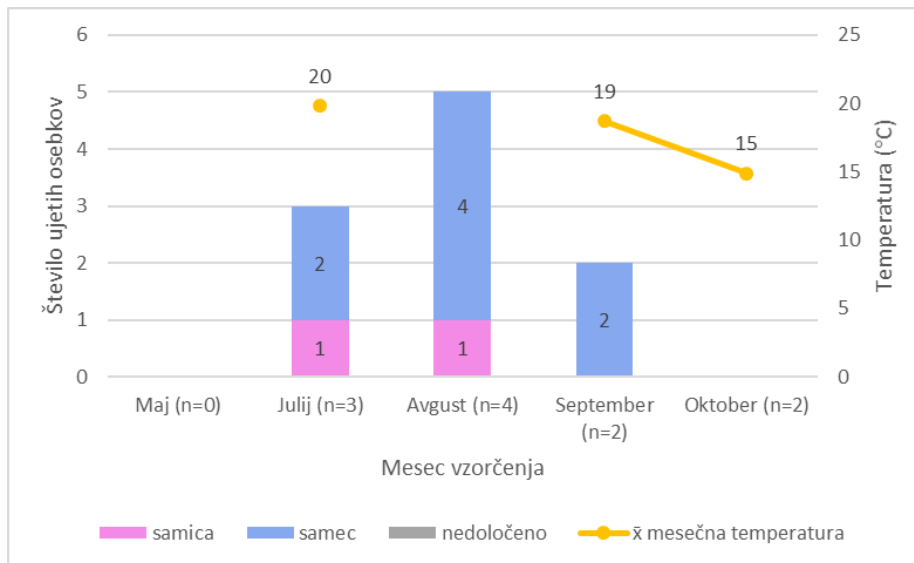


Slika 29: Spolna struktura ujetih osebkov *F. limosus* po mesecih v Gramoznici 5 (n predstavlja število vzorčenj).

5.6.6. Gramoznica 6

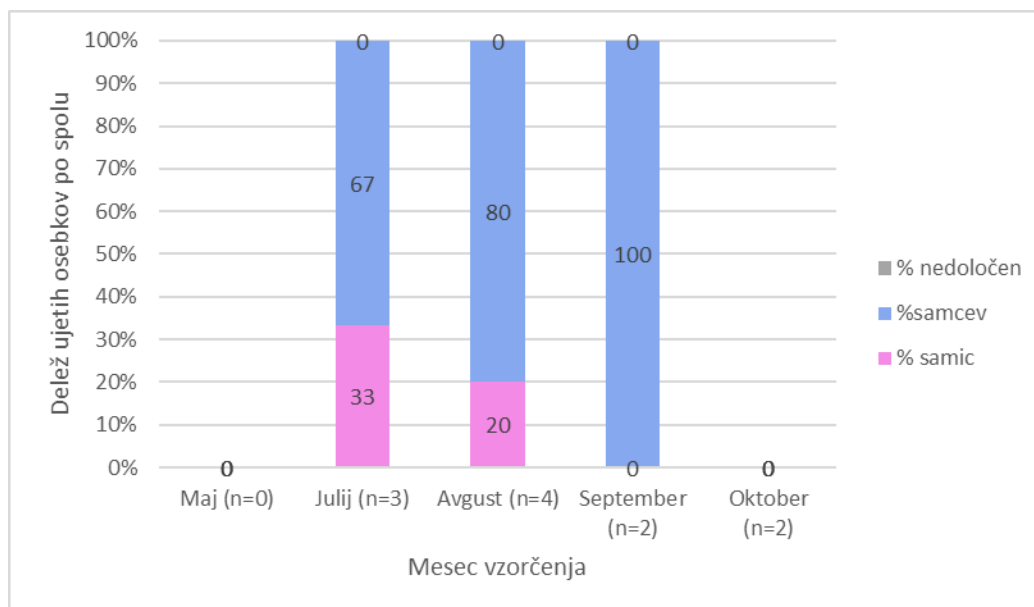
Z vzorčenji v Gramoznici 6 smo pričeli v mesecu juliju, kjer smo v 3 vzorčenjih ujeli vsega skupaj 3 osebkov, od tega 1 samico in 2 samca. Avgusta smo opravili 4 vzorčenja, ulovili smo 5 osebkov, od tega eno samico in 4 samce. V drugi polovici septembra smo v 2 vzorčenjih ulovili le 2 samca. Oktobra smo opravili 2 vzorčenji, vendar je bil lov neuspešen (0 ujetih osebkov) (Slika 31).

Povprečna temperatura vode v Gramoznici 6 je prikazana za mesec julij, september in oktober. V vseh treh mesecih temperatura ni presegla 20 °C (Slika 31).



Slika 30: Mesečni prikaz števila ujetih osebkov *F. limosus* v Gramoznici 6 in prikaz povprečne mesečne temperatura v času vzorčenja leta 2019 (n predstavlja število vzorčenj). Kjer temperatura ni prikazana, je nismo izmerili.

V Gramoznici 6 smo v mesecih julij, avgust in september ulovili večji delež samcev kot samic. V analizi ni upoštevano, da so bili nekateri osebkovi (samci) ponovno ujeti, zato je dejansko razmerje med spoloma blizu razmerja 1:1 (Slika 32).



Slika 31: Spolna struktura ujetih osebkov *F. limosus* po mesecih v Gramoznici 6 leta 2019 (n predstavlja število vzorčenj).

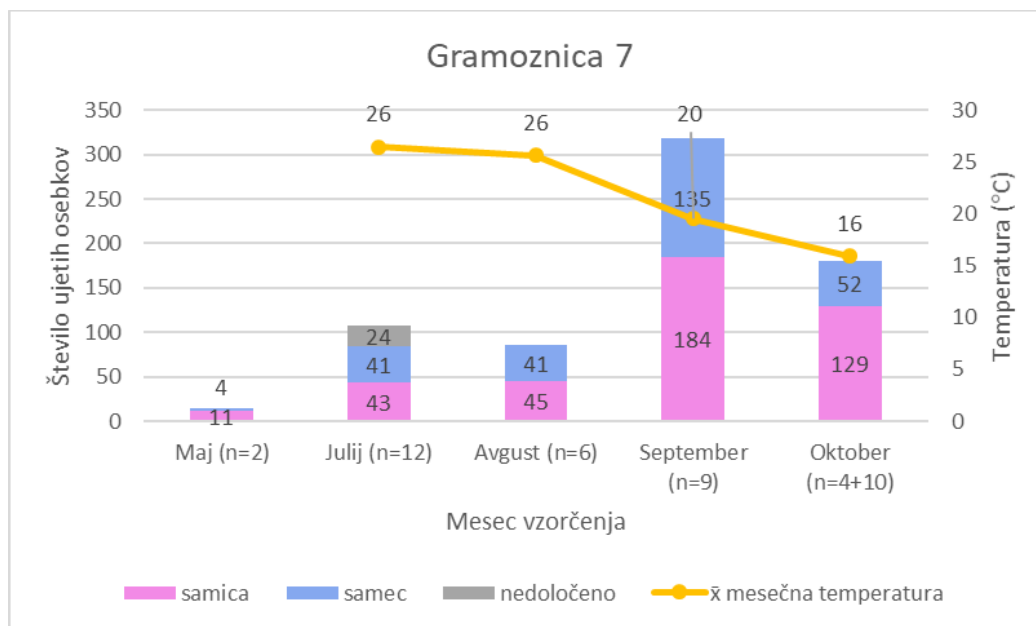
5.6.7. Gramoznica 7

Vzorčenje v Gramoznici 7 smo izvajali od meseca maja do oktobra. V maju smo izvedli dve vzorčenji, v katerih smo ulovili 15 osebkov, od tega 4 samce in 11 samic (9 z jajčeci). V mesecu juliju smo v 12 vzorčenjih ulovili skupaj 108 osebkov, od tega 43 samic in 41 samcev, 24 osebkov spola nismo določili. Avgusta smo opravili 6 vzorčenj, v katerih smo ulovili 86 osebkov, od tega 45 samic in 41 samcev. V drugi polovici



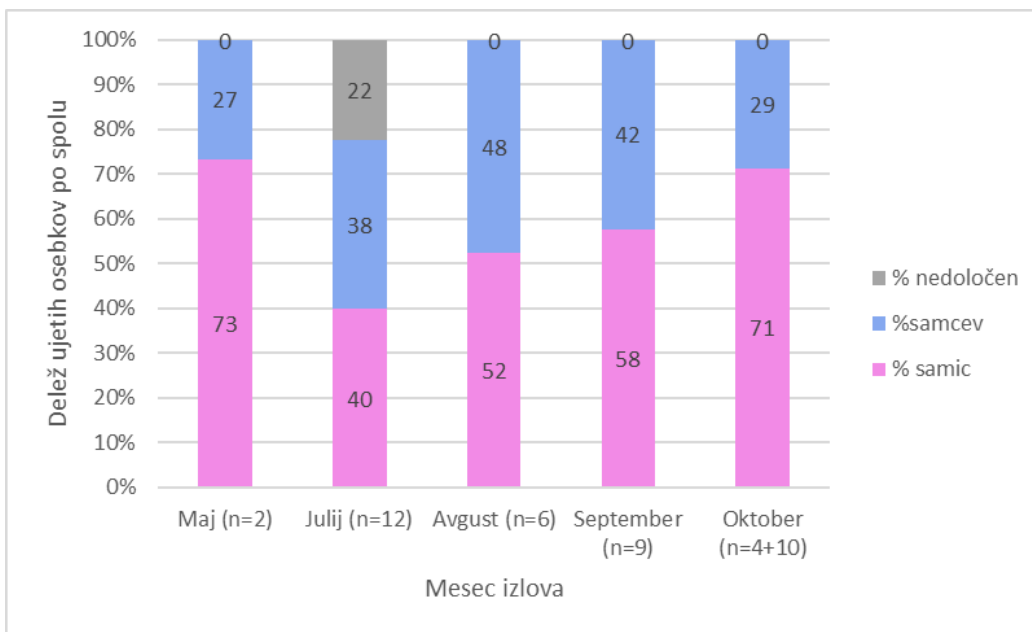
septembra smo v 7 vzorčenjih ulovili 319 osebkov, od tega 184 samic in 135 samcev. Oktobra smo izvedli 10 vzorčenj z elektroizlovom, v katerih smo ujeli 181 osebkov, od tega 129 samic in 52 samcev. Oktobra smo postavili tudi 4 vrše, v katere smo skupaj ujeli enega samca. Največje število osebkov smo ujeli v septembru, sledil je oktober, šele nato poletni meseci (Slika 33).

