

# Rasprostranjenost slatkovodnih puževa iz nadporodice Rissooidea u speleološkim objektima i izvorima Ogulina i okolice

---

Cindrić, Kristijan

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:077675>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-02**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno – matematički fakultet

Biološki odsjek

Kristijan Cindrić

**Rasprostranjenost slatkovodnih puževa iz nadporodice Rissoida  
u speleološkim objektima i izvorima Ogulina i okolice**

Diplomski rad

Zagreb, 2018.

Ovaj rad je izrađen u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Jasne Lajtner. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra Eksperimentalne biologije.

Zahvaljujem se mentorici izv. prof. dr. sc. Jasni Lajtner koja me je kao studenta zainteresirala za svijet malakologije i bila spremna u bilo kojem trenutku nesebično pomoći i pružiti savjet. Posebno joj zahvaljujem na tome što me je kroz rad na ovom diplomskom radu naučila pedantnosti i oku za detalje.

Zahvaljujem se dr. sc. Rajku Slapniku iz Kamnika u Sloveniji, bez kojeg ovaj rad nikako ne bi bio moguć. Zahvaljujem mu na gostoprimstvu u njegovom domu, znanju koje mi je prenio, stručnom vodstvu i prijateljstvu. Postupno me je uveo u taksonomsku i sistematsku problematiku podzemnih puževa te ih prikazao vrijednim istraživanjima.

Veliko hvala Branku Jalžiću iz Hrvatskog biospeleološkog društva koji mi je pomogao u terenskom istraživanju, pristupu stručnoj literaturi, uzorcima koji su rezultat njegovog bogatog terenskog rada i podršci u realizaciji ideje ovog diplomskog rada. Bez njega bih puno češće bio izgubljen u potrazi lokacija za koje je „nepristupačnost“ vrlo blagi pojam.

Hvala dr. sc. Vesni Štamol koja mi je dala pristup uzorcima s Hrvatskog prirodoslovnog muzeja te omogućila lakši rad posudivši mi set sita za prosijavanje uzoraka.

Zahvaljujem Petru Crnčanu koji mi je bio izvor savjeta i nesebično omogućio pristup njegovoj literaturi.

Zahvaljujem članovima Hrvatskog biospeleološkog društva koji su u trenucima potrebe bili podrška i koji su mi svi do jednoga velika inspiracija da budem što bolji biolog.

Zahvaljujem se svim prijateljima na podršci, racionalnosti i savjetima.

Veliko hvala Ivi Čupić koja je bila tu uz mene, skoro svaki trenutak mog rada, koja je prošla sa mnom kroz osobne uspone i padove, bila strogi kritičar kada je to trebala biti, ali i još veća podrška.

Hvala obitelji na podršci, pogotovo na tome što su mi uz niz odricanja omogućili školovanje.

Ne zahvaljujem se mom laptopu, koji se pred kraj pisanja ovog diplomskog rada pokvario i skoro uzeo sa sobom cijeli diplomski rad. Ipak, zahvaljujući tome sam naučio spremati svoje podatke na više lokacija.

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

Rasprostranjenost slatkovodnih puževa iz nadporodice Rissooidea  
u speleološkim objektima i izvorima Ogulina i okolice

Kristijan Cindrić

Rooseveltov trg 6, Zagreb, Hrvatska

Ogulin i okolica s brojnim speleološkim objektima, izvorima, ponorima, rijekama i krškim poljima čine kompleksnu hidrogeološku mrežu. Podzemni vodeni puževi iz nadporodice Rissooidea predstavljaju zanimljivu, ali nedovoljno istraženu skupinu beskralješnjaka s velikim potencijalom pronalaska novih vrsta za znanost. Osim taksonomske vrijednosti, zbog svoje iznimno ograničene sposobnosti kretanja, endemizma i rasprostiranja uglavnom vodom, predstavljaju potencijalan alat za rekonstrukciju recentnih i prošlih hidrogeoloških mreža. Ovim radom određena je rasprostranjenost, prikazane su konhološke karakteristike i ustvrđena je korelacija obrazaca rasprostranjenosti s hidrogeološkom povezanošću staništa svojiti ove nadporodice. Obrađeni su podaci s terenskih istraživanja kao i literaturni podaci za 22 speleološka objekta u kojima je pronađeno 18 svojiti od kojih je 16 određeno do razine vrste. Osim što je prošireno područje rasprostranjenosti 4 roda i 5 vrsti podzemnih slatkovodnih puževa koji do sada nisu pronađeni na istraživanom području, predložena je i upotreba obrazaca rasprostranjenosti kao metodološkog alata u određivanju hidrogeoloških veza podzemnih voda.

(81 stranica, 56 slika, 17 tablica, 38 literaturnih navoda, hrvatski jezik)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: podzemni slatkovodni puževi, Rissooidea, Ogulin, rasprostranjenost, hidrogeologija, krš, endemi

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Jasna Lajtner

Ocjenitelji: izv. prof. dr. sc. Jasna Lajtner

izv. prof. dr. sc. Antun Alegro

doc. dr. sc. Tomislav Ivanković

Rad prihvaćen: 1.2.2018.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Graduation Thesis

### Distribution of freshwater snails from the superfamily Risssoidea in caves and springs of Ogulin and the surrounding area

Kristijan Cindrić

Rooseveltova trg 6, Zagreb, Croatia

Ogulin and its surrounding with its caves, springs, ponds, rivers and karst poljes form a complex hydrogeological web. Subterranean freshwater snails from the superfamily Risssoidea represent an interesting but insufficiently examined invertebrate group with a great potential for finding new species. Apart from their taxonomic value, because of their extremely limited moving capability, endemism and distribution mechanism which include mostly water, they show a potential as a tool for reconstructing recent and past hydrogeology connections. In this paper distribution, conchological characteristics and correlation between hydrogeological connectivity and distribution patterns of this superfamily were defined. The study included data from field surveys and literature data from 22 localities in which 18 taxa were found. 16 of them were determined to the species level. Apart from widening the distribution area of 4 genera and 5 species which haven't been found in this area until now a proposition has been made for using distributional patterns of these taxa as a methodological tool in reconstructing hydrogeological connections of underground waters.

(81 pages, 56 pictures, 17 tables, 38 references, original in Croatian)

Thesis deposited in Central biological library

Keywords: subterranean freshwater snails, Risssoidea, hydrogeology, karst, endemic species

Supervisor: Dr. Jasna Lajtner, Assoc. Prof.

Reviewers: Dr. Jasna Lajtner, Assoc. Prof.

Dr. Antun Alegro, Assoc. Prof.

Dr. Tomislav Ivanković, Asst. Prof.

Thesis accepted: 1.2.2018.



# Sadržaj

1	Uvod.....	1
1.1	Krš i podzemna staništa.....	1
1.1.1	Abiotički i biotički čimbenici podzemnih vodenih staništa.....	3
1.2	Ogulin i okolica.....	5
1.2.1	Geografski smještaj.....	5
1.2.2	Klima.....	5
1.2.3	Speleološki objekti.....	6
1.2.4	Hidrogeologija istraživanog područja.....	7
1.3	Općenito o slatkovodnim puževima.....	10
1.3.1	Sistematika i filogenija slatkovodnih puževa .....	10
1.3.2	Morfologija slatkovodnih puževa .....	14
1.3.3	Biologija i ekologija slatkovodnih puževa.....	15
1.4	Podzemni slatkovodni puževi .....	15
1.4.1	Prilagodbe na podzemno stanište.....	15
1.4.2	Rasprostranjenost i opis rodova na području Ogulina .....	17
1.5	Ciljevi istraživanja.....	21
2	Materijali i metode.....	22
2.1	Terenska istraživanja.....	22
2.1.1	Istraživani objekti i vremenski slijed istraživanja.....	22
2.1.2	Metode uzorkovanja puževa .....	24
2.2	Laboratorijska istraživanja .....	25
2.2.1	Izolacija sakupljenog materijala .....	25
2.2.2	Taksonomsko određivanje .....	25

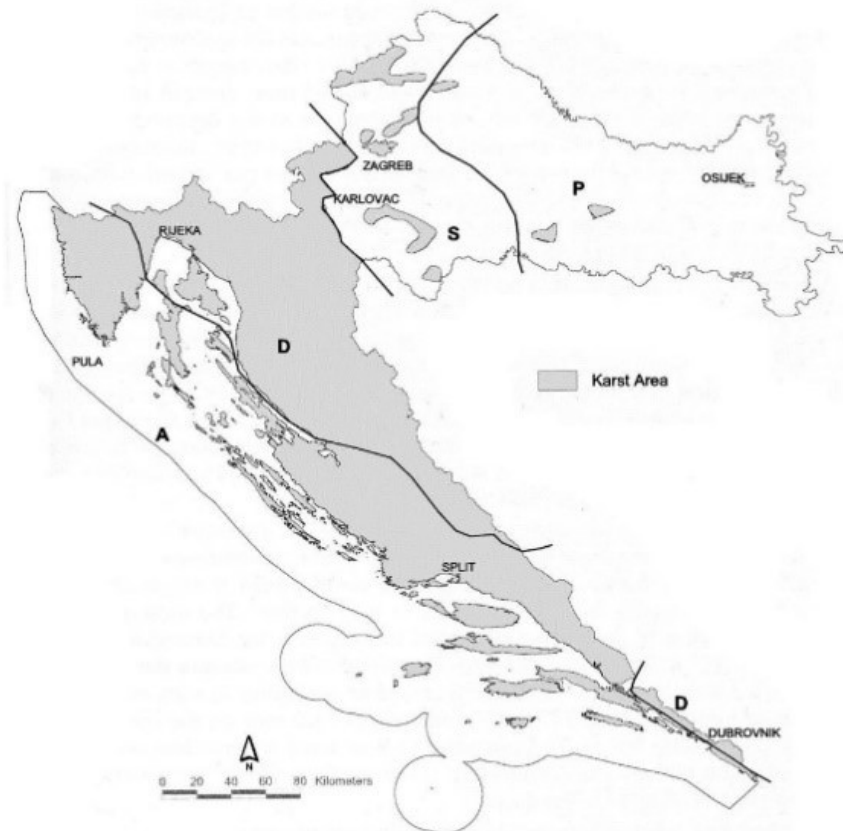


2.2.3	Fotografiranje uzoraka .....	26
2.2.4	Određivanje korelacije rasprostranjenosti populacija s hidrogeologijom.....	26
2.2.5	Izrada karata.....	27
2.2.6	Struktura kartice za pojedinu svojtu .....	28
3	Rezultati .....	31
3.1	Rasprostranjenost .....	31
3.2	Korelacija rasprostranjenosti puževa s hidrogeološkom povezanosti objekata .....	68
4	Rasprava.....	73
5	Zaključak.....	77
6	Literatura.....	79
7	Životopis .....	82

# 1 Uvod

## 1.1 Krš i podzemna staništa

Riječ *krš* potječe od riječi *Kras* odnosno naziva područja koje se proteže između Italije i Slovenije (blizu Trsta) i predstavlja karakterističan oblik reljefa (Culver i Pipan, 2009). Riječ je o fenomenu specifične topografije, geomorfologije i hidrologije te ga karakteriziraju tipični krški oblici poput škrapa, ponikva, jama, špilja, ponora, estavela, uvala, polja, vrulja i dr. (Gottstein Matočec i sur., 2002a). Gledajući globalno, krš zauzima 12,5 % svjetske površine (Culver i Pipan, 2009) dok u Hrvatskoj prekriva 46 % ukupnog državnog teritorija (Slika 1). Velika većina krša u Hrvatskoj pripada kompleksu poznatom kao dinarski krš koji je ujedno *locus typicus* krša, odnosno mjesto po kojem je 1800-ih prvi puta opisan ovakav tip reljefa (Gottstein Matočec i sur., 2002a).



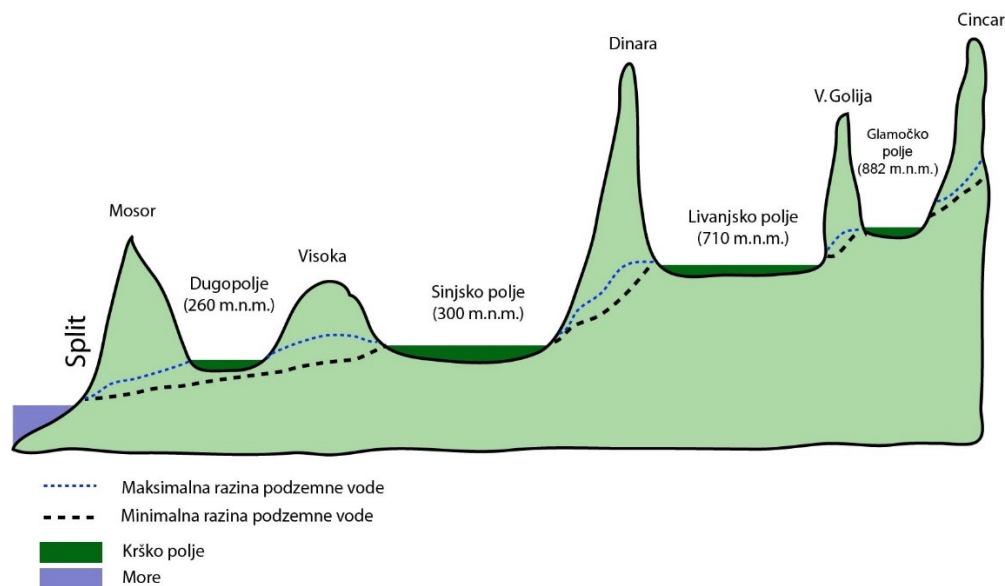
Slika 1. Područje krša u Hrvatskoj (preuzeto iz Gottstein Matočec i sur., 2002b)

Bazne stijene krškog reljefa su karbonati (vapnenci i dolomiti) koji tvore tipičan krški reljef u procesu nazvanom *okršavanje* gdje voda kemijskim (korozija) ili mehaničkim putem (erozija) otapa tektonski raspucanu stijenu prodirući pri tome dublje u podzemlje (Gottstein Matočec i sur., 2002a).

Ovim procesima nastaje sekundarna ili pukotinska poroznost. Primarnu poroznost karakterizira prolazak vode kroz nerastopljenu stijenu, odnosno kroz njezine čestice i brzina protoka vode u tom slučaju je izuzetno spora. U oba slučaja, stijena koja zadržava i/ili kroz koju prolazi voda naziva se *vodonosnik* ili *akvifer*.

Nakon ulaska u podzemlje voda svojim disolucijskim djelovanjem proširuje pukotinske sustave i tvori podzemne krške morfološke oblike. U njih spadaju špilje, jame i kaverne. Špilje su horizontalne i subhorizontalne šupljine, a jame horizontalne šupljine u koje je moguće pristupiti s površine. Kaverne su pukotinska proširenja koja nemaju vezu s površinom i nije im moguće pristupiti.

Nailaskom na nepropusnu tj. netopljivu stijensku podlogu podzemna voda izlazi u obliku *izvora*, *estavela*, *vrulja* i *jezera* (Biondić i Biondić, 2014). Izvori su posebno zanimljiva staništa jer predstavljaju prijelaznu zonu između podzemlja i površine (Culver i Pipan, 2009). Nakon izlaska podzemna voda nastavlja površinskim tokom u obliku *rijeka* ili *potoka*. Površinske tokove u kršu karakterizira morfološki oblik koji se naziva *krškim poljem*. Na jednoj strani krškog polja se nalazi izvor, a na drugoj strani se obično nalazi *ponor* odnosno mjesto gdje voda nailazi na topljivu stijenu i ponovno ponire u podzemlje. Izmjena propusnih i nepropusnih stijena može stvarati kompleksne *hidrogeološke mreže* između udaljenih vodonosnika (Slika 2) (Biondić i Biondić, 2014).

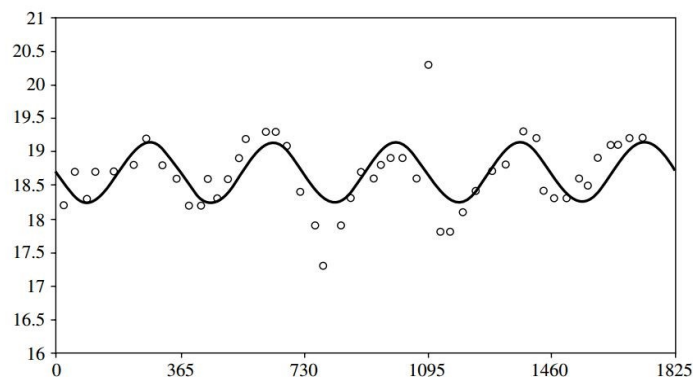


Slika 2. Primjer povezanosti vodonosnika i izmjene podzemnih i površinskih tokova na primjeru krških polja u zaleđu Splita (crtež: K. Cindrić; preuzeto iz Biondić i Biondić, 2014)

Navedeni podzemni krški morfološki oblici predstavljaju stanište i za raznoliku faunu. Podzemna staništa mogu se podijeliti na kopnena i vodena staništa (Gottstein Matočec i sur., 2002a).

### 1.1.1 Abiotički i biotički čimbenici podzemnih vodenih staništa

Osnovno obilježje podzemnih staništa su relativno stabilna temperatura zraka i vode te nedostatak svjetla (Gottstein Matočec i sur., 2002a). Sezonalnost u tipičnom smislu kod podzemnih staništa ne postoji, ali ipak postoje minimalne fluktuacije u temperaturi. One su odraz promjena temperatura na površini. Fluktuacije će biti veće što je fluktuacija u temperaturi na površini ekstremnija (Slika 3) (Culver i Pipan, 2009) ili što je veća veza s površinskim vodama u slučaju vodenih staništa (Hahn, 2006).



Slika 3. Temperaturni profil špilje Kartchner Caverns (Arizona, SAD) u rasponu od 1.1.1996 do 1.1.2001. x-os: dani, y-os:temperatura (preuzeto iz Culver i Pipan, 2009).

Vodena podzemna staništa su dinamičan okoliš koji ovisi o dotoku vode s površine. Dotok vode može biti stalan ili periodičan u obliku oborina, sezonalan npr. u obliku povremenih ponornica ili se pojavnost nove vode može mjeriti u desetljećima. Dostupnost hrane u podzemnim staništima uvelike ovisi o unosu hrane s površine koje se najčešće odvija pomoću vode. Riječ je uglavnom o drveću, lišću i sl. organskom materijalu. Također, veliku ulogu u unosu hrane u podzemni ekosustav imaju i šišmiši odnosno njihov izmet koji se naziva *guano*.

Za vodena staništa je tipično da se hrana disperzira na široka područja, ali zbog efekta disperzije mjestimična količina hrane je malena. Kao rezultat toga brojni podzemni vodeni organizmi su se adaptirali na nisku i ponekad neredovitu količinu hrane. Najčešće adaptacije su prehrana biofilmom sačinjenom od bakterija i usporeni metabolizam. Zbog usporenog metabolizma životni vijek podzemnih životinja je znatno duži od njihovih površinskih srodnika (Culver i Pipan, 2009).

Izvori predstavljaju ekotone između površinskih i podzemnih voda. Tijekom zime se ne zaleđuju i predstavljaju stabilno stanište. Osim toga, kemija vode je stabilna zbog dovoljno dugo vremena provedenog u podzemlju. Ti uvjeti pogoduju jedinstvenim vrstama koje ne pronalazimo ni u podzemlju ni u ostalim površinskim vodama (Culver i Pipan, 2009).

## **1.2 Ogulin i okolica**

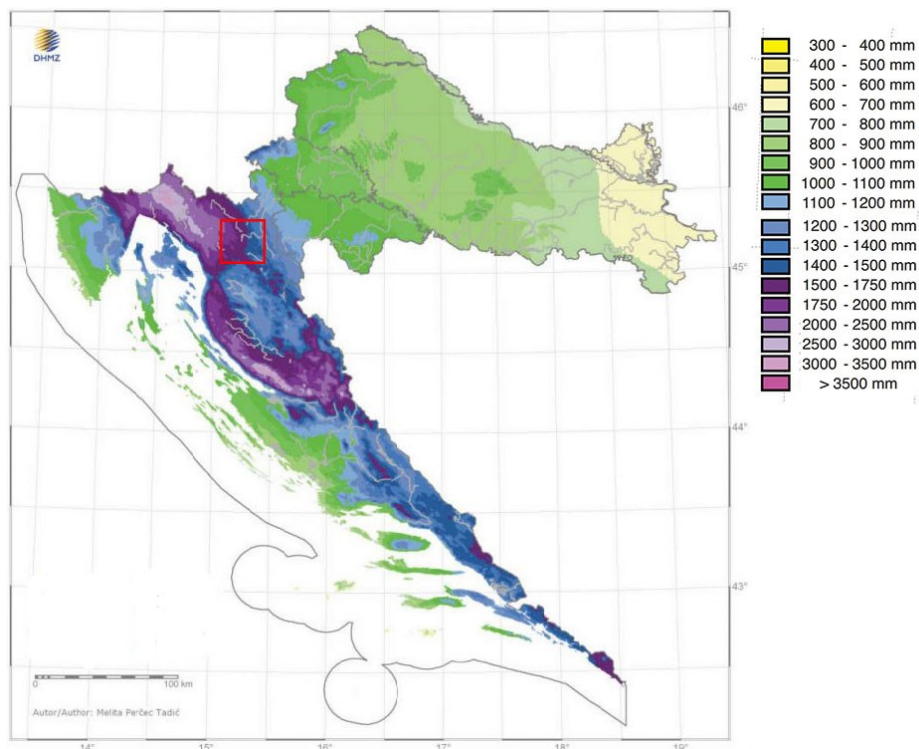
### **1.2.1 Geografski smještaj**

Ogulin i okolica pripadaju tipičnom prijelaznom području koje ne pripada ni Gorskom kotaru ni Lici već s njima čini cjelinu nazvanu Gorskom Hrvatskom. Veći dio istraživanog područja pripada Karlovačkoj županiji osim područja oko Jezerana koje pripada Ličko-senjskoj županiji (Magaš, 2013).

Prema Prostornom planu uređenja grada Ogulina (Petrović i sur., 2005), ovo područje podijeljeno je na tri veća različita dijela, kao tri stepenice u prostoru, od kojih je svaka na odgovarajućoj nadmorskoj visini. Te stepenice se mogu podijeliti na onu najvišu (440 – 700 m.n.m.) koju čini planinski masiv Velika Kapela s pripadajućim krškim poljima, Ogulinsko – plašćanska udoline koja čini srednju stepenicu (300 – 400 m.n.m.) i šire područje oko Tounja kao treća i najniža stepenica (oko 250 m.n.m.).

### **1.2.2 Klima**

Srednja godišnja količina oborina na istraživanom području kreće se od 1200 mm na najistočnijim odnosno najnižim dijelovima pa do 2500 mm na zapadnijim i višim dijelovima (Slika 4). Takve godišnje količine oborina spadaju u nadprosječne državne godišnje količine oborina što utječe i na brzinu okršavanja i brojnost speleoloških objekata (Zazinović i sur., 2008).



Slika 4. Godišnji prosjek količine padalina u RH s označenim istraživanim područjem (preuzeto iz Zazinović i sur., 2008; prilagodio: K. Cindrić)

### 1.2.3 Speleološki objekti

Karbonatna podloga i znatna geološka složenost ogulinskog područja omogućila je razvoj brojnih i kompleksnih speleoloških pojava.

Značajniji speleološki objekti su špiljski sustav Đula-Medvedica i Špilja u Kamenolomu Tounj. Duljina Đule-Medvedice iznosi 16 396 m, a Špilje u Kamenolomu Tounj 8 487 m što ih čini drugom i trećom najduljom špiljom u Hrvatskoj. Jama Mandelaja svojom duljinom od 2 326 m zauzima 11. mjesto po duljini u RH. Riječ je o etažnom objektu čija je najdonja etaža na dubini od 72 m potopljeni kanal (Slika 5) koji nosi naziv „Aquatorium“ te s dužinom od 861 m predstavlja najdulji preronjeni špiljski kanal u Hrvatskoj. Pretpostavka je da taj kanal čini hidrogeološku vezu između Izvora Zagorske Mrežnice i Špilje u Kamenolomu Tounj odnosno izvora Bistrac.

Cijelo područje nije u potpunosti speleološki istraženo i predviđa se pronalazak novih i produljivanje starih speleoloških objekata.



Slika 5. Prikaz podzemne vode i ulaznog sifona u potopljeni kanal u jami Mandelaja (Foto: K. Miculinić)

#### 1.2.4 Hidrogeologija istraživanog područja

Šire područje okolice Ogulina predstavlja kompleksnu hidrogeološku mrežu. Ona je rezultat izmjene propusnih naslaga vapnenca, slabije propusnih naslaga dolomita i djelomičnih ili potpunih barijera od dolomita (Bahun, 1968).

Morfološki gledano, područje istraživanja predstavlja tipični krški krajobraz s krškim poljima, ponikvama, reliktnim ponorima, jamama i pukotinama. Zbog toga se padalinska voda vrlo lako i brzo slijeva u podzemlje te kroz propusne stijene i pukotine teče dalje (Hrvatski geološki institut, 2014). Takva područja nazivaju se *sabirnim područjima*. Prilikom nailaska na nepropusne stijene, podzemna voda izlazi van u obliku izvora i formira površinske tokove. Takva područja nazvana su *uspornim područjima*.

