Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Tia Žeželj Vidoša

Utjecaj antropogenih pritisaka na longitudinalni sastav i strukturu zajednica vodengrinja (Hydrachnidia) u lotičkom ekosustavu

Zagreb, 2020.

Ovaj rad izrađen je u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom prof. dr. sc. Zlatka Mihaljevića i uz veliku pomoć dr. sc. Ivane Pozojević te je predan na natječaj za dodjelu rektorove nagrade u akademskoj godini 2019./20.

[1. UVOD 1](#_Toc49767335)

[1.1. Opće karakteristike vodengrinja 1](#_Toc49767336)

[1.2. Životni ciklus vodengrinja 1](#_Toc49767337)

[1.3. Kratki pregled istraživanja vodengrinja u Hrvatskoj 2](#_Toc49767338)

[1.4. Vodengrinje u lotičkim ekosustavima 2](#_Toc49767339)

[1.5. Antropogeni pritisci u lotičkim ekosustavima 3](#_Toc49767340)

[1.6. Antropogeni pritisci na rijeku Bednju 4](#_Toc49767341)

[2. HIPOTEZE I OPĆI I SPECIFIČNI CILJEVI RADA 4](#_Toc49767342)

[3. MATERIJAL I METODE 5](#_Toc49767343)

[3.1. Područje istraživanja 5](#_Toc49767344)

[3.2.Terensko uzorkovanje i laboratorijska analiza 7](#_Toc49767345)

[3.3. Analiza fizikalno-kemijskih parametara vode 8](#_Toc49767346)

[3.4. Statistička obrada podataka 8](#_Toc49767347)

[4. REZULTATI 9](#_Toc49767348)

[4.1. Utjecaj okolišnih parametra na sastav zajednica i distribuciju vodengrinja 16](#_Toc49767349)

[5. RASPRAVA 21](#_Toc49767350)

[6. ZAKLJUČCI 24](#_Toc49767351)

[7. ZAHVALE 24](#_Toc49767352)

[8. POPIS LITERATURE 25](#_Toc49767353)

[9. SAŽETAK 31](#_Toc49767354)

[10. SUMMARY 32](#_Toc49767355)

# 1. UVOD

## 1.1. Opće karakteristike vodengrinja

Razred paučnjaka (Arachnida) sadrži 11 podrazreda od kojih samo dva imaju zastupljene predstavnike u vodenim staništima, a to su pauci (Araneae) i grinje (Acari) (Smith i sur., 2001). Grinje se primarno smatraju terestričkim organizmima (Davids i Belier, 1979), no neke skupine kao što su Hydrachnidia, Oribatida, Astigmata, Halacaroidea i Trombidia imaju predstavnike koji su sekundarno postali akvatički ili semiakvatički organizmi. Vodengrinje su bogatstvom vrsta i jedinki najbrojnija skupina grinja u kojoj su svi predstavnici vezani za vodene ekosustave (Krantz i Walter, 2009). Bogatstvo vrsta vodengrinja danas premašuje 6000 vrsta, a procjenjuje se da bi stvaran broj vrsta mogao biti i viši od 10 000 (Davids i sur., 2007; Goldschmidt, 2016), što vodengrinje čini najrasprostranjenijom i najraznovrsnijom skupinom paučnjaka (Arachnida) u vodenim ekosustavima (Di Sabatino i sur., 2008; Goldschmidt, 2016). Nažalost, ovo veliko bogatstvo svojti često je popraćeno malim arealom rasprostiranja i malom gustoćom populacija, što često predstavlja veliku zapreku u uključivanju vodengrinja u ekološka istraživanja.

## 1.2. Životni ciklus vodengrinja

Životni ciklus vodengrinja je kompleksan i sastoji se od nekoliko različitih faza: ličinke, protonimfe, deutonimfe, tritonimfe i , naposljetku, odrasle jedinke. Iz oplođenih jajašaca izliježu se heksapodne ličinke koje kratko vrijeme provode slobodno plivajući ili gmižući po sedimentu u potrazi za domadarom (Martin, 2000). Ličinke su obligatni paraziti i parazitiraju na emergirajućim vodenim kukcima, tj. kukcima koji su u fazi preobrazbe iz ličinačkog stadija u odraslu jedinku (Martin, 2003). Ličinka parazitira na kukcu sve do njegovog povratka u vodu radi razmnožavanja i ovipozicije, nakon čega se ličinka odvaja i nastavlja daljnji razvoj u vodenom ekosustavu (Lanciani, 1979; Rolff i Martens, 1997). Ovakva strategija omogućuje odabir domadara koji su strogo vezani za vodena staništa, što osigurava povratak ličinke u vodu (Di Sabatino i sur., 2000) i objašnjava široku rasprostranjenost vrsta u gotovo svim slatkovodnim ekosustavima. Vodengrinja se iz ličinke preobražava u protonimfu, prvu latentnu fazu. Navedenu fazu vodengrinja najčešće provodi zakopana u sedimentu te se razvija u deutonimfu. Za razliku od parazitirajuće ličinačke faze, deutonimfe i odrasle jedinke su predatori čija se ishrana većinom sastoji od jajašaca i ličinki akvatičkih kukaca(Smith i sur., 2001) te planktonskih račića (Martin, 2005).Deutonimfe su oktapodne i morfološki nalikuju na odraslu jedinku, ali su manje i bez istaknutog spolnog dimorfizma. Za mnoge vrste vodengrinja, deutonimfa je najvažnija faza rasta (Smith i sur., 2001)i upravo tijekom te faze vodengrinja postiže svoju konačnu veličinu. Tritonimfa predstavlja drugu latentnu fazu iz koje se naposljetku razvija odrasla jedinka.