Prikazana temperatura vode je bila v Gramoznici 7 izmerjena v juliju, avgustu, septembru in oktobru. Najvišjo povprečno temperaturo je voda dosegala v juniju in avgustu, kjer je dosegla 26 °C. V septembru in oktobru je temperatura padla pod 20 °C, ne pa tudi pod 16 °C (Slika 32).



Slika 32: Mesečni prikaz števila ujetih osebkov *F. limosus* v Gramoznici 7 in prikazana povprečna mesečna temperatura v času vzorčenja leta 2019 (n predstavlja število vzorčenj). Kjer temperatura ni prikazana, je nismo izmerili.

V Gramoznici 7 je bil delež ujetih osebkov v vseh mesecih v prid samicam. Meseca junija je bilo razmerje blizu 1:1, verjetno tudi zato, ker 22 % ujetim osebkom nismo določili spola (Slika 33).

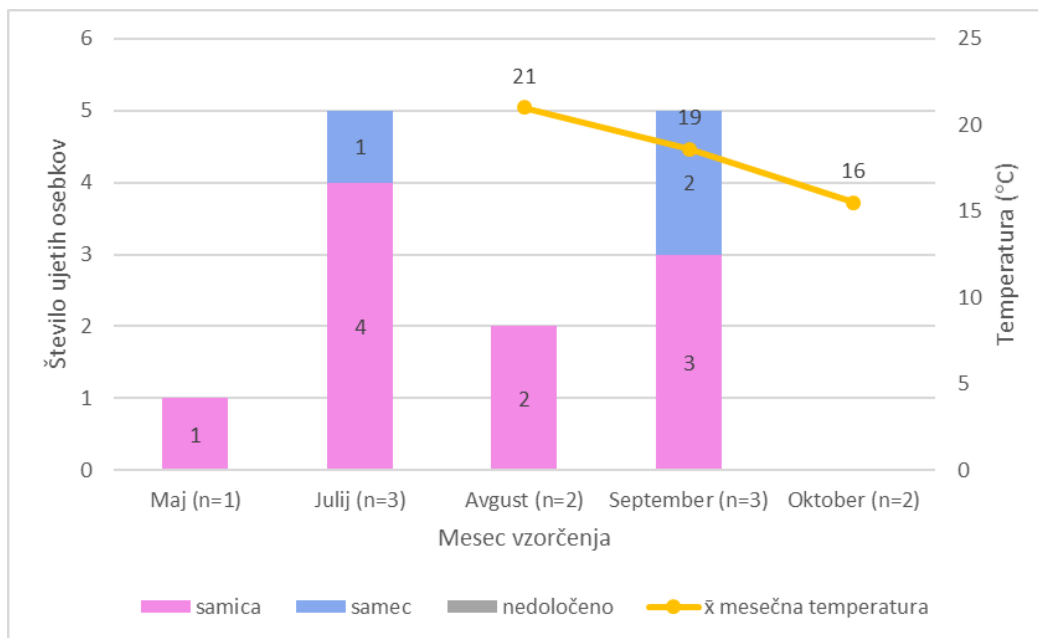


Slika 33: Spolna struktura ujetih osebkov *F. limosus* po mesecih v Gramoznici 7 (n predstavlja število vzorčenj).

5.6.8. Gramoznica 8

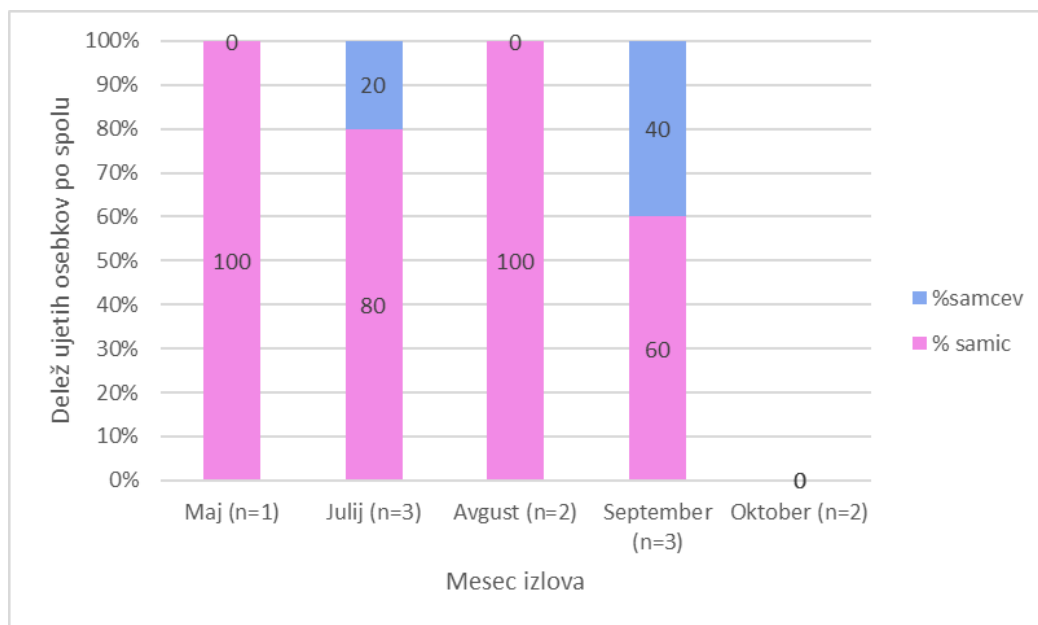
Vzorčenje v Gramoznici 8 smo izvajali od maja do oktobra. V edinem vzorčenju v maju smo ulovili 1 samico. V juliju smo v 3 vzorčenjih ulovili 5 osebkov, od tega 4 samice in enega samca. Avgusta smo v 2 vzorčenjih odstranili dve samici. V septembru smo opravili 3 vzorčenja na Gramoznici 8 in ujeli skupaj 5 osebkov, od tega 3 samice in 2 samca. V oktobru smo izvedli 2 vzorčenja, a nismo ujeli nobenega osebkov (Slika 35). Najuspešnejši pri lovu smo bili v juliju in septembru, ko smo ujeli 5 osebkov (Slika 34).

Prikazana temperatura vode v Gramoznici 8 je bila izmerjena v avgustu, septembru in oktobru. Najvišja povprečna temperatura je bila avgusta, ko smo namerili 21 °C, nato pa je postopno upadala (septembra 19 °C, oktobra 16 °C) (Slika 35).



Slika 34: Mesečni prikaz števila ujetih osebkov *F. limosus* v Gramoznici 8 in prikazana povprečna mesečna temperatura v času vzorčenja leta 2019 (n predstavlja število vzorčenj). Kjer temperatura ni prikazana, je nismo izmerili.

V Gramoznici 8 so v vseh mesecih vzorčenja v ulovu prevladovali samice (Slika 36).

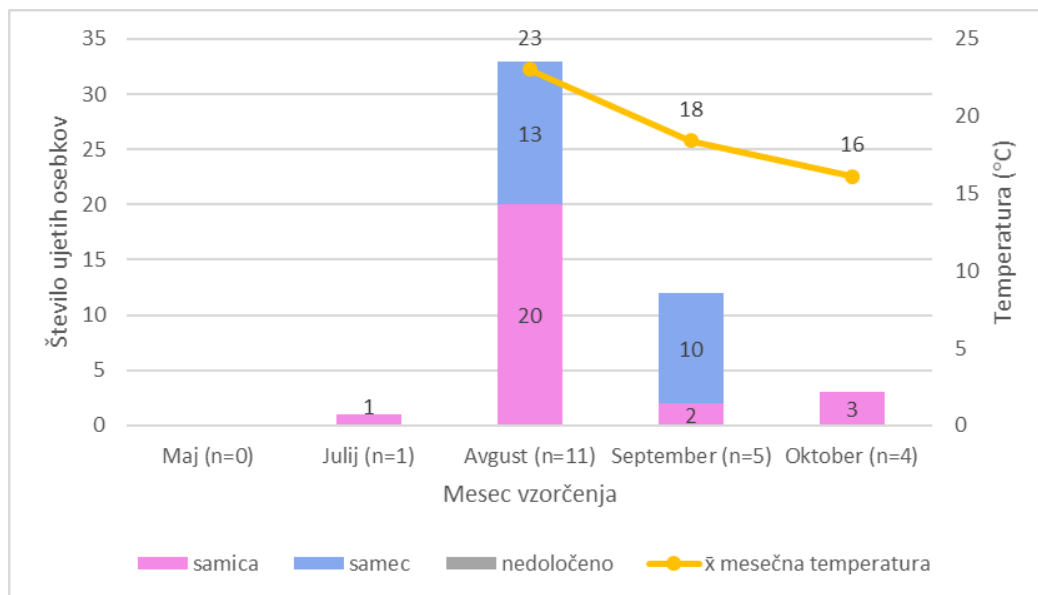


Slika 35: Spolna struktura ujetih osebkov *F. limosus* po mesecih na Gramoznici 8 (n predstavlja število vzorčenj).