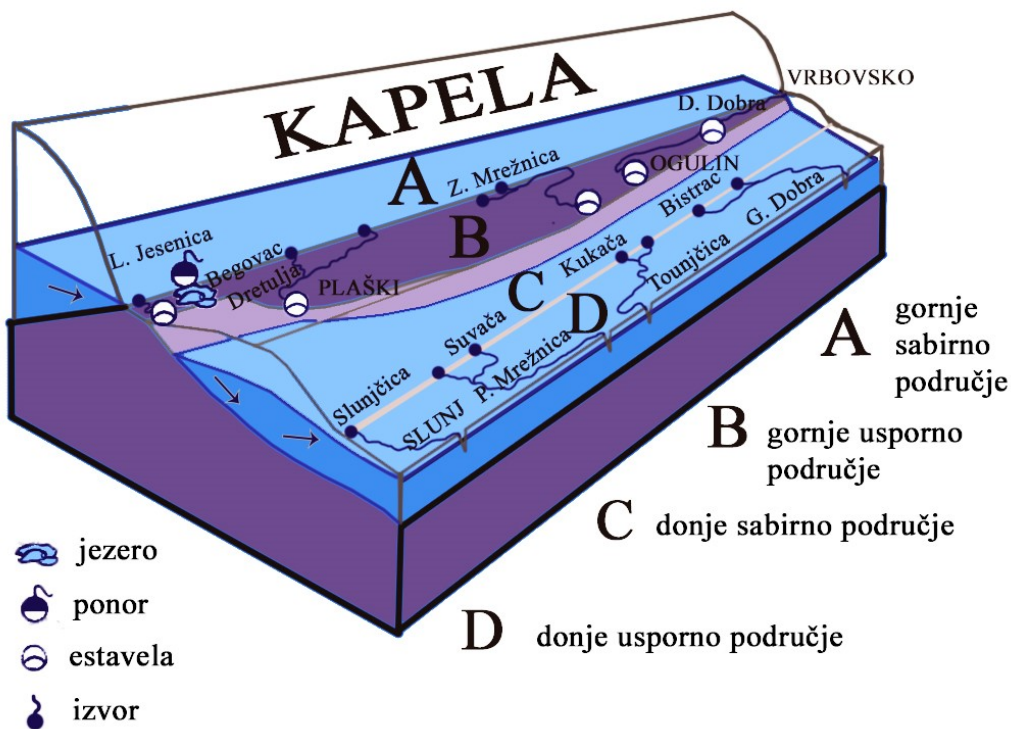
Područje okolice Ogulina hidrogeološki ima već spomenuti stepeničasti karakter. Na vrhu se nalazi planina Velika Kapela koja je dio dinaridskog masiva i podno koje se nalazi nekoliko krških polja. Ovim istraživanjem su obuhvaćena Stajničko, Drežničko i Jasenačko polje te njihove bliže okolice. To su propusna polja koja na jednoj strani obično imaju izvore, a na drugoj ponore.



Obujam vode koja otiče izvorima i aktivnost povremenih ponora ovisi o količini podzemne vode koja sezonalno varira te kao rezultat toga ova polja povremeno poplavljuju. Upravo zbog tih karakteristika taj dio se naziva gornjim sabirnim područjem (Slika 6, oznaka A).

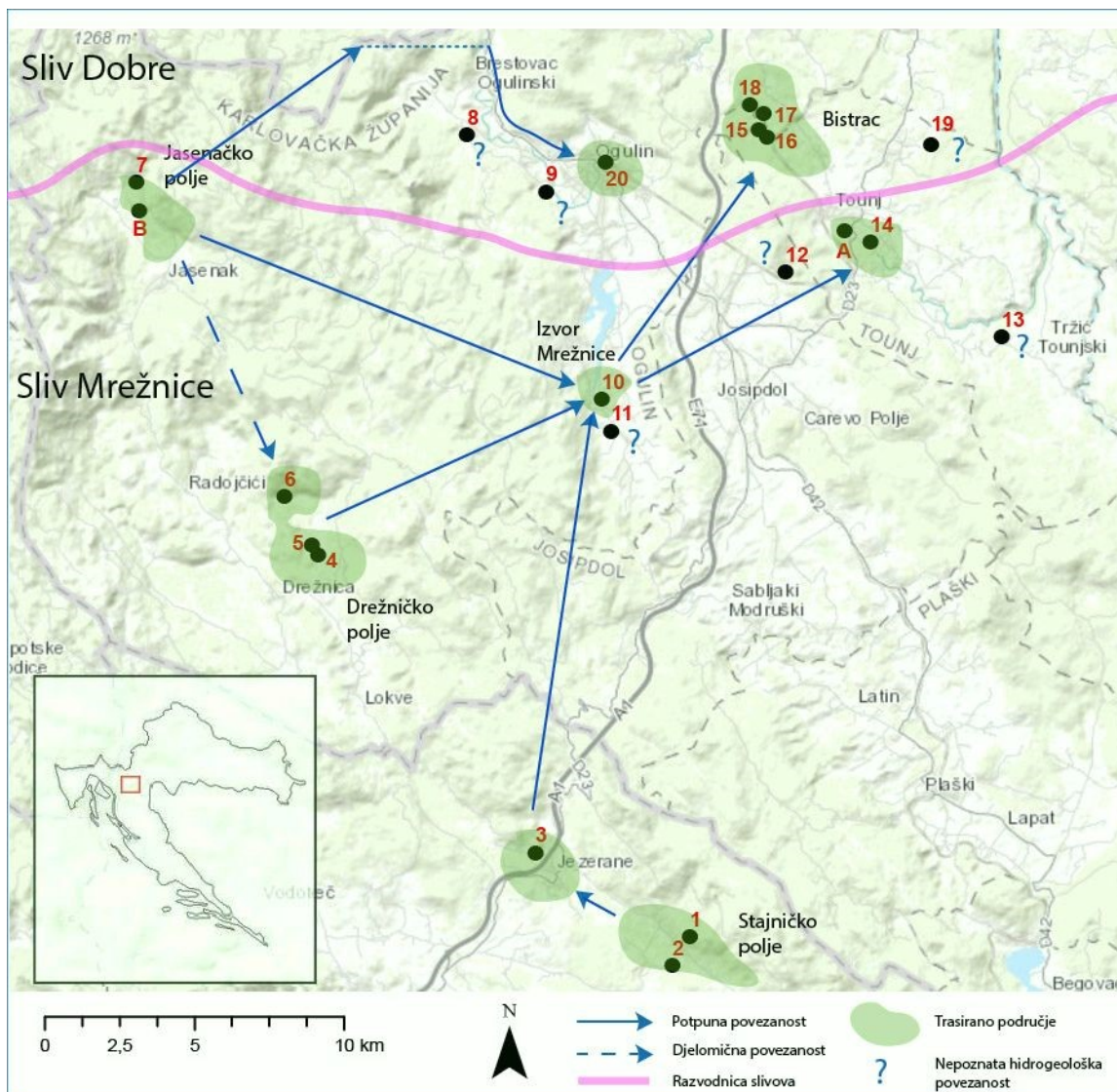
Na području ogulinsko – plašćanske udoline, koja predstavlja sljedeću stepenicu, voda nailazi na nepropusnu barijeru pritom formirajući izvore i površinske tokove. Najobilniji izvor je izvor Zagorske Mrežnice koji zajedno s rijekom Dobrom i njezinim pritocima predstavlja gornje usporno područje (Slika 6, oznaka B). Voda na tom području nakon što izađe na površinu teče sve dok ne naiđe na propusne stijene, pukotine i ponore na donjem sabirnom području (Slika 6, oznaka C).

Voda se ponovno pojavljuje na donjem uspornom području (Slika 6, oznaka D) u obliku stalnih i povremenih izvora (Bahun, 1968) od kojih su Toumjčica i Bistrac važni za ovo istraživanje.



Slika 6. Shematizirani prikaz hidrogeoloških odnosa na području Ogulina i okolice (crtež: I. Čupić; preuzeto i prilagođeno iz Bahun, 1968)

Uvjetovano geološkim i geografskim barijerama ovo područje se može podijeliti na dva sliva: sliv rijeke Dobre i sliv rijeke Mrežnice (Biondić i Biondić, 2014). Izgled hidrogeološke mreže istraživana je 1985., 1986., 1988. i 2000. pomoću metode trasiranja. Ustvrdena je hidrogeološka povezanost Crnačkog polja sa Stajničkim poljem koje je zatim povezano s Izvorom Zagorske Mrežnice. Drežničko polje i Jasenačko polje osim međusobne djelomične povezanosti su također s dubokim podzemnim vodama povezani s Izvorom Zagorske Mrežnice. Povezanost obližnje Izvor-špilje Rupećice s Izvorom Zagorske Mrežnice nije ustvrđena i pretpostavka je da se taj objekt hrani vodom iz vlastitog lokalnog slivnog područja. Vode iz Izvora Zagorske Mrežnice nakon relativno kratkog površinskog toka poniru i ponovno izvire na području Tounja i u izvoru Bistrac. Područje Tounja i izvor Bistrac pripadaju različitim slivovima i nije poznat njihov hidrogeološki odnos. Voda s Jasenačkog polja osim što otiče u Izvor Zagorske Mrežnice također hrani gornji tok rijeke Dobre koja ponire u Đulinom ponoru u Ogulinu. Opisani odnosi prikazani su na Slici 7 zajedno s lokalitetima obuhvaćenim ovim istraživanjem, koji će biti obrađeni u poglavlju „Terenska istraživanja“.



Slika 7. Prikaz poznatih hidrogeoloških odnosa i podjela na dva sliva istraživanog području zajedno s istraživanom lokalitetima (izrada: K. Cindrić, podaci preuzeti iz Hrvatski geološki institut, 2014; Biondić i Biondić, 2014)

### 1.3 Općenito o slatkovodnim puževima

#### 1.3.1 Sistematika i filogenija slatkovodnih puževa

Mekušci su izuzetno raznoliko koljeno s oko 80 000 – 100 000 opisanih te s predviđenim brojem od oko 200 000 vrsta. Zbog toga po bogatstvu vrsta spadaju na drugo mjesto, odmah poslije člankonožaca. Dva najveća razreda mekušaca – puževi (Gastropoda) i školjkaši (Bivalvia) – su uspješno, i to u više navrata, kolonizirali površinske slatke vode. Kod slatkovodnih puževa postoji nekoliko dobro ustvrđenih sistematskih grupa: Caenogastropoda, Heterobranchia, Vetigastropoda

i Neritimorpha. Najveći broj slatkovodnih puževa pripada skupini Caenogastropoda (Strong i sur., 2008). Ta skupina je izuzetno velik i raznolik podrazred u kojem se nalazi preko 120 recentnih porodica morskih, slatkovodnih i kopnenih puževa. U prošlosti se u ovu grupu svrstavalo nepovezane taksone, ali kao rezultat raznih preinaka, recentne kladističke analize potvrđuju grupu kao monofiletsku (Strong, 2003).

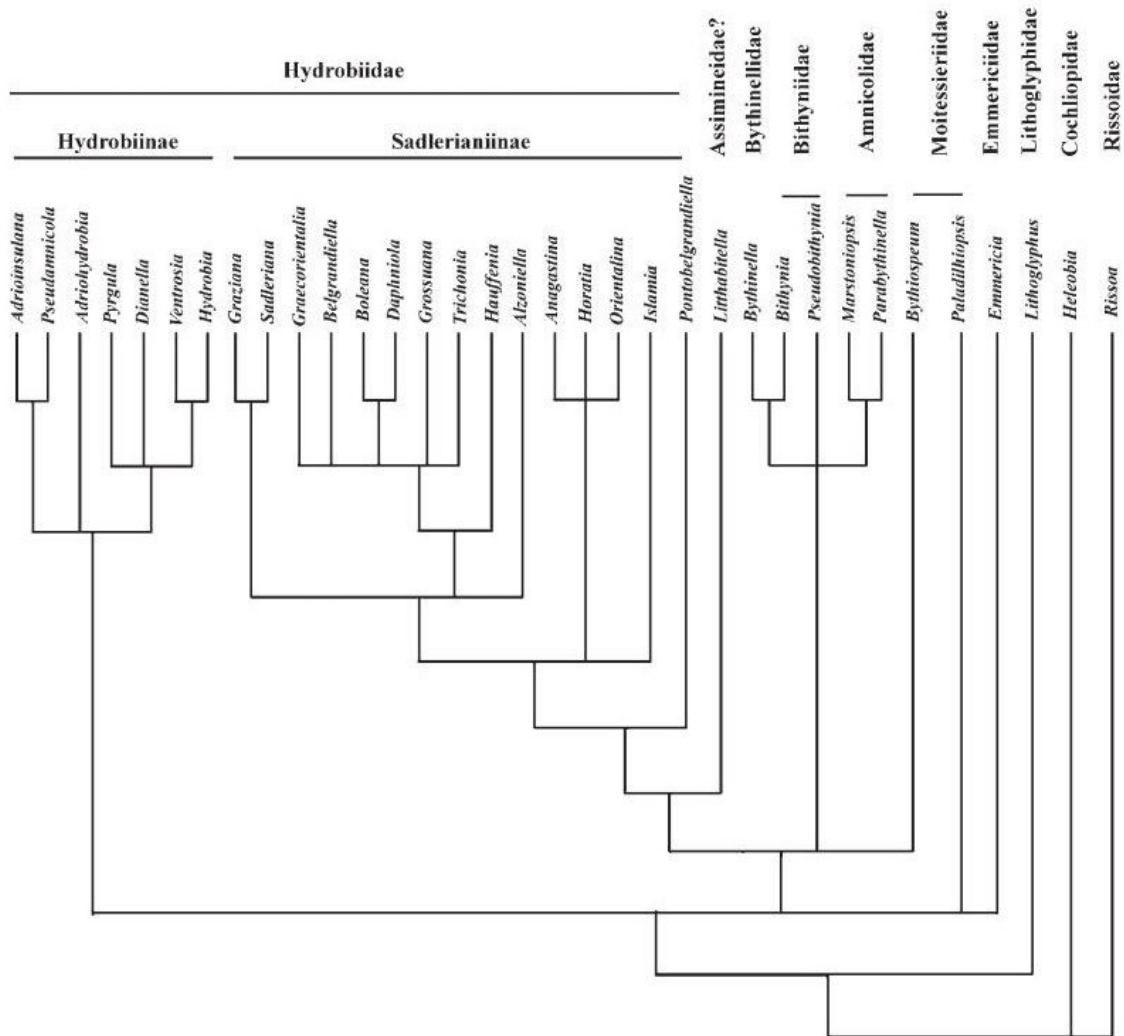
Slatkovodna fauna grupe Caenogastropoda je rezultat nekoliko kolonizatorskih događaja iz morskog u slatkovodno stanište što je rezultiralo širokom divergencijom taksona smještenih u 7 nadporodica (Strong i sur., 2008). Neke skupine doživljavaju široku radijaciju kao rezultat visokog stupnja prilagodljivosti i olakotnih prilika. Najbolji primjer je nadporodica Rissooidea s 18 porodica (Wilke i sur, 2013) od kojih se ističe porodica Hydrobiidae s čak 405 validnih rodova (Kabat i Hershler, 1993). Više od 97 % podzemnih slatkovodnih puževa pripada nadporodici Rissooidea (Bole i Velkovrh, 1986).

Na Balkanskom poluotoku zabilježeno je 10 porodica što potvrđuje to područje kao centar biološke raznolikosti slatkovodnih puževa (Tablica 1). Uzrok takve radijacije može se tražiti u geološkoj prošlosti tog područja – dinamika Tetis mora, njegovo povlačenje, stvaranje jezera i u konačnici izdizanje Dinarida (Radoman, 1985).

Tablica 1. Porodice iz nadporodice Rissooidea koje pronalazimo na Balkanu (Szarowska 2006)

	Porodice
Rissooidea Gray, 1847	Hydrobiidae Troschel, 1857
	Moitessieriidae Bourguignat, 1863
	Lithoglyphidae Tryon, 1866
	Emmericidae Brusina, 1870
	Bythiniidae Gray, 1857
	Amnicolidae Martens, 1858
	Bythineliidae Germain, 1930
	Cochliopidae Tryon, 1866
	Assimineidae H. et A. Adams, 1856
	Rissoidae Gray, 1847

Osim brojnosti ovu skupinu karakterizira specifična taksonomska problematika. Zbog velikog broja taksona i ponekad brzopletosti autora, kvaliteta opisa vrsta je nedovoljno dobra. Otežano pronalaženje živih primjeraka rezultiralo je opisima samo na temelju kućica, a uzevši u obzir minijaturnost ovih puževa od svega nekoliko milimetara i jednostavnost njihovih kućica ti opisi ne daju apsolutnu taksonomsku i sistematsku vrijednost. Upitna sistematika je prisutna kako na nižim tako i na višim taksonomskim razinama, pogotovo kod određivanja nadporodične svrstanosti. U prošlosti su neki autori (npr. Radoman, 1983) svrstavali ove slatkovodne puževe u nadporodicu Hydrobioidea da bi ju nakon jasnije anatomske slike i nekoliko revizija zamijenila nadporodica Rissooidea (npr. Szarowska, 2006). Po posljednjim istraživanjima (Criscione i Ponder, 2013) Rissooidea nije monofiletska te je podijeljena u dvije skupine gdje su neke od gore navedenih porodica (Tablica 1) smještene u nadporodicu Truncatelloidea Gray, 1840. Ipak, istraživanje nije bilo sveobuhvatno te su izostavljeni ključni rodovi, od kojih su neki predmet ovog diplomskog rada. Zbog toga kao i zbog nedovoljno jasne slike u ovom je diplomskom radu korištena sistematika koju je predložila Szarowska (2006), a koja svrstava taksone obuhvaćene ovim istraživanjem u nadporodicu Rissooidea (Slika 8).



Slika 8. Filogenija nadporodice Rissooidea na području Balkana (Szarowska, 2006)

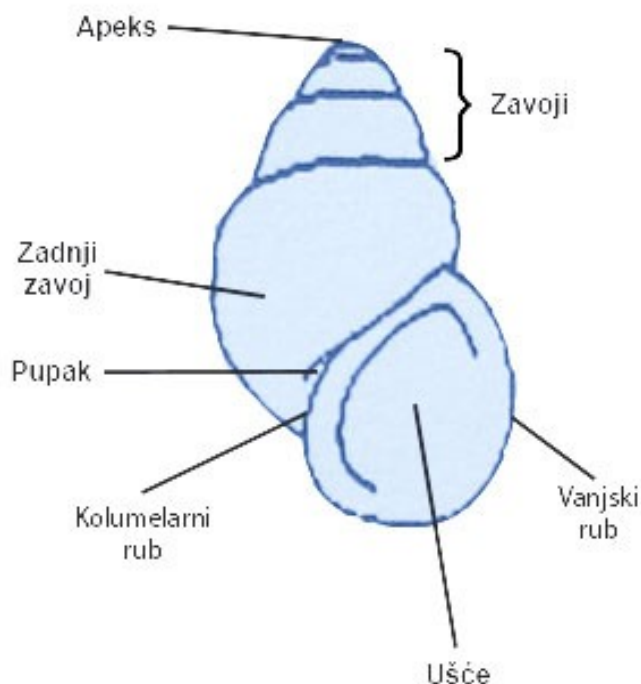
Današnja uobičajena praksa određivanja vrsta, rodova i viših taksonomskih kategorija slatkovodnih izvorskih i podzemnih puževa temelji se na izgledu kućica i njihovoj anatomiji. Ipak, često je vrlo teško doći do živih primjeraka pogotovo podzemnih vrsta i anatomska komparacija prilikom determinacije nije moguća.

Imajući na umu zoogeografiju određenih rodova te činjenicu da su rodovi i vrste vezani za uska geografska područja, moguće je na temelju konholoških karakteristika izvršiti determinaciju. Prilikom toga u obzir se uzimaju biometrijske značajke kućice, prvenstveno visina i širina te njihov odnos. Također je bitno obratiti pozornost na oblik kućice, visinu i širinu ušća, oblik ruba

ušća, oblik pupka i ostale karakteristike kućice (Radoman, 1983). Prilikom tog procesa posao olakšava komparacija s već determiniranim primjercima iz raznih zbirki.

### 1.3.2 Morfologija slatkovodnih puževa

Kućica puža u najjednostavnijem je slučaju šuplji čunj koji se savija oko zamišljene okomite osi. Spiralno savijenu kućicu oblikuju zavoji koji se nižu oko središnjeg potpornja kućice koja se naziva *kolumela*. Kod nekih vrsta puževa kolumela je šuplji potporanj, koji s donje strane kućice ima otvor – *pupak*. Ostali dijelovi kućice su otvor kućice ili *ušće*, vrh kućice ili *apeks* te zavoji (Habdija i sur., 2011) koji završavaju s posljednjim zavojem koji je obično i najveći (Slika 9).



Slika 9. Dijelovi kućice puža (Crtež: K. Cindrić)

### 1.3.3 Biologija i ekologija slatkovodnih puževa

Slatkovodni puževi su pronađeni na svakom kontinentu osim Antarktike, na gotovo svim vodenim staništima uključujući rijeke, jezera, potoke, močvare, podzemne vodonosnike i izvore te povremena vodena tijela. Žive ukopani u sedimentu ili su prilagođeni za specifična staništa kao što je vodena vegetacija, kamenje ili drvo.

Većina slatkovodnih puževa su mikro-herbivorni i/ili mikro-omnivorni strugači koji se hrane filmom bakterija, algi i ostalog organskog materijala (Strong i sur., 2008). Osim što pomoću radule stružu hranu s površina, mogu se hraniti i sitnozrnatim sedimentom iz kojeg izdvajaju potrebne hranjive tvari (Johnson, 2005).

Slatkovodni puževi su uobičajeno odvojena spola i razmnožavaju se spolno i to uglavnom koristeći penis. Većina ih liježe jajašca u kapsularnim nakupinama iz kojih mladi izlaze u obliku puzajućih juvenilnih jedinki. Iako postoje vrste koje u svom razvojnog ciklusu imaju veliger ličinku ili imaju djelomičnu „brigu“ za mlade (eng. *brooders*) kod većine slatkovodnih puževa to nije slučaj.

Djelomično kao posljedica razvojnog ciklusa mnoge vrste imaju slabu sposobnost rasprostiranja što rezultira visokim stupnjevima genetičke različitosti između populacija iste vrste (Strong i sur., 2008). Smatra se da prosječni životni areal jedinke iznosi tek nekoliko kvadratnih metara.

Utjecaj na brzinu metabolizma slatkovodnih puževa ima temperatura vode u kojoj žive – što je voda hladnija to je razvoj jajašaca i njihov metabolizam sporiji. Vrste koje žive u hladnim vodama, poput podzemnih voda, zbog sporijeg metabolizma imaju duži životni vijek (Johnson, 2005). Osim toga, mnogi podaci o biologiji i ekologiji podzemnih slatkovodnih puževa još uvijek nedostaju.

## 1.4 Podzemni slatkovodni puževi

### 1.4.1 Prilagodbe na podzemno stanište

Osim površinskih slatkih voda puževi iz nadporodice Rissooidea naseljavaju podzemne vodotoke i izvore. Razlog njihovog naseljavanja tog područja leži u otvaranju nove niše u novonastalim podzemnim vodotocima ili u bijegu od nepovoljnih klimatskih uvjeta koji su vladali u pleistocenu i holocenu (Bole, 1985). Kao rezultat novih ekoloških uvjeta poput konstantne tame organizmi koji naseljavaju to stanište prolaze kroz niz anatomskih i fizioloških promjena koje



rezultiraju općim prilagodbama. Neke od tih prilagodbi su gubitak očiju i pigmenta (Sket, 2008) te se organizme s takvim prilagodbama naziva *troglobiontima* (Slika 10).



Slika 10. Primjer troglobiontnosti kod puževa: podzemni puž *Zospeum tholussum* bez pigmenta i očiju. Lukina jama, Sjeverni Velebit (Foto: J. Bedek)

Određivanje stupnja prilagođenosti na podzemni okoliš, odnosno radi li se o troglobiontnoj vrsti kod ove skupine puževa predstavlja izazov. Razlog tome je često spominjana nedostupnost živih primjeraka na kojima bi se mogao odrediti stupanj troglobiontnosti (Bole i Velkovich, 1986). Drugi izazov predstavljaju vrste s populacijama koje žive u spektru staništa od izvora pa do podzemnih voda (Bole, 1968). Kod za čovjeka dostupnijih speleoloških objekata moguće je pratiti površinske populacije u podzemlje. Prilikom toga moguće je vidjeti postupne prilagodbe na uvjete u podzemlju što na kraju rezultira s primjercima bez prilagodbi na podzemna staništa, prijelaznim oblicima te populacijama bez pigmenta i očiju (Bole i Velkovich, 1986). Zbog toga je ponekad nemoguće govoriti o troglobiontnosti neke vrste već je potrebno razmišljati u okviru populacija. Tipični znakovi adaptacije životinja na podzemni okoliš kod slatkovodnih puževa nisu dovoljni kriteriji da bi se vrsta odnosno populacija smatrala troglobiontnom. Česti su izuzeci gdje troglobiontne populacije imaju oči (npr. *Hauffenia media*) ili površinske populacije gube pigment jer žive u izvorima ispod kamena i gotovo nikada ne ulaze u podzemlje (Bole, 1968).