## 1.3. Kratki pregled istraživanja vodengrinja u Hrvatskoj

Prvo istraživanje vodengrinja u Hrvatskoj proveo je Viets (1936) početkom 20. stoljeća, kada je obavljen popis 35 vrsta vodengrinja nađenih na području današnje Republike Hrvatske te širem području bivše Jugoslavije. Besseling (1957) objavljuje tri nove vrste koje su pronađene u jezeru Kozjak na području Plitvičkih jezera. Matoničkin i Pavletić (1959) objavljuju novi nalaz za faunu Hrvatske, *Woolastookia rotundifrons* (K. Viets, 1922), ali ne navode broj pronađenih jedinki niti navode tko je determinirao vodengrinje. Schwoerbel (1963) navodi 4 nove vrste za faunu Hrvatske prikupljene u rijeci Neretvi te jezeru Lokvenica u delti rijeke Neretve. Matoničkin (1987) nalazi vrstu *Hydrachna globosa* (De Geer, 1778) na području Plitvičkih jezera, ali bez podataka o brojnosti jedinki i tome tko je proveo determinaciju. U doktorskoj disertaciji Romane Lattinger (1988) navode se još tri nova nalaza. Smit i sur. (2000) objavljuju pronalazak vrste *Nudomideopsis motasi.* Pešić (2002a) je identificirao 4 nove vrste za faunu Hrvatske na temelju uzoraka koje je prikupio Trajan Petkovski između 1956. i 1958. godine. Pešić i sur. (2010) objavljuju popis vrsta vodengrinja za Balkanski poluotok, s ukupno pet novih vrsta za faunu vodengrinja Hrvatske. Pešić i sur. (2018) objavljuju dopunu popisa vrsta s Balkanskog poluotoka, u kojem navode šest novih nalaza za faunu Hrvatske. Pozojević i sur. (2018b) nalaze tri nove vrste za faunu Hrvatske u krškom izvoru Torak i rijeci Čikoli te 19 novih vrsta utvrđenih u krškim akumulacijama (Pozojević i sur. 2019a). Pozojević i sur. (2019b) objavljuju dva nova nalaza vodengrinja na području Hrvatske: *Hygrobates setosus* (Besseling, 1945) i *Atractides distans* (K. Viets, 1914). I naposljetku, Pozojević i sur. (2020) objavljuju 8 novih vrsta pronađenih u izvorima na dinaridskom području Hrvatske. Danas je na području Hrvatske ukupno 96 zabilježenih vrsta vodengrinja.

## 1.4. Vodengrinje u lotičkim ekosustavima

Lotičke vrste vodengrinja u pravilu ne mogu plivati, već se kreću hodajući po supstratu. Za razliku od lentičkih vrsta, lotičke vodengrinje često imaju u potpunosti sklerotizirano tijelo duguljastog oblika. Vrste koje nastanjuju brze tokove imaju dorzoventralno spljošteno i sklerotizirano tijelo (većina vrsta porodice *Torrenticolidae*, neke vrste porodice *Anisitsiellidae*, roda *Mideopsis* i roda *Ljania*). Vodengrinje koje nastanjuju međuprostore u šljunčanim ili pjeskovitim supstratima često su manjih dimenzija (neke vrste rodova *Feltriea*, *Kongsbergia*, i *Aturus*). Vrste koje su zadržale okruglu i nesklerotiziranu idiosomu izbjegavaju direktan utjecaj vodene struje tako što pronalaze zaklon u mahovinama (vrste rodova *Protzia*, *Panisus* i *Sperchon*) ili ispod kamenja (neke vrste rodova L*ebertia*, *Sperchon* i *Atractides*) (Di Sabatino i sur., 2000).

Sastav i struktura zajednica vodengrinja u lotičkim sustavima većinom ovisi o temperaturi, sastavu supstrata i brzini toka (Pozojević i sur., 2018a; Zawal i sur., 2017). Vodengrinje su izrazito osjetljive na promjene fizikalnih i kemijskih svojstava u vodenim ekosustavima (Bolle i sur, 1977; Kowalik i Biesiadka, 1981; Smit i Van der Hammen, 1992) što ih čini vrlo dobrim indikatorima ekološkog stanja i kakvoće slatkih voda.

## 1.5. Antropogeni pritisci u lotičkim ekosustavima

Lotički ekosustavi osjetljiva su staništa koja su pod sve većim antropogenim utjecajem i cijelim nizom pritisaka različitog podrijetla (Tockner i sur., 2010, Villeneuve i sur., 2018). Hidromorfološka degradacija staništa jedan je od najčešćih pritisaka u tekućicama. Kanaliziranje rijeka i vodotoka, izgradnja brana, uzimanje vode za potrebe poljoprivrede i vodoopskrbe, plovidba, prekidanje veza s poplavnim ravnicama i niz drugih postupaka kojima se mijenjaju morfološka i hidrloška obilježja rijeka, dovode do hidromorfološkog opterećenja vodnog tijela. Izgradnjom regulacijskih pregrada, najčešće brana i pragova, dolazi do prekida longitudinalne povezanosti vodotoka, odnosno do prekida riječnog i stanišnog kontinuiteta. Rijeke su dugački, linearni ekosustavi za čije je optimalno funkcioniranje nužan neometan protok vode, nanosa, vodenih organizama i drvenih ostataka. Izgradnja pregrada ometa normalan životni ciklus mnogih vrsta koje su vezane uz vodena staništa. Povezanost rijeke s podzemnim vodama često je narušena izgradnjom nasipa, učvršćivanjem i ojačavanjem obale, kanaliziranjem te produbljivanjem riječnog korita. Time dolazi do nestajanja specifičnih staništa i smanjivanja močvarnih područja. Formiranje akumulacija, zahvaćanje vode i oscilacija vodnog lica dovodi do izmijenjenog režima protoka (Calapez i sur., 2017). Oscilacije vodnog lica, čiji su glavni pokretači hidroelektrane, dovode do izmjene protoka duž rijeke. Zahvaćanje vode u industrijske, komunalne, poljoprivredne i druge svrhe uzrokuje promjenu kakvoće vode i protoka tekućice. Formiranje akumulacija dovodi do nakupljanja sedimenta i smanjenja brzine strujanja vode. Vodotoke koji nisu pod velikim utjecajem ljudskog djelovanja karakteriziraju vremenske i prostorne varijacije u širini i dubini, ali i u tipovima podloga, toku, svojstvima taloženja i erozije. Ovakve varijacije gube se kao rezultat modifikacije i normalizacije kanala. Intenzivna ljudska djelatnost (urbanizacija, industrijalizacija, poljoprivreda) može dovesti do eutrofikacije i organskog onečišćenja vodotoka (Allan, 2004; Novotny i sur., 2009; Paul i Meyer, 2001). Eutrofikacija se u vodenim ekosustavima događa prirodno tokom stotina godina (Carpenter, 1981), ali antropogenim utjecajem čitav proces može se drastično ubrzati sa ozbiljnim posljedicama za vodena staništa (Carpenter i sur., 1998). Hranjive soli, kao što su fosfati i nitrati, često se u vodotocima pojavljuju u povišenim koncentracijama kao posljedica ispiranja s poljoprivrednih površina (Novotny, 1999). Povišena koncentracija fosfata i nitrata u vodama može uzrokovati povećanje autotrofne proizvodnje, proliferaciju i promjenu u sastavu zajednica algi, promjenu u sastavu zajednica beskralježnjaka i riba među kojima prednost često imaju invazivne vrste otpornije na zagađenje (Allan, 2004), hipoksiju (Mallin, 2006) i niz drugih štetnih promjena.