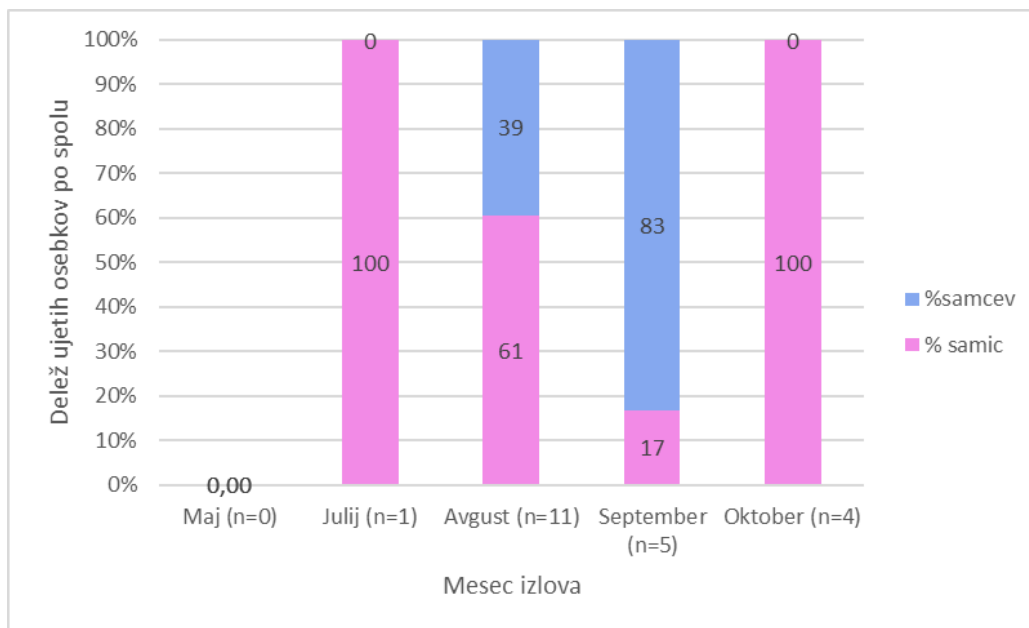
5.6.9. Zatok

Vzorčenje Zatok smo izvajali od julija do oktobra. Julija smo opravili 1 vzorčenje, v katerem smo ujeli 1 samico. Avgusta smo izvedli 11 vzorčenj, ujeli smo 33 osebkov, od tega 20 samic in 13 samcev. V drugi polovici septembra smo v 5 vzorčenjih ulovili 12 osebkov, od tega 2 samici in 10 samcev. Oktobra smo izvedli 4 vzorčenja, v katerih smo ujeli 3 samice. Največ osebkov smo ujeli v avgustu, sledil je september (Slika 36). V Zatok smo bili pri lovu najbolj uspešni avgusta, septembra je uspešnost nekoliko padla (Slika 37).



Slika 36: Mesečni prikaz števila ujetih osebkov *F. limosus* v Zatok in prikazana povprečna mesečna temperatura v času vzorčenja leta 2019 (n predstavlja število vzorčenj). Kjer temperatura ni prikazana, je nismo izmerili.

V Zatok je bilo le v septembru ujetih več samcev kot samic. V juliju, avgustu in oktobru je bilo ujetih več samic (Slika 37).



Slika 37: Spolna struktura ujetih osebkov *F. limosus* po mesecih na Zatoku (n predstavlja število vzorčenj).

5.6.10. Kanal 1, 2 in Gramoznici 9, 10

Območje dolvodno od Gramoznice 8 smo vzorčili trikrat, in sicer maja, v začetku julija in septembra. V prvih dveh vzorčenjih nismo ujeli nobenega osebka. Septembra smo po zaključeni sanaciji Ptujskega jezera, ko je pretok Drave upadel (11. 9. 2019 okoli 12:00) in je bilo za nas varno, šli na območje raziskave. Ulovili smo dva osebka trnavca, in sicer v Kanalu 1 in Kanalu 2, približno 300 m dolvodno od Gramoznice 6, ki je sicer skrajna točka rednega iztlavljanja.

5.7. Preverjanje prisotnosti račje kuge

Iz opravljene laboratorijske analize za prisotnost račje kuge je razvidno, da je trnavec na tem območju okužen s povzročiteljem račje kuge. Štirje osebki (iz Gramoznic 4, 7 in Zatoka), ki so bili vključeni v test, so bili na testu negativni. Samec iz Gramoznice 5 pa je bil pozitiven (Preglednica 9).

Preglednica 9: Seznam osebkov, ki so bili poslani na Veterinarsko fakulteto Univerze v Ljubljani za preverjanje račje kuge.

Osebki	Datum vzorčenja	Spol	Lokacija	CLR (mm)	Prisotnost kuge
1	26.09.2019	samica	Gramoznica 7	46,07	negativen
2	26.09.2019	samec	Zatok	25,76	negativen
3	26.09.2019	samec	Gramoznica 5	27,87	pozitiven
4	27.09.2019	samica	Gramoznica 7	50,25	negativen
5	27.09.2019	samica	Gramoznica 4	35,68	negativen



6. DISKUSIJA

6.1. Primerjava metod

Vrše so se izkazale za manj uspešno metodo izlova trnavca. Verjetno zato, ker je trnavec omnivorna vrsta, kar pomeni, da se hrani tako z rastlinsko kot tudi z živalsko hrano. V večji meri odrasli uživajo rastlinsko hrano, kot so makrofiti, korenine in nitaste zelene alge (*Chladophora* sp.). Velik del prehrane predstavlja tudi detrit. Hrana živalskega izvora, kot so bentoški nevretenčarji, ribje ikre, mehkužci, predstavlja pri odraslih rakih manjši delež prehrane. Za juvenilne osebkke, ki v prvem letu intenzivno rastejo, je značilno, da zaužijejo večji delež živalske hrane, kot so nevretenčarji in zooplankton (Vojkowska in sod., 2014). V preučevanih gramoznicah je vse navedene hrane na pretek, kar je lahko tudi razlog, zakaj je učinkovitost lova z vršami manjša. Tudi Holdich in Black (2007) sta v svojih raziskavah ugotovila, da se kljub večji populacijski gostoti trnavca, raki slabo lovijo v vrše, zato menita, da je prispevek te metode k procesu eradikacije zanemarljiv. Stebbing in sod. (2012) so ugotovili, da se v manjši meri v vrše lovijo samice, katerih odstranitev je za proces eradikacije bistvenega pomena. Edini osebek, ki smo ga ujeli z vršami v letošnjem letu, je bil samec. Metoda lova z vršami je delno tudi selektivna metoda. Znano je, da se v vrše v povprečju ulovijo osebkke večjih velikostnih razredov (Stebbing in sod., 2012). Prav tako v vrše ne gredo manj dominantni osebkke, če so v vrši že ulovljeni dominantnejši osebkke (Peay in Hiley, 2001). Glede na dejstvo, da si želimo z vračanjem samcev ohraniti delež dominantnih samcev, bi to lahko posledično dodatno vplivalo na uspeh ulova v vrše. Uspeh ulova z vršami se lahko v določenih mesecih (september, oktober) tudi poveča zaradi povečane aktivnosti rakov v času parjenja (Holdich in Black, 2007). V začetnem paritvenem obdobju se poleg samcev uspešneje lovijo tudi samice. Večja uspešnost ulova je bila zabeležena tudi v spomladanskem času, ko se raki ob spomladanskem dvigu temperature aktivneje prehranjujejo, da si nadomestijo izgubljene zaloge (Holdich in sod., 2007). Ta metoda se nam zdi primerna za lov predvsem na predelih, ki so pregloboki ali prezahtevni za brodenje, saj s preostalimi metodami na takih predelih rakov ne ulovimo.

Metoda lova z rokami se je izkazala za učinkovito metodo predvsem v času, ko je aktivnost rakov manjša in se slabše odzivajo na delovanje električnega toka. Zraven tega pa rakov, če so skriti globoko v račinah in pod kamenjem, tudi če jim elektrika vzdraži njihovo živčevje, jih ne ujamemo, ker ostanejo v skrivališčih. Za najuspešnejšo metodo se je izkazala tudi v spomladanskem času pri iskanju samic z jajčeci tako pod kamenjem kot tudi v blatnih račinah. Pri lovu s to metodo ujamemo rake vseh velikostnih razredov. Uporabna je na območjih, kjer globina ne presega dolžine roke vzorčevalca, kjer je dobra vidljivost in na področjih, kjer je dovolj vidnih skrivališč, v katerih lahko vzorčevalec pričakuje rake.

Za najučinkovitejšo metodo se je izkazala metoda elektroizlova. S to metodo smo izlovili največje število osebkov glede na napor. Ta metoda je bila poleg metode lova z rokami najmanj selektivna glede velikosti ulovljenih osebkov, saj smo z njo ulovili tako juvenilne kot odrasle osebkke. Kot vsaka metoda ima tudi ta nekaj slabosti, ki se odražajo v obliki vpliva na ostale ne-tarčne organizme (Stoffles in sod., 2012), predvsem ribe, dvoživke, školjke in polže. Dodaten negativen vpliv pa predstavlja tudi hrup in onesnaževanje z izpustom. Uspešnost elektroizlova je v veliki meri odvisna od hitrosti, okretnosti, izkušenosti in sposobnosti opazovanja vzorčevalca, ki opravlja elektroizlov. Izkušen vzorčevalec je tisti, ki skozi čas pridobi praktične veščine in je sposoben uloviti veliko večino osebkov, ki jih opazi, hkrati pa s svojimi dejanji zmanjša vpliv



na ostale netarčne vrste na najmanjšo možno raven. Prav tako kot pri lovu z roko, tudi pri tej metodi vsi predeli gramoznic niso dosegljivi za vzorčenje z nahrbtnim agregatom. Določena območja so zaradi globine vode, mehkega substrata ali zaraščenosti težko ali povsem nedostopna. S to metodo lahko na predelih, kjer je vidljivost dovolj velika, zajamemo osebkke do maksimalne globine 2,5 m. Hirsch in sod. (2016) so z izvedeno telemetrijo na 7 osebkih trnavca ugotovili, da se trnavci večinoma zadržujejo nekje do globine 3 m. Tekom raziskave so ugotovili, da se je zgolj en osebek krajši čas zadrževal na globini 5 m. Iz tega sklepamo, da se trnavci na projektnem območju verjetno nahajajo po celotnem območju posamezne gramoznice, pri čemer je del populacije, ki se ne nahaja v plitvih predelih, za nas nedosegljiv. Terensko delo smo na podlagi predhodnih ugotovitev (Bric, 2017; Semrajc, 2018) izvajali tako podnevi kot tudi ponoči. Za naše avtohtone rake je značilno, da so razen kratkega obdobja večinoma nočno aktivni. Pri trnavcu pa je poleg nočne aktivnosti v manjši meri zaznana tudi aktivnost tekom dneva (Hirsch in sod. 2016).