Imajući na umu sve navedeno, kada govorimo o troglobiontnosti slatkovodnih puževa vrijede sljedeće stvari:

- pronalaženje praznih kućica u podzemnim staništima nisu potpuna potvrda žive li ti puževi tamo jer postoji mogućnost da ih je voda nanosila s površine u podzemlje (npr. ponornice) te ih zbog toga ne možemo smatrati vodenim troglobiontima
- sa sigurnošću možemo govoriti o troglobiontim vrstama ili populacijama tek kada u podzemnom staništu pronađemo živuće populacije s juvenilnim primjercima (Bole, 1968) što je jedna od glavnih stavki troglobiontnosti (Sket, 2008)
- zabilježeni su slučajevi u kojima vrste koje žive isključivo u podzemlju ne izražavaju tipične prilagodbe na podzemlje poput gubitka očiju (Bole, 1968).

Zadnja stavka ide u prilog nekim autorima (npr. Culver i Pipan, 2015) koji smatraju da su podjele organizama na trogloksene, troglofile i troglobionte, iako korisne za opisivanje adaptacija, ponekad prekrute. Oni smatraju da bi se u promatranju podzemnih organizama trebali koncentrirati na bazičnije evolucijske fenomene poput konvergencije, divergencije i specijacije te gledati širu sliku. Dobri modelni organizmi mogu biti upravo slatkovodni podzemni puževi zbog spektra prilagodbi unutar jedne vrste.

#### **1.4.2 Rasprostranjenost i opis rodova na području Ogulina**

Prvi podaci vezani za podzemne mekušce datiraju iz prve polovice 19. stoljeća i to iz Njemačke i Francuske. Slijede otkrića iz ostalih zemalja Južne Europe odakle je danas poznat najveći broj vrsta. Također su poznati podzemni slatkovodni puževi i iz ostatka svijeta posebice iz Sjeverne Amerike, centralne Azije, Novog Zelanda, sjeverne Afrike, Kavkaza i Japana. Najveći broj opisa vrsta podzemnih puževa potiče s područja Dinarida. Iako je u različitim dijelovima svijeta ova fauna istraživana u različitim razmjerima, vjeruje se da je područje Dinarida najbogatije ovom faunom. Razlog tome je karakteristična hidrološka povijest i razvoj koji traje od Tercijara pa sve do danas (Bole i Velkovich, 1986), a Ogulin i okolica su jedno od bogatijih nalazišta tog područja. Osim kozmopolitskih vrsta ovdje su prisutni i endemi s rasprostranjenosti ograničenom na nekoliko ili na samo jedan objekt (Ozimec i sur., 2009).

Na području Ogulina do sada je zabilježeno nekoliko rodova. Vrlo čest je rod *Belgrandiella* dok populacije srodnog roda *Graziana* graniče s istraživanim područjem (Slika 11). Iz špilje Tounjčice pored Ogulina opisana je vrsta *Belgrandiella pageti* (Radoman, 1983). Česti su rodovi

*Bythinella* (Slika 12) i *Sadleriana* (Slika 13) te je iz već spomenute špilje opisana *Sadleriana cavernosa* (Radoman, 1983). Uz ostale može se pribrojiti i opis vrste *Hauffenia tovunica* što potvrđuje biospeleološku i malakološku vrijednost špilje Tounjčice. Osim nje vrlo zanimljivi lokalitet je špilja Rudnica VI pored Ogulina. Od tamo su opisane *Lanzaia rudnicae* i *Hadziella rudnicae* (Bole, 1992) koje su pronađene samo na tom lokalitetu. Takav endemizam možda ukazuje na hidrogeološku i/ili ekološku zanimljivost ovog objekta i vrsta pronađenih tamo, pogotovo jer se populacije ova dva roda mogu pronaći tek dosta južnije od Rudnice VI.



Slika 11. Rasprostranjenost roda *Belgrandiella* (▼) i *Graziana* (+) (preuzeto iz Radoman, 1985; Fig. 8.; Prilagodio: K. Cindrić)



Slika 12. Rasprostranjenost roda *Bythinella* (▼) (preuzeto iz Radoman, 1985; Fig. 5.; Prilagodio: K. Cindrić)



Slika 13. Rasprostranjenost roda *Sadleriana* (▼) (preuzeto iz Radoman, 1985; Fig. 4.; Prilagodio: K. Cindrić)

Za neke navode o rasprostranjenosti rodova na ovom području nisu poznati točni lokaliteti već samo generalno područje.

Slijedi opis rodova koji prema literaturnim navodima imaju pojavnost na području istraživanja. Prilikom opisa rodova vidljiva je velika varijabilnost kućica između vrsta i nedostatak nekih jasnijih morfoloških značajki za opis određenih rodova. Vrlo je često referiranje na sitne detalje poput nakrenutosti ušća ili debljine zavoja kod razlikovanja ovih puževa.

#### 1.4.2.1 *Belgrandiella* Wagner, 1927

Tipična vrsta: *Belgrandia kusceri* Wagner, 1914

Kućica minijaturna, u nekoliko vrsta varira u dužini (od 1,5 – 2,5 mm) i obliku. Najčešći oblik je jajasto-stožast, rijetko stožast ili cilindrično-stožast. Relativno veliko, češće jajoliko nego eliptično ušće. Vanjski rub ušća zakrenut te na gornjem kraju tvori oblik sličan točilu vrča. Pupak također varijabilan: najčešće zatvoren, ali u nekih vrsta dolazi u obliku reza ili je polu-otvoren.

#### 1.4.2.2 *Graziana* Radoman, 1975

Tipična vrsta: *Paludina lacheineri* Kuster, 1852

Kućica minijatura (1,5 – 2 mm, rijetko viša od toga), čunjasto-jajasta do jajolika, slična nekim vrstama roda *Belgrandiella*. Ušće jajoliko s time da je vrh ušća obično sužen i priliježe na zid kućice. Razlikuje se od roda *Belgrandiella* tako da je vanjski rub ušća ravan (gledano lateralno), rijetko blago zavnut, ali bez da radi suženje u obliku točila vrča. Pupak uglavnom zatvoren, rijetko je vidljiv slabi prorez.

#### 1.4.2.3 *Lanzaia* Brusina, 1906

Tipična vrsta: *Turbo elephantotus* Muhlfeldt, 1824

Kućica čunjasta s tupim apeksom te izraženim rijetkim rebrima okomitim na zavoje i gušćim, ali puno slabije izraženim rebrima koja prate zavoje. Ušće široko ovalno, s gotovo horizontalno položenom longitudinalnom osi i širokim vanjskim rubom (peristomom).

#### 1.4.2.4 *Bythinella* Moquin Tandon, 1855

Tipična vrsta: *Bulimus viridic* Poiret, 1801

Kućica obično cilindrična ili cilindrično-čunjasta, ali ponekad jajolika ili okruglasta, debljih stijenki, s varijacijama ne samo unutar vrste već često i unutar jedne populacije. Ušće obično ovoidno.

#### 1.4.2.5 *Hauffenia* Pollonera, 1898

Tipična vrsta: *Horatia tellinii* Pollonera, 1898

Kućica valvatoïdna ili pločasta, obično niska sa snažno izraženim zadnjim zavojem. Ušće koso s time da je donji dio podvučen prema nazad.

#### 1.4.2.6 *Sadleriana* Clessin, 1890

Tipična vrsta: *Paludina fluminensis* Kuster, 1852

Kućica uglavnom okruglasta zahvaljujući izrazito jako razvijenom zadnjem zavojem te slabije razvijenim ostalim zavojima.

## 1.5 Ciljevi istraživanja

U ovom diplomskom radu postavljeni su slijedeći ciljevi istraživanja:

- izraditi popis vrsta podzemnih i izvorskih vodenih puževa Ogulina i okolice;
- izraditi kartu rasprostranjenosti svih zabilježenih vrsta;
- usporediti dobivene rezultate s rezultatima dosadašnjih istraživanja na tom području;
- utvrditi postoji li korelacija pojavnosti vrsta s obzirom na hidrogeološku povezanost odnosno izoliranost objekata te ovisno o rezultatima predložiti hidrogeološku povezanost za objekte i područja za koje to nije poznato.

## **2 Materijali i metode**

### **2.1 Terenska istraživanja**

#### **2.1.1 Istraživani objekti i vremenski slijed istraživanja**

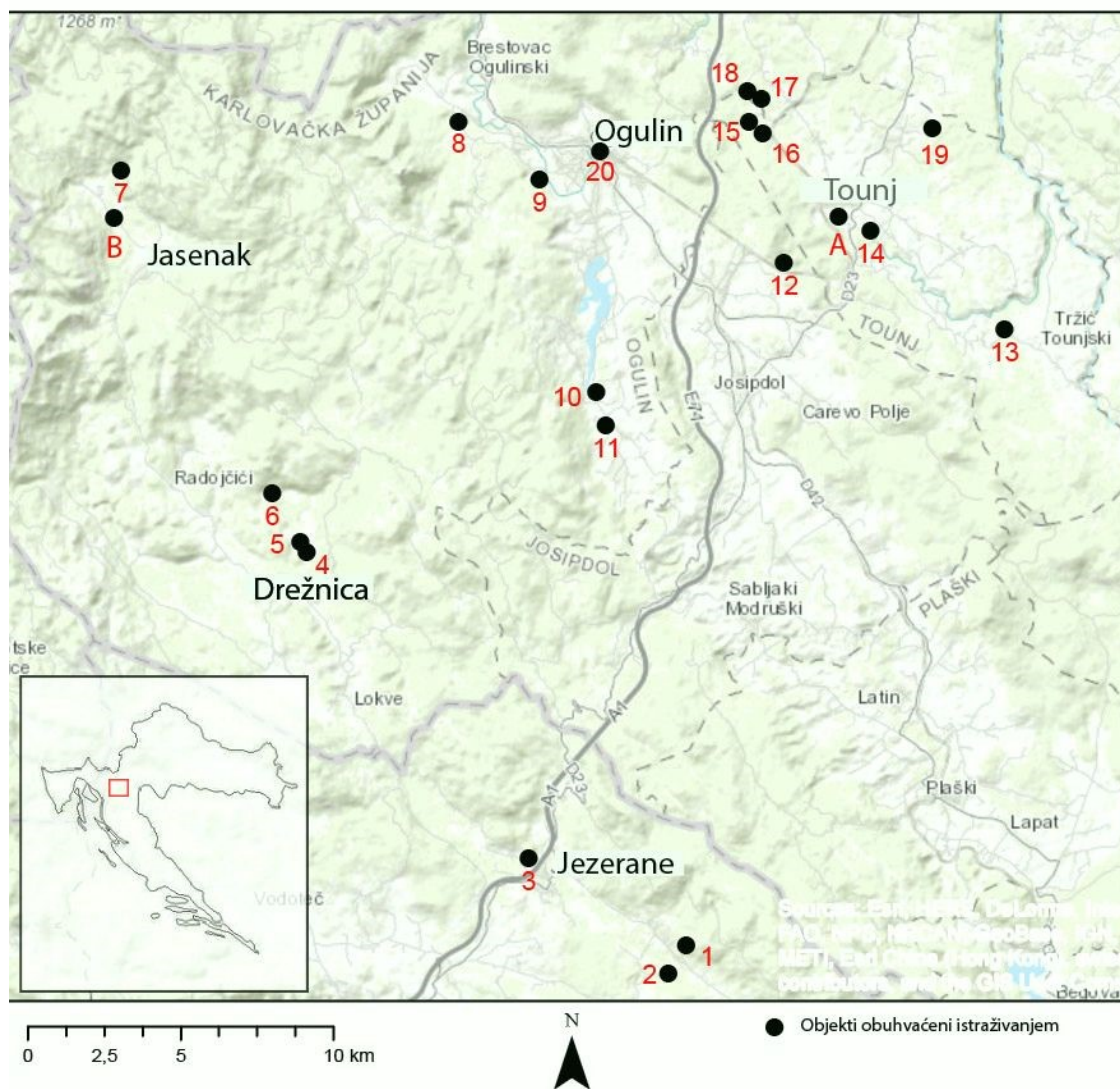
Najveći dio terenskog rada odrađen je u razdoblju od od lipnja do kolovoza 2017. godine. Odabrani su dosad malakološki neistraženi objekti te oni za koje već postoje podaci, ali se smatra da nisu dovoljno dobro istraženi. Na terenskom istraživanju osim autora rada sudjelovao je i Branko Jalžić. Osim prikupljenih uzoraka u ovom radu korišteni su nedeterminirani uzorci ustupljeni od strane dr. sc. Vesne Štamol s Hrvatskog prirodoslovnog muzeja, koje je Branko Jalžić skupio tijekom terenskog rada na Muzeju od 1981. do danas. Nekoliko uzoraka analizirano je iz privatne zbirke dr. sc. Rajka Slapnika. Uzorci sa Izvora Zagorske Mrežnice sakupljeni su tijekom provedbe projekta MULTISEK voditeljice dr. sc. Sanje Gottstein. U radu su navedeni i literaturni podaci iz Radoman (1985) za dva lokaliteta (Špilja Tounjčica i Vrelce) koji nisu uzorkovani kroz navedena terenska istraživanja. Svi speleološki objekti i izvori u kojima su pronađeni vodeni puževi navedeni su u Tablici 2 s njihovim položajem prikazanom na Slici 14.

Tablica 2. Popis lokaliteta obuhvaćenim istraživanjem s opisom tipa lokaliteta

Oznaka	Ime	Tip	Lokalitet
1	Markarova špilja	Speleološki objekt	Stajnica, Jezerane, Ogulin
2	Vrelo	Izvor	Žižić selo, Stajničko polje, Jezerane
3	Obajdin špilja	Speleološki objekt	izvor Jaruge, Obajdini, Jezerane
4	Studenac izvor	Izvor	Drežničko polje, Drežnica, Ogulin
5	Topli izvor	Izvor	Drežničko polje, Drežnica, Ogulin
6	Izvor Kotao	Izvor	Gornje Drežničko polje, Drežnica, Ogulin
7	Špilja pod Mačkovom dragom	Speleološki objekt	Bjelolasica, Jasenak, Ogulin
8	Pećina	Speleološki objekt	Turkovići, Puškarići, Ogulin
9	Pećinik	Speleološki objekt	Mikasi, Puškarići, Ogulin
10	Izvor Zagorske Mrežnice	Speleološki objekt	Desmerice, Zagorje, Ogulin
11	Izvor špilja Rupećica	Speleološki objekt	Šmitovo jezero, Ivanac, Ogulin
12	Mandelaja	Speleološki objekt	Oštarije, Ogulin
13	Rudnica VI	Speleološki objekt	Kamenica Skradnička, Tounj, Ogulin
14	Hajdučka pećina	Speleološki objekt	Pribanići, Tounj, Ogulin
15	Izvor pored mosta na izvoru Bistrac	Izvor	Bistrac, Kromari, Gornje Dubrave, Ogulin
16	Izvor Bistrac	Izvor	Bistrac, Kromari, Gornje Dubrave, Ogulin
17	Izvor u kanjonu Bistraca	Izvor	Tuk, Gornje Dubrave, Ogulin
18	Zala špilja	Speleološki objekt	Gornje Dubrave, kanjon Bistrice, Ogulin
19	Špilja Taminca	Speleološki objekt	Potok Tounjski, Tounj, Ogulin
20	Đula - Medvedica	Speleološki objekt	Ogulin
A*	Špilja Tounjčica	Speleološki objekt	Tounj, Ogulin
B*	Vrelce	Izvor	Jasenak, Ogulin

\* lokalitet nije istraživani tokom terenskog rada već su podaci preuzeti iz literature





Slika 14. Prikaz objekata obuhvaćenih istraživanjem

### 2.1.2 Metode uzorkovanja puževa

Budući da se radi o vrstama koje odlikuje mala veličina kućica, na svim istraživanim lokalitetima provedeno je uzorkovanje sedimenta. Unutar speleoloških objekata uzorkovan je suhi sediment i sediment iz vodenih tijela ili tekućica, a isto je napravljeno i u izvorima. Sediment je sakupljan metalnom žlicom i spreman u plastične posudice zapremnine 150 ml. Pomoću entomološke pincete sakupljane su i pojedine kućice koje su bile van sedimenta ili uglavljene u sitne pukotine. Za svaki lokalitet uzorkovanja uzete su GPS koordinate te su posudice označene trajnim flomasterom i umetanjem paus papira s podacima o lokalitetu.

## 2.2 Laboratorijska istraživanja

### 2.2.1 Izolacija sakupljenog materijala

U laboratoriju je materijal sakupljen na terenu izoliran iz sedimenta. Prije same izolacije sediment je osušen na suncu te su iz njega uklonjeni krupniji dijelovi poput većih kamenčića. Prvi korak izolacije vršen je pomoću seta od četiri metalna sita gdje je svako sito imalo različitu širinu „oka“ (Slika 15).



Slika 15. Sita korištena za izolaciju uzoraka (foto: K. Cindrić)

Sita su umetnuta jedno u drugo tako da se širina oka mijenjala linearno od najšireg na vrhu do najužeg na dnu. Suhi sediment je postavljen na gornje sito i prosijavanjem odvojen na različite veličine čestica. Ispod sita je postavljen metalni tanjur za najsitnije čestice. Vizualnim pregledom svih sita izdvojene su okom vidljive kućice i spremljene u staklene bočice zapremnine 7 ml. Sediment iz sita s najužim okom i s metalnog tanjura dodatno je pregledan pod lupom.

### 2.2.2 Taksonomsko određivanje

Za određivanje svojti korišteni su sljedeći ključevi i originalni opisi vrsta: Bole (1961), Bole (1972), Bole (1992), Bole i Velkovich (1986) te Radoman (1983).

Uz literaturu korištena je privatna malakološka zbirka dr. sc. Rajka Slapnika uz njegovo stručno vodstvo. Koristeći primjerke iz zbirke napravljen je linearan slijed kućica za svaku pojedinu vrstu koja ima potencijalnu rasprostranjenost na istraživanom području. Kućice su fiksirane unutar brazdi u Fimo-masi, prethodno umetnute u petrijeve zdjelice (Slika 16). Uz pomoć literature i usporedbom uzoraka pod lupom s prethodno determiniranim materijalom gotovo svi uzorci su determinirani do razine vrste.



Slika 16. Fiksirane kućice u fimo masi (foto: K. Cindrić)

Korak usporedbe materijala s onim iz zbirke vrlo je bitan zbog sitnih detalja koji odjeljuju pojedine vrste i koje je nemoguće odrediti koristeći isključivo literaturu.

### **2.2.3 Fotografiranje uzoraka**

Fotografiranje je obavljeno u Laboratoriju za ekologiju slatkih voda i zoogeografiju na Zoologijskom zavodu (Biološki odsjek Prirodoslovno matematičkog fakulteta). Korištena je lupa ZEISS Stemi 2000-C s adapterom za fotoaparata Canon EOS koji je spojen na PC.

### **2.2.4 Određivanje korelacije rasprostranjenosti populacija s hidrogeologijom**

Kod određivanja postoji li korelacija rasprostranjenosti populacija s hidrogeologijom istraživanog područja uzeto je u obzir nekoliko faktora. Prvi faktor je da se podzemna vodena fauna između objekata rasprostire pomoću vode. Ukoliko je takson pronađen isključivo na jednom lokalitetu i nigdje drugdje u širem području vrlo vjerojatno je riječ o izoliranom objektu pomoću

geoloških i geografskih barijera (Porter, 2007). Sljedeći faktor je gradijent strujanja vode u podzemlju odnosno razlike u nadmorskim visinama vodonosnika. Pretpostavka je da smjer rasprostiranja vodenih puževa u podzemlju prati smjer strujanja vode, pogotovo ako je riječ o smjeru sa značajno više na nižu nadmorsku visinu.

Korelacija između pojavnosti vrsta i hidrogeologije područja konstruirana je na temelju hidrogeološke povezanosti područja, poznatog smjera strujanja vode i razlike u nadmorskim visinama. Korelacija je prikazana pomoću karata s lokalitetima.

### **2.2.5 Izrada karata**

GPS koordinate lokaliteta očitane su u Gauss-Krüger koordinatnom sustavu 5. zone. U izradi karata korišten je GIS alat ArcGIS Maps s podlogom World Topographic Map (Esri i sur., 2017), a za grafičku doradu Adobe Illustrator i Adobe Photoshop.

## 2.2.6 Struktura kartice za pojedinu svojtu

**Redni broj – svojta autor, godina opisa vrste**

**Porodica**

---

SINONIMI:

RASPROSTRANJENOST:

- Europa:
- Hrvatska:
- *Locus typicus*:

OPIS KUĆICE:

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA:

STUPANJ UGROŽENOSTI:

NAPOMENA:

Tablica X. Popis nalazišta svojte X:

Oznaka nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA:

Slika X. Karta rasprostranjenosti svojte X

Slika X. Fotografija svojte X

**Redni broj:** - Svojte su obrađene pod rednim brojem koji je naveden u poglavlju 3.1.

Rasprostranjenost

**SINONIMI:** Naveden je popis svih sinonima s autorima i godinama opisa, preuzeto od Radoman (1983) i Ozimec i sur. (2009). Ukoliko prema njima ne postoje sinonimi, upisano je “ne postoje”. Ukoliko uzorci nisu određeni do vrste pa nije moguće odrediti sinonime, upisano je “nisu poznati”.

**RASPROSTRANJENOST:**

**Europa:** Rasprostranjenost pojedine vrste preuzeta je od Radoman (1983), Radoman (1985), Ozimec et al. (2009) i IUCN (2017). Ukoliko uzorci nisu određeni do vrste te nije moguće odrediti rasprostranjenost navodi se “nije poznato”.

**Hrvatska:** Navodi se regija ili točan lokalitet u Hrvatskoj uglavnom prema Radoman (1983), Ozimec i sur. (2009), IUCN (2017) i prema drugoj dostupnoj literaturi ukoliko je vrsta poznata za Hrvatsku. Ukoliko uzorci nisu određeni do vrste te nije moguće odrediti rasprostranjenost, navodi se “nije poznato”.

**Locus typicus:** Navedeno je tipsko nalazište citirano iz dostupne literature. Ukoliko literatura nije dostupna, navodi se “nije dostupan”. Ukoliko uzorci nisu određeni do vrste, nije moguće odrediti tipsko nalazište te se navodi “nije poznato”.

**OPIS KUĆICE:** Konhološki opis vrste iz originalnog opisa vrste ili preuzet iz ostale literature. Ukoliko svojta nije određena do razine vrste navodi se “nije poznato”

**EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA:** Navodi se stupanj troglobiontnosti utvrđen na temelju Slapnik (2018). U slučaju da nije poznat navodi se “nije poznato”. Osnovi ekološki karakteri prema Sket (2008) su troglobiont, eutroglofil, subtroglofil i trogloksen.

**STUPANJ UGROŽENOSTI:** Naveden je stupanj ugroženosti koristeći IUCN-ovu Crvenu listu ugroženih vrsta (IUCN, 2017), kategorija ugroženosti i kriteriji ugroženosti koristeći Crveni popis slatkovodnih i kopnenih puževa Hrvatske (Lajtner i sur., 2013).

**NAPOMENA:** Naveden je komentar o taksonomskom statusu i problematici, problem vezan uz svojtu ili neki drugi za svojtu značajan podatak uz korištenje raspoložive literature.

**TABLICA S POPISOM NALAZIŠTA:** Tablica sadrži: redni broj nalazišta dodijeljen speleološkim objektima u poglavlju 2.1.1., nalazište (ime speleološkog objekta), ime i prezime sakupljača i datum sakupljanja uzorka. Ukoliko postoji literaturni navod nalaza određene svojte onda je on naveden u nastavku tablice s kategorijama rednog broja, nalazišta i literaturnog navoda gdje se nalazi referenca literature kojoj je nalaz spomenut.

**UKUPAN BROJ NALAZIŠTA:** - Broj speleoloških objekata u kojima je svojta pronađena.

**Slika X: Karta rasprostranjenosti svojte X** - Rasprostranjenost je prikazana na karti Ogulina i okolice. Korištena karta je World Topographic Map (Esri i sur., 2017). Točke su ucrtane koristeći koordinate speleoloških objekata i izvora.

## 3 Rezultati

### 3.1 Rasprostranjenost

Na istraživanom području pronađeno je 18 svojiti slatkovodnih podzemnih puževa te je utvrđena njihova rasprostranjenost. Od 18 svojiti samo dvije nisu determinirane do razine vrste.

Porodica **Hydobiidae** Stimpson, 1865

Podporodica **Belgrandiellinae** Radoman, 1983

Rod **Belgrandiella** Wagner, 1928

1. *Belgrandiella pageti* Schütt, 1970
2. *Belgrandiella kuesteri* (Boeters, 1970)
3. *Belgrandiella fontinalis* (F.J. Schmidt, 1847)
4. *Belgrandiella croatica* (Hirc, 1881)

Rod **Lanzaia** Brusina, 1906

5. *Lanzaia rudnicæ* Bole, 1992

Rod **Graziana** Radoman, 1975

6. *Graziana lacheineri* (Küster, 1853)

Rod **Plagigeyeria** Tomlin, 1930

7. *Plagigeyeria* sp.

