

Mladi raziskovalci Slovenije

55. srečanje

**SPREMLJANJE SPOMLADANSKE SELITVE DVOŽIVK
NA ČRNI TOČKI V RAZVANJU**

RAZISKOVALNO PODROČJE: BIOLOGIJA

Raziskovalna naloga

Avtor: Rok Lobnik

Mentor: dr. Jure Škraban in mag. Tilen Basle

II. gimnazija Maribor

Maribor, 2021

Mladi raziskovalci Slovenije

55. srečanje

**SPREMLJANJE SPOMLADANSKE SELITVE DVOŽIVK
NA ČRNI TOČKI V RAZVANJU**

RAZISKOVALNO PODROČJE: BIOLOGIJA

Raziskovalna naloga

Avtor: Rok Lobnik

Mentor: dr. Jure Škraban in mag. Tilen Basle

II. gimnazija Maribor

Maribor, 2021

KAZALO VSEBINE

POVZETEK	5
ABSTRACT	7
ZAHVALA	9
1. UVOD	11
1.1 Dvoživke (<i>Amphibia</i>)	11
1.2 Globalni populacijski trendi dvoživk	12
1.3 Ogroženost in varstvo	12
1.4 Selitve dvoživk	13
1.5 Dvoživke in ceste	13
1.5.1 Vpliv cest na nivoju osebka	14
1.5.2 Vpliv cest na nivoju populacij	15
1.5.3 Vpliv na nivoju povezanosti populacij	15
1.6 Varstveni ukrepi	16
1.7 Projekt Žabohod!	16
1.8 Opisi ciljnih vrst	17
1.8.1 Navadna krastača (<i>Bufo bufo</i>)	17
1.8.2 Rosnica (<i>Rana dalmatina</i>)	18
1.8.3 Sekulja (<i>Rana temporaria</i>)	19
1.8.4 Veliki pupek (<i>Triturus carnifex</i>)	20
1.9 Cilji	21
1.10 Hipoteze	21
2 METODE DELA	22
2.1 Spremljanje selitve dvoživk čez cesto	22
2.2 Iskanje velikega pupka (<i>Triturus carnifex</i>)	24
2.3 Ortmannove pasti	25
2.4 Postopki računanj	26
3 Opis raziskovalnega območja	28
4 REZULTATI	29
4.1 Selitveni vzorec navadne krastače (<i>Bufo bufo</i>)	29
4.2 Smrtnost dvoživk in spolna struktura populacije navadne krastače	31
4.5 Primerjava števila vrst in osebkov najdenih dvoživk s črnima točkama Trije ribniki in Zaton-Petanjci iz leta 2018	33

5	RAZPRAVA	34
5.1	Selitveni vzorec navadne krastače (<i>Bufo bufo</i>)	34
5.2	Smrtnost dvoživk in spolna struktura populacije navadne krastače.....	35
5.3	Vrstna pestrost in število osebkov	36
5.4	Večerna dinamika.....	37
5.5	Iskanje velikega pupka (<i>Triturus carnifex</i>)	38
	Primerjava števila vrst in osebkov najdenih dvoživk s črnima točkama Trije ribniki in Zaton-Petanjci iz leta 2018	40
5.6	40
	Opredelitev proučevanega odseka na podlagi predlaganih kriterijev za izbor prednostnih odsekov cest	41
5.7	41
6.	ZAKLJUČEK	42
7.	DRUŽBENA ODGOVORNOST	44
8.	VIRI IN LITERATURA	46

KAZALO SLIK

Slika 1:	Samec in samica navadne krastače (<i>Bufo bufo</i>) v amplexusu (Avtor naloge)	17
Slika 2:	Samec rosnice (<i>Rana dalmatina</i>) (Avtor naloge)	18
Slika 3:	Samica sekulje (<i>Rana temporaria</i>) (Avtor naloge).....	19
Slika 4:	Samica oz. mladič velikega pupka (<i>Triturus carnifex</i>) (Avtor naloge)	20
Slika 5:	Različne vrste dvoživk in spola pri navadni krastači, smo prenašali v ločenih vedrih (Avtor naloge)	24
Slika 6:	Lov na pupke z uporabo doma narejene Ortmannove pasti (Avtor naloge)	25
Slika 7:	Popisno območje z označenim transektom (rdeče) in ciljnim ribnikom (rumeno) (Google Maps 19/02/2021)	28
Slika 8:	Približna lokacija kala v katerem sumimo prisotnost velikega pupka (<i>Triturus carnifex</i>) (Google Maps 13/12/2020)	39

KAZALO TABEL

Tabela 1:	Izračunana statistika korelacije med temperaturo zraka in številom najdenih osebkov dvoživk.	30
Tabela 2:	Primerjava števila osebkov različnih vrst.....	32

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Selitveni vzorec navadne krastače (<i>Bufo bufo</i>) (Avtor naloge)	29
Graf 2: Korelacija med temperaturo zraka in številom najdenih osebkov vseh vrst dvoživk (z rdečo so označeni dnevi, ko je deževalo)	30
Graf 3: Smrtnost in spolna struktura navadne krastače (Avtor naloge)	31
Graf 4: Primerjava odstotnega deleža samic v populaciji navadne krastače s črnima točkama Trije ribniki in Zaton-Petanjci iz leta 2018	31
Graf 5: Povprečno število najdenih osebkov dvoživk na obhod	32
Graf 6: Primerjava števila vrst dvoživk s črnima točkama Trije ribniki in Zaton-Petanjci iz leta 2018	33
Graf 7: Primerjava števila osebkov dvoživk s črnima točkama Trije ribniki in Zaton-Petanjci iz leta 2018	33

POVZETEK

Marca 2020, smo spremljali spomladansko selitev dvoživk čez cesto na črni točki na Vinogradniški poti v Razvanju. Vsak večer smo opravili vsaj dva obhoda in prešteli vse osebkke znotraj transekta, ločeno glede na vrsto in spol ter na enak način prešteli povožene. Število osebkov se je s časom spreminjalo, pomemben vpliv pa sta imela vreme in temperatura zraka. V populaciji navadne krastače (*Bufo bufo*), je bilo le 13,4 % osebkov samic, kar ima negativen vpliv na genski sklad. Smrtnost v populaciji navadne krastače je kljub naši pomoči znašala 6,19 %. S 1303 osebkki je prevladovala navadna krastača, poleg tega smo zabeležili še devet rosnic (*Rana dalmatina*) in šest sekulj (*Rana temporaria*), zaradi česar je Simpsonov indeks pestrosti znašal le 0,02, Shannon-Wienerjev pa 0,07. Število selečih se osebkov je skozi večer upadalo. Odkrili smo potencialno mrestišče velikega pupka (*Triturus carnifex*), črna točka v Razvanju pa ustreza kriterijem prednostnega odseka za izvajanje varstvenih ukrepov.

ABSTRACT

In March 2020, the summer migration of amphibians over the road-kill hotspot at Vinogradniška pot in Razvanje (NE Slovenia) was studied. Every evening at least two patrols were conducted and all the individuals inside the transect counted separately according to the species and gender. All the dead individuals were counted in the same way. The number of individuals varied with time, where the important factors were the weather and air temperature. In the population of the Common Toad (*Bufo bufo*), only 13.4 % of individuals were female, which has a negative effect on the gene pool of the population. Mortality rate within the Common Toad population added up to 6.19 %, regardless of our assistance. With 1303 individuals, Common Toad was the dominant species, nine Common Frogs (*Rana dalmatina*) and six Agile Frogs (*Rana temporaria*) were also found. The Simpson index of diversity equalled to only 0.02, whilst the Shannon-Wiener index took the value of 0.07. Throughout the evening, the number of migrating individuals was declining. A new potential spawning site of the Italian Crested Newt (*Triturus carnifex*) was discovered and the road-kill hotspot in Razvanje does suit the criteria of a segment for implementation of the special conservation measures.

ZAHVALA

Rad bi se zahvalil svojemu strokovnemu mentorju, za vodenje in odlične nasvete, saj je kljub zelo natrpanemu urniku zmeraj uspel najti še dovolj časa, da mi je pomagal pri vsebinski sestavi naloge.

Najlepša hvala tudi mojemu pedagoškemu mentorju, ki si je kljub pogostemu delu na daljavo vzel dovolj časa za pomoč pri tehnični sestavi naloge, tudi ob poznih večernih urah.

1. UVOD

1.1 Dvoživke (*Amphibia*)

Dvoživke (razred *Amphibia*), so skupina vretenčarjev, znana po tem, da so vezane na tako vodne, kakor tudi kopenske habitate, ki jih potrebujejo tekom razvoja in življenja. Razdelimo jih v tri redove. To so brezrepe dvoživke (*Anura*), repate dvoživke (*Caudata*) in sleporili (*Gymnophiona*) (Duelleman in Zug 2020), vendar lahko v Evropi najdemo predstavnike le prvih dveh (Wilkinson 2012).

Za dvoživke je značilna nestalna telesna temperatura in vlažna koža, ki jim pomaga pri dihanju. Nekatere pomembne anatomske značilnosti dvoživk pa zajemajo še trodelno srce, pecljate zobe in zelene paličice v mrežnici, za razločevanje odtenkov (Duelleman in Zug 2020). Posebna lastnost brezrepnih dvoživk je zunanja oploditev (Vieites in sod. 2004). Med parjenjem samec oprime samico v paritveni objem, imenovan amplexus, jajca pa sproti oplaja, med tem ko jih samica odlaga (Poboljšaj in sod. 2018). Večina dvoživk za razmnoževanje potrebuje vodo, saj vanjo odlagajo jajca (Poboljšaj in sod. 2018). Skupina jajc se imenuje mrest, oblika katerega je vrstno značilna (Poboljšaj in sod. 2018). Iz jajc se razvijejo ličinke, ki jim pravimo paglavci. Ti dihajo s škrkami (Duelleman in Zug 2020) in se nato v procesu metamorfoze preobrazijo v odrasle dvoživke (Duelleman in Zug 2020). Pri repatih dvoživkah je oploditev notranja. Samec odloži na dno mrestišča spermatofor (skupek semenčic v želatinasti kapsuli), ki ga samica pobere s kloako. Samice pupkov odlagajo jajčeca tako, da vsako posebej zavijejo v list vodne rastline. Iz jajčec se čez nekaj tednov izležejo ličinke, ki so podobne odraslim osebkom, le da dihajo z zunanjimi škrkami. Pri močeradih poteka razvoj ličink popolnoma ali delno v materinem telesu. Samice tako ne odlagajo jajčec, temveč že razvite ličinke (Poboljšaj in sod. 2018).

Večina pri nas živečih vrst dvoživk se pari in odlaga jajčeca ali ličinke na tako imenovanih mrestiščih, kjer tudi poteka razvoj ličink do mladih osebkov. Različne vrste lahko za mrestišče uporabljajo različne habitate, kot so denimo stoječe luže ali mlake, počasi tekoči potoki, tudi jarki. Zimo preživijo v neaktivnem stanju, v listnatih ali mešanih gozdovih z dovolj primernimi skrivališči, kot so luknje v tleh, kamenje ali lubje. Nekatere vrste, kot na primer sekulja (*Rana temporaria*) ali zelene žabe (*Pelophylax sp.*), pogosto prezimijo kar v vodi. Ob otoplitvah lahko dvoživke zimsko mirovanje tudi prekinejo in se nato vrnejo nazaj v neaktivno stanje (Poboljšaj in sod. 2018).

1.2 Globalni populacijski trendi dvoživk

Dvoživke spadajo med najbolj ogrožene vretenčarje v Sloveniji in Evropi (Poboljšaj in sod. 2018). Leta 2004, je bila narejena ocena svetovne populacije dvoživk, ki je pokazala, da kar 32 % (okoli 1850 vrst) dvoživk sodi v kategorijo ogroženih vrst na rdečem seznamu (Baillie in sod. 2004 v AmphibiaWeb 2017). Kljub temu, da dvoživke svet naseljujejo že več kot 300 milijonov let, naj bi kar 168 vrst izumrlo le v zadnjih 20 letih (Stuart in sod. 2004 v AmphibiaWeb 2017). Trend izumiranja pa bo v prihodnosti najverjetneje še narasel (Stuart in sod. 2004 v AmphibiaWeb 2017).