Glede na razgibanost terena in ekologijo trnavca smo mnenja, da je za učinkovito odstranjevanje te vrste ključna kombinacija različnih tehnik, saj žal popolna, univerzalna tehnika ne obstaja. Prav vsaka metoda ima nekaj pozitivnih in negativnih lastnosti. Obstaja tudi nekaj drugih metod, ki so cenejše in mnogo učinkovitejše, imajo pa drastične vplive na ostale domorodne vrste in potencialno tudi na zdravje ljudi. Taka metoda je na primer uporaba različnih strupov ali okužba s patogeni (sevi račje kuge, virusi ...), njihova uporaba je etično sporna. Prav zaradi tega dejstva bomo še naprej izvajali »varnejše« metode, kjer bomo predvsem v težje dostopnih in globljih predelih uporabljali metodo lova z vršami. Na plitvejših predelih z veliko skrivališči in v času manjše aktivnosti se bomo posluževali metode lova z roko. Najpogosteje pa bomo še naprej uporabljali elektroizlov. V letošnjem letu smo pridobili tudi nove podatke in izkušnje, zato bomo v naslednjem letu obstoječe metode po potrebi nadgradili. V mislih imamo predvsem vzorčenje s čolnom in v primeru najdbe večje gostote juvenilnih osebkov tudi uporabo električne bariere.

V naslednjem letu bomo več napora vložili tudi v lov v Gramoznici 3, v kateri letos nismo ujeli nobenega osebkka. Prav tako pa bomo povečali napor na območju dolvodno od Gramoznice 6, kjer bo potrebno zaradi zahtevnosti in velikosti terena nekoliko optimizirati metode. Izlova bi se lahko lotili z uporabo metode lova z roko in s sistematičnim pregledom struge ponoči z lučjo. Za slednje pa bomo potrebovali večje število vzorčevalcev, da bomo lahko pregledali celotno vodno površino.

Kot dodatna možnost se nam zdi smiselna tudi izsušitev določenih gramoznic, tu ciljamo predvsem na Gramoznico 5, ki je po površini med najmanjšimi in je tudi najbolj izolirana. Poleg tega bi bilo smiselno na določenih odsekih tudi delno modificirati habitat, s čimer bi sedaj nedostopne predele uredili v dostopne, oz. bi jih spremenili do te mere, da bi bili manj primerni za trnavce. Na dostopnejših predelih bi bilo smiselno nastaviti večje število »ekoloških pasti«, s čimer bi si olajšali lov rakov. Ribe, kot so navadni ostriž, ščuka in menek, so eni izmed glavnih plenilcev rakov in se njihova uspešnost plenjenja zmanjša s povečanjem števila skrivališč za rake (Hirsch in sod., 2015). V prihodnosti je smiselno, da se preučijo tudi možnosti zmanjševanja populacije z modifikacijo manjših odsekov habitata. Na ta način bi s preoblikovanjem dna in brežin na delih gramoznic zmanjšali število skrivališč, s tem bi rakom onemogočili učinkovito skrivanje pred plenilci.

Kot smo že omenili, obstaja tudi možnost uporabe biocidov, na primer določenih insekticidov. Ta metoda je trenutno edina metoda, s katero so v celoti odstranili populacijo invazivnih vrst rakov v manjših zaprtih vodnih sistemih (Gherardi in sod., 2011). Zaradi možnih nezaželjenih stranskih učinkov, odgovornosti in



pomislov glede uporabe te metode, verjetno ukrepov v povezavi z biocidi v času tega projekta ne bomo izvedli. Vsekakor pa je smiselno slediti trendom in primerom dobre prakse, kar se tiče izkoreninjanja invazivnih tujerodnih vrst. V prihodnje bi bilo dobro vedeti, kateri insekticid bi v primeru uporabe povzročil najmanj škode v ekosistemu in kakšen je retenzijski čas toksina v okolju. Trenutno kaže, da je za ta namen najbolj uporaben naravni insekticid pieritrin, izoliran iz rože krizanteme (*Chrysanthemum*), ki hitro razpade pod UV svetlobo in ima majhen vpliv na populacijo rib. Na podlagi tega so sintetizirali tudi piretroide, kateri imajo daljšo obstojnost na UV svetlobi, kar pa žal poveča tudi njihovo toksičnost za vodne organizme (Lidova in sod., 2019). Slovenija zaenkrat nima še nobenega registriranega in dovoljenega biocida za uporabo za zastrupitev rakov deseteronožcev.

Druga možnost, katere se zaradi nepoznavanja tekom tega projekta tudi še ne bomo lotili, je uporaba patogenih organizmov. Pri patogenih je potrebno biti zelo pazljiv, ker vplivi na spremljevalne vrste niso popolnoma znani. Pri vseh bioloških kontrolah je glavno vprašanje specifičnost gostitelja, to je nujno potrebno proučiti pred prvim vnosom v okolje. Potrebno je poznati tudi celoten cikel in potencialne nevarnosti patogena, prav tako pa je potrebno proučiti, kaj se zgodi s patogenom, ko je njegov glavni gostitelj odstranjen iz okolja (Stebbing, 2012). Patogeni, katerih bi se lahko poslužili, je veliko: virusi, bakterije, glive, oomicete in mikrosporidiji. Virus PIBV se je zaradi svoje specifičnosti za gostitelja, zaradi geografske izolacije izkazal za obetavnega pri eradikaciji signalnega raka. Vendar ni znano, kako bi vplival na naše vrste, če bi prišlo do mutiranja virusa. Obetavne so tudi bakterije iz skupine spiroplazme, ki vplivajo na plodnost samcev (Stebbing, 2012).

Možne metode, njihova učinkovitost, stroški ukrepa in vplivi na ostale ne-tarčne vrste so prikazani v PRILOGI 1. V prihodnjih sezonah bomo spremljali primere dobrih praks, na podlagi katerih bomo preučili smiselnost do sedaj še neuporabljenih metod.

6.2. Populacijske lastnosti

6.2.1. Število in sezonska uspešnost ujetih osebkov

Glede na napor, ki smo ga vložili v odstranjevanje trnavca, smo bili najuspešnejši v poletnih mesecih in v začetku jeseni. V vseh gramoznicah smo najvišje povprečne mesečne temperature zabeležili poleti. Med rezultati izstopa Gramoznica 7, v kateri smo bili pri lovu uspešnejši v jesenskih mesecih. Večje število ujetih osebkov lahko potencialno pripišemo povečani aktivnosti zaradi začetka paritvenega obdobja, ki nastopi v obdobju nekoliko nižjih temperatur. To obdobje v evropskem prostoru običajno nastopi septembra (Hirsch in sod., 2016). V tej gramoznici smo v povprečju ujeli največje osebkove, kar nakazuje na višji delež rakov, ki so sposobni reprodukcije in so bili posledično v tem obdobju aktivnejši. V jesenskem obdobju se je zmanjšala poraščenost z algami, kar je vplivalo na boljšo vidljivost in na boljši uspeh ulova. Septembra in oktobra je bilo ujetih tudi veliko število osebkov v Gramoznici 4. Avgusta je bil ulov manjši, ker je bila na tem področju v večernem času prisotna srnjad, ki se je ob zvoku agregata preplašila in skalila vodo v gramoznici. To je vplivalo na slabšo vidljivost in posledično slabši ulov. V Gramoznici 8 je bil v mesecu avgustu slabši ulov zaradi velike količine perifitona na gladini, kar nam je oteževalo izlov.

V jesenskih mesecih smo v Gramoznicah 1, 2, 5 in 6 zabeležili upad števila ujetih osebkov. V omenjenih gramoznicah so bile v primerjavi z Gramoznico 7 povprečne velikosti osebkov manjše. To bi lahko pomenilo



manjši delež spolno zrelih osebkov, ki so manj dominantni. Točnega razloga, zakaj se je aktivnost v tem obdobju zmanjšala v nekaterih gramoznicah, v drugih pa ne, še nismo ugotovili. Razlog za to bi lahko bila posledica manjše aktivnosti v jesenskih mesecih ali pa je posledica uspešnega izlova. Predvsem v Gramoznici 5, ki je med najmanjšimi in tudi v večji meri lahko dostopna, je populacija zelo omejena, kar pomeni, da obstaja velika verjetnost, da smo z izlovom/eradikacijo bolj uspešni.

Vrhunec lovne sezone glede na uspeh ulova so predstavljali meseci julij, avgust in september. V teh mesecih je bil uspeh verjetno posledica večje aktivnosti rakov v večini gramoznic zaradi višjih temperatur in daljše fotoperiode.