Podporodica **Horatiinae** D. W. Taylor, 1966

Rod **Sadleriana** Clessin, 1890

8. *Sadleriana cavernosa* Radoman, 1978
9. *Sadleriana schmidtii* (Menke, 1849)
10. *Sadleriana fluminensis* (Küster, 1853)
11. *Sadleriana sadleriana* (Frauenfeld, 1863)

Podporodica **Belgrandiinae** de Stefani, 1877

Rod **Hauffenia** Pollonera, 1898

12. *Hauffenia tovunica* Radoman, 1978
13. *Hauffenia media* Bole, 1961

Rod **Hadziella** Kuščer, 1932

14. *Hadziella rudnicæ* Bole, 1992

Porodica **Bythinellidae** Locard, 1893

Rod **Bythinella** Moquin – Tandon, 1856

15. *Bythinella opaca* (M. von Gallenstein, 1848)
16. *Bythinella magna* Radoman, 1976

Porodica **Amnicolidae** Tryon, 1863

Podporodica **Amnicolinae** Tryon, 1863

Rod **Marstoniopsis** van Regteren Altena, 1936

17. *Marstoniopsis croatica* Schütt, 1974

Porodica **Moitessieriidae** Bourguignat, 1863

Rod **Paladilhiopsis** Pavlović, 1913

18. *Paladilhiopsis* sp.

Slijedi sistematski prikaz svih pronađenih svojiti (prema Szarowska, 2006) i njihova rasprostranjenost.



# 1 – *Belgrandiella pageti* Schütt, 1970

## Hydrobiidae

---

SINONIMI: nema

RASPROSTRANJENOST:

- Europa: Hrvatska i Slovenija
- Hrvatska: Špilja Tounjčica, pored Ogulina
- *Locus typicus*: Špilja Tounjčica, pored Ogulina (Hrvatska)

OPIS KUĆICE: Kućica tvrda, glatka, staklasta, bijela, vrlo izdužena sa zavojima koji se jednoliko šire u visinu i širinu zbog čega sama kućica ima oblik izduženog čunja. Zavoji blago i pravilno ispuščeni te odvojeni s relativno plitkom šavom. Ušće široko i pomaknuto u desno, uglavnom najoliko dok je u nekih primjeraka gornji dio proširen i poprima eliptični oblik. Rubovi ušća tanki osim kolumelarnog zadebljanog dijela. Lateralno gledajući vanjski rub je blago zavijen te na gornjem dijelu tvori blagi oblik lijevka. Pupak zatvoren sa širokim prorezom.

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA: Troglobiont

STUPANJ UGROŽENOSTI: DD; VU; D2

NAPOMENA: –

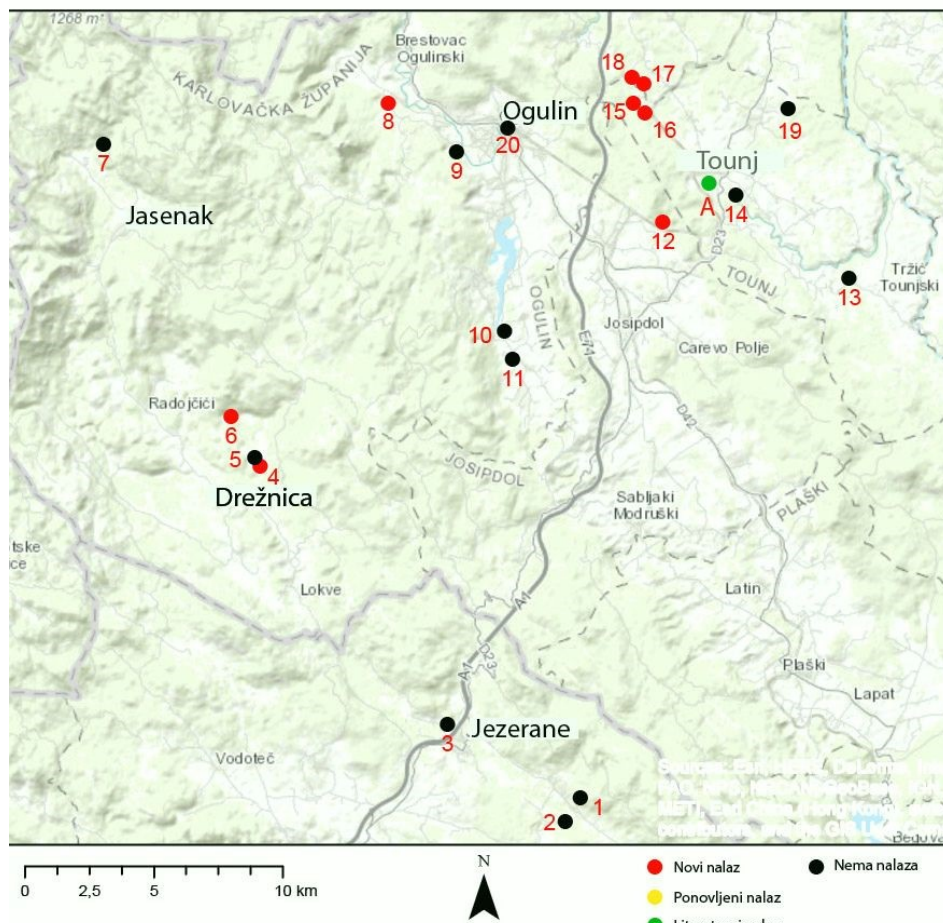


Slika 17. Vrsta *Belgrandiella pageti* (foto: K. Cindrić)

Tablica 3. Popis nalazišta vrste *Belgrandiella pageti*:

Oznaka Nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum
4	Studenac izvor	Kristijan Cindrić	2.6.2017.
6	Izvor Kotao	Kristijan Cindrić	2.6.2017.
8	Pećina	nije poznato	nije poznato
12	Mandelaja	Branko Jalžić	5.4.1986.
15	Izvor pored mosta na izvoru Bistrac	Kristijan Cindrić	3.6.2017.
16	Izvor Bistrac	Kristijan Cindrić	3.6.2017.
18	Zala špilja	Kristijan Cindrić	3.6.2017.
Oznaka Nalazišta	Nalazište	Literaturni Navod	
A	Špilja Tounjčica	Schütt, 1970	

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA: 8



Slika 18. Karta rasprostranjenosti vrste *Belgrandiella pageti*

## 2 – *Belgrandiella kuesteri* (Boeters, 1970)

### Hydrobiidae

---

SINONIMI: nema

RASPROSTRANJENOST:

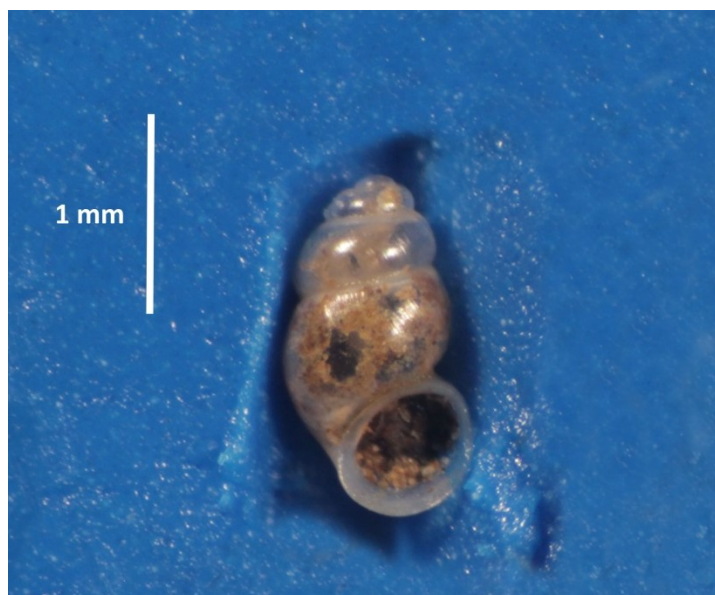
- Europa: Slovenija i Hrvatska
- Hrvatska: Gornji sliv rijeke Kupe
- *Locus typicus*: izvor u mjestu Tacen u podnožju Šmarne Gore, sjeverozapadno od Ljubljane (Slovenija)

OPIS KUĆICE: minijatura kućica, jajolika do jajoliko-čunjasta s tupim zaokruženim apeksom i umjereno ispupčenim zavojima. Ušće uglavnom jajoliko, ponekad nepravilno zbog ravnog i nakošenog kolumelarnog ruba i zaokruženog vanjskog ruba ušća. Pupak zatvoren.

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA: nije poznato

STUPANJ UGROŽENOSTI: DD; -; -

NAPOMENA: –

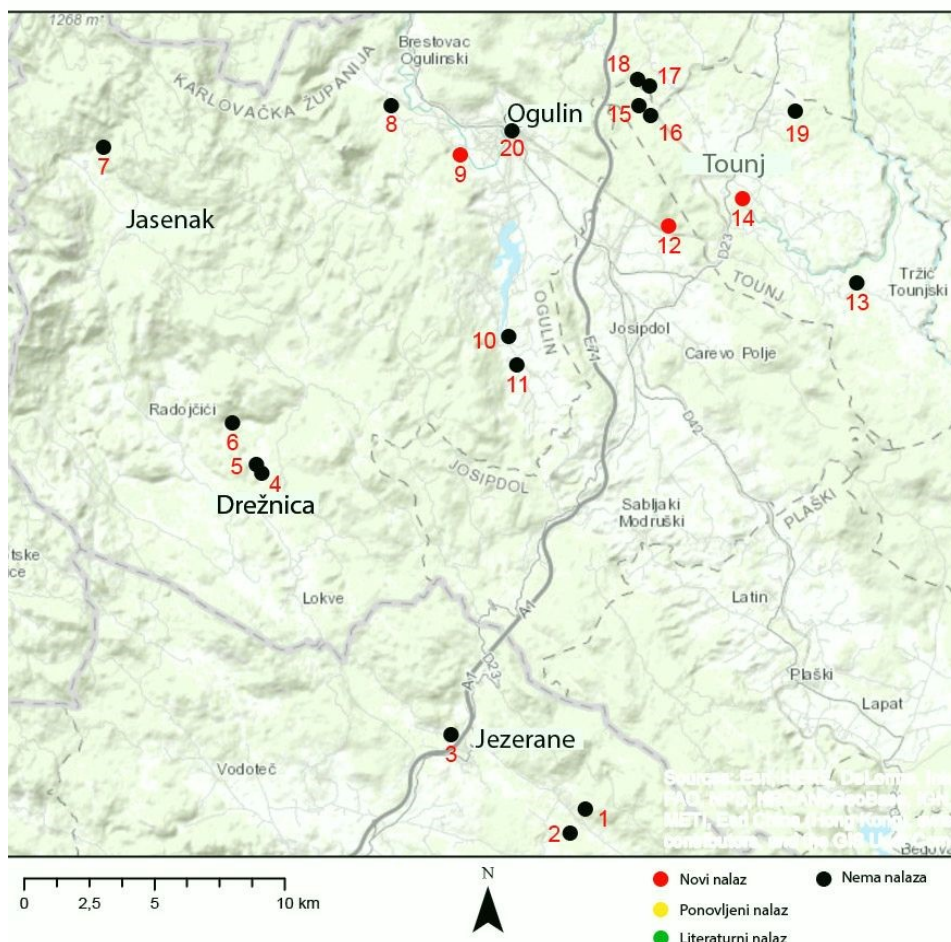


Slika 19: Vrsta *Belgrandiella kuesteri* (foto: K. Cindrić)

Tablica 4. Popis nalazišta vrste *Belgrandiella kuesteri*:

Oznaka nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum
9	Pećinik	Branko Jalžić	22.11.1981.
12	Mandelaja	Branko Jalžić	5.4.1986.
14	Hajdučka pećina	Kristijan Cindrić	3.6.2017.

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA: 3



Slika 20: Karta rasprostranjenosti vrste *Belgrandiella kuesteri*



### 3 – *Belgrandiella fontinalis* (Schmidt, 1847)

#### Hydrobiidae

---

SINONIMI: nema

RASPROSTRANJENOST:

- Europa: Slovenija i Hrvatska
- Hrvatska: Gornji sliv rijeke Kupe
- *Locus typicus*: izvor Studenščica u selu Dol, 15 km sjeveroistočno od Ljubljane

OPIS KUĆICE: Kućica jajoliko-čunjasta ili jajolika, često skraćena, s prilično tupim apeksom i vrlo ispupčenim zavojima koji se obično nepravilno šire. Ušće uglavnom jajoliko i prošireno na vrhu zbog čega može biti eliptično. U nekih primjeraka, pogotovo u određenim populacijama, ušće može biti kratko i zbog toga okruglasto.

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA: Troglobiont

STUPANJ UGROŽENOSTI: LC; -; -

NAPOMENA: –

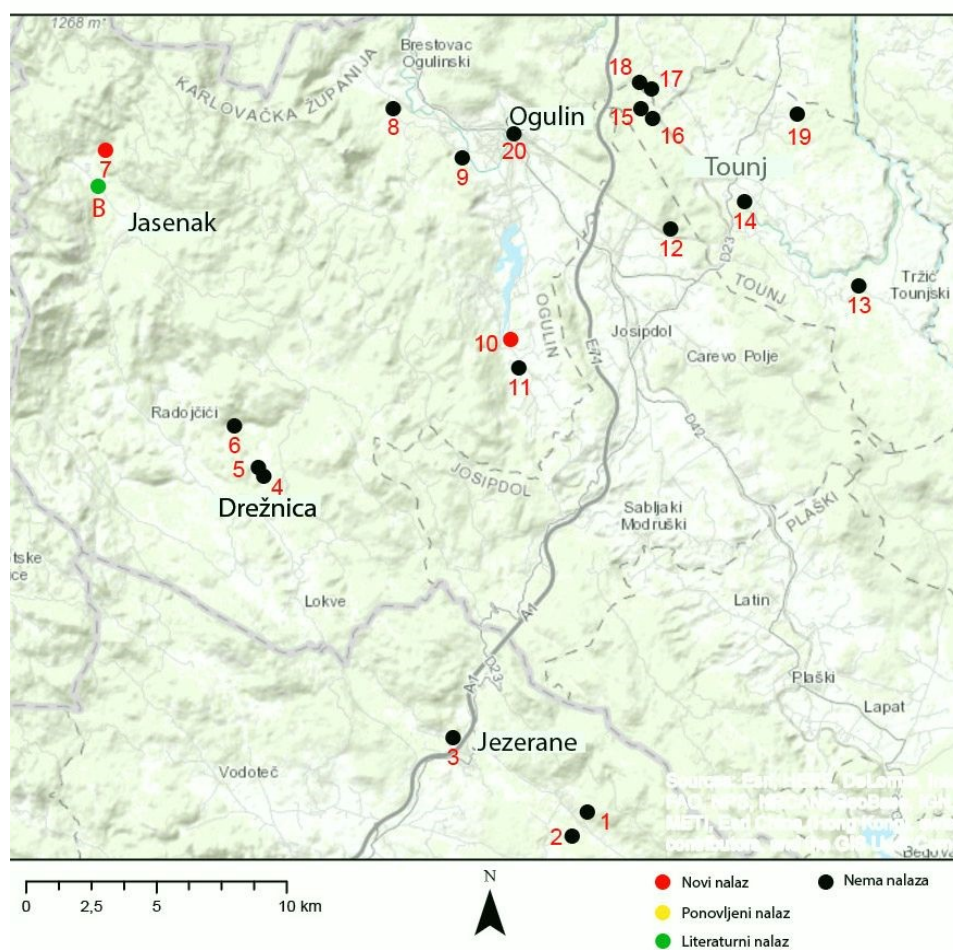


Slika 21: Vrsta *Belgrandiella fontinalis* (foto: K. Cindrić)

Tablica 5. Popis nalazišta vrste *Belgrandiella fontinalis*:

Oznaka nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum
7	Špilja pod Mačkovom dragom	Kristijan Cindrić	19.8.2017.
10	Izvor Zagorske Mrežnice	Sanja Gottstein	26.8.2015.
B	Vrelce	nije poznato	nije poznato

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA: 3



Slika 22. Karta rasprostranjenosti vrste *Belgrandiella fontinalis*

## 4 – *Belgrandiella croatica* (Hirc, 1881)

### Hydrobiidae

---

SINONIMI: nema

RASPROSTRANJENOST:

- Europa: Slovenija i Hrvatska
- Hrvatska: nekoliko lokaliteta u slivnom području rijeke Kupe
- *Locus typicus*: izvor u selu Lešnica, između mjesta Gornja Tihova i Brod na Kupi, jugozapadno od Delnica (Slovenija)

OPIS KUĆICE: kućica je jajoliko-čunjasta ili čunjasto-cilindrična, izdužena, s prilično tupim apeksom i umjereno NABREKLIM zavojima. Ušće pravilno jajoliko, prošireno i zaobljeno na vrhu (šire nego kod *B. kuesteri*), značajno pomaknuto u desno sa slabim “lijevkom” na gornjem kraju. Vanjski rub ušća gledan lateralno slabo zaokrenut, skoro ravan. Pupak zatvoren.

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA: Troglobiont

STUPANJ UGROŽENOSTI: LC; VU; D2

NAPOMENA: –

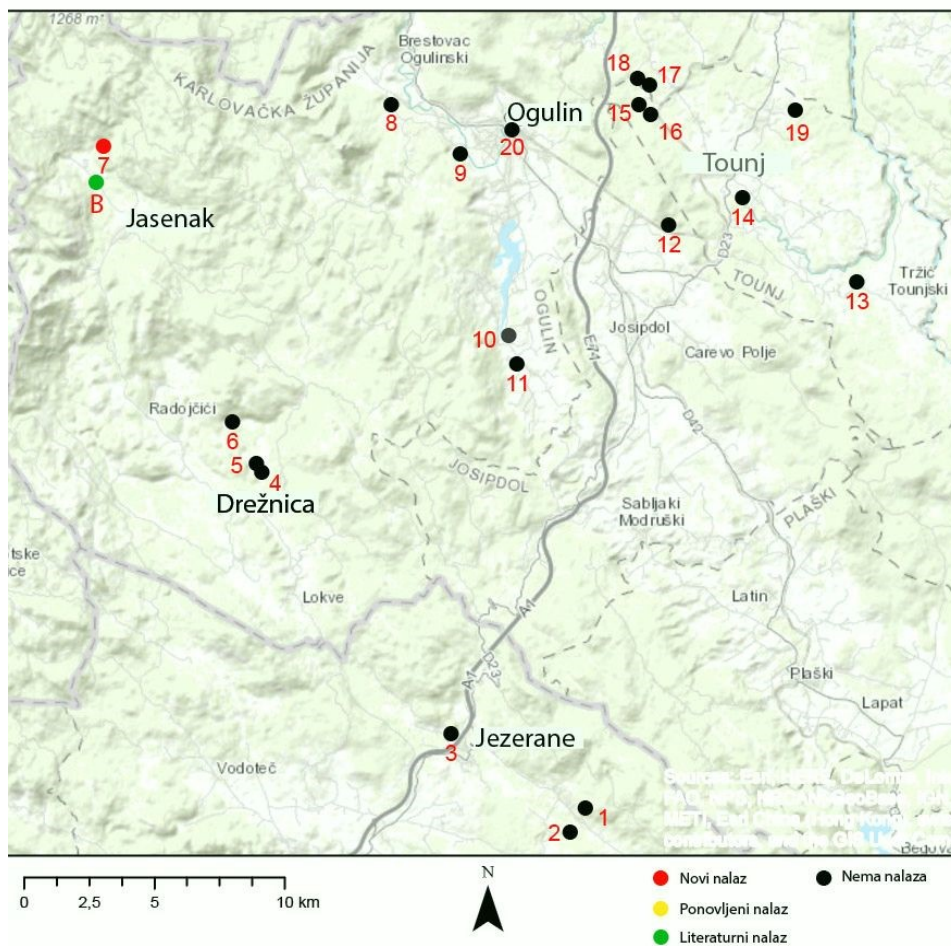


Slika 23. Vrsta *Belgrandiella croatica* (foto: K. Cindrić)

Tablica 6. Popis nalazišta vrste *Belgrandiella croatica*:

Oznaka nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum
7	Špilja pod Mačkovom dragom	Kristijan Cindrić	19.8.2017.
Oznaka nalazišta	Nalazište	Literaturni navod	
B	Vrelce	Radoman, 1985	

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA: 2



Slika 24. Karta rasprostranjenosti vrste *Belgrandiella croatica*



## 5 – *Lanzaia rudnicae* Bole, 1992

### Hydrobiidae

---

SINONIMI: nema

RASPROSTRANJENOST:

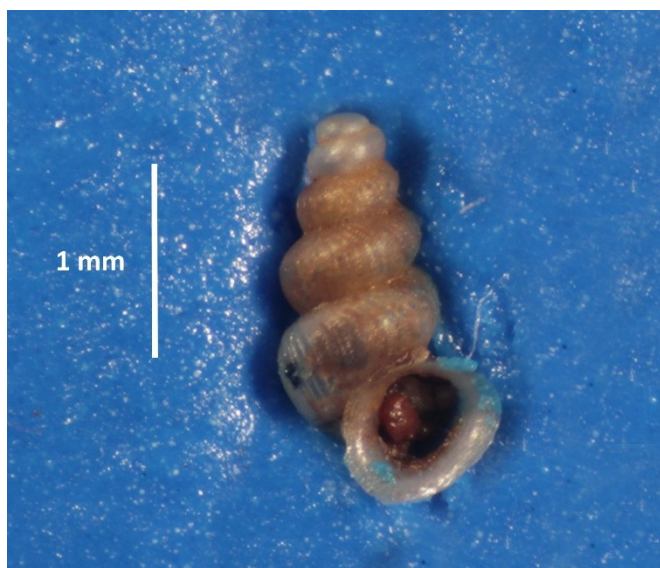
- Europa: Hrvatska
- Hrvatska: pronađena do sada samo na jednom lokalitetu, špilji Rudnica VI pored Tounja
- *Locus typicus*: Rudnica VI

OPIS KUĆICE: kućica vitka, prozirna, stožasto-valjkasta, visoka 1,65-2,15 mm i široka 1,0-1,25 mm. Stijenka kućice je prilično čvrsta. Ima 4,5-5,5 zavoja koji rastu polako i jednoliko. Zavoji su jako ispupčeni i razdvojeni dubokim šavom. Kućica ima oštra i niska rebra, a na predzadnjem ih zavoju ima 30-46. Između rebara je spiralna struktura. Ušće je trokutasto, oštrog i proširenog ruba, a pupak je uzak i dubok.

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA: Troglobiont

STUPANJ UGROŽENOSTI: NT; CR; B1ab(iii)+2ab(iii)

NAPOMENA: –

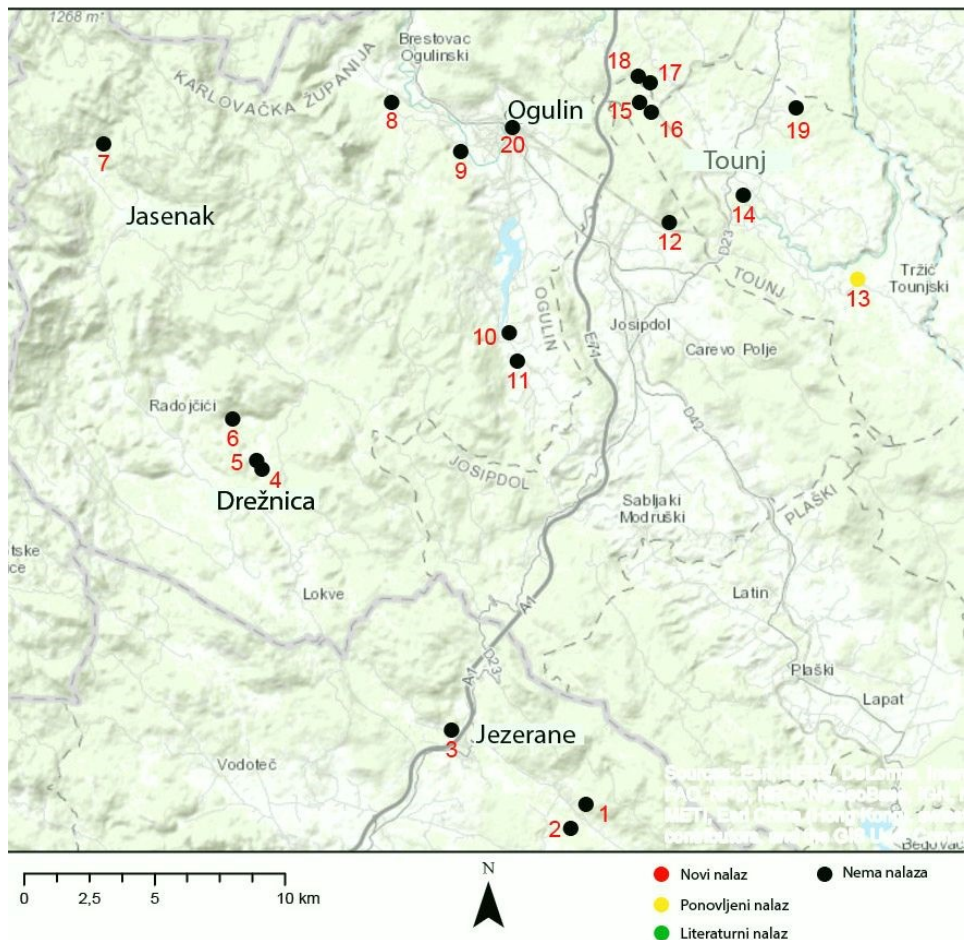


Slika 25. Vrsta *Lanzaia rudnicae* (foto: K. Cindrić)

Tablica 7. Popis nalazišta vrste *Lanzaia rudnicae*:

Oznaka nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum
13	Rudnica VI	Kristijan Cindrić	3.6.2017.