Glavni vzroki za upad populacij dvoživk so uničevanje in fragmentacija njihovih habitatov, globalno segrevanje in glivična bolezen imenovana hitridiomikoza, ogrožajo pa jih tudi vnosi invazivnih vrst, močnejše sevanje svetlobe UV-B zaradi tanjšanja ozonske plasti, onesnaženja s kemikalijami ter kisli dež (AmphibiaWeb 2017).

1.3 Ogroženost in varstvo

Izguba primernih habitatov za dvoživke je pogosto posledica zaraščanja, zasipavanja ali pozidave ter opuščanja tradicionalne kmetijske rabe. Velik vpliv na selitve imajo še posebej ceste (Poboljšaj in sod. 2018).

Vse slovenske vrste dvoživk so zavarovane z *Uredbo o zavarovanih prosto živečih živalski vrstah* (Uradni list RS 46/2004, 109/2004, 84/2005, 115/2007, 96/2008, 36/2009, 102/2011, 15/2014), uvrščene na *rdeči seznam* (*Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam*; Uradni list RS 82/2002, 42/2010) ter uvrščene na Bernsko konvencijo (*Zakon o ratifikaciji Konvencije o varstvu prosto živečega evropskega rastlinstva in živalstva ter njunih naravnih življenjskih prostorov* (MKVERZ); Uradni list RS 17/1999). Določene vrste pa so uvrščene celo v *Prilogo II in/ali IV Direktive Sveta 92/43/EGS z dne 21. maja 1992 o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst* (Uradni list L 206 z dne 22.07.1992) (*Direktiva o habitatih*). Štiri vrste pri nas živečih dvoživk iz priloge II Direktive o habitatih so obravnavane tudi kot kvalifikacijske vrste za vzpostavitev območij Natura 2000 (Poboljšaj in sod. 2018).

1.4 Selitve dvoživk

Mnoge vrste dvoživk se selijo med svojimi kopenskimi (prezimovanje) in vodnimi habitati (mrestenje), pri čemer pogosto uporabljajo ustaljene in vrstno specifične poti. Čas začetka selitve in njeno trajanje je močno odvisen od vremena, še posebej od temperature zraka. V ugodnih razmerah se lahko zaključi že v nekaj dneh, v primeru suše ali nizkih temperatur pa se lahko večkrat prekine. Po navadi se odvija v mraku in prvi polovici noči (Sinsch 1989).

Najbolj opazna je spomladanska selitev, ko se dvoživke množično selijo proti mrestiščem, kjer se pariyo. Ko se parjenje zaključi, se ponovno vrnejo na kopno, kjer se zadržujejo do prezimovanja. Ko se ličinke razvijejo do mladih osebkov, se jim pridružijo še ti, nato pa po jesenski selitvi v neaktivnem stanju prezimijo. Poletna in jesenska selitev ne potekata v isti smeri in tako množično kot spomladanska, temveč potekata v različnih časovnih obdobjih in bolj razpršeno (Poboljšaj in sod. 2018).

Razdalje med njihovimi mrestišči in letnimi bivališči se med vrstami razlikujejo. Nekatere prepotujejo le nekaj sto metrov, med tem ko lahko druge prehodijo tudi do nekaj kilometrov (Blab 1989). Najdaljšo selitveno pot v Sloveniji prepotuje naša najpočasnejša vrsta, navadna krastača (*Bufo bufo*), ki lahko do mrestišča prehodi tudi do pet kilometrov. Rosnica (*Rana dalmatina*) in sekulja (*R. temporaria*) se navadno selita na razdalji do 800 m ali celo več, medtem ko veliki pupek (*Triturus carnifex*) prepotuje razdaljo do 400 m (Küster 2000).

1.5 Dvoživke in ceste

Enega izmed največjih človekovih posegov v okolje predstavlja gradnja cest. Ta problem se s časoma še povečuje, saj naš moderni življenjski slog zahteva vedno nove in boljše cestne povezave (Podloucky 1989, Vos in Chardon 1994), to pa ima močan vpliv na ekosistem, saj gostejša mreža cest pomeni manj prostora za živali in rastline (Stoner 1925; Trombulak in Frissell 2000; Forman in sod. 2003 v Schmidt in Zumbach 2008). Samo med leti 2010 in 2014 je bilo denimo pri nas zgrajenih že več kot 700 km novih hitrih cest in avtocest, kar močno vpliva tudi na dvoživke (SHS 2014). Prva vrsta dvoživke, ki naj bi izumrla zaradi vpliva prometa, je bila zabeležena okoli leta 1950 (Heusser 1968 v Schmidt in Zumbach 2008). Metaanaliza, ki je vključevala 75 različnih raziskav je potrdila, da je vpliv zaradi povozov in fragmentacije habitatov, ki so posledica izgradnje cest na

populacije dvoživk in plazilcev, v primerjavi z ostalimi živalskimi skupinami, največji (Rytwinski in Fähring 2012).

Mesta na katerih pride do množičnih povozov imenujemo kar »črne točke«, ki jih je v Sloveniji že več kot 1500 (Strašek 2012). V Sloveniji ceste najbolj ogrožajo populacije navadne krastače (*Bufo bufo*) in sekulje (*Rana temporaria*), ki sodita v skupino tako imenovanih »explosive breeders«, kar pomeni, da se skoraj vsi spolno zreli osebki neke populacije naenkrat odpravijo na isto mrestišče (Poboljšaj in sod. 2018).

Danes se ob cestnih novogradnjah primerni ukrepi za varstvo dvoživk v glavnem že izvajajo, oz. so zahtevani s strani pristojnih institucij. Večji problem predstavljajo že obstoječe ceste, kjer primanjkuje sistemskih rešitev za izvajanje ukrepov na problematičnih odsekih. Za te sta odgovorni Ministrstvo za okolje in prostor, ki je pristojno za varstvo zavarovanih živalskih vrst in Ministerstvo za infrastrukturo, ki je pristojno za promet. Trenutno se denimo ob rekonstrukcijah cest ukrepi za varstvo dvoživk predpišejo samo, kadar je potrebno naravovarstveno soglasje (SHS 2014).

1.5.1 Vpliv cest na nivoju osebka

Glavni negativni vpliv cest so smrti na nivoju osebka. Verjetnost, da nek osebek za časa selitve naleti na cesto, je odvisna od dolžine njegove selitvene poti, mobilnosti vrste in gostote cest. Po drugi strani je verjetnost, da ta osebek na cesti tudi pogine odvisna od gostote in hitrosti prometa ter časa, ki ga ta osebek na cesti preživi (Vos in Chardon 1994). Povprečna hitrost samcev in samic navadne krastače (*Bufo bufo*) znaša okoli 50 cm/min, medtem ko je hitrost samic v amplexusu le 2 cm/min. Širina povprečne regionalne ceste znaša približno 5 m, avtoceste pa tudi več kot 25 m, kar pomeni, da potrebuje krastača za njeno prečkanje najmanj 10 minut (Vogrin 1997). Raziskave kažejo, da se v času selitve povozi okoli 20 %, lahko pa celo do 40 % spolno zrelih osebkov dvoživk neke populacije. Če gostota prometa znaša med 15 in 40 avtomobilov na uro, to pomeni, da bo povožena skoraj polovica navadnih krastač, ki bi utegnile prečkati cesto (Vos in Chardon 1994). Še večja je smrtnost mladih osebkov, saj se ti množično selijo podnevi, pojav, ki ga imenujemo tudi žabji dež (CKFF 2007).

1.5.2 Vpliv cest na nivoju populacij

Vplive cest na nivoju populacij lahko razdelimo na neposredne in posredne. Neposredni vpliv je smrtnost osebkov, medtem ko posredni vplivajo na kvaliteto habitata. Mednje sodijo onesnaževanje, hrup, svetloba, sprememba v temperaturi in vlagi, ter fragmentacija okolja. Ti lahko dolgoročno učinkujejo na preživetje populacije. Cestna razsvetljava in hrup lahko seleče se osebkke dezorientirata (Jochimsen in sod. 2004). Znanstveniki so ugotovili, da se dvoživkam zaradi hrupa poveča raven stresnih hormonov, kar je zmanjšalo selitev samic k pojočim samcem (Tennesen, Parks in Langkilde 2014). Raziskave kažejo, da 40 % smrtnost spolno zrelih osebkov neke populacije sekulje ali navadne krastače zaradi povozov, vodi v njeno izumrtje, že brez upoštevanja drugih vzrokov smrtnosti (Vos in Chardon 1994).

1.5.3 Vpliv na nivoju povezanosti populacij

Povezanost populacij je ključnega pomena za preživetje vrste. Zaradi vedno večjega števila cest, pa je povezanost med populacijami dvoživk vedno slabša, kar vodi do vedno slabšega pretoka genetskega materiala, kar lahko vrsto pelje tudi do izumrtja. Glede na genetske raziskave na sekulji, naj bi ceste delovale kot pomembna ovira za populacije žab v območju štirih do petih kilometrov (Vos in Chardon 1994).

1.6 Varstveni ukrepi

Obstajajo trije glavni načini za pomoč dvoživkam pri problematiki s cestami.

Začasni ukrepi vključujejo postavitve začasnih ograj za dvoživke in prenašanje prihajajočih osebkov čez cesto ob pomoči prostovoljcev. Na tak način je možno tudi zbiranje podatkov o selitvenih poteh in populacijah, ki so lahko nato v pomoč pri opredelitvi trajnih ukrepov (Sopotnik in Vlačić 2011).

Trajni ukrepi vključujejo postavitve stalnih varovalnih ograj za dvoživke in izgradnjo podhodov zanje. Pri njihovem načrtovanju so pomembni podatki o ustrezni lokaciji za postavitve in število podhodov ter dolžino ograje. Ti so lahko precej dragi, saj jih je potrebno redno vzdrževati (Sopotnik in Vlačić 2011).

Opozorilni, preventivni ukrepi vključujejo izobraževanje voznikov o problematiki dvoživk in cest, ter postavitve opozorilnih tabel in prometnih znakov v bližini črnih točk. Ti sicer ne predstavljajo konkretne rešitve problematike, vendar pa pomagajo pri ozaveščanju javnosti (Sopotnik in Vlačić 2011).

1.7 Projekt Žabohod!

Slovensko herpetološko društvo – *Societas herpetologica slovenica* že od leta 2008 organizira prostovoljske akcije prenašanja dvoživk čez cesto na Večni poti v Ljubljani, od leta 2010, pa tudi pri Treh ribnikih v Mariboru in tudi drugod po Sloveniji. Istega leta so uvedli tudi Žabofon (telefonska številka 040 721 794), preko katerega svetujejo in nudijo pomoč posameznikom in organizacijam pri izvedbi tovrstnih prostovoljnih akcij (SHS 2014).

V ta namen je bil 4. oktobra 2014, na svetovni dan varstva živali, v Ljubljani izveden projekt Žabohod: posvet o naravovarstveni problematiki dvoživk in cest. Glavni cilji projekta so bili izmenjava izkušenj prostovoljcev in sorodnih organizacij, izobraževanje širše javnosti o problematiki in pregled primerov dobre prakse tudi iz tujine ter določitev glavnih problemov in njihovih rešitev v zvezi s problematiko dvoživk in cest (SHS 2014).

1.8 Opisi ciljnih vrst

Zaradi izkušenj iz prejšnjih let vsaj približno vemo, katere vrste lahko na tej lokaciji pričakujemo. V nadaljevanju dodajamo opise teh ciljnih vrst.

1.8.1 Navadna krastača (*Bufo bufo*)

Navadna krastača (*Bufo bufo*) je največja vrsta dvoživke pri nas. Med paritvenim obdobjem imajo samci na prvih treh prstih sprednjih okončin temne kožne odebelitve, s katerimi lažje objamejo samico. Zadnje okončine so pri krastačah krajše kot pri pravih žabah, zato krastače niso zelo dobri skakalci. Krastače mrestijo v globljih, stalnih vodah z obilico vodne vegetacije, pristnost rib pa jih ne moti. Vrsta večino leta preživi na kopnem in se spomladi v vlažnih in toplih nočeh množično seli na mrestišča. Samice odlagajo jajčeca v vrvičastem mrestu, ki ga navijejo okoli vodnega rastlinja. Krastača je dolgoživa vrsta, ki lahko v naravi dočaka tudi do 20 let (CKFF 2007).