6.2.2. Razmerje med spoloma

Razmerje med samci in samicami izračunano iz ujetih osebkov v letu 2017 je bilo 1,02:1. Leta 2018 smo zabeležili razmerje 1:1,16 v prid samicam, v letošnjem letu pa je bilo to razmerje med samci in samicami 1:1,09. Ker smo v vzorec zajeli različno število osebkov iz različnih gramoznic, ki smo jih ulovili v različnih delih leta, bi lahko te majhne razlike pripisali prav različni aktivnosti osebkov posameznega spola skozi sezono. V stabilnih populacijah je običajno razmerje med spoloma enako (1:1). V prihodnjih letih bi bilo smiselno, da se bo delež samcev povečeval zaradi izločanja samic in vračanja samcev (CLR nad 20 mm).

V obdobju lovne sezone 2019 smo na območju vseh gramoznic ulovili 50,8 % samic, 46,6 % samcev, 2,6 % osebkom pa spola nismo določili. Spol smo določili le nekaterim juvenilnim osebkom.

Če razmerje med spoloma pogledamo podrobneje po posameznih gramoznicah, se izkaže, da je v večini gramoznic razmerje med spoloma blizu 1:1. Poudarjamo, da predstavljen delež ne odraža dejanskega stanja v populaciji, saj smo pri vseh vzorčenjih samice odstranjevali, medtem ko smo samce vračali nazaj. V Gramoznici 6 je tako delež samcev močno precenjen, saj smo dva samca ponovno ulovili večkrat. Ker ne vemo koliko časa se obdržijo oznake, ponovno ulovljenih osebkov nismo izvzeli iz analize. Dejansko razmerje med spoloma je bilo tako ob predpostavki, da upoštevamo tudi ponovni ulov, 2:1 v prid samcem. Od povprečja izstopa tudi Gramoznica 8, v kateri smo ulovili več samic kot samcev, kar lahko nakazuje, da se na nova območja uspešneje širijo samice. Podobno se je izkazalo tudi v Zatoku v mesecu oktobru, ko smo ujeli 3 samice in nobenega samca. Zaradi manjšega števila ujetih osebkov ne moremo trditi, da so samice pogostejše na območju bližje Dravi. Ob višjih vodah je Gramoznica 8 povezana z Gramoznico 7, kar pomeni, da se lahko osebki razširjajo dolvodno. Skupno razmerje med spoloma v Gramoznici 7 nakazuje na višji delež samic. Ker smo v tej gramoznici več osebkov ulovili v jesenskih mesecih (v času, ko so bile samice aktivnejše), lahko to neravnovesje v razmerju med spoloma pripišemo sezonski aktivnosti (paritveno obdobje) v tej gramoznici. V spomladanskem obdobju smo se osredotočili na iskanje samic z jajčeci, najbolj aktivno v Gramoznici 7. Iskali smo jih pod večjimi skalami in v izkopanih račinah. Zato je velika verjetnost, da smo v tej gramoznici ulovili večji delež samic v primerjavi s samci. Znano je, da se spomladi aktivnost samic poveča takoj, ko izvaljeni juvenilni osebki postanejo samostojni, takrat se mati prične aktivno prehranjevati, da nadomesti izgubljene zaloge, ki jih je porabila pri skrbi za zarod (Holdich in sod., 2007). V našem primeru tu ne gre za to, saj je večina ujetih samic imela jajčeca.

Glede na to, da smo opravili vzorčenja tudi po levem in desnem bregu Drave in nismo našli nobenega osebka trnavca, lahko sklepamo, da je populacija v Dravi (če sploh je prisotna) tako majhna, da zaradi njene majhne številčnosti nismo ujeli nobenega osebka. Velika verjetnost pa je, da jim bolj ustreza habitat v



gramoznicah, saj je za to vrsto značilno, da kljub temu da poseljujejo zelo različne habitate, raje izbirajo tople, počasi tekoče ali lentične vode (Henttonen in Huner, 1999; Puky in Schad, 2006; Holdich in sod., 2007).

6.2.3. Velikost ujetih osebkov levitve

V letu 2017 smo pričeli z izvajanjem aktivnosti odstranjevanja trnavca v manjšem obsegu. Ugotovili smo, da je populacija stabilna, saj so zastopani vsi velikostni razredi. Število ulovljenih osebkov je v primerjavi z leti 2018 in 2019 manjše zaradi spoznavanja s terenom, iskanja najboljših tehnik, predvsem pa manjšega vloženega navora v izlov trnavca. V letu 2018 smo izlov izvajali nekoliko intenzivneje in z bolj optimiziranimi metodami, kar se je odrazilo v številu ujetih osebkov. V tem letu smo ulovili v povprečju nekoliko manjše osebkove (CLR: 21,36 mm) kot v letih 2017 (CLR: 29,53 mm) in 2019 (CLR: 30,39 mm). Velik delež juvenilnih osebkov v letu 2018 je bil ujet v Gramoznici 1. Predvidevamo, da tisti del juvenilnih osebkov, katerega nismo ujeli leta 2018, predstavlja večinski delež ulovljenih osebkov v letu 2019. Spomladi so bila na delu Gramoznice 1 opravljena intervencijska dela, s katerimi so ponovno vzpostavili povezavo med Dravo in Gramoznico 1. Predvidevamo, da je premeščanje substrata negativno vplivalo na številčnost juvenilnih osebkov v letu 2019 in bi se ga bilo ob dokazanem vplivu na zmanjšanje populacije smiselno posluževati še dlje.

V letu 2017 in 2019 so bili ulovljeni samci in samice približno enako veliki, medtem ko so bile v letu 2018 ujete samice nekoliko večje. Večje samice imajo v povprečju večje število jajčec (Kozak in sod., 2015). V našem primeru se je to le delno potrdilo, saj so nekaterim samicam zaradi stresa in mehanskih poškodb med lovom jajčeca odpadla. Ugotovili smo, da so imele samice vseh velikostnih razredov v povprečju približno 200 jajčec na zadku.

Glede na leto 2018 smo v letu 2019 ulovili manj juvenilnih osebkov, na to je lahko vplivala sezona, vremenske razmere, v Gramoznici 1 pa tudi intervencijska dela.

Največji delež levljenih osebkov smo zabeležili v mesecu maju, v sledečih mesecih pa je delež upadal. V maju so se najpogosteje levili osebki veliki 24–26 mm, julija osebki veliki 24 mm in 32–36 mm, septembra so se najpogosteje levili osebki veliki 30 mm. Juvenilni osebki se prvič levijo že 3–4 dni po izvalitvi iz jajčeca, drugič pa že po enem tednu. Za večino severnoameriških vrst je značilno, da se v prvem letu, preden dosežejo spolno zrelost, levijo 9–11krat. Ko nastopi spolna zrelost, se proces rasti malce upočasnijo. Za razliko od evropskih vrst, kjer se samice levijo 1krat letno, za trnavca velja, da se spolno zrele samice lahko levijo tudi 2krat letno (Buřič in sod., 2010; Kozak in sod., 2015). Pieplow (1938) trdi, da se odrasli osebki trnavca lahko levijo celo 3krat v letu. Delež levljenih osebkov v maju je bil 14 %, levili so se pretežno manjši osebki, za katere so značilne pogostejše levitve v primerjavi z večjimi osebki. Delež v ostalih mesecih je bil manjši, ker so se v večjem deležu levili osebki starejši od enega leta. Osebki stari dve leti ali več pa so se levili redkeje.

6.2.4. Število ponovno ujetih osebkov

Za označevanje in ponovni izpust samcev smo se odločili na podlagi raziskav, kjer so ugotovili, da se zaradi izlova odraslih dominantnih samcev zmanjša vpliv kompeticije nad juvenilnimi osebki. To se lahko na dolgi rok izrazi kot povečanje številčnosti populacije. Obenem je pri rakah znan tudi kanibalizem (Gherardi in



sod., 2011; Burič in sod., 2013), še posebej v primeru populacij z veliko gostoto (Vojkowska in sod., 2014). Z juvenilnimi osebki se prehranjujejo predvsem odrasli samci, kar nam v našem primeru koristi, saj s tem regulirajo tisti del populacije, ki je nam težje dostopen zaradi svoje majhnosti in zaradi izogibanja plenilcem (Gherardi in sod., 2011). Večji kot je osebek, večja je njegova kompetitivna uspešnost (Kozak in sod., 2007). V primeru izlova dominantnih samcev pride do zmanjšane pritiska odraslih osebkov na manjše osebkove, kar slednjim omogoča večjo varnost. Zaradi tega se lahko posledično gibajo po večjem območju (Gherardi in sod., 2011), kar jim omogoča kolonizacijo novih območij in hitrejšo disperzijo vrste. Samice z jajčeci so zaradi varovanja zaroda manj aktivne kot samci, zato jih tudi težje ujamemo. Zaradi odstranjevanja samic iz populacije se lahko zgodi, da samice hitreje spolno dozori in imajo večje število jajčec (Gherardi in sod., 2011).

Da bi zmanjšali delež juvenilnih osebkov v populaciji, smo z vračanjem samcev ohranjali nivo kanibalizma in zasedenost optimalnih skrivališč. Pri tej vrsti je znana tudi apomiktična fakultativna partenogeneza. To pomeni, da v primeru, ko ni prisotnih samcev, ali se le ti niso sposobni pariti, ima samica še vedno potomce. Pri tem tipu razmnoževanja proizvede manjše število jajčec, umrljivost izleženih osebkov je večja, vsi potomci pa so njeni kloni – t. j. samice. (Burič in sod., 2011). Če gledamo dolgoročno, se lahko zaradi partenogeneze spolno razmerje spremeni v prid samicam. Glede na to, da se v primeru, da se samci niso sposobni razmnoževati, samice razmnožujejo partenogenetsko, se za sterilizacijo samcev nismo odločili. Menimo, da je metoda SMRT, ki se je izkazala za uspešno pri signalnem raku (Stebbing in sod., 2012), v našem primeru manj uporabna, saj gre za kratkoživo vrsto. Zaradi izpostavljenosti rakov stresnim razmeram (prevoz, sevanje) bi bila stopnja njihovega preživetja manjša. Glede na to, da je trnavec okužen s kugo in velja za invazivno tujerodno vrsto, prevoz živih osebkov predstavlja dodatno tveganje za razširjanje bolezni.