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA: 1



Slika 26. Karta rasprostranjenosti vrste *Lanzaia rudnicae*

## 6 – *Graziana lacheineri* (Küster, 1853)

### Hydrobiidae

---

SINONIMI: nema

RASPROSTRANJENOST:

- Europa: Austrija, BiH, Hrvatska, Slovenija, Švicarska
- Hrvatska: lokalizirane populacije kroz cijele Dinaride
- *Locus typicus*: izvor Andritz-Ursprung blizu Graza

OPIS KUĆICE: kućica varira od čunjasto-jajolike do jajolike s ispupčenim zavojima gdje zadnji zauzima više od pola spirale zavoja. Apeks kućice najčešće tup i zaokružen. Ušće uglavnom jajoliko, suženo na vrhu, uglavnom u mnogih vrsta. Gornji dio kolumelarnog ruba ušća tanji i blisko prislonjen na kućicu, rijetko odvojen od nje, dok je donji dio uobičajeno odvojen od same kućice. Gledano lateralno vanjski rub ušća izgleda ravno, rijetko zavinuto. Vrh ušća leži blizu površine kućice. Pupak s uskim prorezom ili potpuno zatvoren.

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA: nije poznato

STUPANJ UGROŽENOSTI: LC; -; -

NAPOMENA: –

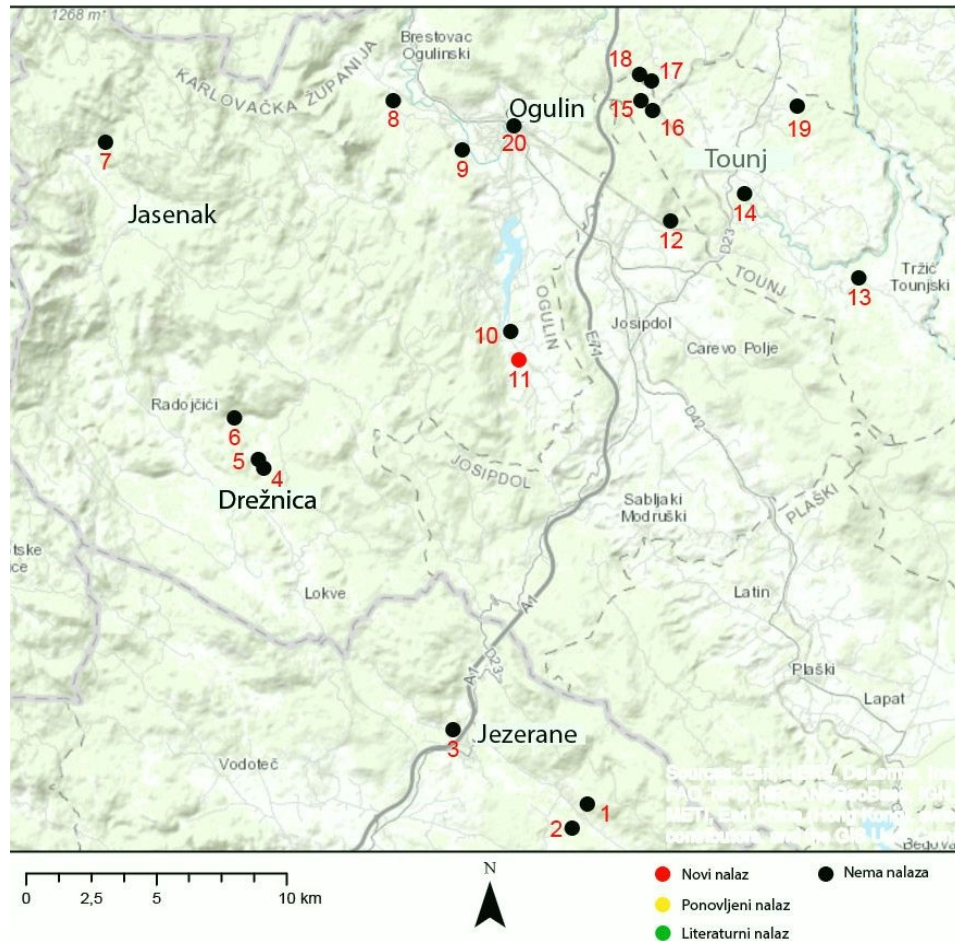


Slika 27. Vrsta *Graziana lacheineri* (foto: K. Cindrić)

Tablica 7. Popis nalazišta svojite *Graziana lacheineri*:

Oznaka nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum
11	Izvor- špilja Rupećica	Kristijan Cindrić	3.6.2017.

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA: 1



Slika 28. Karta rasprostranjenosti vrste *Graziana lacheineri*



## 7 – *Plagigeyeria* sp. Tomlin, 1930

### Hydrobiidae

---

SINONIMI: nije poznato

RASPROSTRANJENOST:

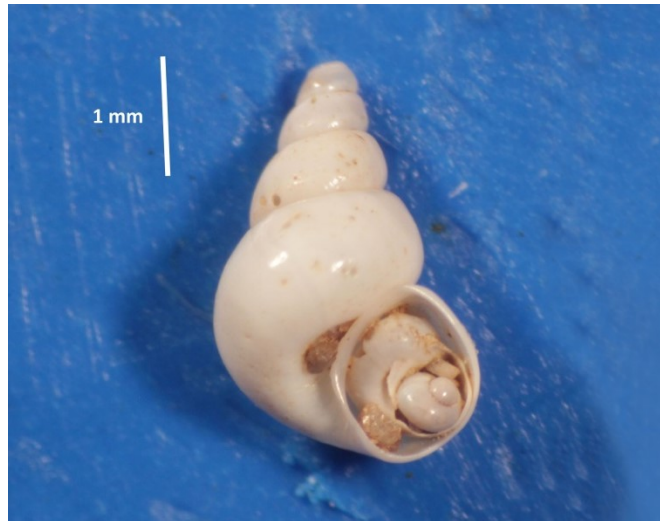
- Europa: nije poznato
- Hrvatska: nije poznato
- *Locus typicus*: nije poznato

OPIS KUĆICE: nije poznato

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA: nije poznato

STUPANJ UGROŽENOSTI: nije poznato

NAPOMENA: svojtu nije bilo moguće odrediti do razine vrste

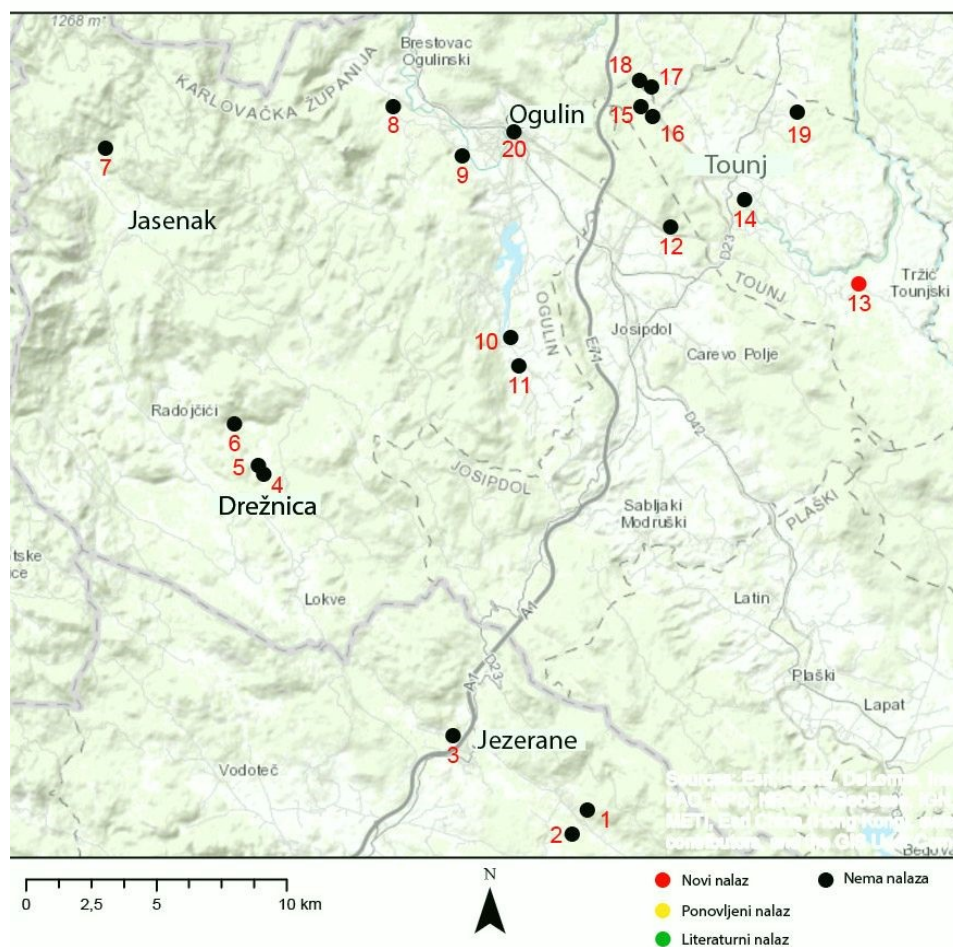


Slika 29. Svojta *Plagigeyeria* sp. (foto: K. Cindrić)

Tablica 8. Popis nalazišta svojte *Plagigeyeria* sp.:

Oznaka nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum
13	Rudnica VI	Kristijan Cindrić	3.6.2017.

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA: 1



Slika 30. Karta rasprostranjenosti svojte *Plagigeyeria* sp.

## 8 – *Sadleriana cavernosa* Radoman, 1978

### Hydrobiidae

---

SINONIMI: nema

RASPROSTRANJENOST:

- Europa: Hrvatska
- Hrvatska: špilja Tounjčica
- *Locus typicus*: špilja Tounjčica

OPIS KUĆICE: izgled kućice sličan vrsti *S. schmidtii* od koje se razlikuje po sljedećem: *S. cavernosa* ima slabije razvijene prve zavoje u usporedbi sa zadnjim, gornji dio ušća je znatno uži, orijentirano je ulijevo i prislonjeno na stijenku kućice. Pupak je uži nego kod *S. schmidtii*.

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA: Troglobiont

STUPANJ UGROŽENOSTI: CR; CR; B1ab(iii)+2ab(iii)

NAPOMENA: –

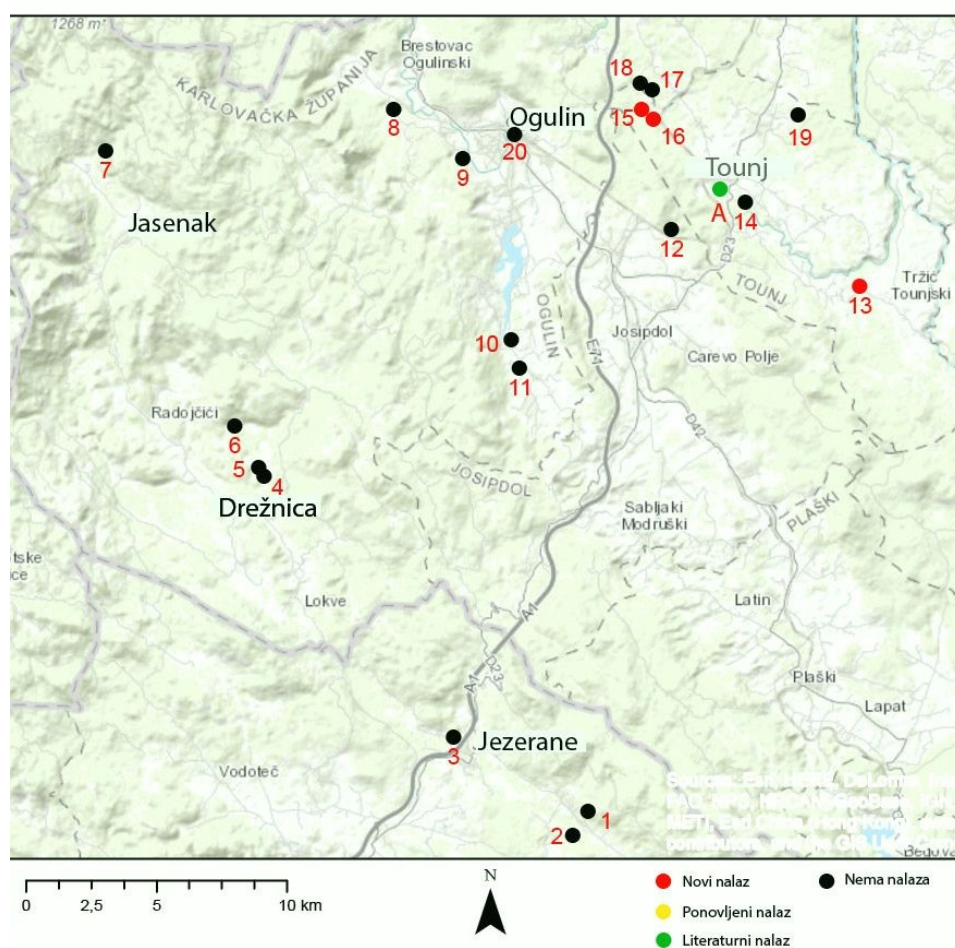


Slika 31. Vrsta *Sadleriana cavernosa* (foto: K. Cindrić)

Tablica 8. Popis nalazišta vrste *Sadleriana cavernosa*:

Oznaka nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum
13	Rudnica VI	Kristijan Cindrić	3.6.2017.
15	Izvor pored mosta na izvoru Bistrac	Kristijan Cindrić	3.6.2017.
16	Izvor Bistrac	Kristijan Cindrić	3.6.2017.
Oznaka nalazišta	Nalazište	Literaturni navod	
A	Špilja Tounjčica	Radoman, 1978	

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA: 4



Slika 32. Karta rasprostranjenosti vrste *Sadleriana cavernosa*



## 9 – *Sadleriana schmidtii* Bole, 1972

### Hydrobiidae

---

SINONIMI: *Sadleriana robici* (Clessin, 1890).

RASPROSTRANJENOST:

- Europa: Slovenija i Hrvatska
- Hrvatska: jugozapadno od rijeke Krke, Kordun i sjeverna Lika
- *Locus typicus*: izvor potoka Sušica pored Novog Mesta (Slovenija)

OPIS KUĆICE: Kućica okruglasta, s vrlo razvijenim i ispučenim zadnjim zavojem. Ostali zavoji značajno slabije razvijeni, ispučeni te se u obliku stošca uzdižu iznad zadnjeg zavoja. Rubovi ušća tanki, uključujući kolumelarni rub koji je jedva malo deblji i s gornjim dijelom vrlo slabo naslonjen na zid kućice što znači da je gornji dio ušća često odvojen od kućice. Pupak je uglavnom potpuno otvoren te širok i dubok.

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA: Troglobiont

STUPANJ UGROŽENOSTI: LC; EN; B1ab(iii)+2ab(iii)

NAPOMENA: –

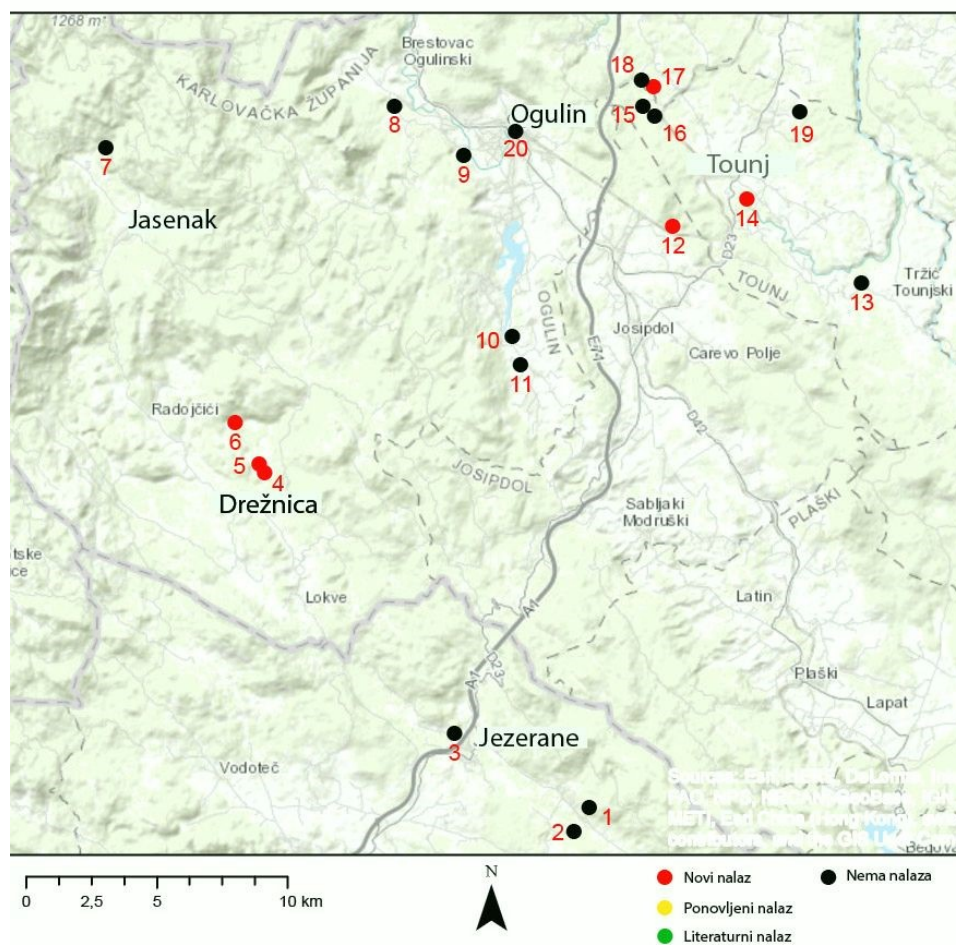


Slika 33. Vrsta *Sadleriana schmidtii* (foto: K. Cindrić)

Tablica 9. Popis nalazišta vrste *Sadleriana schmidtii*:

Oznaka nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum
4	Studenac izvor	Kristijan Cindrić	2.6.2017.
5	Topli izvor	Kristijan Cindrić	2.6.2017.
6	Izvor Kotao	Kristijan Cindrić	2.6.2017.
12	Mandelaja	Branko Jalžić	5.4.1986.
14	Hajdučka pećina	Kristijan Cindrić	3.6.2017.
17	Izvor u kanjonu Bistraca	Kristijan Cindrić	3.6.2017.

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA: 6



Slika 34. Karta rasprostranjenosti vrste *Sadleriana schmidtii*

## 10 – *Sadleriana fluminensis* Bole, 1972

### Hydrobiidae

---

SINONIMI: nema

RASPROSTRANJENOST:

- Europa: Sjeverna Italija, Slovenija, Hrvatska i BiH
- Hrvatska: Sjeverni i južni dio hrvatskih Dinarida, sve do rijeke Krke
- *Locus typicus*: Močilnik, izvor rijeke Ljubljanice blizu Vrhnika (Slovenija)

OPIS KUĆICE: Kućica relativno velika, uglavnom okruglasta s time da u nekih primjeraka zbog jače razvijenog zadnjeg zavoja može biti izdužena. Ušće jajoliko, rub ušća tanak dok je kolumelarni rub zadebljan i s gornjom polovicom prislonjen na zadnji zavoj te taj dio zna nalikovati žulju. Pupak zatvoren s prorezom, ali često može biti i poluotvoren i dubok.

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA: nije poznato

STUPANJ UGROŽENOSTI: LC; -; -

NAPOMENA: –

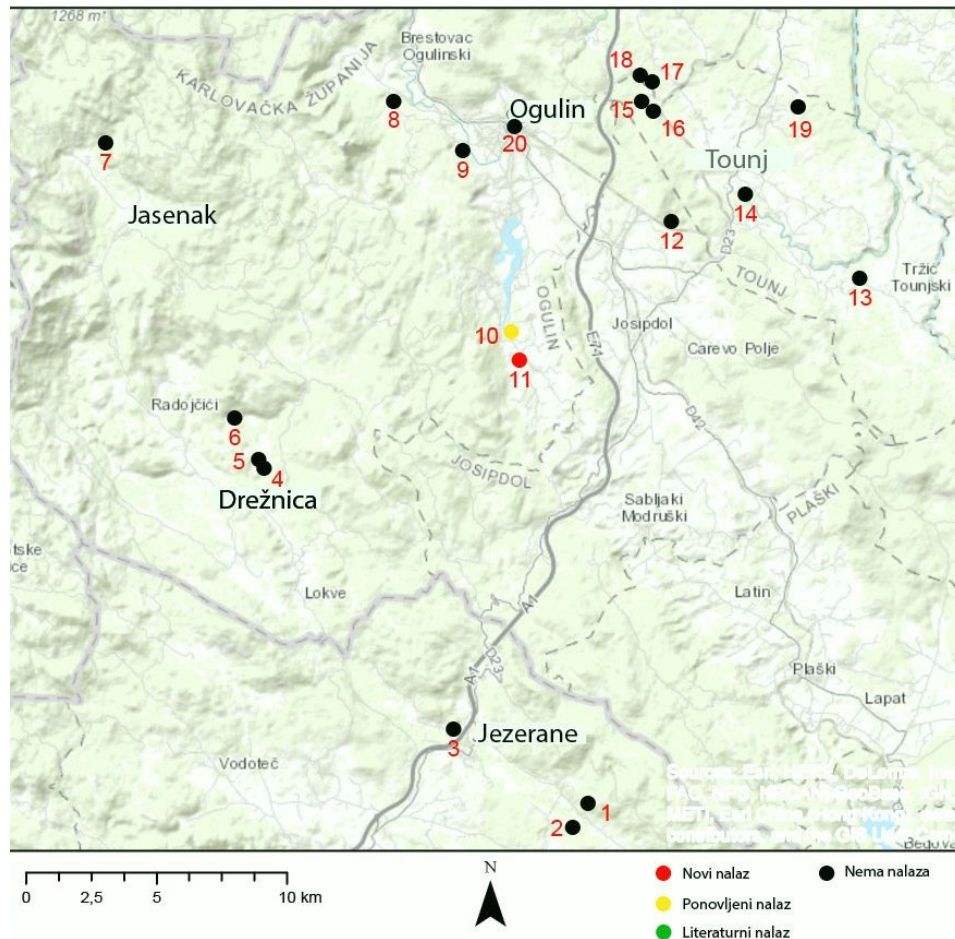


Slika 35. Vrsta *Sadleriana fluminensis* (foto: K. Cindrić)

Tablica 10. Popis nalazišta vrste *Sadleriana fluminensis*:

Oznaka nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum
10	Izvor Zagorske Mrežnice	Sanja Gottstein	26.8.2015.
11	Izvor – špilja Rupećica	Kristijan Cindrić	3.6.2017.

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA: 2



Slika 36. Karta rasprostranjenosti vrste *Sadleriana fluminensis*



## 11 – *Sadleriana sadleriana* Bole, 1972

### Hydrobiidae

---

SINONIMI: nema

RASPROSTRANJENOST:

- Europa: Slovenija i Hrvatska
- Hrvatska: područje Samobora i Korduna. Često se nalazi zajedno s *S. fluminensis*
- *Locus typicus*: Studenčica, izvor u Dolu blizu Borovnice (Slovenija)

OPIS KUĆICE: Kućica slična svojti *Sadleriana fluminensis*, ali značajno manja.

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA: nije poznato

STUPANJ UGROŽENOSTI: LC; -; -

NAPOMENA: –

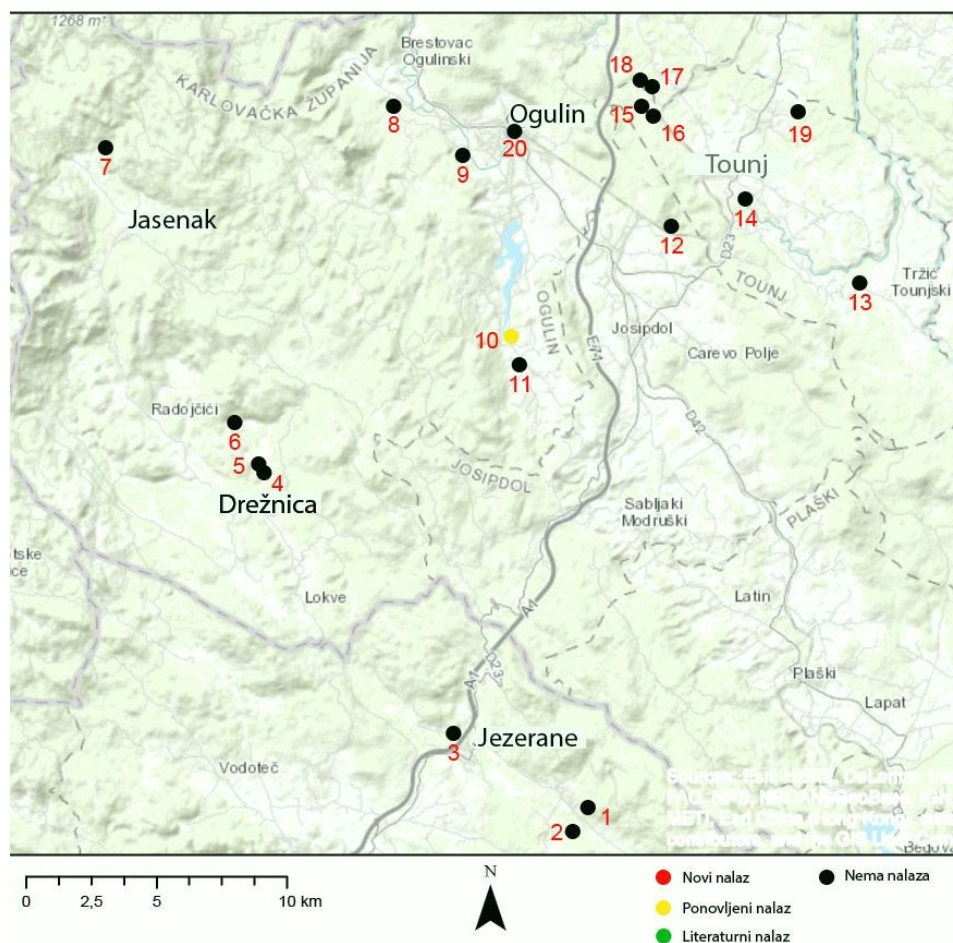


Slika 37. Vrsta *Sadleriana sadleriana* (foto: K. Cindrić)

Tablica 11. Popis nalazišta vrste *Sadleriana sadleriana*:

Oznaka nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum
10	Izvor Zagorske Mrežnice	Sanja Gottstein	26.8.2015.