## 1.6. Antropogeni pritisci na rijeku Bednju

Rijeka Bednja je duž svog toka pod velikim antropogenim pritiskom, te sadrži čitav niz degradiranih staništa. Unatoč tome, mjestimično su zastupljena područja s minimalnim antropogenim utjecajem, odnosno „gotovo prirodna“ staništa. Poplavne ravnice razvođa rijeke Bednje većinom se koriste za intenzivnu i ekstenzivnu poljoprivredu, dok su okolne planine i brda uglavnom prirodna šumska područja. Obrađene poljoprivredne površine predstavljaju difuzni izvor zagađenja (Novotny, 1999). Duž toka rijeke Bednje smješteno je pet gradova (šest definiranih aglomeracija) koji imaju kanalizacijski sustav, ali ne i adekvatno organizirano zbrinjavanje otpadnih voda, što dovodi do otpuštanja netretiranih otpadnih voda izravno u rijeku Bednju ili njene pritoke (Varaždinska županija, 2014) kao točkasti izvor zagađenja. Kućanstva smještena duž rijeke Bednje, otpadne vode zbrinjavaju ili putem privatnih septičkih jama ili ih ispuštaju direktno u rijeku. Unatoč problemu otpadnih voda, najveći pritisak na ekologiju rijeke Bednje stvara hidromorfološka degradacija koja je prisutna duž čitavog toka rijeke Bednje. Veliki dijelovi rijeke su kanalizirani i produbljivani te je hidromorfološka degradacija dovela je do znatnih gubitaka staništa.

# 2. HIPOTEZE I OPĆI I SPECIFIČNI CILJEVI RADA

Prva hipoteza ovog rada jest da se struktura i sastav zajednice vodengrinja mijenja s obzirom na longitudinalni profil lotičkog ekosustava. U svrhu dokazivanja ove hipoteze testirat će se bogatstvo vrsta i brojnost jedinki vodengrinja s obzirom na longitudinalni gradijent (udaljenost od izvora, nadmorsku visinu i veličinu slivnog područja).

Druga hipoteza ovog rada je da sastav zajednice vodengrinja nije znatno utjecan hidromorfološkim alternacijama i promjenama staništa na makroskopskoj razini, već da je značajniji utjecaj vidljiv na razini mikrostaništa. S obzirom na ovu hipotezu utvrdit će se utjecaj hidromorfoloških alternacija na bogatstvo vrsta i brojnost jedinki vodengrinja. Također će se utvrditi preferencije pojedinih svojti vodengrinja s obzirom na prisutna mikrostaništa.

Treća hipoteza ovog rada je da se sastav zajednice vodegrinja mijenja s obzirom na povećane razine eutrofikacije i organskog onečišćenja. S obzirom na ovu hipotezu testirat će se utjecaj fizikalno-kemijskih varijabli povezanih s povećanim razinama eutrofikacije i organskog opterećenja na distribuciju specifičnih svojti vodengrinja.

# 3. MATERIJAL I METODE

## 3.1. Područje istraživanja

Rijeka Bednja nalazi se na sjeveru Hrvatske i kao pritok rijeke Drave pripada porječju rijeke Dunava, odnosno crnomorskom slijevu. Cijelo razvođe rijeke Bednje spada pod Mađarsku nizinsku ekoregiju (ER 11) (Illies, 1978). Sa ukupnom duljinom od 105 km, od svog izvora na brežuljcima Ravne gore na 311 m n.m.v. (Slika 3.1 a), do svog ušća u rijeku Dravu na 136 m n.m.v. (Slika 3.1 b), rijeka Bednja mijenja tipologiju od gorskih i prigorskih malih tekućica (mjesto uzorkovanja 1-9) do nizinskih srednje velikih i velikih tekućica (mjesto uzorkovanja 10-20) (Uredba o standardu kakvoće voda, 2013). Granica promjene tipologije leži na mjestu promjene nadmorske visine ispod (odnosno iznad) 200 m, kod mjesta Stažnjevec. Proučavanjem mogućih mjesta uzorkovanja, odabrano je njih 20 duž roka rijeke Bednje (Slika 3.2). Uzorkovane postaje nalaze se na gradijentu nadmorskih visina koje rezultiraju različitom tipologijom te su pod različitim razinama utjecaja difuznog i točkastog izvora zagađenja iz okolnih urbanih područja i poljoprivrednih površina (Tablica 3.1).

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\User\Documents\1_IVA_DOKTORAT\bednja_20_22.03 004.jpg | A close up of a mountain  Description automatically generated |

Slika 3.1. a) Reoholokreni tip izvora rijeke Bednje kod Bednjice (Foto: Iva Vidaković, 20.03.2015.);

b) ušće rijeke Bednje kod rijeke Drave (Google Earth Pro, Image © 2019 CNES /Airbus)

A picture containing text, map

Description automatically generated

Slika 3.2. Sliv rijeke Bednje i distribucija mjesta uzorkovanja duž njenog toka

Tablica 3.1. Geografski položaj i osnovna obilježja istraživanih mjesta uzorkovanja

| **Mjesto uzorkovanja** | **Najbliže naselje** | **Koordinate** | **Udaljenost od izvora**  **(km)** | **Nadmorska visina**  **(m)** | **Površina slivnog područja (km2)** | **Tip rijeke** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | Bednjica | 15°59'27,369"E 46°17'17,53"N | 0.4 | 290 | 0.4 | HR-R\_1 |
| **2** | Cvetlin | 15°57'34,893"E 46°16'27,089"N | 3.7 | 250 | 8.3 | HR-R\_1 |
| **3** | Cvetlin | 15°57'30,751"E 46°16'15,801"N | 4.1 | 248 | 8.6 | HR-R\_1 |
| **4** | Trakošćan | 15°57'24,309"E 46°15'18,471"N | 6.5 | 245 | 23.2 | HR-R\_1 |
| **5** | Bednja | 15°58'48,436"E 46°13'34,163"N | 10.6 | 236 | 31.5 | HR-R\_1 |
| **6** | Rinkovec | 16°1'10,551"E 46°12'41,024"N | 15.5 | 228 | 80.3 | HR-R\_1 |
| **7** | Lepoglava | 16°2'26,113"E 46°12'36,308"N | 18.0 | 225 | 108.9 | HR-R\_1 |
| **8** | Lepoglava | 16°3'57,28"E 46°13'30,18"N | 20.9 | 215 | 114.9 | HR-R\_1 |
| **9** | Ivanec | 16°9'0,739"E 46°14'41,654"N | 29.5 | 203 | 201.0 | HR-R\_1 |
| **10** | Završje Podbelsko | 16°14'51,219"E 46°12'52,091"N | 40.8 | 197 | 335.0 | HR-R\_4 |
| **11** | Završje Podbelsko | 16°15'53,294"E 46°12'41,158"N | 41.6 | 195 | 341.9 | HR-R\_4 |
| **12** | Završje Podbelsko | 16°17'11,691"E 46°12'55,076"N | 43.8 | 193 | 348.7 | HR-R\_4 |
| **13** | Novi Marof | 16°21'5,914"E 46°11'2,651"N | 51.8 | 189 | 376.5 | HR-R\_4 |
| **14** | Ključ | 16°22'31,942"E 46°10'20,286"N | 59.7 | 178 | 416.7 | HR-R\_4 |
| **15** | Slanje | 16°33'14,585"E 46°13'40,193"N | 83.5 | 160 | 529.3 | HR-R\_4 |
| **16** | Slanje | 16°33'25,264"E 46°13'58,835"N | 84.1 | 159 | 536.7 | HR-R\_4 |
| **17** | Ludbreg | 16°37'37,856"E 46°15'5,913"N | 91.5 | 152 | 563.1 | HR-R\_4 |
| **18** | Ludbreg | 16°38'9,794"E 46°15'25,41"N | 92.6 | 150 | 565.5 | HR-R\_4 |
| **19** | Mali Bukovec | 16°44'34,203"E 46°17'26,424"N | 102.2 | 139 | 597.2 | HR-R\_4 |
| **20** | Mali Bukovec | 16°45'34,707"E 46°18'2,524"N | 104.2 | 136 | 598.5 | HR-R\_4 |