Slika 1: Samec in samica navadne krastače (*Bufo bufo*) v amplexusu (Avtor naloge)

1.8.2 Rosnica (*Rana dalmatina*)

Rosnica (*Rana dalmatina*) je vitka, srednje velika žaba iz rodu rjavih žab, za katere je značilna rjava zaočesna maska. Rosnice so znane po tem, da imajo izredno dolge zadnje okončine, ki iztegnjene močno presegajo nosnice in s katerimi lahko skočijo do dva metra v dolžino in do 75 cm v višino. Samci imajo na prvem prstu prednjih okončin črne oprijemalne blazinice in se lahko pariyo tudi več kot enkrat. Njihovo oglašanje je skorajda neslišno, saj se samci oglašajo pod vodo in nimajo zvočnih mehurjev. So pretežno kopenske živali in se zadržujejo v suhih, toplih listnatih gozdovih, gozdnih robovih in jasah. Mrestijo v manjših, stoječih ali počasi tekočih vodah, ki so lahko tudi več kilometrov oddaljene od njihovih letnih bivališč. Spolno dozoriyo med drugim in tretjim letom starosti ter dočakajo do deset let. Mreste odlagajo praviloma posamič, pritrjene na veje potopljenih rastlin ali pokončne bilke, ti so sprva kroglaste oblike, a se s časoma razlezejo po gladini (CKFF 2007).



Slika 2: Samec rosnice (*Rana dalmatina*) (Avtor naloge)

1.8.3 Sekulja (*Rana temporaria*)

Tudi sekulja (*Rana temporaria*) je srednje velika vrsta, ki sodi v rod rjavih žab. Prepoznamo jo po široki, zaobljeni glavi ter topim gobcem, njene zadnje okončine pa so veliko krajše kot pri rosnici in iztegnjene ne presegajo nosnic. Barvno je vrsta zelo variabilna, v času parjenja pa imajo samci na prvem prstu sprednjih okončin črne oprijemalne blazinice. Je hladnoljubna, dokaj kopenska vrsta, ki se zadržuje v gozdovih in na gozdnih robovih ter mresti v osončenih stoječih ali počasi tekočih vodah. Osebki spolno dozori med drugim in četrtem letom starosti in se do mrestišč selijo zelo množično. Na kopnem sekulje prezimujejo posamično, v vodi pa jih lahko skupaj prezimuje do nekaj tisoč. Za prezimovanje si rade izberejo isto vodno površino kot za mrestenje (CKFF 2007).



Slika 3: Samica sekulje (*Rana temporaria*) (Avtor naloge)

1.8.4 Veliki pupek (*Triturus carnifex*)

Veliki pupek (*Triturus carnifex*) je največja evropska vrsta pupka, ki jo z lahkoto prepoznamo po temnem grlu. Na oranžno-rumenem trebuhu imajo črne pike, katerih vzorec je kakor prstni odtis pri človeku značilen za vsak osebek posebej. Samci imajo v obdobju parjenja na hrbtu ogromen greben, na repu pa srebrno belo progo, ki igra pomembno vlogo pri parjenju, ki poteka v temi. Mresti v stoječih in počasi tekočih vodah brez rib, zelo pomembno pa je, da je v bližini mrestišča ustrezen kopenski habitat travišč in grmišč v katerih se lahko skriva. V času parjenja se lahko osebki premikajo med bližnjimi vodnimi telesi, na dnu vodnega telesa pa preživijo več časa kot ostale vrste pupkov. Spolno zrelost dosežejo pri dveh letih starosti, ličinke pa so lahek plen za ribe, kar povzroča velik problem za ohranjanje populacij. Prezimujejo na kopnem (CKFF 2007).



Slika 4: Samica oz. mladič velikega pupka (*Triturus carnifex*) (Avtor naloge)

1.9 Cilji

V raziskovalni nalogi smo si zadali šest ciljev.

- Spremljati potek selitve dvoživk na črni točki na Vinogradniški poti v Razvanju skozi celotno selitev ter skozi posamezen večer.
- Ugotoviti vpliv temperature zraka na potek selitve.
- Ugotoviti vpliv prometa na smrtnost in spolno sestavo tukajšnjih populacij dvoživk.
- Pomagati dvoživkam pri prečkanju ceste in s tem zmanjšati smrtnost v populaciji.
- S pomočjo vzorčenja z doma narejeno Ortmannovo pastjo, ugotoviti morebitno prisotnost velikega pupka (*Triturus carnifex*) v proučevanem ribniku.

1.10 Hipoteze

H₁: Na intenzivnost selitve dvoživk bodo vplivali čas, temperatura zraka in stanje vremena.

H₂: Število samcev navadne krastače bo večje od števila samic.

H₃: Dominantna vrsta bo navadna krastača.

H₄: V enem večeru bo število selečih se dvoživk s časom upadalo.

H₅: V ribniku še zmeraj mresti tudi veliki pupek.

H₆: Cestni odsek na Vinogradniški poti v Razvanju je po številu najdenih vrst in osebkov primerljiv z ostalimi črnimi točkami po Sloveniji.

H₇: Cestni odsek na Vinogradniški poti v Razvanju ustreza kriterijem varstveno prednostnih odsekov cest.

2 METODE DELA

2.1 Spremljanje selitve dvoživk čez cesto

V mesecu marcu smo na črni točki na Vinogradniški poti v Razvanju, spremljali selitev dvoživk čez cesto. Z monitoringom smo začeli, ko smo na cesti opazili prve dvoživke, kar je bilo prvega marca in zaključili 23. marca, ko se je selitev zaključila. Terenske preglede območja smo nato izvajali še dodatnih pet dni, s čimer smo se prepričali, da se je selitev zares zaključila. Popisna transekta sta predstavljala dva vzporedna cestna odseka dolžine približno 600 m in 400 m. Na teren smo se odpravili vsak dan ob 19.30 in izvedli vsaj dva obhoda, če je bila aktivnost v neki noči zelo velika, pa smo izvedli še tretjega. Tega za namene nadaljnje analize podatkov nismo upoštevali, saj je bil njegov glavni namen zmanjšati število povoženih osebkov, ko je bila selitev intenzivnejša. Odločili smo se, da kot neodvisno spremenljivko privzamemo število obhodov in ne samega časa, ki smo ga preživeli na terenu, saj je ta močno odvisen od številnih dejavnikov, kot je na primer število selečih se osebkov. Kljub temu smo po vsakem obhodu zabeležili tudi uro njegovega zaključka, skupaj z ostalimi okolijskimi dejavniki, kot sta temperatura zraka in stanje vremena. Zastavili smo si tudi minimalni časovni okvir terenskega dela in sicer od 19.30 do 20.30, da ob večerih, ko je bila selitev manj intenzivna, ne bi spregledali posameznih osebkov, ki bi se morebiti pojavili kasneje. Vse osebkve dvoživk, najdene na in ob cesti, smo z vedri prenesli do ribnika in jih tam prešteli, ločeno glede na vrsto in spol. Ob zaključku terenskega dela smo ločeno prešteli tudi vse na novo povožene osebkve. Za namene ocene velikosti populacije posameznih vrst, smo upoštevali le osebkve, ki so bili namenjeni v ribnik. Predvidevali smo, da so osebkve na vračanju isti kot tisti, ki smo jih že šteli na poti v ribnik.

Ob prenašanju dvoživk čez cesto smo uporabili naglavno svetilko in tri vedra, za zagotavljanje varnosti pa smo nosili odsevni jopič. Pred rokovanjem z dvoživkami smo si navlažili roke, navlažili pa smo tudi vedra. Samci navadnih krastač so v boju za samice zelo agresivni, kar se neredko konča s smrtjo samice zaradi zadušitve. Samce krastač smo zato prenašali v ločenem vedru od samic in amplexusov ter jih tudi izpustili na različnih mestih ob ribniku. Krastače izločajo tudi strupene bufotoksine in bufotenine (Peterson in Roberts 2013), ki bi lahko poškodovale ostale vrste dvoživk. Iz tega razloga smo vse ostale najdene

vrste prenašali v posebnem vedru, ločene od krastač. Poskrbeli smo tudi, da vedro ni bilo prepolno, tako da smo ga redno praznili, dvoživke pa smo zmeraj izpustili ob ribnik in ne vanj, da jih nismo izpostavljali premočnemu temperaturnemu šoku.

Kljub temu da na tej črni točki delujemo že več let, še zmeraj nimamo začasne ograje za dvoživke. To pomeni, da je potrebno vložiti precej več truda pri iskanju dvoživk, dodatne težave pa povzroči ugotavljanje smeri gibanja posameznih osebkov. V prvem delu selitve to ne predstavlja velikega problema, saj so takrat vsi osebki namenjeni v ribnik. Težava nastane, ko se prvi osebki začnejo vračati, saj je takrat težko ugotoviti, kateri se vračajo in kateri se še zmeraj odpravljajo v ribnik. Za ugotavljanje smeri selitve smo uporabili najbrž še neopisano, vendar precej učinkovito metodo. Samci krastač so pred parjenjem zelo agresivni in se objamejo česarkoli, kar bi jih vsaj malo spominjalo na samico, celo človeških prstov. Tako smo samcem zmeraj ponudili dva prsta in če so se jih oprijeli smo skleпали, da se še niso parili in so zatorej namenjeni v ribnik. Če so prste ignorirali ali se jim izmikali smo predvidevali, da so že sparjeni in se torej odpravljajo nazaj v letno bivališče. Pri samicah je določitev smeri gibanja precej lažja, saj so samice pred mrestenjem zelo debele, ko jajca odložijo pa delujejo prav shirano.

Samo število vrst ni zadostno merilo za diverzitetu, saj ne upošteva števila osebkov (Kiernan 2020). Razporeditev števila osebkov med različnimi vrstami, in s tem biodiverzitetu, merimo z uporabo Simpsonovega indeksa pestrosti, medtem ko Shannon-Wienerjev indeks pestrosti meri verjetnost, da bo naključno izbrani osebek neke združbe, osebek določene vrste, pri čemer nizka vrednost indeksa pomeni visoko verjetnost in obratno (Kiernan 2020). Načeloma velja, da je Simpsonov indeks usmerjen bolj v dominanco ene vrste, medtem ko lahko na vrednost Shannon-Wienerjevga indeksa vplivajo že majhne spremembe v vrstni sestavi, torej imajo redke vrste močnejši vpliv na njegovo vrednost (Fedor 2018). Zaradi možnosti primerjave smo se odločili, da izračunamo kar oba. Simpsonov indeks smo izračunali po formuli $D_s = 1 - \frac{\sum ni(ni-1)}{N(N-1)}$, kjer ni predstavlja število osebkov posamezne vrste in N predstavlja skupno število osebkov vseh vrst. Shannon-Wienerjev indeks pa po formuli $H' = -\sum_{i=1}^S pi \ln pi$, kjer S predstavlja število najdenih vrst in pi predstavlja delež posamezne vrste v združbi.

Povezavo med številom najdenih osebkov in temperaturo zraka smo izračunali s pomočjo Spearmanovega korelacijskega koeficienta, saj smo obravnavali diskretne podatke in pričakovali nelinearno razmerje (Looney in Hagan 2011).



Slika 5: Različne vrste dvoživk in spola pri navadni krastači, smo prenašali v ločenih vedrih (Avtor naloge)

2.2 Iskanje velikega pupka (*Triturus carnifex*)

Zadnja osebkva velikega pupka v tem ribniku, sta bila videna leta 2018, ko smo našli živo samico oz. mladiča (pri tej vrsti je med samicami in mladiči skoraj nemogoče razlikovati) in poveženega samca. Ker vrsta v tem ribniku od takrat dalje ni bila več videna, nas je zanimalo, če je v njem sploh še prisotna. Iz tega razloga smo iz odpadnih plastenk in plastičnega vedra izdelali doma narejeno Ortmannovo past, ki smo jo nato zadnji teden v juliju prestavljali ob bregovih ribnika, tako da je past na eni točki stala eno noč in en dan. Za vabo smo uporabljali koščke govejega mesa.

2.3 Ortmannove pasti

Zaradi vsesplošnega upada populacij dvoživk, postaja vse pomembnejše tudi učinkovito vzorčenje osebkov. Za razliko od žab, katerih prisotnost je zaradi njihovega oglašanja mogoče z lahkoto potrditi, je za ugotavljanje prisotnosti tihih pupkov potrebno nastavljanje pasti. Eden izmed odličnih načinov za vzorčenje dvoživk in njihovih ličink v vodi, je z uporabo Ortmannovih pasti, ki jih je preprosto izdelati tudi iz vsakdanjih predmetov. Raziskave so pokazale, da so Ortmannove pasti za lov na velike pupke veliko bolj učinkovite, kot običajne vrše (Drechsler in sod. 2010).