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA: 1



Slika 38. Karta rasprostranjenosti vrste *Sadleriana sadleriana*

## 12 – *Hauffenia tovunica* Radoman, 1978

### Hydrobiidae

---

SINONIMI: nema

RASPROSTRANJENOST:

- Europa: Hrvatska
- Hrvatska: špilja Tounjčica
- *Locus typicus*: špilja Tounjčica

OPIS KUĆICE: Glatka kućica valvatoidnog do planorboidnog oblika, visoka do 1,68 mm i široka do 2 mm. Ušće je gotovo pravilno okruglo, a usni rub čvrst. Pupak je otvoren, širok i veoma dubok.

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA: Troglobiont

STUPANJ UGROŽENOSTI: CR; CR; B1ab(iii)+2ab(iii)

NAPOMENA: –

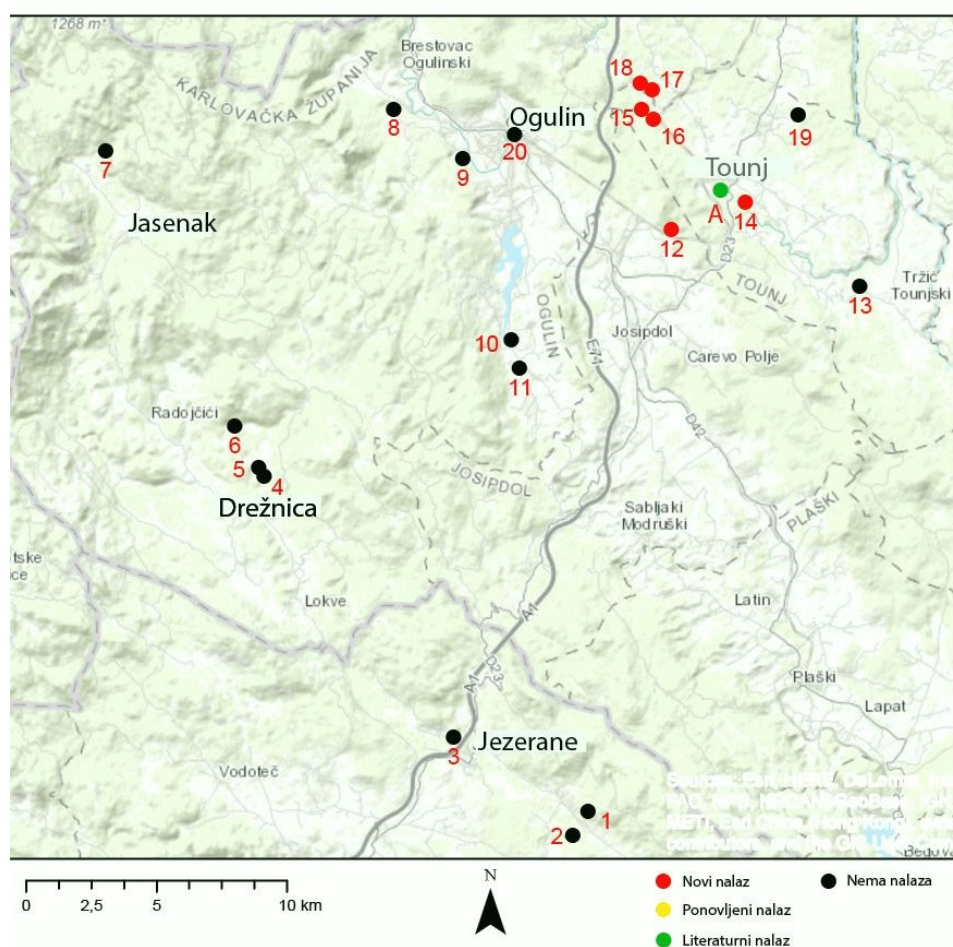


Slika 39. Vrsta *Hauffenia tovunica* (foto: K. Cindrić)

Tablica 11. Popis nalazišta vrste *Hauffenia tovunica*:

Oznaka nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum
12	Mandelaja	Branko Jalžić	5.4.1986.
17	Izvor u kanjonu Bistraca	Kristijan Cindrić	3.6.2017.
16	Izvor Bistrac	Kristijan Cindrić	3.6.2017.
15	Izvor pored mosta na izvoru Bistrac	Kristijan Cindrić	3.6.2017.
14	Hajdučka pećina	Kristijan Cindrić	3.6.2017.
18	Zala	Kristijan Cindrić	3.6.2017.
Oznaka nalazišta	Nalazište	Literaturni navod	
A	Tounjčica špilja	Radoman, 1983	

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA: 7



Slika 40. Karta rasprostranjenosti vrste *Hauffenia tovunica*



## 13 – *Hauffenia media* Bole, 1961

### Hydrobiidae

---

SINONIMI: nema

RASPROSTRANJENOST:

- Europa: jugoistočna Slovenija, zapadna Hrvatska
- Hrvatska: špilja Vrlovka (Kamanje, Ozalj, Karlovačka županija)
- *Locus typicus*: špilja Vrlovka

OPIS KUĆICE: Glatka, jako čvrsta kućica visoka 1,0 – 1,2 mm i široka 1,7 – 1,9 mm. Ima tri umjereno ispupčena zavoja. Pupak je široko otvoren i zauzima 1/4 promjera kućice.

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA: Troglobiont

STUPANJ UGROŽENOSTI: VU; CR; B1ab(iii)+2ab(iii)

NAPOMENA: ekološku klasifikaciju na temelju morfoloških svojstava nije bilo moguće odrediti zbog toga što svojta ima pigmentirane oči i tijelo bez pigmenta.

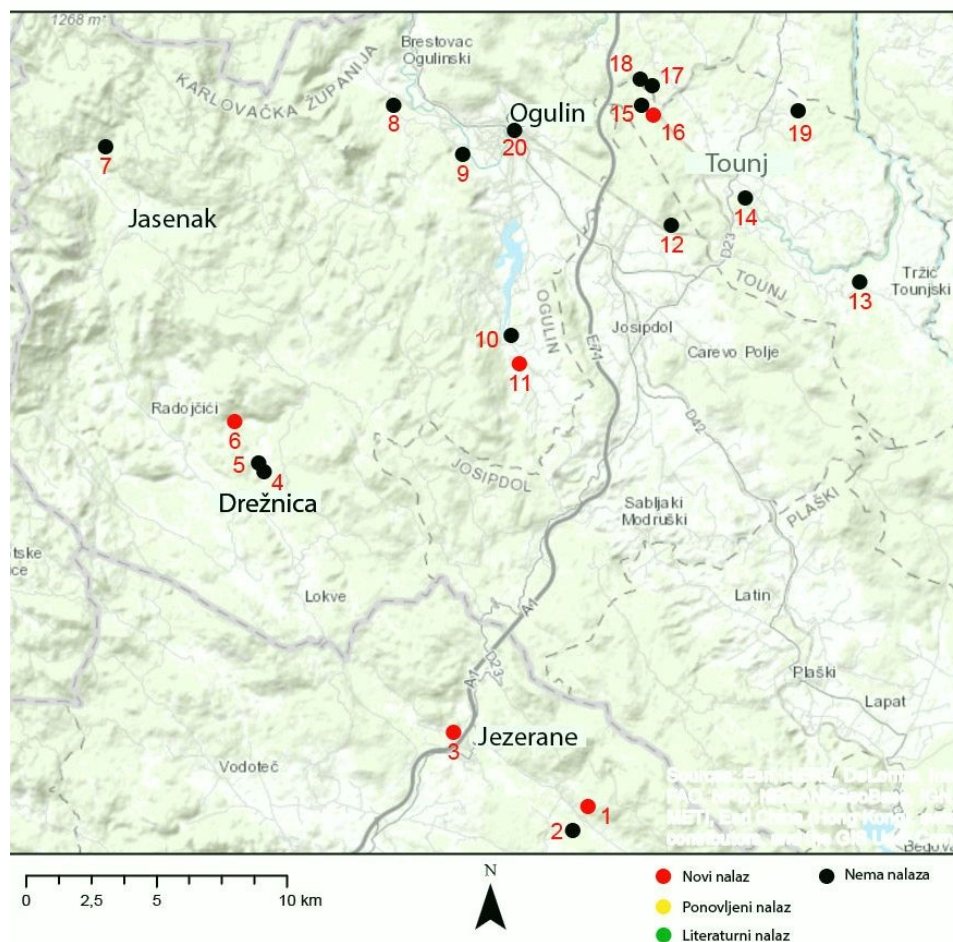


Slika 41. Vrsta *Hauffenia media* (foto: K. Cindrić)

Tablica 12. Popis nalazišta vrste *Hauffenia media*:

Oznaka nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum
1	Markarova špilja	Kristijan Cindrić	2.6.2017.
3	Obajdin špilja	Kristijan Cindrić	2.6.2017.
6	Izvor Kotao	Kristijan Cindrić	2.6.2017.
11	Izvor špilja Rupećica	Kristijan Cindrić	3.6.2017.
16	Izvor Bistrac	Kristijan Cindrić	2.6.2017.

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA: 5



Slika 42. Karta rasprostranjenosti vrste *Hauffenia media*

## 14 – *Hadziella rudnicae* Bole, 1992

### Hydrobiidae

---

SINONIMI: nema

RASPROSTRANJENOST:

- Europa: Hrvatska
- Hrvatska: špilja Rudnica VI
- *Locus typicus*: špilja Tounjčica

OPIS KUĆICE: Vrsta je slična vrsti *Hadziella sketi* Bole, 1961. Razlikuje se po jače konkavnoj gornjoj strani i spljoštenim zavojima na donjoj strani. Kućica je malena, spljoštena, prozirna ili bijela. Gornja strana je vrlo konkavna i ima oblik zdjele. Zavoji rastu jednakomjerno i ima ih 4 – 4,5. Na zadnjem zavoju na gornjoj strani se nalazi greben. Donja strana je spljoštena. Zavoji su odvojeni dubokim šavom. Zadnji zavoj prelazi u rašireno ušće. Ušće ima s gornje strane maleno udubljenje dok je donji dio uvučen. Vanjski rub ušća je vrlo zavijen. Ušće je okruglasto trokutasto.

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA: Troglobiont

STUPANJ UGROŽENOSTI: CR; CR; B1ab(iii)+2ab(iii)

NAPOMENA: –

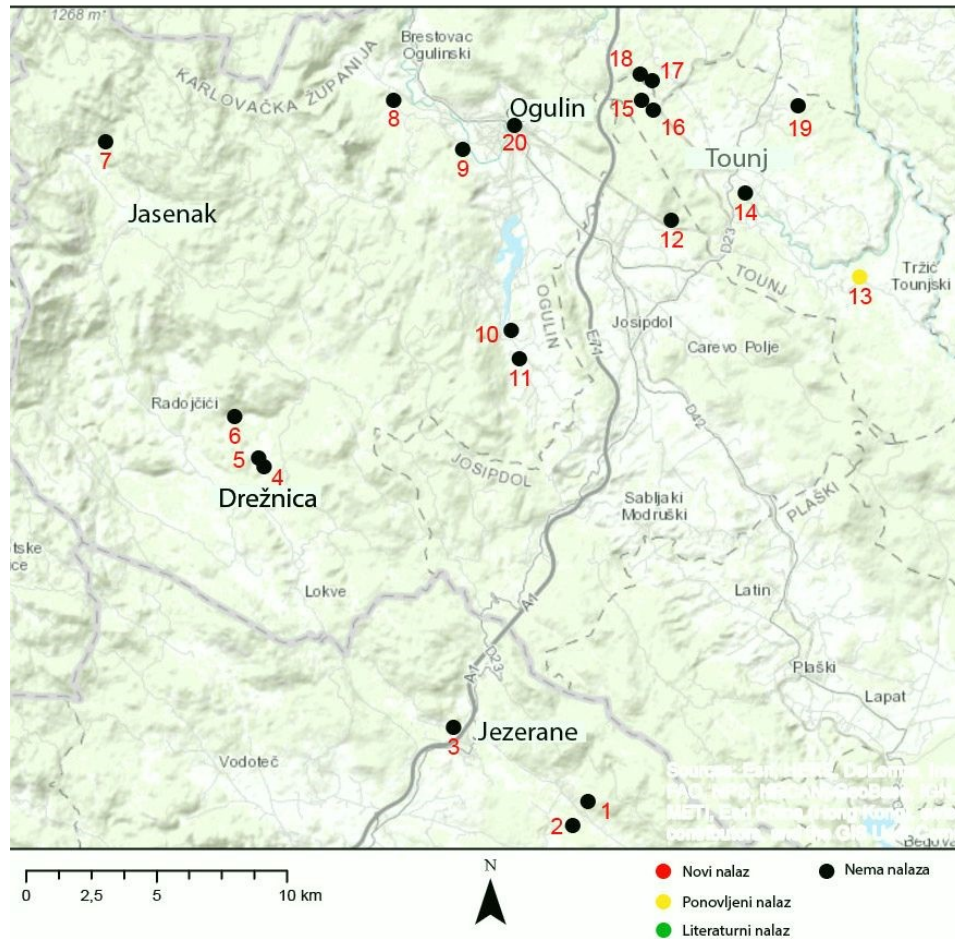


Slika 43. Vrsta *Hadziella rudnicae* (foto: R. Ozimec)

Tablica 13. Popis nalazišta vrste *Hadziella rudnicae*:

Oznaka nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum
13	Rudnica VI	Kristijan Cindrić	3.6.2017.

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA: 1



Slika 44. Karta rasprostranjenosti vrste *Hadziella rudnicae*



## 15 – *Bythinella opaca* (M. von Gallenstein, 1848)

### Bythinellidae

---

SINONIMI: *Bythinella schmidtii* (Küster, 1852)

RASPROSTRANJENOST:

- Europa: Austrija, BiH, Crna Gora, Hrvatska, Italija, Slovenija i Srbija
- Hrvatska: gornji sliv Kupe; zapadno od Gackog polja; sjeverno od Krbavskog polja; Ličko polje i okolica; područje oko Senja; Velika Paklenica; gornji dio doline Neretve
- *Locus typicus*: izvor špilja Babja Luknja, pored sela Goričane, 13 km sjeverozapadno od Ljubljane

OPIS KUĆICE: kućica varira od cilindrično-čunjaste do čunjasto-jajaste s tupim, uglavnom zaokruženim apeksom. Ušće uglavnom jajoliko, zaokruženo, rijetko zašiljeno pri vrhu, značajno pomaknuto u desno. Rubovi ušća uglavnom zadebljani, pogotovo kolumelarni rub. Pupak uglavnom s prorezom dok ponekad može biti potpuno zatvoren.

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA: nije poznato

STUPANJ UGROŽENOSTI: LC; -; -

NAPOMENA: –

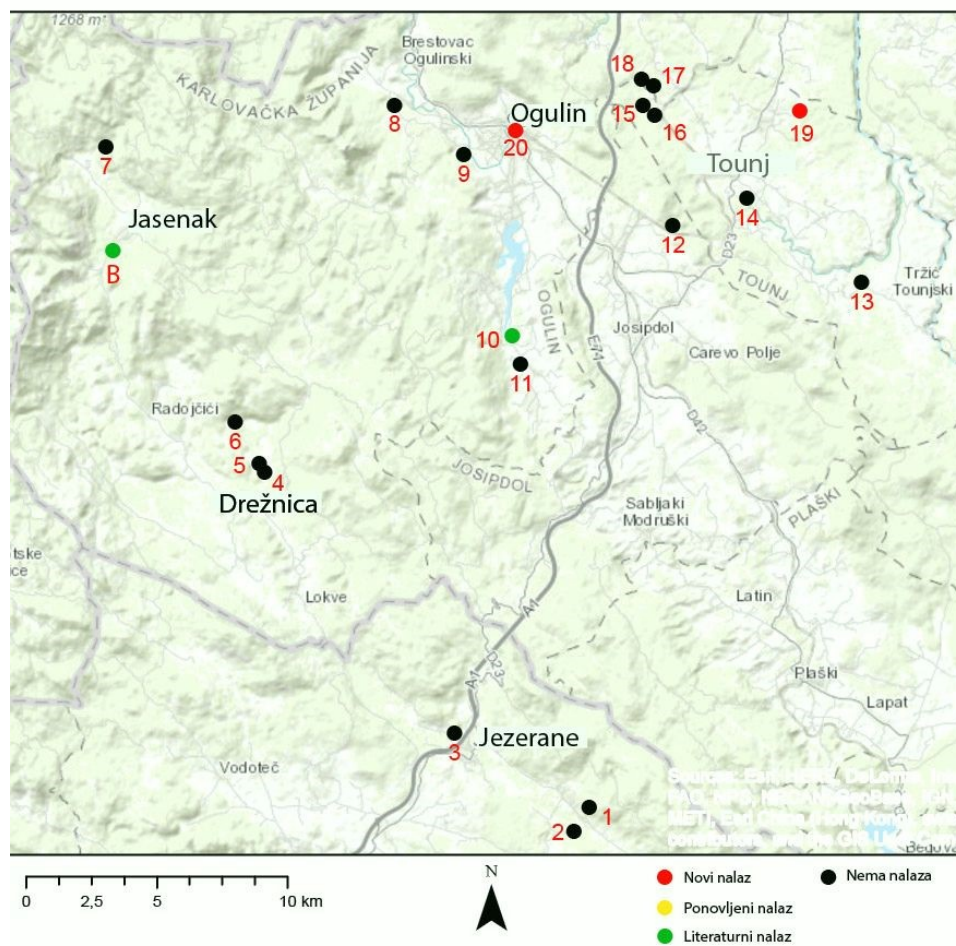


Slika 45. Vrsta *Bythinella opaca* (foto: K. Cindrić)

Tablica 14. Popis nalazišta vrste *Bythinella opaca*:

Oznaka nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum
19	Špilja Tamnica	Hrvoje Cvitanović	11.11.1998.
20	Đula – Medvedica	Branko Jalžić	15.2.1998.
Oznaka nalazišta	Nalazište	Literaturni navod	
11	Izvor Zagorske Mrežnice	Radoman, 1983	
B	Vrelce, Jasenak	Radoman, 1983	

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA: 4



Slika 46. Karta rasprostranjenosti vrste *Bythinella opaca*

## 16 – *Bythinella magna* Radoman, 1976

### Bythinellidae

SINONIMI:

RASPROSTRANJENOST:

- Europa: Hrvatska
- Hrvatska: Gacko polje
- *Locus typicus*: izvor Klanac, selo Žagrevići, blizu izvora rijeke Gacka, Gacko polje

OPIS KUĆICE: velika vrsta, možda i najveća iz roda *Bythinella*. Kućica ima oblik skraćenog čunja (zbog ravnog apeksa), izdužena s ispuččenim zavojima koji se pravilno povećavaju i šire i koji su odvojeni dubokim šavom. Ušće relativno nisko, eliptično, u nekih primjeraka okruglo. Vanjski rub ušća tanak, kolumelarni dio malo deblji. Pupak uglavnom u obliku proreza dok je u nekih primjeraka poluotvoren.

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA: Troglobiont

STUPANJ UGROŽENOSTI: DD; EN; B1ab(iii)+2ab(iii)

NAPOMENA: –

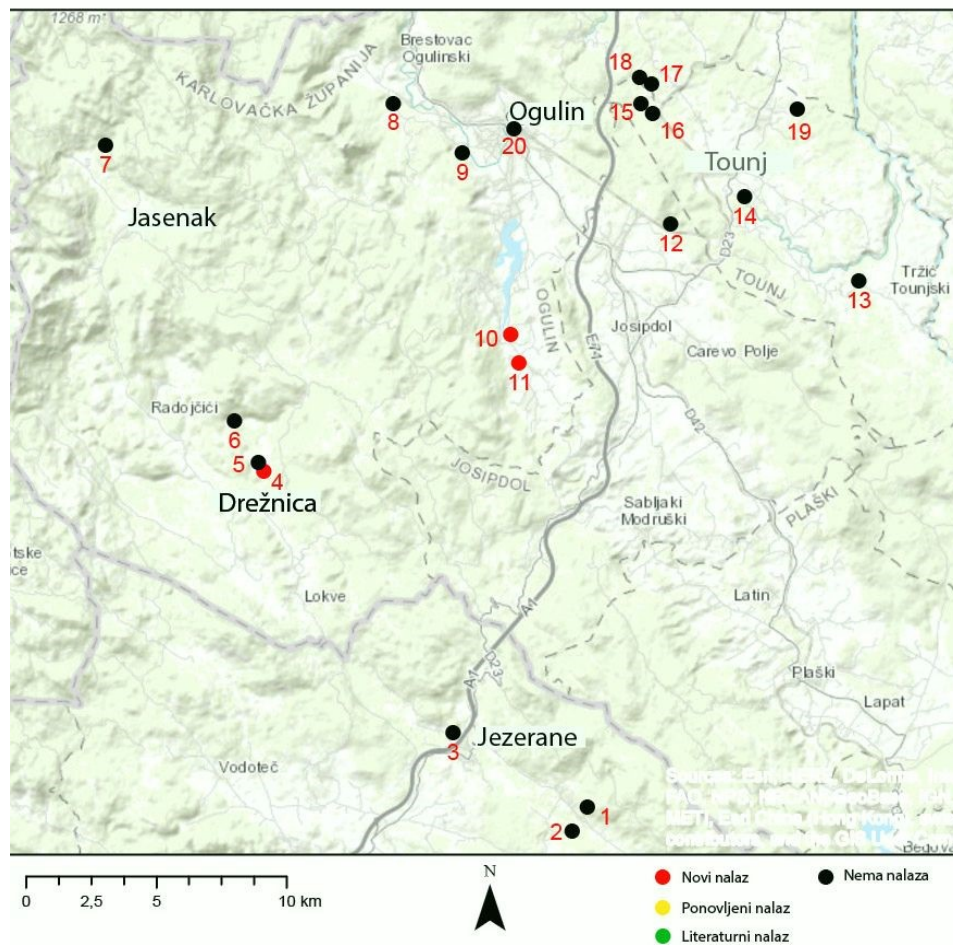


Slika 47. Vrsta *Bythinella magna* (foto: K. Cindrić)

Tablica 15. Popis nalazišta vrste *Bythinella magna*:

Oznaka nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum
4	Studenac izvor	Kristijan Cindrić	2.6.2017.
10	Izvor Zagorske Mrežnice	Sanja Gottstein	26.8.2015.
11	Izvor – špilja Rupećica	Kristijan Cindrić	3.6.2017.

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA: 3



Slika 48. Karta rasprostranjenosti vrste *Bythinella magna*



## 17 – *Marstoniopsis croatica* Radoman, 1976

### Amnicolidae

---

SINONIMI:

RASPROSTRANJENOST:

- Europa: Hrvatska i Slovenija
- Hrvatska: ne postoje podaci o rasprostranjenosti vrste u Hrvatskoj
- *Locus typicus*: izvor blizu sela Kostenjevica (Slovenija), 4 km zapadno od Zagreba

OPIS KUĆICE: mala, staklasta kućica, tornjasto-čunjasta s tupim apeksom. Oko 5 zavoja gdje je embrionalni zavoj poravnat, a ostala 4 jako izražena s dubokim šavom. Posljednji zavoj zauzima 2/3 visine kućice. Ušće ovalno i zaokruženo pri vrhu. Površina kućice ima mikroskopski sitna zrnca koja joj daju ne toliko glatku teksturu (Schütt, 1974).

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA: Troglobiont

STUPANJ UGROŽENOSTI: VU; VU; D2

NAPOMENA: vrsta je dobila naziv *croatica* jer je autor Schütt mislio da se lokalitet gdje je pronašao vrstu nalazi u Hrvatskoj.