## 3.2.Terensko uzorkovanje i laboratorijska analiza

Uzorci su skupljeni u ljeto 2015. godine za vrijeme niskog vodostaja koristeći "multi-habitat" metodu prema AQEM protokolu (AQEM Consortium, 2002). Na svakoj uzorkovanoj postaji napravljena je procjena distribucije i sastava mikrostaništa na dionici od 100 m toka rijeke. Mikrostaništa koja su na pojedinim postajama prisutna sa zastupljenošću manjom od 5% isključena su iz uzorkovanja. Na svakoj postaji uzeto je 20 poduzoraka (ukupno 400 poduzoraka na 20 postaja), ovisno o zastupljenosti pojedinih mikrostaništa (Tablica 3.2.1). Uzorci bentonskih beskralježnjaka sakupljani su ručnom bentos mrežom promjera oka 500 μm i dimenzija okvira 25 x 25 cm. Na svakoj lokaciji, uzorci prikupljeni na pojedinom mikrostaništu, ispirani su, dekantirani i pohranjeni u adekvatne spremnike. Uzorci su sačuvani u 95 % - tnom etanolu. U laboratoriju se konzervirani materijal pregledao lupom i mikroskopom. Odredila se brojnost vodengrinja te su pronađene jedinke determinirane do najniže moguće taksonomske kategorije (roda ili vrste) uz pomoć determinacijskih ključeva: Davids i sur. (2007), Di Sabatino i sur. (2010) te Gerecke i sur. (2016) za odrasle jedinke i Tuzovskij (1990) koji je korišten za determinaciju deutonimfa.

Tablica 3.2.1. Zastupljenost pojedinih supstrata (mikrostaništa) na uzorkovanim postajama rijeke Bednje. Nazivi i karakteristike longitudinalno numeriranih postaja nalaze se u tablici 3.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Postaja / Supstrat** | **Makrolital** | **Mezolital** | **Mikrolital** | **Akal** | **Psammal** | **Argilal** | **Fital - makrofiti** | **Ksilal** | **Detritus** | **Technolithal** |
|
| **1** | 10% | 35% | 15% | 5% | 25% | 10% |  |  |  |  |
| **2** |  |  |  | 20% | 40% |  | 40% |  |  |  |
| **3** |  | 20% | 30% | 10% | 5% | 30% |  |  | 5% |  |
| **4** |  |  | 5% |  | 50% |  |  | 45% |  |  |
| **5** |  |  |  |  | 45% | 40% |  | 15% |  |  |
| **6** | 10% | 75% | 10% | 5% |  |  |  |  |  |  |
| **7** |  |  | 55% | 10% |  |  | 5% |  |  | 30% |
| **8** |  |  |  | 80% | 5% |  |  | 15% |  |  |
| **9** |  |  |  | 80% | 10% |  |  | 10% |  |  |
| **10** |  |  |  | 95% |  |  |  | 5% |  |  |
| **11** |  |  | 20% |  |  |  | 25% |  |  | 55% |
| **12** |  |  | 15% | 55% | 20% |  |  | 10% |  |  |
| **13** |  |  | 10% | 50% | 20% |  |  | 20% |  |  |
| **14** |  |  |  | 55% | 40% |  |  | 5% |  |  |
| **15** |  |  |  | 85% | 10% |  |  | 5% |  |  |
| **16** |  | 50% | 10% | 15% | 5% |  |  | 20% |  |  |
| **17** |  |  |  |  |  |  | 5% |  |  | 95% |
| **18** |  | 30% | 30% | 20% |  |  |  | 20% |  |  |
| **19** |  |  | 50% |  |  |  |  |  |  | 50% |
| **20** |  |  | 70% | 5% | 15% |  |  | 10% |  |  |

Stupanj hidromorfološke modifikacije na svakoj postaji određen je koristeći europski standard EN 15843:2010 “Water quality – Guidance standard on determining of modification of river hydromorphology” (DIN, 2010), kojim se procjenjuje stupanj antropogenog utjecaja na hidromorfologiju rijeke. Sustav se temelji na procjeni 16 zasebnih hidromorfoloških obilježja, uključujući i vrstu/strukturu vegetacije na obali i okolnom zemljištu. Procjena je napravljena na dionici od 100 m toka rijeke, na svakoj uzorkovanoj postaji. Ocjene hidromorfološkog stanja podjeljene su na 5 klasa, od kojih maksimalna ocjena 5 označava potpunu degradaciju staništa, a ocjena 1 označava nepromijenjeno stanište.

## 3.3. Analiza fizikalno-kemijskih parametara vode

Mjerenja fizikalno-kemijskih parametara vode provedena su za vrijeme uzorkovanja. Na području uzorkovanja mjereni su sljedeći parametri:

* temperatura vode (℃) (koristeći oksimetar WTW Oxi 330/SET)
* pH vrijednost vode (koristeći pH-metar WTW ph 300)
* provodljivost vode (μS/cm) (koristeći konduktometar WTW LF 330)
* koncentracija otopljenog kisika u vodi (mg/L) (koristeći oksimetar WTW Oxi 330/SET)
* zasićenje vode kisikom (%) (koristeći oksimetar WTW Oxi 330/SET)
* KPK (mgO2 L-1) ( HRN EN ISO 8467:2001 metodom)
* BPK5 (mgO2 L-1) (HRN EN 1899-1:2004 metodom)

Osim toga mjereni su i analizirani sljedeći parametri:

* nitrati (mgN/L(HRN ISO 7890-3:2001 metoda)
* ortofosfati (mgP/L) (HRN ISO 6878:2001 metoda)
* amonijevi ioni (mgN/L) (HRN ISO 70-3:1998 metoda)
* ukupni fosfor (mgP/L)
* ukupni dušik (mgN/L)
* alkalinitet (mg CaCO3 L-1) (određeno titracijom s 0,1 M klorovodičnom kiselinom uz metil-orange kao indikator)

## 3.4. Statistička obrada podataka

Bogatstvo vrsta vodengrinja i lokalna raznolikost (Shannon indeks raznolikosti) izračunati su u računalnom programu Primer 6.0 (Primer - E Ltd 2006; Clarke i Gorley, 2006). Veza između bogatstva vrsta, brojnosti jedinki i lokalne raznolikosti vodengrinja s obzirom na glavne parametre koji se mijenjaju uz longitudinalni profil rijeke (udaljenost od izvora, nadmorska visinu i veličina slivnog područja) određena je putem Spermanovog koeficijenta korelacije, (u računalnom programu Statistica 13.0 (TIBCO Software Inc., 2017).