Ortmannovo past sestavlja prazno vedro, z več odprtiniami, skozi katere potisnemo zgornje dele rabljenih plastenk. S tem povečamo število vhodov skozi katere lahko pupki vstopijo v past, a iz nje več ne morejo. Na dno vedra zvrtnemo več manjših lukenj, ki omogočajo izmenjavo vode, vedro pa nato zapremo s pokrovom, v katerega prav tako navrtamo luknje, ki omogočajo izmenjavo zraka v pasti. Plovnost vedra zagotovimo z namestitvijo dveh praznih, vendar zaprtih plastenk. Pomembno je, da vsaj del notranjosti pasti še zmeraj predstavlja zrak, saj odrasli pupki dihajo s pljuči. Potrebno je poskrbeti, da ves uporabljeni material predhodno dobro očistimo in da past po uporabi še dodatno dezinficiramo, da preprečimo morebiten prenos patogenov. Med uporabo past tudi privežemo, da te ne bi odnesel tok ali morebitni glodavci (Drechsler in sod. 2010). Pupke se običajno lovi na vabo iz govejega mesa (Baker 2013).



Slika 6: Lov na pupke z uporabo doma narejene Ortmannove pasti (Avtor naloge)

2.4 Postopki računanj

Simpsonov indeks:

$$D_s = 1 - \frac{\sum ni(ni-1)}{N(N-1)}$$

$$D_s = 1 - \frac{1303 \times (1303 - 1) + 9 \times (9 - 1) + 6 \times (6 - 1)}{1318 \times (1318 - 1)}$$

$$D_s = 1 - \frac{1303 \times 1302 + 9 \times 8 + 6 \times 5}{1318 \times 1317}$$

$$D_s = 1 - \frac{1696608}{1735806}$$

$$D_s \approx 1 - 0,977$$

$$D_s \approx 0,02$$

Shannon-Wienerjev indeks:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

$$H' \approx -((0,989 \times \ln 0,989) + (0,007 \times \ln 0,007) + (0,005 \times \ln 0,005))$$

$$H' \approx -(-0,011 - 0,035 - 0,026)$$

$$H' \approx 0,07$$

Spearmanov korelacijski koeficient:

Spearmanov korelacijski koeficient med temperaturo zraka in številom najdenih osebkov smo izračunali s pomočjo Excelove tabele, z uporabo funkcije =CORREL, p-vrednost pa z uporabo funkcije =TDIST.

T-statistiko smo izračunali po formuli $t = \frac{r_s \times \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_s^2}}$, kjer n predstavlja število parov temperature s številom osebkov, r_s , pa je Spearmanov korelacijski koeficient.

$$t = \frac{0,69 \times \sqrt{23 - 2}}{\sqrt{1 - 0,69^2}}$$

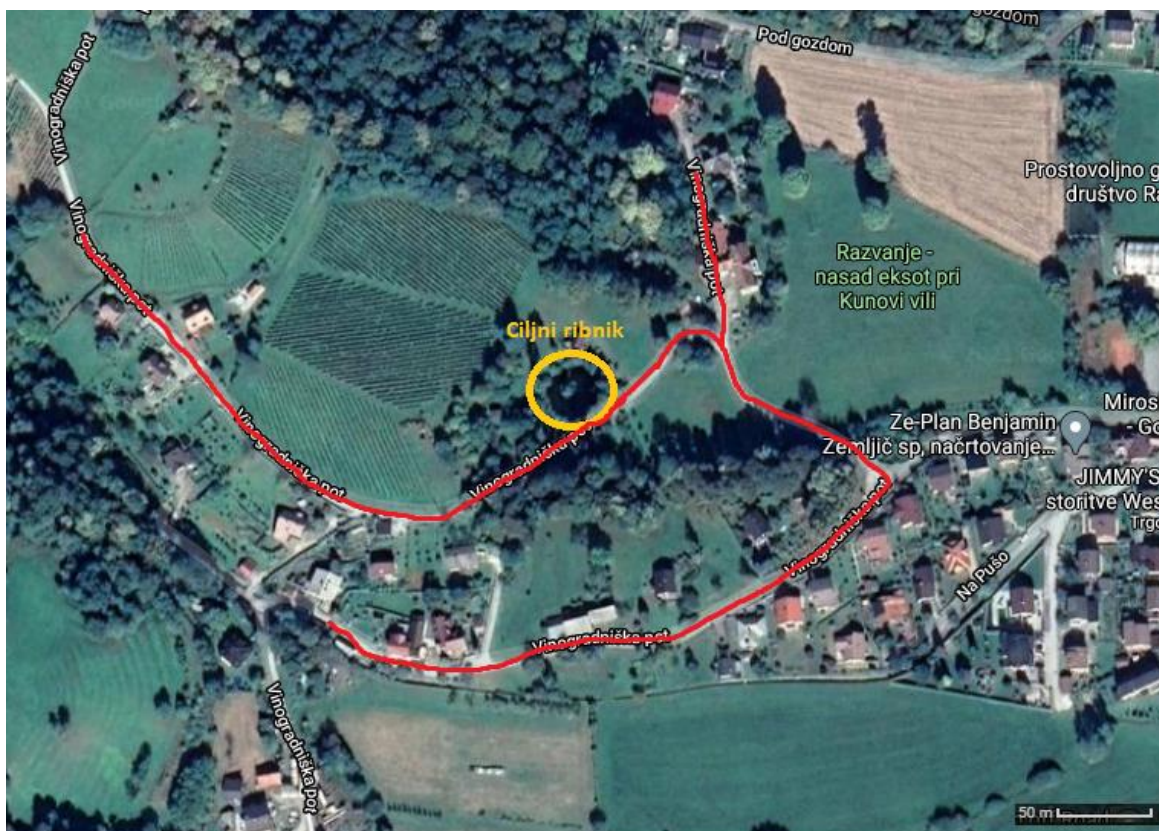
$$t = \frac{0,69 \times \sqrt{21}}{\sqrt{1 - 0,48}}$$

$$t \approx \frac{3,16}{0,72}$$

$$t \approx 4,42$$

3 Opis raziskovalnega območja

Raziskovalno območje se nahaja pod Pohorjem, v severovzhodni Sloveniji, v bližini vasi Razvanje, slaba dva kilometra jugozahodno od mesta Maribor. Obkroženo je z vinogradi, gozdovi in intenzivnimi travniki. Gozdove in travnike od ribnika, ki predstavlja mrestišče za dvoživke, ločujeta dve vzporedni asfaltirani cesti. Ribnik je majhen, a dokaj globok in antropogenega izvora. Obkroža ga gosta nabrežna vegetacija, veliko je tudi podvodne, med tem ko plavajoče primanjkuje. V ribniku so naseljene tudi ribe. Njegove geografske koordinate so $46,517425^{\circ}$ severno in $15,629373^{\circ}$ vzhodno.

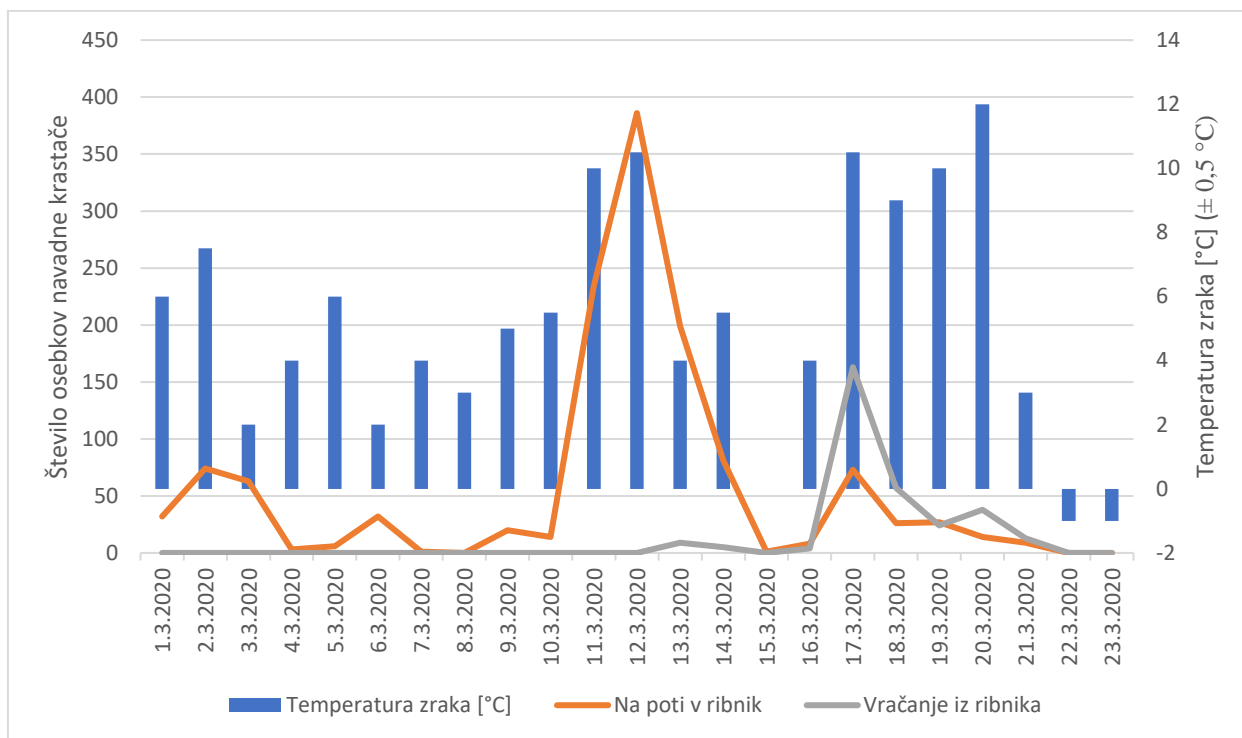


Slika 7: Popisno območje z označenim transektom (rdeče) in ciljnim ribnikom (rumeno) (Google Maps 19/02/2021)

4 REZULTATI

4.1 Selitveni vzorec navadne krastače (*Bufo bufo*)

Graf 1: Selitveni vzorec navadne krastače (*Bufo bufo*) (Avtor naloge)



Selitev navadne krastače se je pričela 1. marca in je trajala vse do 23. marca. Najintenzivnejša je bila med 11. in 13. marcem, ko je bila tudi najvišja temperatura. Vračanje iz ribnika se je pričelo 13. marca, višek pa doseglo 17. marca. Ta večer je število vračajočih se osebkov preseglo število osebkov na poti v ribnik.