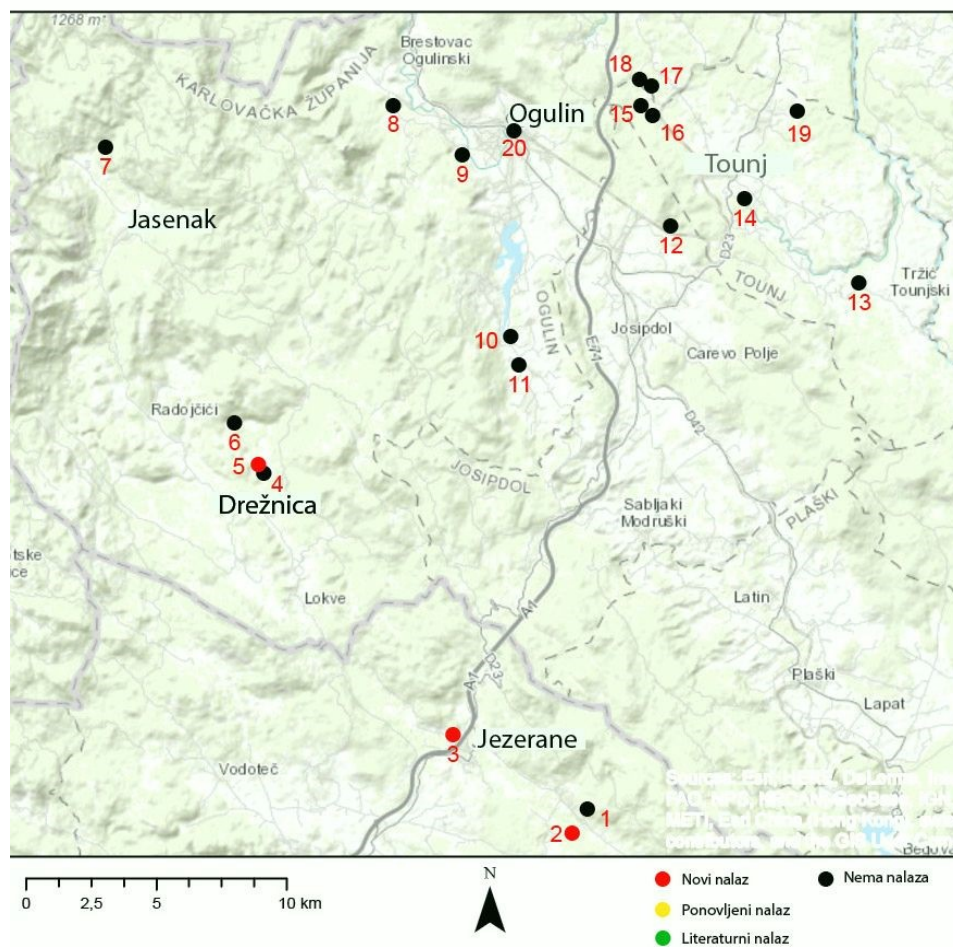


Slika 49. Vrsta *Marstoniopsis croatica* (foto: K. Cindrić)

Tablica 16. Popis nalazišta vrste *Marstoniopsis croatica*:

Oznaka nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum
2	Vrelo	Kristijan Cindrić	2.6.2017.
3	Obajdin špilja	Kristijan Cindrić	2.6.2017.
5	Topli izvor	Kristijan Cindrić	2.6.2017.

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA: 3



Slika 50. Karta rasprostranjenosti vrste *Marstoniopsis croatica*

## 18 – *Paladilhiopsis* sp. Pavlović, 1913

### Moitessieriidae

SINONIMI: nisu poznati

RASPROSTRANJENOST:

- Europa: nije poznato
- Hrvatska: nije poznato
- *Locus typicus*: nije poznato

OPIS KUĆICE: nije poznato

EKOLOŠKA KLASIFIKACIJA: nije poznato

STUPANJ UGROŽENOSTI: nije poznato

NAPOMENA: svojtu nije bilo moguće odrediti do nivoa vrste

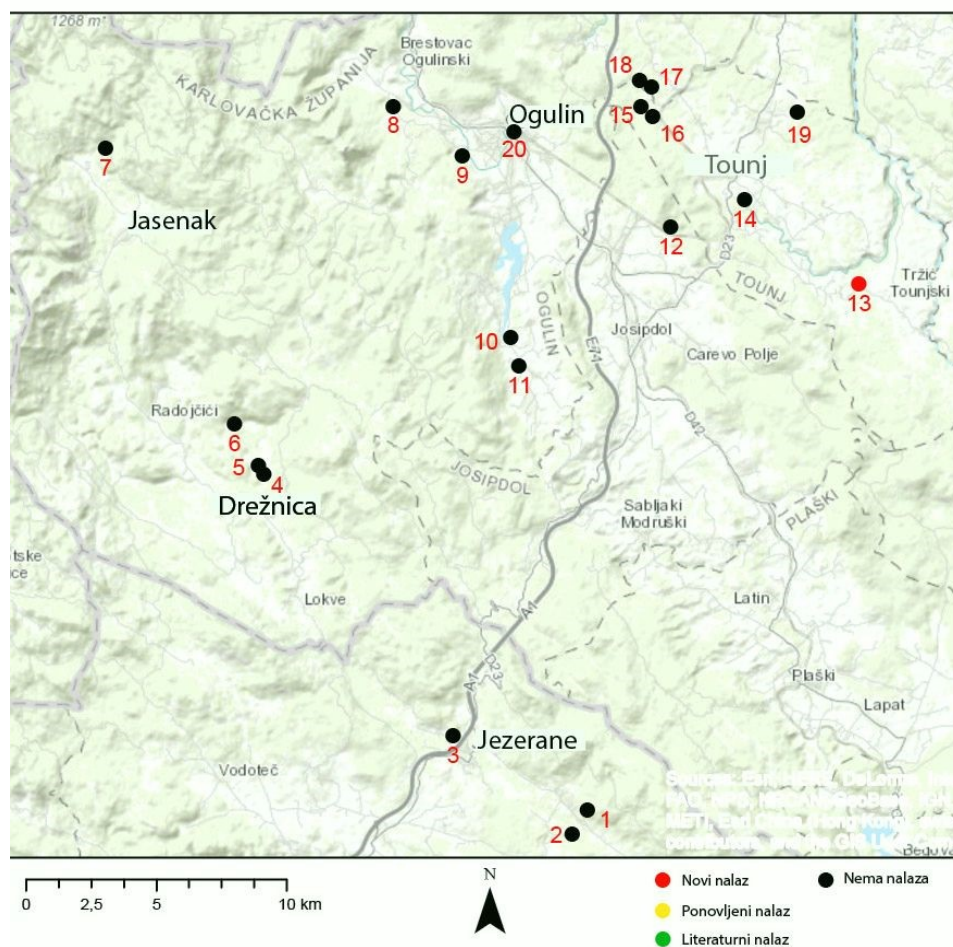


Slika 51. Svojta *Paladilhiopsis* sp. (foto: K. Cindrić)

Tablica 17. Popis nalazišta svojte *Paladilhiopsis* sp.:

Oznaka nalazišta	Nalazište	Sakupljač	Datum
13	Rudnica VI	Kristijan Cindrić	3.6.2017.

UKUPNI BROJ NALAZIŠTA: 1



Slika 52. Karta rasprostranjenosti svojte *Paladilhiopsis* sp.

### 3.2 Korelacija rasprostranjenosti puževa s hidrogeološkom povezanosti objekata

Na temelju hidrogeološke studije od strane Hrvatskog geološkog instituta (2014) i Biondić i Biondić (2014) utvrđena je korelacija između hidrogeoloških veza, odnosno izoliranosti istraživanih lokaliteta i rasprostranjenosti faune (Slike 53, 54, 55 i 56). Korelacija nije potpuna te na nekim međutočkama povezanosti određena fauna nedostaje što će detaljnije biti objašnjeno u poglavlju Rasprava.

Za lokalitete Izvor-špilja Rupećica i Mandelaja utvrđena je povezanost, a za lokalitet Rudnica VI izoliranost iz okolne hidrogeološke mreže.

Izvor-špilja Rupećica zajedno s Izvorom Zagorske Mrežnice prima vodu s krških polja „prve hidrogeološke stepenice“: Crnačkog polja, Drežničkog polja i Jasenačkog polja. Postoji mogućnost povezanosti tog područja osim s gornjim krškim poljima i s do sada nepoznatim lokalitetima. Razlog za tu sumnju je pojavnost faune koja nije pronađena na nijednom drugom lokalitetu. Zašto ta fauna nije proširena na ostale lokalitete je nepoznato.

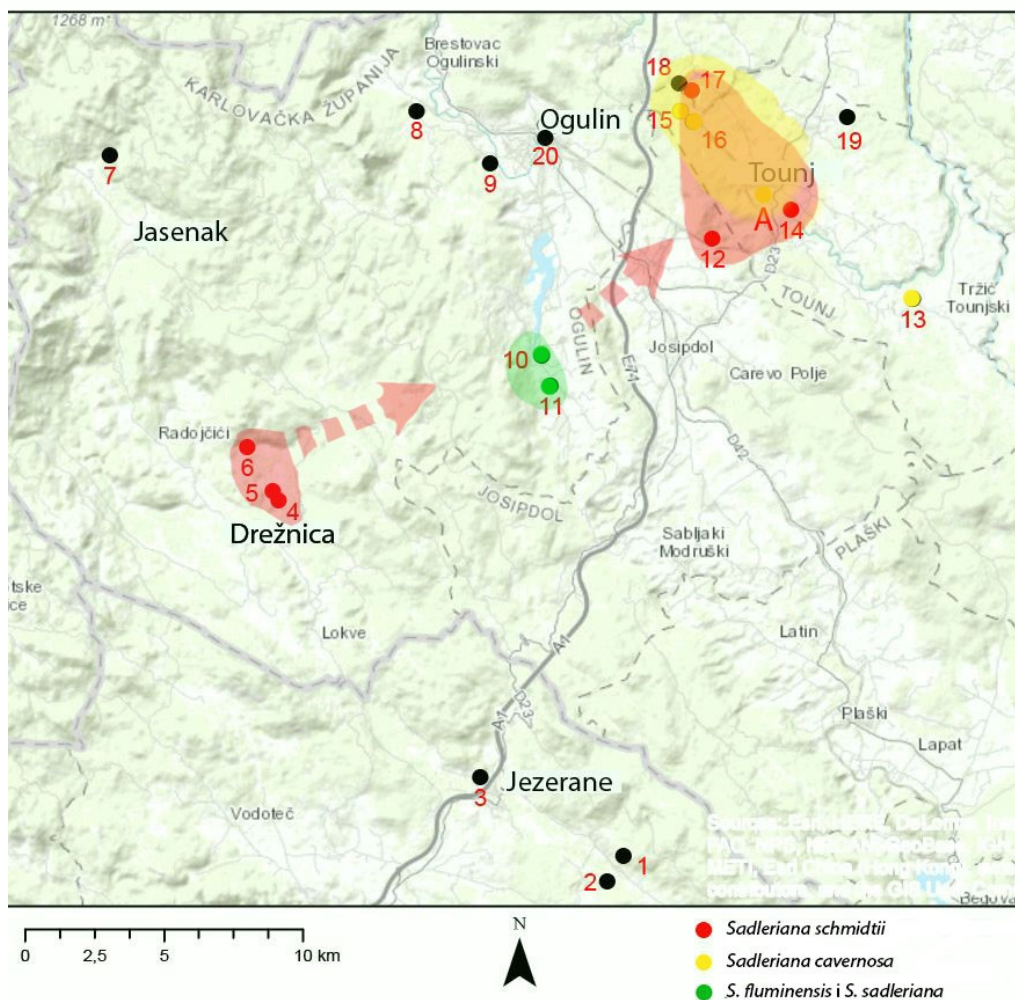
Mandelaju na temelju faune ima povezanost s lokalitetima na području Tounja, odnosno posljednje hidrogeološke stepenice.

Za Rudnicu VI postoji vrlo dobro osnovana sumnja, pogotovo na temelju faune, da se radi o hidrogeološki izoliranom objektu s vlastitim lokalnim slivnim područjem. Osim nalaza vrste *Sadleriana cavernosa* Rudnica VI se na temelju malakološke faune ne poklapa s istraživanim područjem. Tamo su pronađene dvije vrste koje su stenoendemi za tu špilju te dvije svojte *Plagigeyeria* sp. i *Paladilhiopsis* sp. Kod te dvije svojte nije bilo moguće odrediti vrstu te do sada ne postoje utvrđene populacije ta dva roda na širem području.

Slika 53 prikazuje rasprostranjenost tri vrste iz roda *Sadleriana* i pretpostavku povezanosti populacija na temelju hidrogeološke karte (Slika 7). *S. schmidtii* ima rasprostranjenost na Drežničkom polju (4, 5 i 6) u okolici Tounja (14 i 17) te u jami Mandelaja (12). Na temelju Slike 7 postoji vjerojatnost da su ove populacije hidrološki povezane. Na području lokaliteta Izvor Zagorske Mrežnice (10) i Izvor-špilja Rupećica (11) dolazi do pojave vrsta *S. fluminensis* i *S. sadleriana* koje su zabilježene samo na ta dva lokaliteta. Vrlo vjerojatno se radi o povezanosti s područjem van istraživanog područja. *S. cavernosa* sa svojom rasprostranjenošću u okolici Tounja (A, 15 i 16) korelira s činjenicom da se radi o posljednjoj stepenici hidrogeološkog sustava na



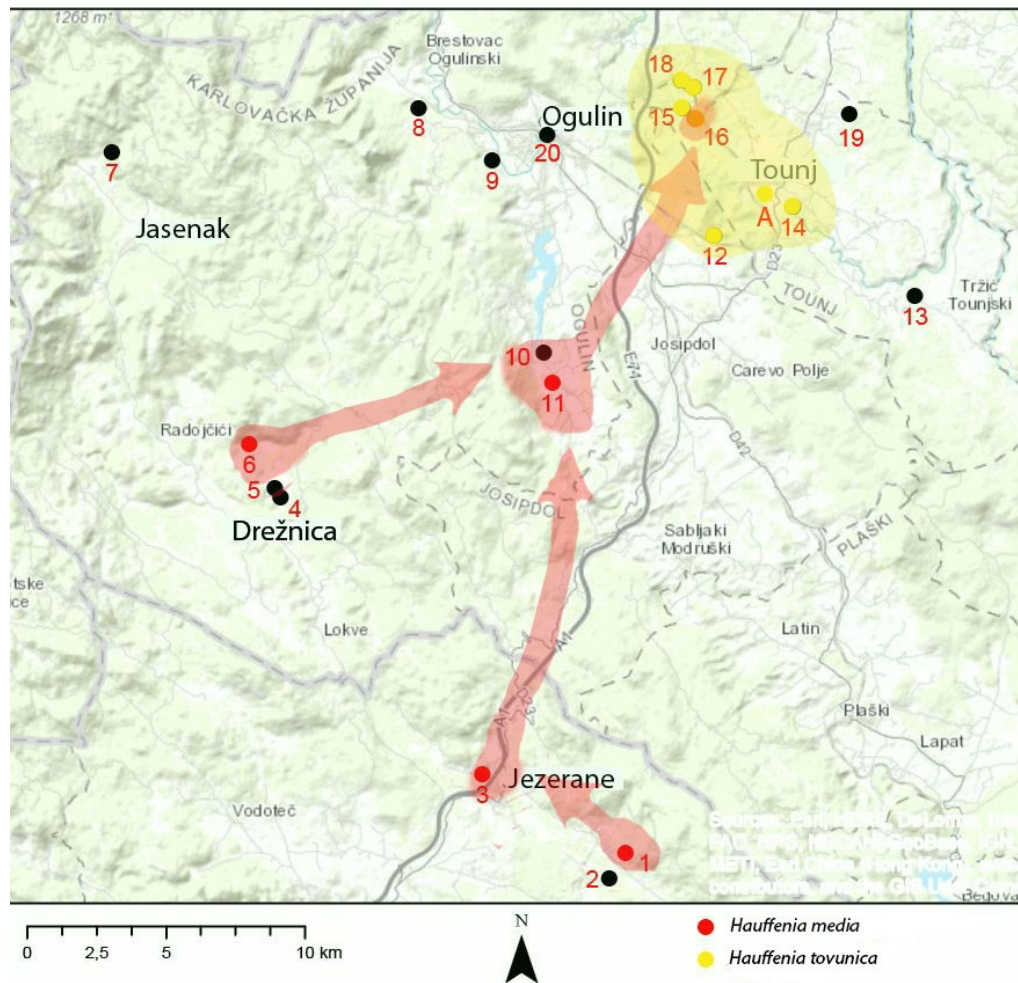
kojoj se populacije ove vrste zadržavaju. Osim na navedenim lokalitetima *S. cavernosa* je pronađena i na lokalitetu Rudnica VI (13).



Slika 53. Rasprostranjenost tri vrste iz roda *Sadleriana* i pretpostavka povezanosti populacija na temelju hidrogeološke karte

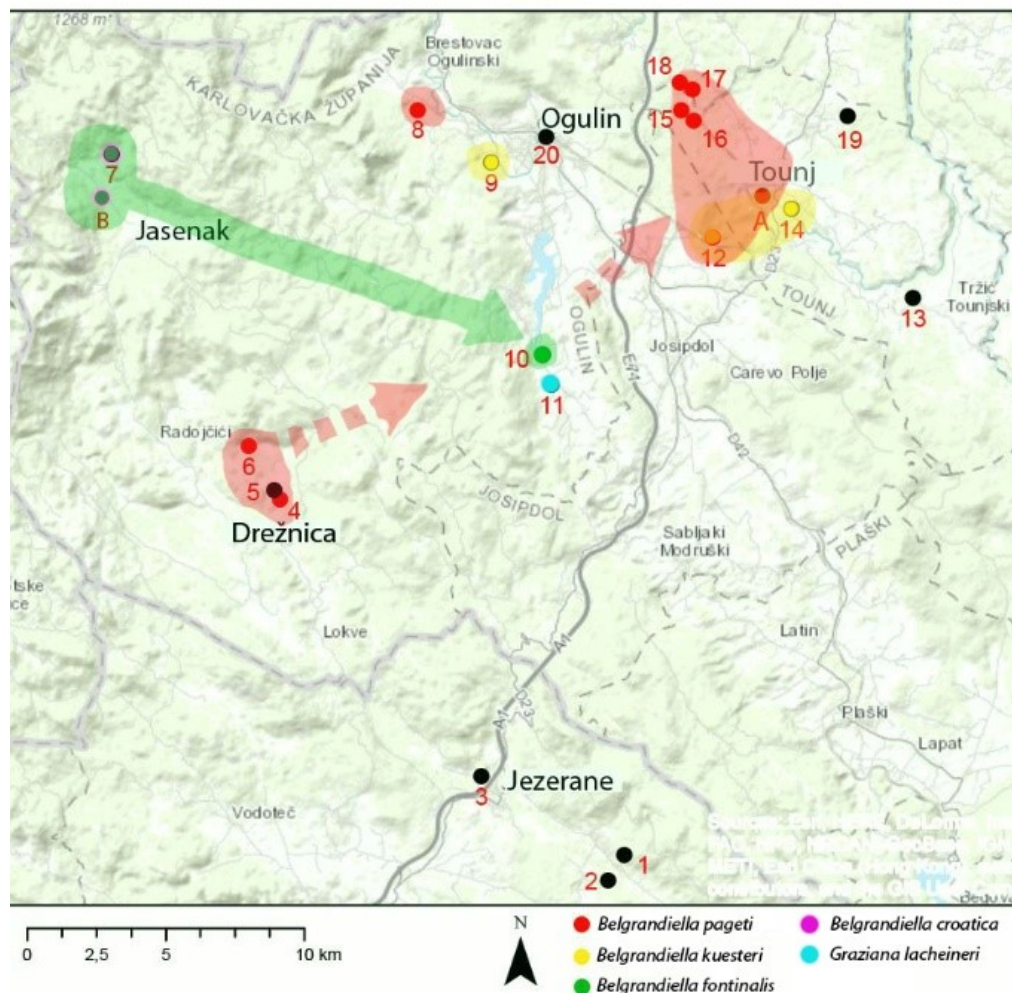
Slika 54 prikazuje rasprostranjenost dvije vrste iz roda *Hauffenia* i pretpostavku povezanosti populacija na temelju hidrogeološke karte. Rasprostranjenost populacija *H. media* na Stajničkom polju (1), Crnačkom polju (3), Drežničkom polju (6), Izvor-špilje Rupečice (11) i okolini Tounja (16) koleriraju s hidrogeološkom povezanosti prikazanoj na Slici 7. Rasprostranjenost populacije *H. tovunica* također dobro potvrđuje hidrogeološku poziciju okolice Tounja kao najniže i posljednje stepenice.





Slika 54. Rasprostranjenost dvije vrste iz roda *Hauffenia* i pretpostavka povezanosti populacija na temelju hidrogeološke karte

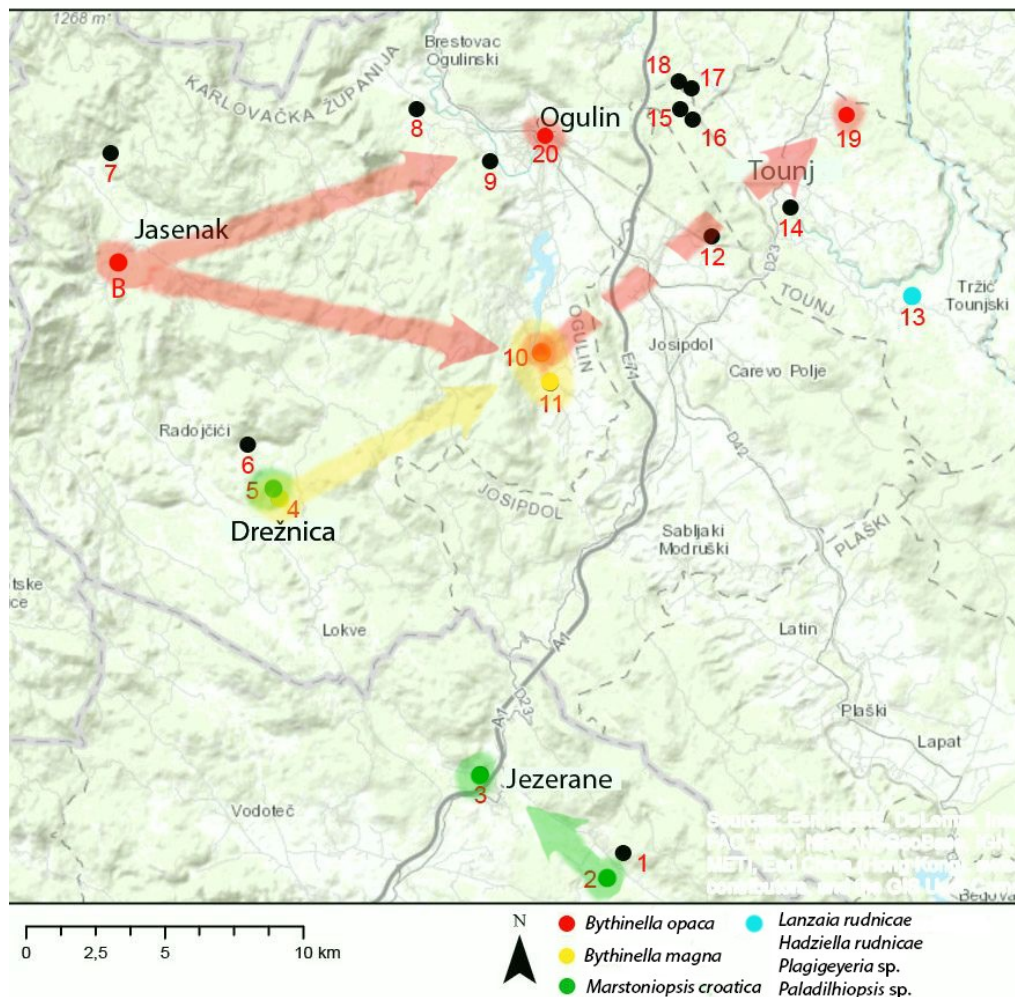
Slika 55 prikazuje rasprostranjenost četiri vrste iz roda *Belgrandiella* i vrste *Graziana lacheineri*. Vrsta *B. pageti* ima rasprostranjenost na Drežničkom polju (4 i 6), okolici Tounja (12, A, 15, 16, 17 i 18) odakle je vrsta prvi put opisana, te u špilji Pećina (8) pokraj Ogulina. Rasprostranjenost na Drežničkom polju i okolici Tounja korelira s hidrogeološkom povezanosti lokaliteta iako populacije izostaju na području Izvora Zagorske Mrežnice, što nije prvi takav slučaj. *B. pageti* također pronalazimo u špilji Pećina (8). *B. fontinalis* pronalazimo u Jasenačkom polju (B, 7) i u Izvoru Zagorske Mrežnice (10), hidrogeološki dvije povezane cjeline. Pronalazak vrste *Graziana lacheineri* i općenito tog roda samo u Izvor-špilji Rupećica može ići u prilog povezanosti tog lokaliteta s drugim područjima koji nisu bili uključeni u ovo istraživanje.



Slika 55. Rasprostranjenost četiri vrste iz roda *Belgrandiella* i vrste *Graziana lacheineri* i pretpostavka povezanosti populacija na temelju hidrogeološke karte

Slika 56 prikazuje obrazac rasprostranjenosti ostalih pronađenih vrsta. Pronalazak vrste *Bythinella opaca* u Jasenačkom polju (8), na Izvoru Zagorske Mrežnice (10) kao i u špiljskom sustavu Đula-Medvedica (20) odgovara ranije utvrđenoj hidrogeološkoj povezanosti tih područja. Pronalaženje ove vrste u Tamnica špilji (19) može se pripisati širokom arealu *B. opaca* (Radoman, 1983) te vrlo vjerojatno povezanosti s Izvorom Zagorske Mrežnice. Vrsta *Marstoniopsis croatica* s pronalaskom na lokalitetima Stajničkog polja (2), Crnačkog polja (3) i Drežničkog polja (5) te vrsta *Bythinella magna* na lokalitetima Drežničkog polja (4) i Izvor-špilje Rupećica (11) jasno koreliraju s utvrđenom hidrogeološkom mrežom. Lokalitet Rudnica VI (13) se faunistički izuzetno razlikuje od okolnog područja pronalaskom svojiti *Lanzaia rudnicae*, *Hadziella rudnicae*, *Plagigeyeria* sp. i *Paladilhiopsis* sp.