Veza između bogatstva vrsta, brojnosti jedinki i lokalne raznolikosti vodengrinja s obzirom na glavne odrednice hidromorfološke degradacije određena je također putem Spermanovog koeficijenta korelacije. (Kanonička analiza podudarnosti (CCA) korištena je za usporedbu podataka o sastavu i gustoći zajednica vodengrinja u odnosu na zastupljenost pojedinih mikrostaništa. Monte Carlo permutacijski test (999 permutacija) korišten je za određivanje značajnih odnosa između vrsta vodengrinja i okolišnih uvjeta. Ordinacija i gradijent analiza provedene su pomoću programa CANOCO (ter Braak i Šmilauer, 2012). Navedene analize provedene su u svrhu utvrđivanja druge hipoteze ovog rada: da sastav zajednice vodengrinja nije znatno utjecan hidromorfološkim alternacijama i promjenama staništa na makroskopskoj razini, već da je značajniji utjecaj vidljiv na razini mikrostaništa. CCA analiza korištena je i radi utvrđivanja preferencija pojedinih svojti vodengrinja prema dostupnim mikrostaništima.

Utjecaj eutrofikacije i organskog onečišćenja na sastav zajednica vodegrinja testiran je odabranim fizikalno-kemijskim varijablama povezanim s navedenim procesima. Pomoću funkcije „*interactive forward analyisis*“ u programu CANOCO (ter Braak i Šmilauer, 2012) analiziran je utjecaj mjerenih fizikalno kemijskih parametara (koncentracije ortofosfata, ukupnog fosfora i ukupnog dušika, konduktivitet - električna provodnost vode, temperatura vode, KPK - kemijska potrošnja kisika te zasićenje kisikom) na sastav i strukturu zajednica vodengrinja, a pomoću Spearmanovog koeficijenta korelacije analiziran je utjecaj pojedinih parametara na brojnost determiniranih vrsta vodengrinja.

Svi podaci o brojnosti vodengrinja korišteni u ovim analizama prethodno su preračunati na broj jedinki po metru kvadratnom. Za sve testove, statistička značajnost je određena pri graničnoj vrijednosti od p ≤ 0,05. Tabelarni i grafički prikazi su izrađeni u programu Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, 2016).

# 4. REZULTATI

U sklopu ovog istraživanja ukupno je sakupljeno 451 jedinki vodengrinja, koje se sistematski svrstavaju u 8 porodica te u 11 rodova. Na istraživanim postajama uzduž toka rijeke Bednje ukupno su utvrđene 22 vrste vodengrinja (Tablica 4.1). Na postajama 1 - 4, 8, 9, 12 - 14, 16, 17 i 20 vodengrinje nisu nađene, dok je na postaji 18 utvrđena najveća brojnost vodengrinja (1433jedinki/m2). Najveće bogatstvo vrsta (svojti) vodengrinja zabilježeno je na postaji 11, gdje je nađeno 10 svojti vodengrinja. Vrsta *Hygrobates fluviatilis* nađena je na najviše postaja, njih 14, dok su vrste *Atractides loricatus*, *Nudomideopsis cf. motasi, Sperchon insignis, Sperchon papillosus, Torrenticola amplexa, Torrenticola elliptica, Torrenticola hyporheica, Torrenticola laskai* i *Torrenticola ungeri* nađene na samo jednoj postaji. Najveću abundanciju imala je vrsta *Hygrobates fluviatilis* koja je nađena s brojnošću od 88 jedinki po m2 na postaji 15. Vrste *Nudomideopsis* cf. *motasi, Sperchon insignis, Torrenticola elliptica, Torrenticola hyporheica, Torrenticola laskai* i *Torrenticola ungeri* prisutne su samo sa jednom jedinkom*.* Literaturnim pregledom, u fauni Hrvatske ustanovljeno je 96 vrsta vodengrinja, dok je u ovom istraživanju rijeke Bednje zabilježeno 8 novih dodatnih vrsta za faunu Hrvatske. Laboratorijskom analizom jedinke roda *Nudomideopsis* utvrđeno je da se najvjerojatnije radi o vrsti *N.* cf. *motasi*, no zbog relativno loše kvalitete preparata i samo jedne jedinke na raspolaganju, ovaj nalaz nije moguće sa sigurnošću potvrditi.

Najniža temperatura vode zabilježena je na postaji 1, na samom izvoru rijeke Bednje. Ostale istraživane postaje bilježe znatno višu, poprilično ujednačenu temperaturu. Najviša koncentracija otopljenog kisika zabilježena je na postajama 1 i 2, dok je najniža vrijednost zabilježena na postajama 4 i 5. Najveća zasićenost vode kisikom zabilježena je na postaji 2, dok je najniža vrijednost zabilježena na postaji 4. Postaje 1, 2 i 3 imaju najvišu vrijednost provodljivosti vode, dok najnižu provodljivosti imaju postaje 4 i 5. Najviša biokemijska potrošnja kisika (BPK5) zabilježena je na postaji 5, a najniža na postaji 14. Povišene koncentracije amonijevih iona (NH4+) zabilježene su na postajama 2, 3 i 9. Koncentracija nitrita, nitrata, ukupnog dušika, ortofosfata i ukupnog fosfora u pravilu je rasla sa povećanjem udaljenosti od izvora. Rezultati analize fizikalno-kemijskih parametara vode na istraživanim postajama prikazani su u Tablici 4.2.

Tablica 4.1. Brojnost svojti vodengrinja (izražena kao broj jedinki /m2) nađenih na 20 istraživanih postaja rijeke Bednje u 2015. godini. Nazivi i karakteristike longitudinalno numeriranih postaja nalaze se u tablici 3.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Broj postaje** | **1** | **1** | **1** | | **1** | | **1** | | **1** | | **2** | | **2** | | **2** | | **3** | | **3** | | **3** | | | **3** | | | **3** | | | **3** | | | **4** | | | **4** | | | **4** | | |
| **Supstrat** | **Makrolital** | **Mezolital** | **Mikrolital / Akal** | | **Psammal / Ksilal** | | **Psammal / Akal** | | **Argilal / Ksilal** | | **Psammal / Detritus** | | **Fital - makrofiti** | | **Akal** | | **Argilal** | | **Mikrolital** | | **Mezolital** | | | **Akal** | | | **Detritus** | | | **Psammal** | | | **Psammal / Akal** | | | **Ksilal / Detritus** | | | **Mikrolital** | | |
| *Atractides loricatus* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Atractides* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 2,67 | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | | 1,78 | | |  | | |
| *Aturus scaber* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| Hydrachnidia non. det. (larvae) |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | | 1,78 | | |  | | |
| *Hygrobates calliger* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Hygrobates fluviatilis* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 2,67 | |  | | |  | | |  | | |  | | | 3,20 | | |  | | |  | | |
| *Hygrobates longiporus* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Hygrobates* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Hygrobates trigonicus\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Lebertia* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 2,67 | |  | | |  | | |  | | |  | | | 1,60 | | |  | | |  | | |
| *Mideopsis orbicularis* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Mideopsis* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Neoacarus hibernicus\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Nudomideopsis* cf. *motasi\*\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Protzia* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon clupeifer* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon compactilis\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon denticulates grupa* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon hibernicus* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon hispidus* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon insignis* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon papillosus\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 2,67 | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchonopsis verrucosa* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 2,67 | |  | | |  | | | 32,00 | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola amplexa* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola elliptica* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola hyporheica\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola ischnophallus\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola laskai\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola ungeri\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| \* novi nalazi za faunu vodengrinja Hrvatske | | | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  |  |
| \*\* zbog oštećenja na jedinoj pronađenoj jedinki ovaj nalaz se ne može sa sigurnošću potvrditi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  |