Graf 2: Korelacija med temperaturo zraka in številom najdenih osebkov vseh vrst dvoživk (z rdečo so označeni dnevi, ko je deževalo)

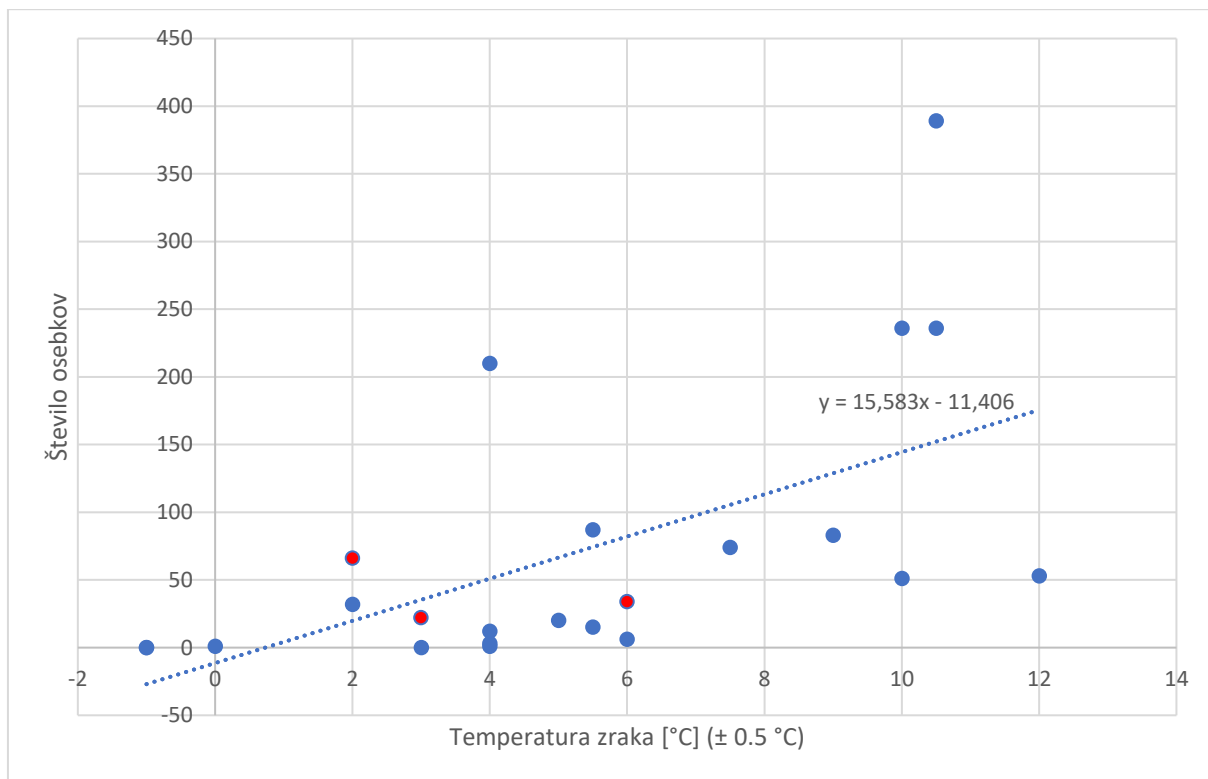
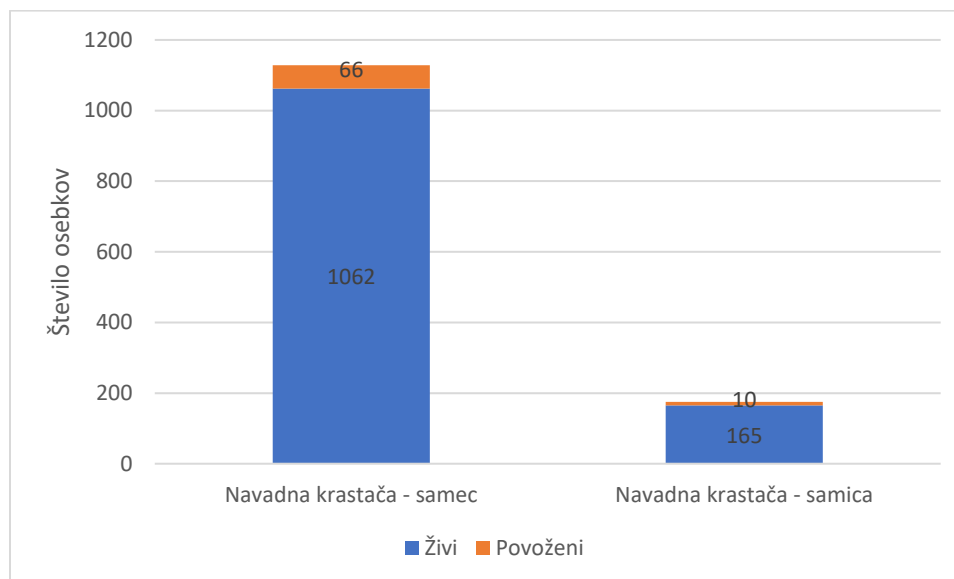


Tabela 1: Izračunana statistika korelacije med temperaturo zraka in številom najdenih osebkov dvoživk.

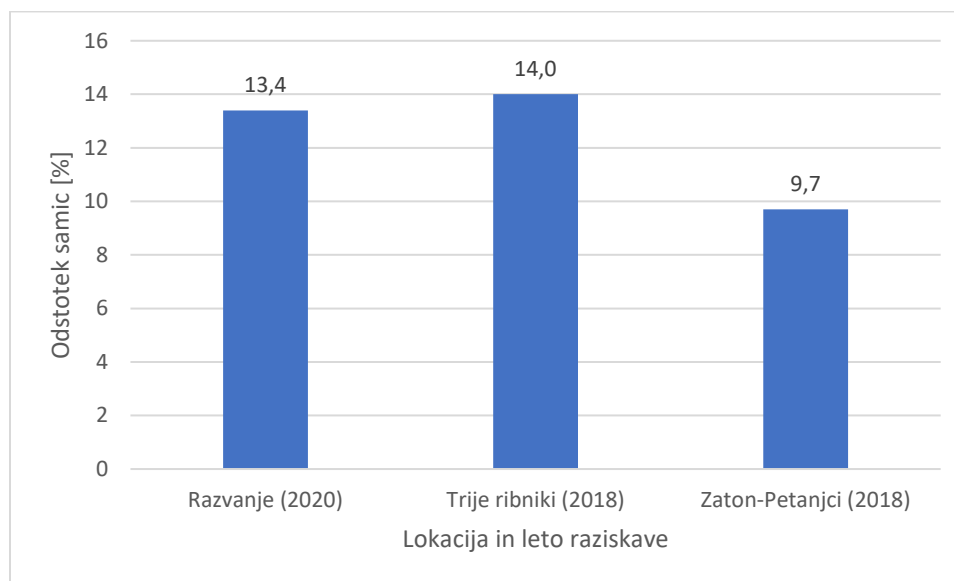
Spearmanov korelacijski koeficient (r_s)	Število parov	T-statistika	Stopnje prostosti	Izračunana p-vrednost	Kritična p-vrednost
0,69	23	4,42	21	$2,37 \times 10^{-4}$	0,05

4.2 Smrtnost dvoživk in spolna struktura populacije navadne krastače

Graf 3: Smrtnost in spolna struktura navadne krastače (Avtor naloge)



Graf 4: Primerjava odstotnega deleža samic v populaciji navadne krastače s črnima točkama Trije ribniki in Zaton-Petanjci iz leta 2018



Na našem območju je delež samic navadne krastače znašal 13,4 %, kar je manj kot v raziskavi na Treh ribnikih (Lobnik in sod. 2018) in več kot v podobni raziskavi na črni točki Zaton-Petanjci (Gorički, Strah in Podgorelec 2019).

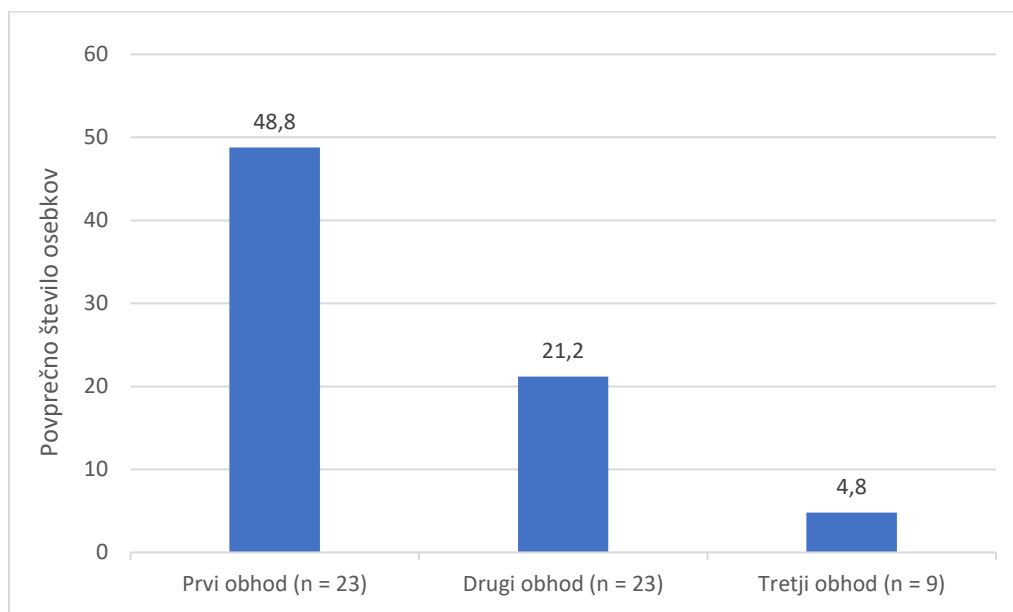
4.3 Vrstna pestrost in število osebkov

Tabela 2: Primerjava števila osebkov različnih vrst

Vrsta	Navadna krastača (<i>Bufo bufo</i>)	Rosnica (<i>Rana dalmatina</i>)	Sekulja (<i>Rana temporaria</i>)
Število osebkov	1303	9	6

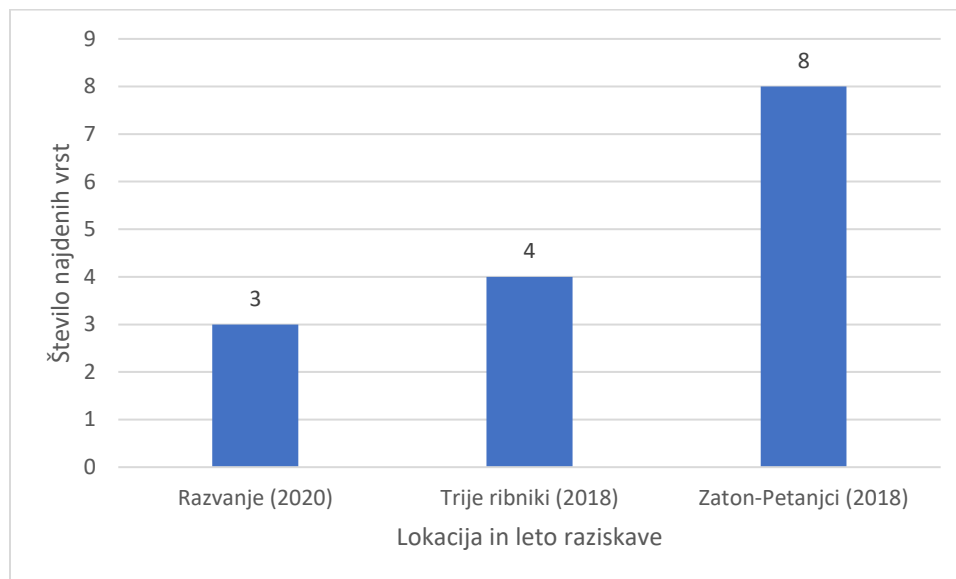
4.4 Večerna dinamika

Graf 5: Povprečno število najdenih osebkov dvoživk na obhod

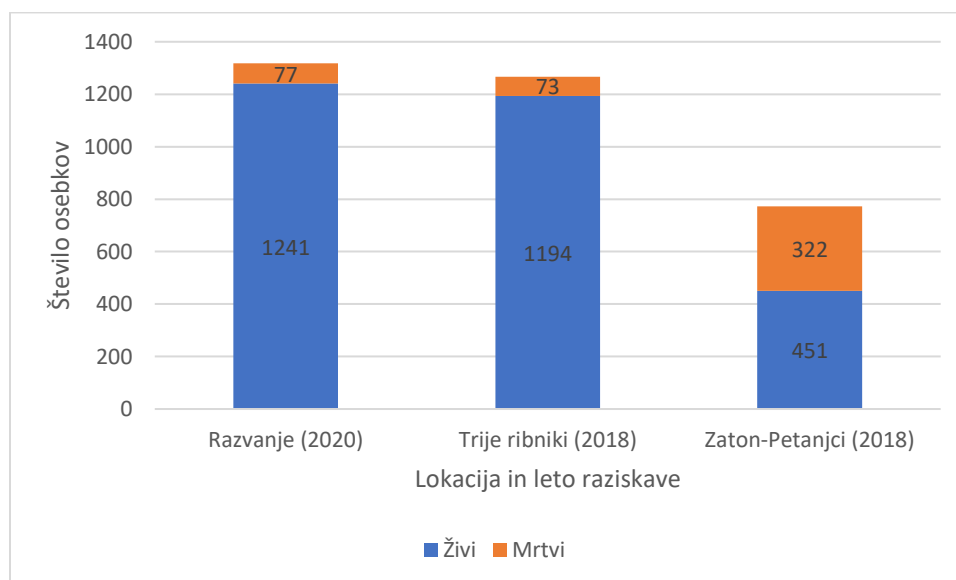


4.5 Primerjava števila vrst in osebkov najdenih dvoživk s črnima točkama Trije ribniki in Zaton-Petanjci iz leta 2018

Graf 6: Primerjava števila vrst dvoživk s črnima točkama Trije ribniki in Zaton-Petanjci iz leta 2018



Graf 7: Primerjava števila osebkov dvoživk s črnima točkama Trije ribniki in Zaton-Petanjci iz leta 2018



5 RAZPRAVA

5.1 Selitveni vzorec navadne krastače (*Bufo bufo*)

Prvo hipotezo smo potrdili. Število selečih se dvoživk se je s časom spreminjalo, razlike v številu najdenih osebkov pa lahko povežemo tudi z zunanjimi, abiotičnimi dejavniki (*graf 1*). Še posebej pomembno vlogo je igrala temperatura zraka.