Slika 56. Rasprostranjenost svojiti *Bythinella opaca*, *Bythinella magna*, *Marstoniopsis croatica*, *Lanzaia rudnicae*, *Hadziella rudnicae*, *Plagigeyeria* sp. i *Paladilhiopsis* sp. te pretpostavka povezanosti populacija na temelju hidrogeološke karte

## 4 Rasprava

Dinaridi predstavljaju centar bioraznolikosti podzemne faune u svijetu (Culver i White, 2005). Među pripadnicima podzemne faune bogatstvom vrsta posebno se ističu slatkovodni puževi (Radoman, 1983). Rezultati istraživanja provedenih u okviru ovog diplomskog rada to potvrđuju budući da je na relativno malom području zabilježeno čak 18 svojiti slatkovodnih puževa. Ovim istraživanjem proširen je areal rodova *Graziana*, *Marstoniopsis*, *Plagigeyeria* i *Paladilhiopsis* koji do sada nisu pronađeni u okolici Ogulina, a isto vrijedi i za vrste koje su ranije bile zabilježene na samo jednom ili nekoliko lokaliteta. Posebno su vrijedni nalazi vrsta koje do sada nisu pronađene na ovom prostoru. Riječ je o vrstama *Hauffenia media*, *Belgrandiella kuesteri*, *Graziana lacheineri*, *Sadleriana schmidtii*, *Bythinella magna* i *Marstoniopsis croatica*. Ako uz pomoć novih rezultata ovog istraživanja pogledamo biogeografiju pojedinih svojiti vidjet ćemo da postoje neistražena područja koja bi vrlo vjerojatno mogla biti spona između populacija određenih vrsta. Svakako bi jedno sveobuhvatno ili niz manjih istraživanja dovelo do brojnih odgovora i zanimljivosti.

Razlog ovakvog bogatstva podzemne malakofaune vrlo vjerojatno leži u specifičnom načinu specijacije ovih vrsta. Specijacija se događala uzročno s presušivanjem Tetis mora, formiranjem niza boćatih jezera, njihovim postupni prelaskom u slatkovodna jezera te stvaranjem slatkovodne hidrološke mreže. U tom procesu brojne vrste su izumrle zbog izmjene životnih uvjeta, prvenstveno prelaska vode iz slanu u boćatu te na kraju u slatku vodu. Ipak, brojni taksoni su evoluirali i preživjeli ovaj niz promjena. Posljednji događaj iz geološke prošlosti koji je bio okidač bioraznolikosti ove skupine je izdizanje Dinarida (Radoman, 1985).

Rezultat tog sporog, ali značajnog procesa je bila fragmentacija brojnih populacija, npr. nekada povezani vodeni sustavi bivaju odvojeni na suprotnim dijelovima brda. U konačnici se dogodila klasična alopatrijska specijacija gdje su fragmentirane populacije, bez mogućnosti izmjene genskog materijala s drugim pripadnicima svoje vrste evoluirale u nove vrste. Osim izoliranosti populacija, mehanizmu specijacije doprinijeli su i drugačiji ekološki uvjeti u kojima su se populacije pronašle (Radoman, 1985).

Dobar primjer mehanizma alopatrijske specijacije je prikazan rezultatima ovog rada. Riječ je o Tounju i njegovoj okolici, posljednjoj stepenici hidrogeološke mreže istraživanog područja. Tamo pronalazimo vrste *Sadleriana cavernosa* i *Hauffenia tovunica* koje smo prilikom ovog

istraživanja pronašli samo na tom području. Iako postoji recentna veza okolice Tounja s višim istraživanim lokalitetima razlog uske rasprostranjenosti tih vrsta možemo tražiti u vjerojatnoj izoliranosti tog slivnog područja u geološkoj prošlosti što nije prvi takav primjer (Maurice i Bloomfield, 2012). Izoliranost je trajala dovoljno dugo da dođe do specijacije, a s recentnim vezama vrste se ne mogu proširiti na više nadmorske visine i suprotno od strujanja vode. Buduća istraživanja bi trebalo provesti na nizvodnom području kako bi se istražila potencijalna šira rasprostranjenost ovih vrsta.

Rezultati su pokazali da postoji i recentni primjer izoliranosti hidrogeološkog područja. U Rudnici VI, špilji koja ima funkciju izvora, pronalazimo četiri taksona koja nisu pronađena nigdje drugdje osim na tom lokalitetu. Riječ je o vrstama *Lanzaia rudnicae* i *Hadziella rudnicae* te *Plagigeyeria* sp. i *Paladilhiosis* sp. za koje je za sada poznat jedino rod. Ovdje je vrlo vjerojatno riječ o lokalnom slivnom području Rudnice VI koje je vrlo dugo izolirano od okolnog područja. Iz tog razloga pronalazak vrste *Sadleriana cavernosa* na tom lokalitetu podiže sumnju radi li se o kriptičnoj vrsti i/ili o krivoj determinaciji. Buduća molekularna istraživanja na populacijama *S. cavernosa* bi mogla više razjasniti situaciju. Također, opsežnija malakološka istraživanja okolnog područja bi mogla ukazati na hidrogeološke karakteristike Rudnice VI.

Vrste koje imaju šire područje rasprostranjenosti kao npr. *Hauffenia media* mogu biti jasni indikatori hidrogeološke povezanosti područja i pojedinih vodonosnika. Kod ovog slučaja jasno je vidljivo da *H. media* korelira s ranije utvrđenim hidrogeološkim vezama. Vrsta se može pronaći na lokalitetima Stajničkog polja, Crnačkog polja, Drežničkog polja, Izvora Zagorske Mrežnice i na Izvoru Bistrac, područjima čija nam je povezanost već otprije poznata. Kod nekih je vrsta kao npr. *Sadleriana schmidtii* i *Belgrandiella pageti* rasprostranjenost nepotpuna s obzirom na ustvrđenu hidrogeološku povezanost lokaliteta. Populacije ovih vrsta se pojavljuju na Drežničkom polju i u okolici Tounja dok izostaju na Izvoru Zagorske Mrežnice, centralnom i sabirnom dijelu ove hidrogeološke mreže. Razlozi izostajanja nalaza na tom području nisu potpuno jasni, a mogu biti ili ekološke prirode ili su posljedica metodologije primjenjene tijekom uzorkovanja.

Jedan od ekoloških razloga bi mogla biti kompeticija između *S. schmidtii* i dvije vrste *S. fluminensis* i *S. sadleriana* koje pronalazimo na Izvoru Zagorske Mrežnice i zbog kojih nije moguće uspostavljanje stalne populacije *S. schmidtii*. Vrstu *S. fluminensis* možemo pronaći na Izvor-špilji Rupećica i na Izvoru Zagorske mrežnice zajedno s vrstom *S. sadleriana* i nigdje

drugdje na istraživanom području. Ovaj pronalazak ukazuje na povezanost ta dva lokaliteta s drugom hidrogeološkom mrežom u koju ne pripadaju ostali istraživani lokaliteti. Direktna povezanost Izvora Zagorske Mrežnice i obližnjeg lokaliteta Izvor-špilje Rupećica nije utvrđena metodom trasiranja makar na oba lokaliteta možemo pronaći vrstu *Bythinella magna* koju pronalazimo i na Drežničkom polju. Moguće je da Izvor-špilja Rupećica nema direktnu povezanost s Izvorom Zagorske Mrežnice već ima odvojenu vezu s Drežničkim poljem koja trasiranjem, zbog vremenskog odmaka nije mogla biti utvrđena. Pretpostavci o nedostatku direktne povezanosti ova dva izvora u prilog ide to da je Izvor-špilja Rupećica jedini lokalitet na istraživanom području na kojem je pronađena vrsta *Graziana lachenieri*. Potrebno je faunistički istražiti okolno područje ne bi li se dobila jasnija slika rasprostranjenosti populacija vrsta *S. fluminensis*, *S. sadleriana* i *G. lacheineri* na ovom području uz mogućnost otkrivanja dodatnih hidrogeoloških veza Izvora Zagorske Mrežnice i Izvor-špilje Rupećice.

U jami Mandelaja možemo pronaći vrste *Belgrandiella pageti*, *Hauffenia tovunica* i *Sadleriana schmidtii* što ukazuje na pripadnost ovog objekta hidrogeološkoj mreži koja povezuje Izvor Zagorske Mrežnice s područjem Tounja. Takvo što je bilo očekivano, ali do sada nije potvrđeno.

Rasprostranjenost faune na Jasenačkom polju, Izvoru Zagorske Mrežnice i špiljskom sustavu Đula-Medvedica jasno korelira s utvrđenim hidrogeološkim mrežama. To je posebice vidljivo na temelju rasprostranjenosti vrste *Bythinella opaca* koju pronalazimo na navedenim lokalitetima te u Špilji Tamnica, na području Tounja. Do sada nije bila poznata hidrogeološka povezanost Tamnice te pronalazak *B. opaca* na ovom lokalitetu ukazuje na vjerojatnu hidrogeološku povezanost s Izvorom Zagorske Mrežnice. Pronalazak vrste *Belgrandiella fontinalis* na Jasenačkom polju i Izvoru Zagorske Mrežnice, ali ne i u Izvor-špilji Rupećica dodatno potvrđuje pretpostavku da Izvor Zagorske Mrežnice i Izvor-špilja Rupećica nemaju hidrogeološku vezu.

Jedina dva lokaliteta za koje hidrogeološka povezanost nije određena niti pomoću distribucije slatkovodne faune su špilje Pećina i Pećinik koje se nalaze između Jasenačkog polja i grada Ogulina. Pronalazak *B. pageti* na lokalitetu Pećina i *B. kuesteri* na lokalitetu Pećinik trenutno nije moguće povezati s drugim lokalitetima gdje pronalazimo populacije ovih vrsta.

Obrasci rasprostranjenosti podzemnih slatkovodnih puževa na ovom području ukazuju nam na dinamičnu i konstantno mijenjajuću karakteristiku krša. Hidrogeološke spone omogućuju



rasprostiranje vrsta dok prekidanje tih spona ili već ustaljena izoliranost rezultiraju specijacijom (Maurice i Bloomfield, 2012). Zbog toga lokaliteti na području Tounja i Rudnice VI predstavljaju izuzetnu priliku za promatranje kako evolucije organizama tako i mijenjanje prostora u kojemu se nalaze. Osim na lokalnoj razini te dvije pojave mogu se promatrati i na većoj skali. *Lanzaia*, *Hadziella*, *Plagigeyeria* i *Paladilhopsia* s biogeografske strane se mogu smatrati nekarakterističnim rodovima za ovo područje (Radoman, 1985). Kao primjer možemo uzeti rod *Lanzaia* čije, nakon Rudnice VI, sljedeće najsjevernije nalazište roda predstavlja *Lanzaia kotlusae* (Bole, 1992) iz Velike pećine pored sela Kotluša, 22 km jugoistočno od Knina. Do sada između ova dva lokaliteta nije pronađen ni jedan nalaz roda *Lanzaia*. Ukoliko se dodatnim istraživanjem ovog roda diskontinuitet u rasprostranjenosti ne zatvori to može ukazivati na prošle hidrogeološke spona ova dva područja koje su omogućile širu rasprostranjenost roda *Lanzaia*. Nestanak tih spona doveo je do alopatrijske specijacije. Pronalaženjem vremena odvajanja ovih dviju vrsta pomoću metode molekularnog sata postoji mogućnost određivanja relativnog trenutka odvajanja hidrogeoloških spona. U obzir bi trebalo i uzeti prošla ledena doba koja su mogla istrijebiti osjetljive vrste na području koje su zahvatili (Maurice i Bloomfield, 2012). U svakom slučaju, postoji potencijal da Rudnica VI predstavlja vrijedni reliktni lokalitet s vrlo zanimljivom hidrogeologijom.

Ovo istraživanje osim što je proširilo rasprostranjenost znatnog broja svojti je prikazalo značajnu korelaciju između obrasca rasprostranjenosti svojti podzemnih slatkovodnih puževa s unaprijed utvrđenom hidrogeološkom povezanosti lokaliteta istraživanog područja (Hrvatski geološki institut, 2014). Upravo je unaprijed utvrđena hidrogeološka povezanost lokaliteta pomoću trasera ukazala na potencijalnu vrijednost podzemnih slatkovodnih puževa kao metodološkog alata u modeliranju lokalnih hidrogeoloških mreža. U tom postupku vrlo je bitno uzeti uzorak faune i van lokaliteta od interesa ne bi li se izbjegli diskontinuiteti u rasprostranjenosti faune i posljedično, greške u procjeni povezanosti. Osim toga je i izuzetno bitno poznavanje ove morfološki zahtjevne skupine podzemne faune, njihove biogeografije kao i pristup kvalitetnim zbirkama sa što većim brojem determiniranih primjeraka. Primjer ovog rada je već ustaljeni moderni pristup znanosti kroz interdisciplinarnost koji koristi, ali i donosi spoznaje iz više grana znanosti.

## 5 Zaključak

U ovom radu prikazana je rasprostranjenost slatkovodnih podzemnih puževa iz nadporodice Rissooidea na području Ogulina i njegove okolice. Obrađeni su terenski podaci kao i literaturni podaci za ukupno 22 lokaliteta. Pronađeno je 18 svojti od kojih je 16 određeno do razine vrste, a dvije do razine roda.

Areal vrsta *Hauffenia tovunica* i *Sadleriana cavernosa* je ograničen na speleološke objekte i izvore na području Tounja i Gornjih Dubrava odnosno na najnižoj nadmorskoj visini istraživanog područja. Pretpostavka je da je u prošlosti došlo do hidrogeološke izolacije tog područja od gornjih vodenih tokova što je rezultiralo alopatrijskom specijacijom. Je li ta nepovezanost bila inicijalno stanje ili se dogodila naknadno te je povezanost opet uspostavljena, nije poznato.

Vjerojatnost izoliranosti lokaliteta Rudnica VI od ostalih istraživanih objekata poduprta je pronalaskom jedinstvene faune poput svojti *Plagigeyeria* sp. i *Paladilhiopsis* sp. koje je uz vrste *Lanzaia rudnicae* i *Hadziella rudnicae* jedino moguće pronaći na tom lokalitetu. Moguća potvrda o izoliranosti Rudnice VI i stenoendemičnosti ove četiri svojte bi bila omogućena istraživanjem faune šireg područja oko tog lokaliteta.

Fauna koja je pronađena na višim krškim poljima Stajničkog polja, Crnačkog polja, Drežničkog polja i Jasenačkog polja ima areal proširen na lokalitete niže nadmorske visine, sukladno s već utvrđenom hidrogeološkom povezanošću. Izuzetak je *B. croatica* pronađena samo na Jasenačkom polju koja nema rasprostranjenost na nižim lokalitetima. Razlog tome može biti uski areal na ovom području uvjetovan ekološkim uvjetima ili slučajno izostavljanje vrste prilikom uzorkovanja na drugim lokalitetima.

Izvor Zagorske Mrežnice predstavlja poveznju faunističku i hidrogeološku točku na ovom području između gornjih krških polja podno Velike Kapele i donjeg krškog platoa Tounja i Gornjih Dubrava. Na temelju pronalaska vrsta *Sadleriana sadleriana* i *S. fluminensis* samo na Izvoru Zagorske Mrežnice te *Graziana lacheineri* i *S. fluminensis* na Izvor-špilji Rupećica može se zaključiti da ovi lokaliteti imaju povezanost s hidrogeološkom mrežom van istraživanog područja i da predstavljaju jedan od rubova areala ovih vrsta.

Usporedbom obrasca rasprostranjenosti pronađenih vrsta s poznatom hidrogeološkom mrežom dokazana je korelacija između to dvoje. Rasprostranjenost ima smjer strujanja vode koja slijedi promjenu nadmorske visine iz više u nižu. Vrste koje imaju rasprostranjenost na nižim nadmorskim visinama nisu proširene uzvodno odnosno na višim nadmorskim visinama. Ti

zaključci otvaraju mogućnost upotrebe ove skupine podzemnih slatkovodnih puževa kao vrijednog alata u modeliranju povezanosti hidrogeoloških mreža.

Kao rezultat ovog istraživanja prošireno je područje rasprostranjenosti brojnih vrsta podzemnih slatkovodnih puževa iako se radi o biospeleološki zadovoljavajuće istraženom području. To svakako govori o zapostavljenosti ove skupine i smjernicama za buduća faunistička istraživanja na području Dinarida.

## 6 Literatura

BAHUN, S., 1968. Geološka osnova hidrogeoloških odnosa krškog područja između Slunja i Vrbovskog. Geološki vjesnik, 21: 19–82.

BIONDIĆ, B., BIONDIĆ, R., 2014. Hidrogeologija dinarskog krša u Hrvatskoj. Sveučilišni udžbenik, Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

BOLE, J., 1961. Nove hidrobide (Gastropoda) iz podzemeljskih voda zahodnega Balkana. Biološki vestnik, 11: 59–69.

BOLE, J., 1968. Ekološka klasifikacija podzemeljskih mehkušceva. Biološki vestnik, 16: 51–59.

BOLE, J., 1970. Prispevek k poznavanju anatomije in taksonomije podzemeljskih hidrobiid: (Gastropoda, Prosobranchia). Ljubljana, ZRC SAZU, Razprave 15: 87-111.

BOLE, J., 1972. Taksonomija in zoogeografija rodu *Sadleriana* Clessin, 1890 (Gastropoda, Prosobranchia). Ljubljana, ZRC SAZU, Razprave, 15: 51–74.

BOLE, J., 1985. Recentni podzemeljski polži in razvoj nekaterih porečij na dinarskem krasu. Ljubljana, ZRC SAZU, Razprave, 16: 315 – 328.

BOLE, J., VELKOVHRH, F., 1986. Mollusca from continental subterranean aquatic habitats. *U: "Stygofauna mundi"* (L. Botosaneanu, ed.), pp. 177–208. E. J. Brill Dr. W. Backhuys, Leiden.

BOLE, J., 1992. Nove vrste podzemeljskih polžev zahodnega Balkana. Ljubljana, ZRC SAZU, Razprave 4: 3–20

CRISCIONE, F., PONDER, W. F., 2013. A phylogenetic analysis of rissooidean and cingulopsoidean families (Gastropoda: Caenogastropoda). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 66(3), 1075–1082.

CULVER, D. C., WHITE B. W., 2005. *Encyclopedia of caves*. Elsevier Academic Press, Amsterdam, The Netherlands.

CULVER, D., PIPAN, T., 2009. *The Biology of Caves and Other Subterranean Habitats*, OUP Oxford.

CULVER, D. C., PIPAN, T., 2015. Shifting paradigms of the evolution of cave life. *Acta Carsologica*, 44(3): 415.

ESRI i sur., 2017. *World Topographic Map*.

GIBERT, J., DEHARVENG, L., 2002. Subterranean ecosystems: A truncated functional biodiversity. *Bioscience*, 52 (6): 473–481.

GOTTSTEIN MATOČEC, S., OZIMEC, R., JALŽIĆ, B., KEROVEC M., BAKRAN-PETRICIOLI, T., 2002a. Raznolikost i ugroženost podzemne faune Hrvatske. Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, Zagreb.

GOTTSTEIN MATOČEC, S., BAKRAN-PETRICIOLI, T., BEDEK, J., BUKOVEC, D., BUZJAK, S., FRANIČEVIĆ, M., JALŽIĆ, B., KEROVEC, M., KLETEČKI, E., KRALJ, J., KRUŽIĆ, P., 2002b. An overview of the cave and interstitial biota of Croatia. *Natura Croatica*, 11(1): 1-112.

HAHN, H. J., 2006. The GW-Fauna-Index: A first approach to a quantitative ecological assessment of groundwater habitats. *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*, 36(2): 119-137.

HABDIJA, I., HABDIJA, B. P., RADANOVIĆ, I., VIDAKOVIĆ, J., KUČINIĆ, M., ŠPOLJAR, M., MATONIČKIN, R., MILIŠA, M., 2011. Protista-Protozoa i Metazoa-Invertebrata. Strukture i funkcije. Alfa d.d., Zagreb.

HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT, 2014: Drežnica – tekst za ekološku mrežu, Zagreb (neobjavljeno).

IUCN, 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-3.

LAJTNER, J, ŠTAMOL, V, SLAPNIK, R., 2013. Crveni popis slatkovodnih i kopnenih puževa Hrvatske. Državni zavod za zaštitu prirode

JOHNSON, P. D., 2005. Sustaining America's Aquatic Biodiversity. Freshwater Snail Biodiversity and Conservation. Virginia Cooperative Extension. Publication 420-523. Virginia State University.

KABAT, A. R., HERSHLER, R., 1993. The prosobranch snail family Hydrobiidae (Gastropoda: Rissooidea): review of classification and supraspecific taxa. *Smithsonian Contrib. Zool.* 547: 1–94.

MAGAŠ, D., 2013. Geografija Hrvatske. Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju, Meridijani, Zadar 1-597.

MAURICE, L., BLOOMFIELD, J., 2012. Stygobitic invertebrates in groundwater—a review from a hydrogeological perspective. *Freshwater Review*, 5:51-71.

OZIMEC, R., BEDEK, J., GOTTSTEIN, S., JALŽIĆ, B., SLAPNIK, R., ŠTAMOL, V., BILANDŽIJA, H., DRAŽINA, T., KLETEČKI, E., KOMERIČKI, A., LUKIĆ, M., 2009. Red

book of Croatian cave dwelling fauna. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Republika Hrvatska.

PETROVIĆ, B., PETROVIĆ, V., BOROTA, V., GOJANOVIĆ, J., 2005. Grad Ogulin prostorni plan uređenja grada, ADF d.o.o. za arhitekturu, projektiranje, savjetovanje, urbanizam i prostorno uređenje, Karlovac.

PORTER, M., 2007. Subterranean biogeography: what have we learned from molecular techniques? *Journal of Cave and Karst Studies*, 69: 179–186.

RADOMAN, P., 1983. Hydrobioidea a superfamily of Prosobranchia (Gastropoda), I. Systematics. Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, Monographs Department of Sciences, 57: 1–256.

RADOMAN, P., 1985. Hydrobioidea a superfamily Prosobranchia (Gastropoda), II. Origin, Zoogeography, Evolution in the Balkans and Asia Minor. Monographs Institute of Zoology Belgrade 1: 1–173.

SKET, B., 2008. Can we agree on an ecological classification of subterranean animals? *Journal of Natural History*, 42(21-22): 1549-1563.

SLAPNIK, R., 2018. Encyclopaedia Biospeologica. 2<sup>nd</sup> edition, Chapter Croatia, IX 1. Cave aquatic fauna, Mollusca Gastropoda. (u tisku).

STRONG, E. E., 2003. Refining molluscan characters: Morphology, character coding and a phylogeny of the Caenogastropoda. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 137(4): 447–554.

STRONG, E. E., GARGOMINY, O., PONDER, W. F., BOUCHET, P., 2008. Global diversity of gastropods (Gastropoda; Mollusca) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1): 149–166.

SZAROWSKA, M., 2006. Molecular phylogeny, systematics and morphological character evolution in the Balkan Rissooidea (Caenogastropoda). *Folia Malacologica*, 14: 99–168.

WILKE, T., HAASE, M., HERSHLER, R., LIU, H. P., MISOF, B., PONDER, W., 2013. Pushing short DNA fragments to the limit: Phylogenetic relationships of “hydrobioid” gastropods (Caenogastropoda: Rissooidea). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 66(3), 715–736.

ZANINOVIĆ, K., GAJIĆ-ČAPKA, M., PERČEC TADIĆ, M., VUČETIĆ, M., MILKOVIĆ, J., BAJIĆ, A., CINDRIĆ, K., CVITAN, L., KATUŠIN, Z., KAUČIĆ, D., LIKSO, T., 2008. Klimatski atlas hrvatske. Meteorological and Hydrological Service of Croatia, Zagreb.



## 7 Životopis

Rođen sam 22. 10. 1990. u Ogulinu. Od 1997. do 2005. g. pohađam Osnovnu školu “Ivana Brlić – Mažuranić” u Ogulinu i nakon toga upisujem Srednju veterinarsku školu u Zagrebu koju završavam 2009. g. Za vrijeme srednjoškolskog školovanja sudjelujem na državnim natjecanjima iz fizike i biologije te 2009. godine osvajam 4. mjesto na državnom natjecanju iz biologije u Crikvenici. 2011. g. upisujem Prirodoslovno – matematički fakultet u Zagrebu, smjer Znanosti o okolišu, te 2015. g. stičem zvanje Sveučilišnog prvostupnika znanosti o okolišu.

Za vrijeme preddiplomskog studija 2013. godine upisujem 44. speleološku školu u HPD Velebit gdje postajem Speleolog pripravnik. Nakon toga se intenzivno počinjem baviti speleologijom i biologijom podzemlja te postajem član Hrvatskog biospeleološkog društva i voditelj biospeleološke sekcije BIUS-a te tu dužnost obavljam tri godine. U ljeto 2015. g. dobivam stipendiju od strane “EDEN Evo-Devo-Eco Network” i provodim tri mjeseca na Sveučilištu Maryland (SAD) u Jeffery Lab-u.

U jesen 2015. nastavljam svoj studij te upisujem diplomski studij, smjer Eksperimentalna biologija, modul Zoologija.