Tablica 4.1. (nastavak) Brojnost svojti vodengrinja (izražena kao broj jedinki /m2) nađenih na 20 istraživanih postaja rijeke Bednje u 2015. godini. Nazivi i karakteristike longitudinalno numeriranih postaja nalaze se u tablici 3.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Broj postaje** | **5** | **5** | **5** | | **6** | | **6** | | **6** | | **6** | | **7** | | **7** | | **7** | | **7** | | **8** | | | **8** | | | **8** | | | **9** | | | **9** | | | **9** | | | **10** | | | **10** | | |
| **Supstrat** | **Argilal** | **Psammal** | **Ksilal / Detritus** | | **Akal** | | **Mikrolital** | | **Makrolital** | | **Mezolital** | | **Akal** | | **Submerged macrophyte** | | **Technolithal** | | **Mikrolital / Akal** | | **Ksilal / Detritus** | | | **Akal** | | | **Psammal** | | | **Ksilal** | | | **Akal** | | | **Psammal** | | | **Akal** | | | **Ksilal** | | |
| *Atractides loricatus* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 3.00 | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Atractides* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Aturus scaber* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 2,67 | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| Hydrachnidia non. det. (larvae) |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 16,00 | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | | 0,84 | | |  | | |
| *Hygrobates calliger* | 2,00 |  |  | | 16,00 | | 16,00 | | 8,00 | | 3,20 | |  | |  | | 13,33 | | 1,18 | |  | | | 1,00 | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Hygrobates fluviatilis* | 38,00 |  | 5,33 | |  | | 16,00 | | 16,00 | | 2,13 | | 4,00 | |  | |  | |  | |  | | | 5,00 | | |  | | |  | | | 27,00 | | |  | | | 19,37 | | | 16,00 | | |
| *Hygrobates longiporus* |  | 3,56 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Hygrobates* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 3,00 | |  | | |  | | |  | | |  | | | 1,00 | | |  | | |  | | |  | | |
| *Hygrobates trigonicus\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | | 2,53 | | |  | | |
| *Lebertia* sp. | 14,00 | 5,33 |  | |  | | 16,00 | | 8,00 | | 1,67 | | 48,00 | |  | | 2,67 | | 1,18 | |  | | | 9,00 | | |  | | |  | | | 1,00 | | |  | | | 3,37 | | |  | | |
| *Mideopsis orbicularis* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | | 1,00 | | |  | | | 3,32 | | | 8,00 | | |
| *Mideopsis* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | | 0,84 | | |  | | |
| *Neoacarus hibernicus\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Nudomideopsis* cf. *motasi\*\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Protzia* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 2,67 | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon clupeifer* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 2,67 | |  | |  | | | 1,00 | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon compactilis\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 2,67 | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon denticulates grupa* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon hibernicus* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 3,00 | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon hispidus* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 16,00 | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon insignis* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon papillosus\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 5,33 | |  | |  | | | 1,00 | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchonopsis verrucosa* |  |  |  | | 16,00 | |  | |  | |  | |  | |  | | 8,00 | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola amplexa* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola elliptica* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | | 0,84 | | |  | | |
| *Torrenticola hyporheica\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola ischnophallus\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola laskai\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola ungeri\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| \* novi nalazi za faunu vodengrinja Hrvatske | | | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  |  |
| \*\* zbog oštećenja na jedinoj pronađenoj jedinki ovaj nalaz se ne može sa sigurnošću potvrditi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  |

Tablica 4.1. (nastavak) brojnost svojti vodengrinja (izražena kao broj jedinki /m2) nađenih na 20 istraživanih postaja rijeke Bednje u 2015. godini. Nazivi i karakteristike longitudinalno numeriranih postaja nalaze se u tablici 3.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Broj postaje** | **11** | **11** | **11** | | **12** | | **12** | | **12** | | **12** | | **13** | | **13** | | **13** | | **13** | | **14** | | | **14** | | | **14** | | | **15** | | | **15** | | | **15** | | |
| **Supstrat** | **Technolithal** | **Fital - makrofiti** | **Mikrolital** | | **Akal** | | **Psammal** | | **Mikrolital** | | **Ksilal** | | **Akal** | | **Psammal** | | **Mikrolital** | | **Ksilal / Detritus** | | **Ksilal / Detritus** | | | **Akal** | | | **Psammal** | | | **Akal** | | | **Ksilal** | | | **Psammal** | | |
| *Atractides loricatus* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Atractides* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Aturus scaber* | 1,45 |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| Hydrachnidia non. det. (larvae) | 1,45 |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | | 1,45 | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Hygrobates calliger* |  |  | 4,00 | |  | |  | |  | |  | | 4,80 | |  | |  | |  | |  | | | 1,45 | | |  | | | 3,76 | | |  | | |  | | |
| *Hygrobates fluviatilis* | 1,45 |  | 4,00 | | 1,45 | |  | |  | |  | | 6,40 | |  | |  | |  | |  | | | 4,36 | | |  | | | 7,53 | | | 32,00 | | | 48,00 | | |
| *Hygrobates longiporus* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Hygrobates* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Hygrobates trigonicus\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | | 3,76 | | |  | | | 8,00 | | |
| *Lebertia* sp. | 7,27 | 3,20 | 28,00 | | 1,45 | | 12,00 | |  | |  | | 4,80 | |  | |  | |  | |  | | | 1,45 | | | 6,00 | | | 1,35 | | |  | | | 24,00 | | |
| *Mideopsis orbicularis* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 4,00 | |  | |  | |  | | |  | | | 8,00 | | | 2,82 | | |  | | |  | | |
| *Mideopsis* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Neoacarus hibernicus\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | | 1,88 | | |  | | |  | | |
| *Nudomideopsis* cf. *motasi\*\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Protzia* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon clupeifer* |  | 3,20 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon compactilis\** | 1,45 |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon denticulates grupa* | 1,45 |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 8,00 | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon hibernicus* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon hispidus* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon insignis* |  |  | 4,00 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon papillosus\** | 4,36 |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon* sp. | 3,00 |  | 4,00 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchonopsis verrucosa* | 1,45 |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola amplexa* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola elliptica* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola hyporheica\** | 1,45 |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola ischnophallus\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | | 4,76 | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola laskai\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | | 1,45 | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola ungeri\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| \* novi nalazi za faunu vodengrinja Hrvatske | | | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  |  |
| \*\* vrsta nije do sad nađena na području Hrvatske, ali zbog oštećenja na jedinoj pronađenoj jedinki ovaj nalaz se ne može sa sigurnošću potvrditi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  |