Prvega marca je bila noč razmeroma topla in tudi deževna. Oba dejavnika skupaj sta tako sprožila selitev. Tretjega marca je temperatura strmo upadla in posledično je bilo naslednji večer najdenih veliko manj osebkov. Tretjega je bil večer tudi deževen, kar je bil najbrž razlog za višje število selečih se osebkov, kot bi jih pričakovali glede na temperaturo. Ko je nato temperatura zraka s časom naraščala, je naraščalo tudi število osebkov krastač in svoj vrh doseglo 12. marca s 386 osebki, na do takrat najtoplejši večer. Že naslednji večer, so se prvi osebki začeli vračati iz ribnika. Ko je temperatura nato upadla, je upadlo tudi število osebkov, dokler ni bil 15. marca najden le en samec in je temperatura dosegla ledišče. Ko se je temperatura dvignila, se je tudi selitev ponovno pospešila. Drugi vrh je tako dosegla 17. marca, ko se je kar 163 osebkov vrnilo iz ribnika. Ta večer je število vračajočih se osebkov tudi preseglo število osebkov na poti v ribnik. Najtoplejši večer smo imeli 20. marca, a se je do takrat selitev že zaključevala, zaradi česar je bilo število osebkov ta večer nižje kot bi pričakovali glede na temperaturo. Zadnji deževni večer, 21. marca, je poskrbel, da se je selitev še nekoliko pospešila nato pa je število najdenih osebkov v naslednjih dneh strmo upadlo. Tako je letošnja selitev trajala 21 dni, kar je le tri dni manj, kot leta 2019. Letos se je tudi začela nekoliko hitreje, saj smo prve osebke leta 2019 našli šele petega marca, leta 2021 pa že 24. februarja, potem pa po zelo dolgi prekinitvi šele 13. in 14. marca, čemur je ponovno sledila daljša prekinitvev selitve. Osebki so se nato intenzivneje selili med 25. marcem in 2. aprilom.

Navadne krastače, so kot tudi vse ostale dvoživke, poikilotermne, kar pomeni, da je njihova telesna temperatura odvisna od temperature okolice (Duellman in Zug 2019). To je glavni razlog, da je bilo ob toplejših večerih najdenih več osebkov. Ker dihajo tudi skozi kožo, morajo neprestano skrbeti, da je ta dovolj vlažna, da lahko absorbira kisik (Duellman in Zug 2019), zaradi česar smo toliko več osebkov našli ob deževnih večerih tudi, če je bila temperatura zraka takrat nekoliko nižja.

Korelacija med temperaturo zraka in številom najdenih osebkov je prikazana na *grafu 2*, kjer lahko opazimo zmerno naraščanje števila osebkov, z naraščanjem temperature zraka. Dve točki, ki najbolj izstopata sta pri temperaturi 4 °C, ko je bilo najdenih kar 210 osebkov in pri temperaturi 12 °C, ko jih je bilo le 53. Ti sta povezani s časom selitve, saj je prva iz 13. marca, ko je bila selitev na svojem vrhuncu, druga pa iz 20. marca, ko je bila že skoraj pri koncu. Izračunani Spearmanov koeficient (0,69) nakazuje zmerno pozitivno korelacijo med temperaturo zraka in številom osebkov, izračunana p-vrednost pa je bila mnogo nižja od kritične vrednosti 0,05, kar potrjuje, da je rezultat statistično signifikanten (*tabela 1*). Ob deževnih dnevih je bilo najdenih nekoliko več osebkov kot pričakovano, glede na temperaturo, kar prikazujejo rdeče točke na grafu.

5.2 Smrtnost dvoživk in spolna struktura populacije navadne krastače

Tudi druga hipoteza je bila potrjena. Spolna struktura navadne krastače, kaže zelo zaskrbljujoče stanje (*graf 2*). Razmerje v številu samcev in samic, znaša kar 6:1 v prid samcem. Takšno razmerje je precej problematično in je bilo zaznано tudi na drugih črnih točkah (Stanković in sod. 2010). Pomanjkanje samic je bilo opaženo tudi pri nekaterih drugih živalskih vrstah in postaja vse večja okoljska problematika (Wood, Hearn in Fijen 2017). Pomanjkanje samic ima močan vpliv na genski sklad populacije, ki se s časom še zmanjšuje. To ima lahko hude posledice za populacijo, ki se zaradi nizke genetske pestrosti težje prilagaja na okoljske spremembe.

Do podobnih rezultatov so prišli tudi na drugih črnih točkah, kot sta denimo Trije ribniki (Lobnik in sod. 2018) in Zaton-Petanjci (Gorički, Strah in Podgorelec 2019) (*graf 3*). Za črno točko na Treh ribnikih sicer nimamo natančnega podatka za navadno krastačo, saj je bilo tam ugotovljeno, da samice predstavljajo 14 % najdenih osebkov vseh vrst skupaj, a vendar je ta podatek dokaj reprezentativen za navadno krastačo, saj so te predstavljale kar 98,2 % vseh najdenih osebkov (Lobnik in sod. 2018).

Samice so veliko večje in težje od samcev, sploh kadar so v amplexusu. Zaradi tega so tudi počasnejše in tako preživijo več časa na cesti (Vogrin 1997). Ker je asfalt topel, se mnoge celo odločijo, da bi se na njem lahko odpočile in ogrele (Poboljšaj in sod. 2018). Vse to so razlogi zakaj so samice veliko bolj na udaru s strani avtomobilov, kar pa povzroči,

da njihovo število hitro upada (tudi če ne upoštevamo, da jih nekateri ciljajo celo namenoma, kar ni tako zelo redek pojav in smo mu bili že priča tudi sami).

Skupna smrtnost osebkov je znašala 6,19 %. 6,21% za samce in 6,06 % za samice. Število se na prvi pogled ne zdi zelo visoko, vendar je treba upoštevati, da bi moralo v naravnih pogojih biti skoraj enako ničli. Nekoliko večja je bila sicer smrtnost samcev, kar je najbrž posledica tega, da njihova številčnost že močno presega število samic. Treba se je tudi zavedati, da tukaj ne gre za dejansko smrtnost osebkov zaradi vpliva ceste, saj smo jim pri prečkanju pomagali.

Če upoštevamo vse vrste najdenih dvoživk, smo leta 2019 vsega skupaj našli 81 povoženih osebkov, od tega 80 navadnih krastač in eno samico rosnice. Tokrat je bilo povoženih 77 osebkov, saj smo poleg krastač našli še eno povoženo samico rosnice. Sicer sta si številki zelo podobni, a je spodbudno, da je bilo to število tokrat vsaj nekoliko nižje. Zahvala za to gre našemu delu, katerega glavni namen je pomagati dvoživkam in zmanjšati njihovo smrtnost na cesti. Ker na tej črni točki delujemo že več let, so tudi vozniki postali bolj zavedni glede problematike in vozijo počasneje in previdneje sploh, ko nas zagledajo ob cesti. Tudi letošnji korona virus je pustil svoj pečat. Ker je bila večina institucij, vključno s šolami, od 16. marca dalje zaprtih, se je gostota prometa močno zmanjšala, kar je prav tako prispevalo k manjšemu številu povoženih dvoživk.

5.3 Vrstna pestrost in število osebkov

Vsega skupaj smo našli tri različne vrste dvoživk, z veliko prevlado navadnih krastač, kar je potrdilo našo tretjo hipotezo. Medtem ko smo vsega skupaj našli kar 1303 navadne krastače, smo našli le devet rosnic in šest sekulj (*graf 4*), kar je pripeljalo do tega, da je izračunan Simpsonov indeks pestrosti znašal le 0,02, Shannon-Wienerjev pa le 0,07. V vsakem primeru lahko torej zaključimo, da je vrstna pestrost na tem območju zelo nizka.

Kljub temu, da gre populaciji navadne krastače kot kaže tukaj precej dobro, je stanje pri ostalih dveh vrstah veliko bolj zaskrbljujoče. Za časa selitve tudi nismo opazili nobenega velikega pupka. Iz smeri ribnika je ob poletnih večerih včasih moč slišati še oglašanje zelene rege (*Hyla arborea*).

Največja grožnja rjavim žabam so najbrž ribe, ki so bile naseljene v ribnik (sicer je tudi sam ribnik antropogenega izvora). Ribe se hranijo z žabjimi jajčeci in paglavci, kar ima

hude posledice na populaciji žab, četudi te uspejo priti do ribnika. Zaradi vnosa jezerske zlatovščice (*Salvelinus alpinus*) na primer, je na Triglavskih jezerih celo izumrla endemična forma planinskega pupka (*Ichtiosauria alpestris*), imenovana *lacustris*, znana po velikem deležu neoteničnih osebkov (Stanković 2013). Le tisti paglavci, ki preživijo do odrasle faze in dosežejo spolno zrelost, se bodo lahko vrnili in razmnoževali. Prav zaradi tega je smrt vsakega spolno zrelega osebkov, kot je bila samica rosnice tokrat, huda izguba. Mrest in paglavci navadne krastače po drugi strani, izločajo toksine, ki so ribam neprijetnega okusa (Peterson in Roberts 2013), zato jih te ne jedo, kar omogoča krastačam, da lahko mrestijo celo v ribogojnicah (Vogrin 2002).

Poleg tega so navadne krastače znane po tem, da se na mrestišča selijo zelo invazivno, tako da se v relativno kratkem času preseli skoraj celotna populacija (CKFF 2017). V marcu pa se dokaj številčno selijo tudi sekulje, medtem ko imajo pupki, med drugim tudi veliki pupek, bolj razpotegnjeno selitev in se lahko začnejo seliti kasneje (Poboljšaj in sod. 2018). To pomeni, da obstaja možnost, da smo kakšne seleče se osebkov drugih vrst, sploh denimo velikih pupkov, lahko spregledali ali pa so se začeli seliti kasneje. Da bi se izognili tej napaki, smo preglede izvajali še pet dni po zaključku glavnine selitve, a takrat nismo odkrili ničesar.

Znano je tudi, da sekulje občasno prezimujejo kar pod vodo, kar bi pomenilo, da jih med selitvijo ne bi mogli opaziti, a je to pri vrsti kljub vsemu dokaj redek pojav (Nöllert in Nöllert 1992).

5.4 Večerna dinamika

Prenašati dvoživke čez cesto brez uporabe ograje je sicer res precej zahtevnejše in izzove človekovo domišljijo in iznajdljivost glede prave popisne metode, a prinaša eno rahlo nepričakovano prednost. Kadar se pobira dvoživke ob ograji, je praktično dovolj že en večerni obhod, saj ni velike nevarnosti, da bi dvoživke, ki bi morda prišle pozneje ponoči, zatavale na cesto. Ustavile se bodo ob ograji in čez cesto se jih bo odneslo naslednji večer. Ko pa ograje ni, pa je potrebnih več obhodov, kar nam omogoča spremljanje dinamike dvoživk skozi noč. Na grafu 4, lahko tako razločno opazimo upad dinamike dvoživk skozi noč, saj se je povprečno število najdenih osebkov zmanjšalo z vsakim obhodom, kar lahko enačimo s časom. S tem smo potrdili našo četrto hipotezo. Ta rezultat je izjemno zanimiv

in nismo povsem prepričani, če v Sloveniji že sploh obstaja kakšna raziskava na to temo. Kljub vsemu pa je potrebno poudariti, da tretji obhod ni bil izveden redno, zaradi česar podatki na grafu za tretji obhod niso povsem objektivni.

Dvoživke so najbolj aktivne pozno zvečer in ne vso noč (Sinsch 2018). To bo najbrž zato, ker so poikilotermne (Duellman in Zug 2019) in ker temperatura ponoči s časom pada, se tudi njihova aktivnost s časom znižuje.