Označevanje in vračanje samcev nam v idealnih pogojih omogoča tudi oceno velikosti populacije in sledenje potencialnih migracij med gramoznicami. Pri trnavcu je bila zaznana tudi disperzija po kopnem (Pukey, 2014), zaradi česar smo sklepali, da lahko pride do prehajanja osebkov iz ene v drugo gramoznico, tudi v času, ko te niso povezane z vodo. Izkazalo se je, da smo veliko večino ponovno ujetih osebkov ponovno ujeli v isti gramoznici. Verjetno zato, ker jim mesto, kjer prebivajo, ustreza. Za trnavca je znano, da se vračajo v skrivališča, ki so jih že predhodno uporabljali (Hirsch in sod., 2016). Edino dva osebkove, ki smo jih izpustili v Gramoznici 1, smo naslednjič ujeli v Zatoku. Glede na to, da sta ti dve vodni telesi stalno povezani, jim je omogočeno prehajanje po vodi. Med vsemi osebki, ki smo jih označili, nismo zasledili preseljevanja med gramoznicami po kopnem.

Iz rezultatov je razvidno, da je bil uspeh ponovnega ulova osebkov, glede na število označenih osebkov majhen. Uporabljali smo ne-invazivno metodo označevanja z markerjem, katerega obstojnost je bila neznana. Glede na to, da smo 3 osebkove ujeli po več kot mesecu dni, se pri nekaterih osebkih oznaka obdrži dlje časa. Pri rakah je zaradi pogostosti levitev, sploh pri manjših osebkih, uporaba ne-invazivne metode kratkotrajna, saj se oznake z levitvijo ne obdržijo. S tem, ko označeni osebki po levitvi zaužijejo svoj lev, si v določeni meri povrnejo potrebo po mineralih za izgradnjo novega eksoskeleta (Kozák, 2015), skupaj z levom zaužijejo tudi ostanke barve. Kako barva vpliva na preživetje raka, ne vemo. Trenutno nismo opazili mrtvih rakov na območju gramoznic, poleg tega nismo zasledili nobenih sestavin v markerjih, ki bi bile strupene za vodne organizme.



Trnavec spolno dozori v drugem letu svojega življenja, med 15. in 16. mesecem. Nekateri hitro rastoči posamezniki lahko spolno dozori že konec prvega leta, ko dosežejo totalno telesno velikost (TL) 40–50 mm (Kozak in sod., 2015). Trije osebk, ki smo jih označili v drugi polovici avgusta (19. 8. 2019) in nazadnje ujeli konec septembra (26. 9. 2019), so imeli dolžino glavoprsja z rostrumom (CLR) večjo od 33 mm. To pomeni, da so že presegli 50 mm totalne dolžine in so bili spolno zreli. Od konca avgusta oz. z začetkom septembra se za trnavca prične razmnoževalno obdobje, ki naj bi potem trajalo čez zimo vse do začetka pomladi (Kozak in sod., 2015). Med paritvenim obdobjem se samci ne levijo, kar je v našem primeru verjetno razlog za tako dolgotrajen obstoj značke. Samci se levijo pred paritvenim obdobjem, da so v času parjenja, kjer pride do povečane aktivnosti, že zaščiteni z novim hitinskim ogrodjem. Obenem sta za to vrsto značilni dve razvojni fazi, FI-spolno aktivna oblika in FII-spolno neaktivna oblika, ki se izmenjujeta prek leta glede na razmnoževalni cikel (Kozák, 2015). Če bi se levili v paritvenem obdobju, bi bili zaradi povečane aktivnosti reproduktivnega dela populacije izpostavljeni večji možnosti poškodb in smrti, poleg tega pa parjenje nebi bilo mogoče. Znano je, da se odrasli samci levijo 2x letno, najpogosteje spomladi in pred paritvenim obdobjem (Kozák, 2015). Obenem so takoj po levitvi tudi večji osebk v nevarnosti zaradi plenjenja s strani rib (Dorn in Mittelbach, 1999).

Glede na to, da je bil delež ponovno ulovljenih osebkov majhen, menimo, da je populacija trnavca na območju gramoznic dokaj velika. Za natančnejšo oceno številčnosti z različnimi metodami (metode lova in ponovnega ulova in metode izločanja) se nismo odločili zaradi več razlogov (vpliv električnega toka, obstojnost značk, vpliv sezone, lovni napor in vremenske razmere - ekstremno visok vodostaj).

Zaradi pogostega elektroizlova lahko potencialno vplivamo na preživetveno sposobnost vrnjenih osebkov. Peay in sod. (2014) so poizkušali odstraniti signalnega raka v manjšem potoku s pomočjo ponavljajočega elektrošoka. Ugotovili so, da so osebk, ki so bili izpostavljeni elektrošoku, pogosto odpadle škarje. Tekom naše terenske aktivnosti smo bili skrajno previdni, da smo to lastnost, ki jo opisujejo tudi Westman in sod. (1979), preprečili. Prav zaradi previdnosti se je zelo poredko zgodilo, da so rakom odpadle škarje zaradi vpliva električnega toka. Verjetno je do tega prišlo zaradi ponavljajočih izlovov, saj smo v posamezni gramoznici izhlavljali občasno tudi dvakrat dnevno, 3 dni zapored. Elektrošoki imajo močnejši vpliv na manjše (<30 mm CLR) in juvenilne osebk (<10 mm CLR), pri katerih lahko povzročijo celo smrt (Peay in sod., 2014). Osebk, ki jim odpadejo škarje, se spremenijo vedenjske navade, zaradi omejene obrambe pa postanejo lažji plen plenilcem. Zaradi odpadlih škarij osebk nazadujejo tudi v rasti, ker veliko energije vložijo v regeneracijo novih, ki so manjše od prvotnih. Ker so taki osebk manjši, to dolgoročno vodi v manjšo intraspecifično kompeticijsko sposobnost (Kozak in sod., 2007). Zaradi stalnih stresnih razmer, ki jih povzročamo z elektrošoki, lahko potencialno trnavec, ki mu oslabimo imunski sistem, postane bolj dovzeten in manj odporen na račjo kugo, kar bi kugi omogočalo širjenje po povečanem oslavljenem delu populacije, to pa lahko vodi v povišano smrtnost osebkov zaradi okužbe (Pârvulescu in sod., 2012). Kljub temu, da smo z laboratorijskimi testi potrdili prisotnost račje kuge, poginulih osebkov nismo našli, zato povečane smrtnosti ne moremo potrditi.



Slika 38: Poškodovan rak z delno regeneriranimi okončinami (foto: ZZRS).

6.3. Preverjanje prisotnosti račje kuge

Iz rezultatov analize, ki so jo opravili na Veterinarski fakulteti Univerze v Ljubljani, je razvidno, da je trnavec na območju gramoznic okužen z račjo kugo. Izmed 5 testiranih osebkov je bil na kugo pozitiven en osebek iz Gramoznice 5. Kljub temu, da pri ostalih 4 osebkih nismo potrdili okužbe, menimo, da je okužba prisotna na celotnem področju. Ker tipa seva povzročitelja račje kuge nimamo določenega, točnega scenarija vnosa kuge na to območje ne poznamo. Okužba je lahko posledica vnosa že okuženih trnavcev na območje, lahko pa so se okužili tudi s kugo signalnega raka, ki se nahaja gorvodno v Ptujskem jezeru. Na signalnem raku je bila opravljena raziskava na reki Muri, v kateri so Kušar in sod. (2013) ugotovili, da je 11,4 % populacije okužene s kugo. Kljub temu, da ne poznamo stanja okužbe signalnega raka v reki Dravi, predvidevamo, da je stanje podobno kot v Muri. Glede na to, da je na tem območju prisotna kuga, obstaja nevarnost prenosa le-te v pritoke reke Drave, kjer prebivajo avtohtoni predstavniki rakov deseteronožcev. V prihodnosti je smiselno s problemom seznaniti nekoliko širši krog ljudi. Ribiče in sprehajalce, ki jih pogosto srečujemo v času izvajanja aktivnosti izlova, s tem problemom seznanimo že na licu mesta.