Tablica 4.1. (nastavak) Brojnost svojti vodengrinja (izražena kao u broj jedinki /m2) nađenih na 20 istraživanih postaja rijeke Bednje u 2015. godini. Nazivi i karakteristike longitudinalno numeriranih postaja nalaze se u tablici 3.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Broj postaje** | **16** | **16** | **16** | | **16** | | **16** | | **17** | | **17** | | **18** | | **18** | | **18** | | **18** | | **19** | | | **19** | | | **20** | | | **20** | | | **20** | | | **20** | | |
| **Supstrat** | **Mikrolital** | **Mezolital** | **Psammal** | | **Ksilal** | | **Akal** | | **Fital - makrofiti** | | **Technolithal** | | **Mikrolital** | | **Mezolital** | | **Ksilal** | | **Akal** | | **Technolithal** | | | **Mikrolital** | | | **Mikrolital** | | | **Psammal** | | | **Ksilal** | | | **Akal** | | |
| *Atractides loricatus* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Atractides* sp. |  |  | 16,00 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Aturus scaber* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| Hydrachnidia non. det. (larvae) |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 1,60 | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Hygrobates calliger* |  |  |  | |  | |  | |  | | 0,84 | | 16,00 | | 2,67 | |  | | 12,00 | |  | | | 17,60 | | | 2,29 | | |  | | | 8,00 | | |  | | |
| *Hygrobates fluviatilis* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 5,33 | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Hygrobates longiporus* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | | 1,67 | | |  | | |  | | |
| *Hygrobates* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | | 1,60 | | | 1,14 | | |  | | |  | | |  | | |
| *Hygrobates trigonicus\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Lebertia* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | | 0,84 | | 2,67 | | 2,67 | |  | | 12,00 | |  | | | 8,00 | | | 2,29 | | | 1,67 | | |  | | |  | | |
| *Mideopsis orbicularis* |  |  |  | |  | |  | |  | | 5,89 | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Mideopsis* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Neoacarus hibernicus\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | | 1,14 | | |  | | |  | | |  | | |
| *Nudomideopsis* cf. *motasi\*\** |  |  |  | |  | |  | |  | | 0,84 | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Protzia* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon clupeifer* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon compactilis\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon denticulates grupa* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 2,67 | |  | |  | |  | | | 1,60 | | |  | | |  | | | 8,00 | | |  | | |
| *Sperchon hibernicus* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | | 2,67 | |  | | 4,00 | | 4,00 | |  | | |  | | | 1,14 | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon hispidus* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | | 8,00 | | |  | | |
| *Sperchon insignis* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon papillosus\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchon* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | | 16,00 | | 53,33 | |  | | 4,00 | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Sperchonopsis verrucosa* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola amplexa* |  |  |  | |  | |  | |  | | 6,74 | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola elliptica* |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola hyporheica\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola ischnophallus\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | | 5,33 | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola laskai\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola* sp. |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 2,67 | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| *Torrenticola ungeri\** |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 1,60 | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |
| \* novi nalazi za faunu vodengrinja Hrvatske | | | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  |  |
| \*\* zbog oštećenja na jedinoj pronađenoj jedinki ovaj nalaz se ne može sa sigurnošću potvrditi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  | | |  |

Tablica 4.2. Fizikalno kemijski parametri na istraživanim postajama rijeke Bednje. Nazivi i karakteristike longitudinalno numeriranih postaja nalaze se u tablici 3.1. ( KMnO₄= koncentracija kalijevog permanganata, BPK₅= biokemijska potrošnja kisika, NH₄⁺= koncentracija amonijevih iona, NO₂⁻= koncentracija nitrita, NO₃⁻=koncentracija nitrata, ORG. N= organski dušik, Ʃ N= ukupni dušik, PO₄3⁻= koncentracija ortofosfata, Ʃ P= ukupni fosfor)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Postaja uzorkovanja** | **Temperatura (**℃) | **Koncentracija otopljenog kisika(mg/L)** | **Zasićenost vode kisikom (%)** | **Konduktivitet (μS/cm)** | **pH** | **KMnO₄ (mgO₂/L)** | **BPK₅ (mgO₂/L)** | **NH₄⁺ (mgN/L)** | **NO₂⁻ (mgN/L)** | **NO₃⁻ (mgN/L)** | **ORG. N (mgN/L)** | **Ʃ N (mgN/L)** | **PO₄3⁻ (mgP/L)** | **Ʃ P (mgP/L)** |  |
|
|
|
| 1 | 14,70 | 8,90 | 88,10 | 620,00 | 8,10 | 3,60 | 2,40 | 0,07 | 0,00 | 0,80 | 0,53 | 1,40 | 0,02 | 0,13 |  |
| 2 | 24,80 | 8,70 | 106,00 | 608,00 | 8,03 | 3,70 | 2,70 | 0,13 | 0,07 | 0,87 | 0,03 | 1,10 | 0,02 | 0,13 |  |
| 3 | 22,50 | 6,70 | 78,10 | 609,00 | 8,03 | 3,70 | 2,70 | 0,13 | 0,07 | 0,87 | 0,03 | 1,10 | 0,02 | 0,13 |  |
| 4 | 22,50 | 6,00 | 69,90 | 419,00 | 7,90 | 6,60 | 4,60 | 0,09 | 0,02 | 0,44 | 0,76 | 1,32 | 0,01 | 0,08 |  |
| 5 | 21,50 | 6,30 | 72,00 | 448,00 | 8,03 | 9,60 | 7,70 | 0,05 | 0,02 | 0,51 | 1,15 | 1,73 | 0,02 | 0,30 |  |
| 6 | 22,50 | 7,90 | 92,10 | 513,00 | 8,24 | 5,00 | 3,50 | 0,08 | 0,03 | 0,63 | 0,77 | 1,47 | 0,03 | 0,17 |  |
| 7 | 23,10 | 8,20 | 96,70 | 516,00 | 8,21 | 3,90 | 2,70 | 0,04 | 0,02 | 0,79 | 0,33 | 1,18 | 0,02 | 0,14 |  |
| 8 | 22,30 | 7,20 | 83,50 | 529,00 | 8,01 | 3,70 | 2,40 | 0,06 | 0,04 | 0,88 | 0,24 | 1,22 | 0,03 | 0,10 |  |
| 9 | 23,50 | 7,70 | 91,40 | 528,00 | 8,02 | 3,80 | 2,80 | 0,26 | 0,08 | 1,09 | 0,36 | 1,79 | 0,04 | 0,16 |  |
| 10 | 25,70 | 7,60 | 92,60 | 512,00 | 8,39 | 3,60 | 2,20 | 0,06 | 0,06 | 1,22 | 0,10 | 1,45 | 0,04 | 0,14 |  |
| 11 | 24,80 | 7,60 | 92,60 | 510,00 | 8,31 | 3,60 | 2,20 | 0,06 | 0,06 | 1,22 | 0,10 | 1,45 | 0,04 | 0,14 |  |
| 12 | 23,60 | 7,60 | 92,60 | 511,00 | 8,28 | 3,60 | 2,20 | 0,06 | 0,06 | 1,22 | 0,10 | 1,45 | 0,04 | 0,14 |  |
| 13 | 23,20 | 7,60 | 89,80 | 520,00 | 8,31 | 3,40 | 2,00 | 0,00 | 0,04 | 1,28 | 0,07 | 1,40 | 0,04 | 0,15 |  |
| 14 | 20,40 | 7,40 | 82,70 | 531,00 | 8,08 | 3,40 | 1,90 | 0,06 | 0,04 | 1,32 | 0,14 | 1,57 | 0,04 | 0,15 |  |
| 15 | 23,50 | 7,60 | 90,30 | 566,00 | 8,21 | 4,20 | 3,00 | 0,00 | 0,04 | 1,49 | 0,13 | 1,67 | 0,04 | 0,14 |  |
| 16 | 23,50 | 7,60 | 90,30 | 566,00 | 8,21 | 4,20 | 3,00 | 0,00 | 0,04 | 1,49 | 0,13 | 1,67 | 0,04 | 0,14 |  |
| 17 | 25,70 | 7,40 | 91,70 | 570,00 | 8,48 | 5,80 | 4,60 | 0,01 | 0,05 | 1,84 | 0,93 | 2,88 | 0,05 | 0,14 |  |
| 18 | 25,50 | 7,70 | 95,10 | 574,00 | 8,41 | 5,90 | 4,40 | 0,12 | 0,05 | 1,89 | 0,47 | 2,48 | 0,06 | 0,19 |  |
| 19 | 24,50 | 7,00 | 84,80 | 580,00 | 8,27 | 5,40 | 3,60 | 0,04 | 0,06 | 1,79 | 0,18 | 2,07 | 0,05 | 0,20 |  |
| 20 | 22,50 | 8,00 | 93,20 | 580,00 | 8,24 | 5,30 | 4,20 | 0,10 | 0,07 | 1,81 | 0,36 | 2,43 | 0,05 | 0,16 |  |