5.5 Iskanje velikega pupka (*Triturus carnifex*)

Zadnji teden v juliju smo s pomočjo doma narejene Ortmannove pasti, poskusili potrditi prisotnost velikega pupka (*Triturus carnifex*) v ribniku, a nam to ni uspelo.

V past se razen rib ni ujelo nič drugega. To bi lahko še dodatno nakazovalo, da je veliki pupek tukaj dokončno izumrl. Kljub temu, pa obstaja možnost, da je konec julija že tako pozno, da so pupki morda že zapustili ribnik in se odpravili na svoja kopenska, letna bivališča. Puppe se sicer vzorči od aprila do junija, v visokogorju pa tudi julija (Mazej Grudnik in Triglav Brežnik 2015). Naša vzorčenja, ki so tako potekala v zadnjem tednu julija, so bila že praktično izven sezone za lov na velikega pupka.

Kljub vsemu pa smo ob pomoči sreče (oz. prej nesreče) uspeli dokazati prisotnost velikega pupka na tem območju. Izkazalo se je namreč, da smo ga iskali na napačnem mestu. Dne 12. oktobra 2020, smo na poti v šolo na cesti našli povoženo samico/mladiča. Po podrobnejšem ogledu okolice, smo za smrečjem odkrili še en zelo majhen in močno zaraščen kal, ki bi lahko bil popoln habitat za velikega pupka (slika 7), ki na rastlinje odlaga svoja jajčeca, prav tako pa v tem kalu najverjetneje ni rib. Tako sklepamo, da se je majhna populacija še zmeraj ohranila, zaradi česar bi bilo v prihodnje zanimivo izvesti vzorčenje še v tem kalu, ki se sicer nahaja na privatnem posestvu, zaradi česar tega letos nismo izvedli. Prav tako smo se najbrž že od začetka motili glede mrestišča pupka. Tudi leta 2018 je bil najden na cesti in ne v ribniku, kar pomeni, da v tem ribniku veliki pupek najbrž sploh nikoli ni mrestil.

Trebušni vzorec povoženega osebka smo primerjali tudi z vzorcem osebka, ki smo ga leta 2018 našli na praktično isti točki in preko primerjave sklepamo, da ni šlo za isti osebek. Glede na to, da je pričakovana življenjska doba velikih pupkov do 11 let (Smirina 1994), sklepamo, da bi lahko tisti osebek bil še zmeraj živ.

Dokončno potrditev o prisotnosti velikega pupka na lokaciji pa smo prejeli šele med selitvijo leta 2021. Takrat smo 29. in 30. marca našli prva dva živa samca za to območje.

Tako smo hipotezo, da pupek v ribniku še mresti ovrgli, a smo ugotovili, da se pupek na tem območju še zmeraj pojavlja, le da najbrž v drugem kalu.



Slika 8: Približna lokacija kala v katerem sumimo prisotnost velikega pupka (*Triturus carnifex*) (Google Maps 13/12/2020)

5.6 Primerjava števila vrst in osebkov najdenih dvoživk s črnima točkama Trije ribniki in Zaton-Petanjci iz leta 2018

Zanimalo nas je tudi približno stanje naše proučevane lokacije z ostalimi črnimi točkami.

V ta namem smo izvedli še kratko primerjavo z raziskavama iz črne točke Zaton-Petanjci (Gorički, Strah in Podgorelec 2019), ter z rezultati ene izmed večjih in najdlje trajajočih akcij prenašanja dvoživk čez cesto v Mariboru, na cesti Za Tremi ribniki (Lobnik in sod. 2018). Slednji sicer niso objavljeni, a nam jih je Društvo študentov naravoslovja zaupalo, saj smo se akcije udeleževali tudi sami. Obe raziskavi sta potekali leta 2018, zaradi česar sta morda nekoliko bolj primerni za primerjavo.

Kar se tiče števila vrst, jih je bilo na našem odseku najdenih najmanj, in sicer le tri (graf 6). Kljub temu sedaj vemo, da se na tem območju pojavlja tudi veliki pupek, kar bi število vrst dvignilo na štiri. Povsem iste vrste so bile najdene tudi na Treh ribnikih. Precej več pa jih je bilo na odseku Zaton-Petanjci, kjer so našli kar dvakrat toliko vrst.

Tudi glede števila osebkov sta si odseka v Razvanju in na treh ribnikih zelo podobna. Le nekoliko več osebkov smo našli v Razvanju. Enako velja tudi za povožene osebkke. Razlika je morda le ta, da na Treh ribnikih uporabljajo zaščitno ograjo in opozorilne znake, saj je akcija dokaj dobro poznana in se je udeležuje tudi več prostovoljcev, a je tam tudi gostota prometa mnogo večja. Precej manj osebkov so našli na odseku Zaton-Petanjci, veliko večji delež pa jih je kljub uporabi zaščitne ograje bil povožen. To gre najbrž pripisati tudi precej gostejšemu prometu.

Tako lahko vidimo, da je naš odsek, kar se tiče števila vrst in osebkov, primerljiv tudi z nekaterimi ostalimi, bolj poznanimi črnimi točkami po Sloveniji. Šesto hipotezo smo torej potrdili. Seveda pa ne smemo zanemariti dejstva, da obstajajo tudi črne točke s po več kot 3000 najdenimi osebki (Šparl 2019).

5.7 Opredelitev proučevanega odseka na podlagi predlaganih kriterijev za izbor prednostnih odsekov cest

Sicer nimamo natančnih podatkov o tem ali je bil ta odsek že prej prepoznan za črno točko, vemo pa, da smo o njej zagotovo prvič pisali šele leta 2018 in da se pred tem tukaj nihče ni ukvarjal s to problematiko. Iz tega razloga smo se odločili, da na podlagi kriterijev, predlaganih s strani CKFF leta 2018 (Poboljšaj in sod. 2018), ugotovimo, ali naš odsek sodi med prednostne odseke za izvajanje varstvenih ukrepov.

Prvi kriterij za opredelitev prednostnega odseka je število osebkov selečih se dvoživk. Tukaj obstaja pet do šest različnih kategorij, kjer prva kategorija pomeni, da je število selečih se osebkov „>>> 3000“, kategorija pet pa, da je teh do 1000. Po tem kriteriju, Razvanjski odsek spada v četrto kategorijo, kjer je število selečih se osebkov med 1000 in 3000.

Naslednji kriterij predstavlja število vrst. Tukaj obstajajo tri kategorije, kjer v prvo kategorijo padejo območja z več kot štirimi vrstami, v tretjo pa območja z do dvema vrstama. Odsek v Razvanju se tako znajde v drugi kategoriji, s tremi do štirimi vrstami.

Sledijo kriteriji glede na stopnjo ogroženosti najdenih vrst. Tukaj ponovno najdemo tri različne kategorije, kjer bi se odsek na Vinogradniški poti uvrstil v najvišjo, prvo kategorijo, kamor sodijo odseki, kjer najdemo vsaj eno vrsto, ki je na rdečem seznamu uvrščena kot prizadeta (E), ali vsaj dvema vrstama, ki sta uvrščeni kot ranljivi (V). Na proučevanem odseku so vse štiri najdene vrste na rdeči seznam uvrščene kot ranljive, pri čemer avtorji raziskave CKFF poudarjajo, da se odseki na katerih najdemo eno izmed, po njihovi oceni, najbolj ogroženih vrst dvoživk v Sloveniji, med katere sodi tudi veliki pupek, uvrsti v dodatno kategorijo ena. Po teh kriterijih bi se tja uvrstil tudi raziskovani odsek, čeprav podatkov o pojavljanju velikega pupka na tem območju nimamo veliko, a je že najdba poveženega osebkov najbrž kar dovolj zaskrbljujoča.

Glede na smernice predlagane s strani CKFF, se med prednostne odseke oz. tako imenovane »črne točke« uvrstijo odseki, ki so glede na število selečih se osebkov uvrščeni v katero koli kategorijo od ena do štiri oz. so glede na število najdenih vrst ali njihovo stopnjo ogroženosti vsaj po enem izmed drugih dveh kriterijev uvrščeni v prvo kategorijo.

V nadaljevanju avtorji opredelijo še izbor 10 % najbolj kritičnih prednostnih odsekov v državi, ki jih imenujejo kar »kritične črne točke«. Edini pogoj za takšno opredelitev je, da

je odsek, ki ustreza kriterijem črne točke, krajši od 10 km, kar pa Razvanjski odsek prav gotovo je.

Tako smo potrdili še zadnjo hipotezo. Cestni odsek na Vinogradniški poti v Razvanju nedvomno sodi med prednostne odseke za izvajanje varstvenih odsekov. Še več, uvrstili bi ga lahko celo za tako imenovano »kritično črno točko«, saj je krajši od 10 km. To pa pomeni, da bi se tukaj morali izvajati redni ukrepi za zaščito dvoživk, vendar vemo, da se ti tudi na mnogih ostalih odsekih, kjer je problematika morebiti še hujša, ne izvajajo. Zato pa na tem odseku akcijo izvajamo kar mi, sami.

6. ZAKLJUČEK

Potrdili smo šest od sedmih hipotez. Število osebkov dvoživk (predvsem navadnih krastač), se je s časom spreminjalo. Na njihovo število sta močno vplivala temperatura in vreme, kar je povezano s samo fiziologijo dvoživk. Med temperaturo zraka in številom najdenih osebkov je bila ugotovljena zmerna pozitivna korelacija. Število samcev je v populaciji navadne krastače močno preseglo število samic, razmerje znaša kar 6:1. Razlog za to je najbrž, da imajo avtomobili precej slabši vpliv na samice, kar slabo vpliva na genetsko pestrost populacije. Na območju smo za časa popisa odkrili tri vrste dvoživk, še dve sta bili najdeni zunaj selitvene sezone. Daleč najštevilčnejša vrsta je bila navadna krastača s 1303 osebki, zaradi česar Simpsonov indeks diverzitete znaša le 0,02, Shannon-Wienerjev pa le 0,07. Dinamika dvoživk je skozi večer strmo upadala, kar je najbrž posledica padanja temperature čez noč. Vseeno pa ta rezultat ni povsem objektivni, saj sta se redno izvajala le prva dva obhoda. Na podlagi najdenega kadavra smo potrdili prisotnost velikega pupka na območju, a se je izkazalo, da smo ga iskali na napačnem mestu. Kot kaže veliki pupki mrestijo v bližnjem kalu in ne v samem ribniku, saj je tam verjetno premalo vegetacije, ogrožajo pa jih tudi ribe. Raziskovani odsek je po številu vrst in osebkov dvoživk primerljiv z ostalimi v Sloveniji. Skoraj enako število vrst in osebkov je bilo leta 2018 najdenih na črni točki pri Treh ribnikih, na črni točki Zaton-Petanjci je bilo tega leta osebkov skoraj za polovico manj, a je tam število vrst mnogo večje. Glede na število najdenih osebkov in stopnjo ogroženosti tukaj pojavljajočih se vrst, proučevani odsek ustreza kriterijem prednostnega cestnega odseka za varstvo dvoživk, ker pa je odsek krajši od deset kilometrov bi bil lahko uvrščen tudi med tako imenovane »kritične črne točke«.