7. SKLEPI IN ZAKLJUČKI

- V letu 2019 smo izvajali ukrep eradikacije populacije trnavca na edini znani lokaciji za to vrsto v Sloveniji. Samice smo aktivno odstranjevali, med tem ko smo označene spolno zrele samce vračali na mesta ulova.
- Na območju razširjenosti smo s kombinacijo metod skupaj ujeli 2353 osebkov.
- Pri pregledu območja smo ugotovili, da je vrsta razširjena znotraj območja gramoznic. Ocenjujemo, da so posamezni osebki preko Zatoka in Kanala 2 potencialno prešli v reko Dravo, predvsem pri pretokih, ki so bili nekaj 10krat višji od običajnih. Običajen pretok (minimalen ekološki pretok ali QS) za poletni režim znaša $10 \text{ m}^3/\text{s}$, za zimski režim $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Najvišja povprečna dnevna zabeležena vrednost pretoka na jezu Markovci je bila 18. 11. 2019, ko je bila zabeležena $846 \text{ m}^3/\text{s}$ (vir: DEM d.o.o.). Trnavca v reki Dravi vzporedno z območjem gramoznic in v izlivnem delu Dravinje pri pregledu z različnimi tehnikami nismo potrdili.
- Z metodo elektroizlova smo ulovili največje število osebkov glede na napor. Kljub temu, da smo bili z metodo lova z vršami in lova z rokami manj uspešni, sta ti metodi uporabni za lov tistih osebkov, ki jih zaradi omejitev izvedbe elektroizlova ne ulovimo. Ker imajo vse izmed uporabljenih metod v določenih predelih in sezonskih obdobjih pomanjkljivosti, smo mnenja, da je za učinkovito odstranjevanje osebkov potrebna kombinacija sprejemljivih metod.
- Pri izlovu trnavca smo bili najuspešnejši v poletnih mesecih, ko smo ulovili največje število osebkov. Med rezultati je izstopala Gramoznica 7, v katerih smo bili pri lovu nekoliko uspešnejši v jesenskih mesecih.
- V obdobju lovne sezone je bilo spolno razmerje na celotnem območju med samci in samicami 1:1,09. Od povprečja je izstopala Gramoznica 8, v kateri je bilo ujetih več samic. V letošnjem letu trenda povečanja deleža v pride samcem še nismo zaznali.
- V letošnjem letu je povprečna dolžina glavoprsja z rostrumom vseh ujetih osebkov merila 30,39 mm (CLR), kar je podobno letu 2017 (CLR: 29,53 mm) in več kot v letu 2018 (CLR: 21,36 mm). Povprečne velikost samcev in samic se v letu 2017 in 2019 niso razlikovale, medtem ko smo v letu 2018 ulovili nekoliko večje samice.
- Samice ujete v spomladanskem času so imele pod zadkom v povprečju 200 jajčec.
- Največji delež levljenih osebkov smo zabeležili v mesecu maju, v sledečih mesecih pa je delež upadal.
- Označili smo 707 osebkov trnavca, ponovno smo ulovili 90 osebkov. Zato menimo, da je populacija številčna.
- Glede na predpostavko, da je vrsta lahko potencialno prisotna v reki Dravi, bomo v prihodnjem letu nadaljevali s pregledom sotočja Dravinje in Drave na območju gramoznic.
- Test prisotnosti na povzročitelja račje kuge je bil pozitiven, kar predstavlja veliko potencialno nevarnost domorodnim vrstam. Kuga se na nova območja lahko razširi ne samo s širitvijo trnavca na ta območja, ampak tudi z ribiško opremo, čolni, pticami in nenamernim prenosom. Ker ne vemo za kateri sev gre, bi ga bilo smiselno v prihodnosti karakterizirati in primerjati s sevom signalnega raka. O pojavu račje kuge smo delno že informirali lokalne ribiče in sprehajalce. V prihodnosti bomo nadaljevali z aktivnostmi osveščanja.



8. LITERATURA

- Adams, S., Schuster, G.A., Taylor, C.A., 2010. *Orconectes limosus*. The IUCN Red List of Threatened Species.
- Aldridge, D., 2011. Spinycheek Crayfish, *Orconectes limosus*. Sand Hutton, UK: GB Non-native Species Secretariat.
- Aldridge, D., 2016. Spinycheek Crayfish, *Orconectes limosus*.
- Aquiloni, L., Tricarico, E., Gherardi, F., 2010. Crayfish in Italy: distribution, threats and management. *International Aquatic Research*, 2(1), 1-14.
- Boets, P., Brosens, D., Lock, K., Adriaens, T., Aelterman, B., Mertens, J., Goethals, P. L. M., 2016. Alien macroinvertebrates in Flanders (Belgium). *Aquatic Invasions*, 11(2), 131-144.
- Burba, A., 2010. The dispersal of the invasive spinycheek crayfish, *Orconectes limosus*, throughout Lithuanian waters. *Freshwater Crayfish*, 17(1), 67-72.
- Buřič, M., 2009. Biology of spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*, Rafinesque, 1817) under conditions of the Czech Republic and the study of factors influencing its invasive spreading. Research institute of fish culture and hydrobiology. University of South Bohemia, České Budejovice.
- Burič, M., Hulák, M., Kouba, A., Petrusek, A., Kozák, P., 2011. A successful crayfish invader is capable of facultative parthenogenesis: A novel reproductive mode in Decapod Crustaceans. *PLoS ONE*, 6,5.
- Buřič, M., Kouba, A., Kozák, P., 2013. Reproductive plasticity in freshwater invader: From long-term sperm storage to parthenogenesis. *Plos ONE*, 8, 10, e77597.
- Burič, M., Kouba, A., Kozák, P., 2010. Intra-sex dimorphism in crayfish females. *Zoology*, 113:301-307.
- Crandall, K., Fetzner, J.; Hobbs, H., 2001. "Orconectes Cope, 1872". Tree of Life Web Project.
- 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.
- Filipová, L., Lieb, D. A., Grandjean, F., Petrusek, A., 2011. Haplotype variation in the spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus*: colonization of Europe and genetic diversity of native stocks. *Journal of the North American Benthological Society*, 30(4), 871-881.
- Frantar, P., 2005. Pretočni režimi slovenskih rek in njihova spremenljivost. *Ujma*, številka 19.
- Geelen, M., 1978. The distribution of the crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque) and *Astacus astacus* (L.) (Crustacea, Decapoda) in the Netherlands. *Zoologische Bijdrage*, 23, 4-21.
- Gherardi F., Aquiloni L., Diéguez-Uribeondo J., Tricarico E., 2011. Managing invasive crayfish: is there a hope? *Aquatic Sciences*, 73:185-200.
- Gherardi, F., Coignet, A., Souty-Grosset, C., Spigoli, D., Aquiloni, L., 2013. Climate warming and the agonistic behaviour of invasive crayfishes in Europe. *Freshwater Biology*, 58(9), 1958-1967.



Govedič, M., 2012. Tujerodne vrste rib (Pisces) v celinskih vodah v Sloveniji. V: Jogan, N., Bačič, M., Strgulc-Krajšek, S., Neobiota Slovenije (končno poročilo), str. 233–242, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, 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., A. Vrezec, 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].

Govedič, M., Vrezec, A., Jaklič, M., Lešnik, A., Grobelnik, V., Šalamun, A., Ambrožič, Š., 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.

Hamr, P., 2002. *Orconectes*. In: *Biology of freshwater crayfish*, [ed. by Holdich, D. M.]. Oxford, UK: Blackwell Science. 585-608.

Hefti, D., Stucki, P., 2006. Crayfish management for Swiss waters. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 380-381, 937–950.

Henttonen, P., Huner, J.V., 1999. The introduction of alien species of crayfish in Europe: A historical introduction, Pp. 13-22. In: Gherardi, F., Holdich, D.M., (eds.) *Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation?* *Crustacean Issues* 11, A.A. Balkema, Rotterdam.

Hirsch, P., Burkhardt-Holm, P., Töpfer, I., Fischer, P., 2015. Movement patterns and shelter choice of spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) in a large lake's littoral zone. *Aquatic Invasions*, 11: 55-65.

Holdich, D., Black, J., 2007. The spiny-cheek crayfish, *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) [Crustacea: Decapoda: Cambaridae], digs into the UK. *Aquatic Invasions* 2: 1–16.

Holdich, D., Haffner, P., Noël, P., 2006. Species files. In: *Atlas of Crayfish in Europe*, [ed. by Souty-Grosset, C., Holdich, D., Noël, P., Reynolds, J., Haffner, P.]. Paris, France: Museum national d'Histoire naturelle. 50-129.

Hudina, S., Faller, M., Lucic, A., Klobučar, G., Maguire, I., 2009. Distribution and dispersal of two invasive crayfish species in the Drava River basin, Croatia. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 394-395, 9:p1-p11.

Huner, J., 1988. Information from Morocco. *Crayfish News*, 10, (4), 7.

International Union for Conservation of Nature, 2019. *IUCN Red List of Threatened Species*, Version 2019-2.



Kozák, P., Buřič, M., Polica, T., Homáčková, J., Lepičová, A., 2007. The effect of inter- and intra-specific competition on survival and growth rate of native juvenile noble crayfish *Astacus astacus* and alien spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus*. *Hydrobiologia*, 590: 85-94.

Kozak, P., Duriš, 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 Water. University of South Bohemia, České Budejovice.

Kus Veenvliet, J., 2013. Trnavec (*Orconectes limosus*). Kratki opisi tujerodnih vrst. Spletna stran: <http://www.tujerodne-vrste.info/tujerodnevrste/tujerodne-zivali/prepoznavanje-tujerodnih-zivali/>

Kusar, D., Vrezec, A., Ocepek, M., Jenčič, V., 2013. *Aphanomyces astaci* in wild crayfish populations in Slovenia: first report of persistent infection in a stone crayfish *Austropotamobius torrentium* population. *Diseases of aquatic organisms* 103(2): 157-169.

Lidova, J., Buric, M., Kouba, A., Velisek, J., 2019. Acute toxicity of two pyrethroid insecticides for five non-indigenous crayfish species in Europe. *Veterinari Medicina*, 64, 3:125-133.

Maguire, I., Klobučar, G., 2003. Appearance of *Orconectes limosus* in Croatia. *Crayfish news* (1023-8174) 25; 7-7.

Manfrin, C., Souty-Grosset, C., Anastácio, P., Reynolds, J., Giulianini, P., 2019. Detection and Control of Invasive Freshwater Crayfish: From Traditional to Innovative Methods. *Diversity Journal*, 11, 5.

Pârvulescu, L., Palos, C., Molnar, P., 2009. First record of the spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) in Romania. *North-Western Journal of Zoology*, 5(2), 424-428.

Pârvulescu, L., Schrimpf, A., Kozubíková, E., Cabanillas, Resino S., Vrålstad, T., Petrusek, A., Schulz, R., 2012. Invasive crayfish and crayfish plague on the move: first detection of the plague agent *Aphanomyces astaci* in the Romanian Danube. *Diseases of aquatic organisms*, 98: 85-94.

Peay, S., Dunn, A., Kunin, W., McKimm, R., Harrod, C., 2014. A method test of the use of electric shock treatment to control invasive signal crayfish in streams. *Aquatic conservation* 25, str. 874-880.

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

Puky, M., Schád, P., 2006. *Orconectes limosus* colonises new areas fast along the Danube in Hungary. *Bulletin Francais de la Pêche et de la protection des Pisciculture*; 380–381: 919–926.

Rakauskas, V., Ruginis, T., Arbaciauskas, K., 2010. Expansion of the Spinycheek Crayfish, *Orconectes limosus* (Rafinesque 1817), in the Nemunas River Basin, Lithuania. *Freshwater Crayfish*, 17, 73-76.

Ries, C., Pfeiffenschneider, M., 2018. *Orconectes limosus* Rafinesque, 1817. In: *neobiota.lu - Invasive Alien Species in Luxembourg*, Luxembourg, Luxembourg: Luxembourg National Museum of Natural History.



Roškar, B., 2012. Hidroelektrarne na reki Dravi in njihov vpliv na poplavno ogroženost. Diplomsko delo, Višja prometna šola Maribor.

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, Ljubljana 2018.

Sepros, R., Farkas, A., Sebestyen, A., Lokkos, A., Kelbert, B., Gal, B., Puky, M., Weiperth, A., 2018. Current status and distribution of non-native spiny cheek crayfish (*Faxonius limosus* Rafinesque, 1817) in lake Balaton. Hungarian Agricultural Research 2018/3. 20-26.

Simić, V., Petrović, A., Rajković, M., Paunović, M., 2008. Crayfish of Serbia and Montenegro - the population status and the level of endangerment. Crustaceana, 81(10), 1153-1176.

Swecker, C., Jones, T., Donahue, K., McKinney, D., Smith, G., 2010. The extirpation of *Orconectes limosus* (Spinycheek Crayfish) populations in West Virginia. Southeastern Naturalist, 9(3), 155-164.

Tricarico, E., 2019. *Faxonius limosus* (Spiny-cheek crayfish). CABI Invasive Species Compendium. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/72033>

Tricarico, E., Aquiloni, L., 2016. How Behaviour Has Helped Invasive Crayfish to Conquer Freshwater Ecosystems. In: Biological Invasions and Animal Behaviour, [ed. by Weis J, Sol D]. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 291-308.

Trichkova, T., Todorov, M., Hubenov, Z., Jurajda, P., 2015. First record of *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) in Bulgaria. East and South European Network for Invasive Alien.

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.

Weinländer, M., Müller, M., Vogl, G., Niedrist, G., 2019. Wiederentdeckung des Edelkrebsses im Weissensee in Koexistenz mit dem Kamberkrebss – Resistenz gegenüber der Krebspest? Carinthia II: 635-654.



PRILOGE

Priloga 1: Preglednica 10: V spodnji preglednici so objavljeni podatki o prisotnosti raka trnavca za posamezno državo in vir, na katerega se najdba navezuje (povzeto po: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/72033>).

Kontinent/ država	Distribucija	Izvor/status	Prvič zazan	Vir:	Opombe
Afrika					
Maroko	Prisoten	Tujeroden	1988	Huner, 1988	
Severna Amerika					
Kanada					
<i>New Brunswick</i>	Prisoten	Verjetno vnesen		Filipová in sod., 2011; IUCN, 2019	
<i>Quebec</i>	Prisoten	Verjetno vnesen		Filipová in sod., 2011; IUCN, 2019	
ZDA					
<i>Connecicut</i>	Prisoten	Verjetno vnesen		Hamr, 2002; Filipová in sod., 2011	
<i>Delaware</i>	Prisoten	Verjetno vnesen		Hamr, 2002; Filipová in sod., 2011	
<i>D.C.</i>	Prisoten	Verjetno vnesen		Hamr, 2002; Filipová in sod., 2011	
<i>Maine</i>	Prisoten	Vnesen		Hamr, 2002	
<i>Maryland</i>	Prisoten	Domoroden		Hamr, 2002	
<i>Massachusetts</i>	Prisoten	Verjetno vnesen		Hamr, 2002; Filipová in sod., 2011	
<i>New Hampshire</i>	Prisoten	Vnesen		Hamr, 2002	
<i>New Jersey</i>	Prisoten	Verjetno vnesen		Hamr, 2002; Filipová in sod., 2011	
<i>New York</i>	Prisoten	Verjetno vnesen		Hamr, 2002; Filipová in sod., 2011	
<i>Pennsylvania</i>	Prisoten	Domoroden		Hamr, 2002	



<i>Rhode Island</i>	Prisoten	Verjetno vnesen		Hamr, 2002; Filipová in sod., 2011	
<i>Vermont</i>	Prisoten	Verjetno vnesen		Hamr, 2002; Filipová in sod., 2011	
<i>Virginia</i>	Prisoten	Verjetno vnesen		Hamr, 2002; Filipová in sod., 2011	
<i>West Virginija</i>	Nekdaj prisoten	Verjetno izpodrinjen s strani <i>Orconectes virilis</i>		Hamr, 2002; Swecker in sod., 2010; Filipová in sod., 2011	
Evropa					
Avstrija	Prisoten	Tujeroden	1969	Holdich in sod., 2006	Invazivna vrsta
Belorusija	Prisoten	Tujeroden	1990'ta	Holdich in sod., 2006	Invazivna vrsta
Belgija	Prisoten	Tujeroden	1977	Boets in sod., 2016	Invazivna vrsta
Bolgarija	Prisoten	Tujeroden	2015	Trichkova in sod., 2015	Invazivna vrsta
Češka	Splošno razširjen	Tujeroden	1960'ta	Holdich in sod., 2006	Invazivna vrsta
Črna gora	Prisoten	Tujeroden	2003-2006	Simić in sod., 2008	Invazivna vrsta
Hrvaška	Prisoten	Tujeroden	2003	Holdich in sod., 2006	Invazivna vrsta
Francija	Splošno razširjen	Tujeroden	1896	Holdich in sod., 2006	Invazivna vrsta
Italija	Prisoten	Tujeroden	Ni podatka	Aquiloni in sod., 2010	Invazivna vrsta
Latvija	Prisoten	Tujeroden	Ni podatka	Holdich in sod., 2006	Invazivna vrsta
Litva	Prisoten	Tujeroden	1994	Rakauskas in sod., 2010	Invazivna vrsta
Luksemburg	Prisoten	Tujeroden	1978	Ries in Pfeiffenschneider, 2018	Invazivna vrsta



Madžarska	Prisoten	Tujeroden	1959	Holdich in sod., 2006	Invazivna vrsta
Nemčija	Splošno razširjen	Tujeroden	1895	Holdich in sod., 2006	Invazivna vrsta
Nizozemska	Prisoten	Tujeroden	1960'ta	Geelen, 1978	Invazivna vrsta
Poljska	Splošno razširjen	Tujeroden	1890	Holdich in sod., 2006	Invazivna vrsta
Romunija	Prisoten	Tujeroden	2008	Parvulescu in sod., 2009	Invazivna vrsta
Ruska federacija (samo Kaliningrajska Oblast)	Prisoten	Tujeroden	2000	Burba, 2010	Invazivna vrsta
Srbija	Prisoten	Tujeroden	2002	Holdich in sod., 2006	Invazivna vrsta
Slovaška	Prisoten	Tujeroden	2007	Parvulescu in sod., 2009	Invazivna vrsta
Slovenija	Prisoten	Tujeroden	2015	Govedič, 2015	Invazivna vrsta
Švica	Prisoten	Tujeroden	1976	Hefti in Stucki, 2006	Invazivna vrsta
Združeno kraljestvo	Lokalno prisoten	Tujeroden	1995	Holdich in Black, 2007; Aldridge, 2011	Invazivna vrsta



Priloga 2: Preglednica 11: Povzetek metod, ki se uporabljajo za odkrivanje in zatiranje invazivnih vrst rakov z oceno na ravni razreda po naslednjih merilih: inovativnost (metoda, ki predstavlja nove rešitve za invazivne vrste deseteteronožcev), uporaba na terenu (metoda, ki se že uporablja na terenu), uporabnost (okoljska primernost za uporabo metode), specifičnost vrst (sposobnost metode za specifično ciljanje invazivnih vrst), vpliv (potencialne škode na ekosistemu), stroški (za uporabo metode se zahtevajo gospodarski viri), učinkovitost (zmožnost metode za uspešno upravljanje ciljnih invazivnih vrst) + nizka, ++ srednja, +++ visoka, - ni primerno, ? neznano. Posodobljeno po Gherardiju, 2013. Preglednica temelji na mnenju avtorjev o številu prispevkov objavljenih o vsaki obravnavani metodi (Manfrin in sod., 2019).

Metoda	Inovativnost	Uporaba na terenu	Uporabnost	Vrstna specifičnost	Vpliv	Cena	Učinkovitost
Fizična kontrola							
Vrše/pasti	+	+++	+++	+	+	+++	++
Elektrošok	+	+++	++	+	+	+++	++
Odvodnjavanje	+	++	+	+	+++	+++	++
Prepreke in jezovi	+	++	++	++	++	+++	++
Biološka kontrola							
Naravni plenilci	++	++	++	++	+	++	++
Patogeni	+++	-	++	+++	?	+	+++
Biocidna kontrola							
Kemikalije	+	++	+	+	+++	+	+++
Naravne substance	++	++	++	+	+++	+	+++
Autocidna kontrola							
Feromoni	++	+	+++	+++	+	++	+
Enospolne populacije	+++	-	++	+++	?	++	++
RNA interferenca	+++	-	+++	++	?	+	?
SMRT	+++	+	+++	+++	+	+++	+++
Oralna aplikacija	+++	-	++	?	++	++	?
Odstranjevanje gonopodov	+++	++	++	+++	?	+++	?
Monitoring							
Modeliranje vrstne razširjenosti	+++	++	+++	++	-	+	++
eDNK	+++	++	+++	+++	+	++	+++
Doprinos javnosti	++	++	+++	+++	+	+	++