V prihodnje bomo zagotovo nadaljevali z akcijo prenašanja dvoživk čez cesto na odseku v Razvanju in še naprej beležili podatke o poteku selitve, ter tako ugotovili večletne populacijske trende. To bi bilo še posebej zanimivo, saj bi bila to lahko nekakšna samokontrola o učinkovitosti akcije, da bi videli ali se velikost populacije zaradi te tudi dejansko povečuje. Ker letošnji osebki naslednje leto še ne bodo spolno zreli in se najbrž še ne bodo vračali v ribnik, bi bilo zanimivo ugotoviti v kolikšnem časovnem obdobju se rezultati akcije šele začenjajo kazati. Sicer pa bi bilo potrebno večletno spremljanje selitve, saj so lahko enoletni ekstremi tudi le posledica povsem naravnih faktorjev. Sedaj, ko vemo kje mresti veliki pupek, bi bilo zanimivo izvesti popis tistega kala, z uporabo Ortmannove pasti. To bi bilo najbolje izpeljati v spomladanskem času, denimo maja, ko je večina osebkov zagotovo v vodi. Dobro bi se bilo posvetiti tudi drugim varstvenim ukrepom, na primer, da se marca ob cesti postavi prometni znak, ki bi voznike opozarjal na dvoživke na cestišču. Monitoring bi lahko izboljšali z uporabo varnostne ograje za dvoživke, ker bi tako uspeli prešteti večji delež populacije, saj nekaj osebkov gotovo prečka cesto, ko nas ni tam, da bi jih uspeli zabeležiti. To bi ograja preprečila. Prav tako pa bi se s tem zmanjšala smrtnost osebkov, saj če ti ne bi mogli zatavati na cestišče, jih tudi avtomobili ne bi mogli povoziti. Z uporabo ograje pa je lažje tudi ugotavljati v katero smer potujejo osebki, kar smo mi ugotavljali z ralo nestandardno metodo, ki smo si jo izmislili sami. Lahko bi izvajali celonočne monitoringe po časovnih intervalih in tako objektivneje ugotovili nočno dinamiko dvoživk. A to bi bilo veliko preprosteje, če bi imeli večjo ekipo in bi lahko delali po izmenah.

Sicer pa menimo, da smo svoje cilje izpolnili, spremljali smo potek selitve dvoživk na Vinogradniški poti v Razvanju tako skozi mesec, kot tudi skozi sam večer in ugotovili, da ima promet močan vpliv na smrtnost dvoživk v času selitve. Prav tako smo s pomočjo Ortmannove pasti poskusili potrditi prisotnost velikega pupka v ribniku. Kar pa je najpomembneje in tudi glavni namen te naloge, s tem ko smo dvoživke prenašali čez cesto, smo zmanjšali smrtnost spolno zrelih osebkov, ter s tem izvajali naravovarstveno akcijo, v kateri smo ohranjali lokalno populacijo dvoživk.

7. DRUŽBENA ODGOVORNOST

V raziskovalni nalogi problematike dvoživk in cest nismo le proučevali, temveč ima naloga tudi varstveno noto, ki delno ponudi rešitev na obravnavani problem. Glavni cilj naloge je namreč pomagati dvoživkam na njihovi selitvi ter tako zmanjšati smrtnost v populaciji ene najbolj ogroženih živalskih skupin. S tem, ko smo osebkke vsak večer prostovoljno prenašali čez ceste, smo namreč izvajali naravovarstveno akcijo, s katero smo omilili problematiko fragmentacije okolja zaradi prometa in njen vpliv tako na nivoju osebkka, kot tudi populacije. S prenašanjem dvoživk smo zmanjšali smrtnost spolno zrelih osebkov, s čimer smo pripomogli tako k ohranjanju populacije kot tudi k povečani reprodukciji tukajšnjih dvoživk ter tako tudi k ohranjanju genetske pestrosti populacije. Akcijo na tej točki izvajamo že tri leta, kar se pozna v odnosu tukajšnjih prebivalcev do selečih se dvoživk, saj so sedaj v času selitve med vožnjo precej previdnejši kot so bili nekoč, kar pomeni, da se je izboljšal tudi njihov odnos do problematike in do okolja.

S spremljanjem selitve smo izvedli tudi delni popis dvoživk v širši okolici. To je tudi najlažji način izvedbe, saj se večina populacije skoncentrira na zelo majhnem območju. Dvoživke so izredno občutljive na kakršnekoli spremembe v okolju, kar je tudi razlog, da sodijo med najbolj ogrožene živalske skupine (Baillie in sod. 2004 v AmphibiaWeb 2017). Zaradi tega pa so odlični bioindikator stanja okolja, saj se na spremembe odzovejo mnogo hitreje kot ostale živalske skupine. Tako smo s spremljanjem tukajšnje populacije ugotavljali tudi kvaliteto okolja v katerem živijo in v katerem živimo tudi ljudje. Glede na število najdenih osebkov bi lahko rekli, da je to dokaj dobro ohranjeno, vendar pa je zaskrbljujoče pomanjkanje ostalih vrst. Prav tako imajo tukajšnje ceste močan vpliv na okolje, saj povzročajo fragmentacijo habitatov.

V sklopu naloge smo našli tudi kal v katerem menimo, da bi lahko mrestili veliki pupki. Ker je veliki pupek ena izmed najbolj ogroženih vrst dvoživk v Sloveniji, je to zelo spodbudno odkritje in nam še dodatno nakazuje, zakaj je potrebno varovati dvoživke na tem območju. Da pa se te sploh lahko varuje, pa so seveda potrebni tudi podatki o tukaj pojavljajočih se vrstah in njihovih populacijah, kar pa smo ponovno ugotavljali v sklopu raziskovalne naloge. V primeru velikega pupka je pomembno tudi to, da sedaj vemo, da ne mresti v ribniku, za katerega smo to prvotno mislili in da vemo, v katerem kalu ga lahko pričakujemo.

Ugotovili smo tudi, da raziskovani odsek zadostuje kriterijem za prednostne odseke za izvajanje varstvenih ukrepov, zaradi česar bi bilo podatke potrebno deliti s stroko, da bi se na območju lahko zagotovila vsaj potrebna oprema za dolgoročno izvajanje varstva dvoživk.

8. VIRI IN LITERATURA

- AMPHIBIAWEB. (2017): *Worldwide Amphibian Declines: What is the scope of the problem, what are the causes, and what can be done?* Berkeley: University of California.
- BAKER, J., (2013): *Effect of bait in funnel-trapping for great crested and smooth newts Triturus cristatus and Lissotriton vulgaris*. Research Article, British Herpetological Society.
- BLAB, J. (1986): *Biologie, Ökologie und Schutz von Amphibien*. Bonn-Bad Godesberg: Kilda-Verlag. Stran 150.
- CKFF. (2007): *Dvoživke Slovenije - Navadna krastača (Bufo bufo)*- [http://www.ckff.si/projekti/interreg/dvozivke_bufo_bufo.php], 15/12/2020.
- CKFF. (2007): *Dvoživke Slovenije - Rosnica (Rana dalmatina)* - [http://www.ckff.si/projekti/interreg/dvozivke_rana_dalmatina.php], 15/12/2020.
- CKFF. (2007): *Dvoživke Slovenije - Sekulja (Rana temporaria)* - [http://www.ckff.si/projekti/interreg/dvozivke_rana_temporaria.php], 15/12/2020.
- CKFF. (2007): *Dvoživke Slovenije - Veliki pupek (Triturus carnifex)* - [http://www.ckff.si/projekti/interreg/dvozivke_triturus_carnifex.php], 15/12/2020.
- DUELLMAN, E. in ZUG, G. R. (2019): Amphibian/animal. *Encyclopaedia Britannica* – [https://www.britannica.com/animal/amphibian/Larval-stage], 22/09/2019.
- FEDOR, P. (2018): *Re: What is the deference between Shannon Wiener diversity Index and Simpson diversity Index?* – [https://www.researchgate.net/post/What-is-the-deference-between-Shannon-Wiener-diversity-Index-and-Simpson-diversity-Index/5a8fb40196b7e4a49015bf65/citation/download], 19/02/2021.
- JOCHIMSEN, D. M. in sod. (2004): *A Literature Review of the Effects of Roads on Amphibians and Reptiles and the Measures Used to Minimize Those Effects*. Idaho: USDA Forest Service.
- KIERNAN, D. (2020): *10.1: Introduction, Simpson's Index and Shannon-Weiner Index*. – [https://stats.libretexts.org/Bookshelves/Applied_Statistics/Book%3A_Natural_Resources_Biometrics_(Kiernan)/10%3A_Quantitative_Measures_of_Diversity_Site_Similarity_and_Habitat_Suitability/10.01%3A_Introduction__Simpsons_Index_and_Shannon-Weiner_Index], 23/03/2020.

- KÜSTER, F. (2000): *Merkblatt zum Amphibienschutz an Strassen: MAmS*. Bonn: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen. Stran 28.
- LOBNIK, R. in sod. (2018): *Prenašanje in popis dvoživk na območju Treh ribnikov v času spomladanskih selitev 2018*. Poročilo za občino Maribor.
- LOONEY, S. W. in HAGAN, J. L. (2011): Spearman Correlation. *Essential Statistical Methods for Medical Statistics* 27. Stran 27.
- MAZEJ GRUDNIK, Z in TRIGLAV BREŽNIK G. (2015): *Vzpostavitev in izvajanje monitoringa izbranih ciljnih vrst voživk v letih 2014 in 2015; Zvezek 3: Vzpostavitev in izvajanje monitoringa velikega pupka (*Triturus carnifex*) v letih 2014 in 2015: Končno poročilo*. Velenje: ERICo Velenje, Inštitut za ekološke raziskave d.o.o.
- NÖLLERT, A. in C. NÖLLERT. (1992): *Amphibien Europas: Bestimmung, Gefährdung, Schutz*. Stuttgart: Franckh-Kosmos Verlag. Stran 382.
- PETERSON, M. E. in ROBERTS, B. K. (2013): *Small Animal Toxicology (Third Edition)*. Stran 833.
- POBOLJŠAJ, K. in sod. (2018): *Predlog ukrepov za zaščito dvoživk na cestah v upravljanju DRSI: Končno poročilo*. Miklavž na Dravskem polju: Center za kartografijo favne in flore.
- PODLOUCKY, R. (1989): Protection of Amphibians on Roads – examples and experiences from Lower Saxony. *Amphibians and roads*. Rendsburg: Proceedings of the Toad Tunnel Conference. Strani 15-28.
- RYTWINSKI, T. in FAHRIG, L. (2012): Do species life history traits explain population responses to roads? A metaanalysis. *Biological Conservation* 147. Strani 87-98.
- SCHMIDT, R. B. in ZUMBACH, S. (2008): *Amphibian Road Mortality and How to Prevent It: A Review*. St. Louis, Missouri: Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Strani 157-167.
- SHS. (2014): *Pozor! Žabe na cesti! Žabohod! Posvet o naravovarstveni problematiki dvoživk in cest: Poziv pristojnim institucijam v R Slovenij*. Ljubljana: Herpetološko društvo - Societas herpetologica slovenica.
- SINSCH, U. (1989): Migratory behaviour of the common toad *Bufo bufo* and the natterjack toad *Bufo calamita*. *Amphibians and roads*. Rendsburg: Proceedings of the Toad Tunnel Conference. Strani 113-126.

- SMIRINA, E. M. (1994): Age determination and longevity in amphibians. *Gerontology*. 40(2-4). Strani 133-46.
- SOPOTNIK, M in VLAČIĆ, D. (2011): *Pozor, žabe na cesti!* Kranj: Societas herpetologica slovenica.
- STANKOVIĆ, D. at al. (2010): *Dvoživke na Večni poti v Ljubljani*. Ljubljana: Societas herpetologica slovenica.
- STANKOVIĆ, D. (2013): Določevalni ključ: pupki Slovenije. *Trdoživ*. Junij, 2(1). Strani 27-29.
- STRAŠEK, D. (2012): *Črne točke na slovenskih cestah: Magistrsko delo*. Celje: Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko.
- ŠPARL, L. (2019): *Varstvo dvoživk na večni poti v Ljubljani (krajinski park Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib)* – [<http://parktivolirozniksisenskihrib.si/uploads/files/VARSTVO-DVOZIVK-NA-VEcNI-POTI-V-LJUBLJANI.pdf>], 15/12/2020.
- TENNESEN, J. B., PARKS S. E. in LANGKILDE T. (2014): Traffic noise causes physiological stress and impairs breeding migration behaviour in frogs. *Conservation Physiology* 2(1).
- TROMBULAK, S. in FRISSELL, C. (2000): Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. *Conservation Biology*. Strani 19-30.
- VOGRIN, M. (2007): Navadne krastače *Bufo bufo bufo* (Linnaeus, 1758) in njihova (ne)ogroženost zaradi lokalne ceste ob slivniškem jezeru. *Varstvo narave*, 20. Strani 121-130.
- VOS, C.C. and CHARDON J.P. (1994): *Herpetofauna en Verkeerswegen - een literatuurstudie*. Project Versnippering, Deel 24. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkund. Stran 104.
- WOOD, K. A., HEARN, R. D. in Fijen T. P. M. (2017): Changes in the sex ratio of the Common Pochard *Aythya ferina* in Europe and North Africa. *Wildfowl* 67. Slimbridge: Wildfowl & Wetlands Trust, strani 100-12.