Četiri postaje ( postaje 1, 4, 16 i 20) imaju srednju vrijednost hidromorfoloških ocjena 1, što znači da ti dijelovi vodotoka rijeke Bednje nisu bili izloženi hidromorfološkim alternacijama. Postaje 3, 8, 9, 12, 13, 14 i 15 imaju srednju ocjenu 2, što znači da je ekologija rijeke na tim područjima dobro uščuvana uz blage morfološe modifikacije. Tri postaje (2, 5 i 10) sa srednjom ocjenom 3 pokazuju umjerenu hidromorfološku degradaciju. Postajama 6, 11 i 17 dodijeljena je srednja ocjena 4, ukazujući na loše stanje i velike hidromorfološke modifikacije. Ocjene odabranih hidromorfoloških značajki na istraživanim postajama prikazane su u Tablici 4.3.

Tablica 4.3. Odabrane hidromorfološke značajke kao pokazatelji alternacije/degradacije staništa na istraživanim postajama rijeke Bednje (maksimalna ocjena 5- označava potpunu degradaciju staništa, ocjena 1 - označava nepromijenjeno stanište). Nazivi i karakteristike longitudinalno numeriranih postaja nalaze se u tablici 3.1.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Postaja uzorkovanja** | Vrsta/struktura vegetacije na obalama i na okolnom zemljištu | Stopa kanaliziranja vodotoka | Struktura obale i promjene na obali | Povezanost s poplavnim područjem | Srednja vrijednost stupnja hidromorfološke modifikacije |
|
|
|
|
| 1 | 3 | 1,25 | 2 | 2 | 1,44 |
| 2 | 5 | 2,25 | 3 | 2,33 | 2,75 |
| 3 | 2 | 1,88 | 1,5 | 2 | 1,81 |
| 4 | 1 | 1,38 | 1 | 1,33 | 1,38 |
| 5 | 5 | 2,25 | 3 | 5 | 2,88 |
| 6 | 5 | 2,75 | 5 | 5 | 3,5 |
| 7 | 5 | 2,5 | 4,5 | 4,33 | 3,19 |
| 8 | 4 | 2 | 2,5 | 2,67 | 2,13 |
| 9 | 4 | 2 | 2,5 | 2,67 | 2,13 |
| 10 | 5 | 2,75 | 3 | 3 | 2,75 |
| 11 | 5 | 3,38 | 4 | 4 | 3,5 |
| 12 | 4 | 1,75 | 3 | 3,33 | 2,06 |
| 13 | 4 | 2 | 2,5 | 3 | 2,19 |
| 14 | 2 | 1,63 | 2 | 2 | 1,63 |
| 15 | 5 | 1,88 | 3 | 3 | 2,19 |
| 16 | 2 | 1,35 | 5 | 2 | 1,38 |
| 17 | 5 | 3,25 | 5 | 5 | 4 |
| 18 | 3 | 1,75 | 2,5 | 2,33 | 1,81 |
| 19 | 5 | 1,88 | 4 | 4,67 | 2,63 |
| 20 | 2 | 1 | 1,5 | 1,33 | 1,13 |

## 4.1. Utjecaj okolišnih parametra na sastav zajednica i distribuciju vodengrinja

Spearmanovim koeficijentom korelacije utvrđeno je kako nadmorska visina, površina slijevnog područja i udaljenost od izvora utječu na brojnost, bogatstvo vrsta i raznolikost zajednice vodengrinja (Tablica 4.1.1).

Tablica 4.1.1. Vrijednosti Spearmanovog koeficijenta korelacije i razine statističke značajnosti (p) između različitih okolišnih karakteristika postaja [Udaljenost od izvora (km), Nadmorska visina (m) i Površina slijevnog područja (km2)] i obilježja zajednice vodengrinja [brojnost (N, broj jedinki/m2), bogatstvo vrsta (SR) i Shannon-ov indeks raznolikosti (H'(loge))]. Sve navedene korelacije statistički su značajne (p vrijednost < 0,05).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Analizirani parovi varijabli | Broj opservacija | | Spearmanov koeficijent | p-vrijednost |
| N & Površina slivnog područja (km2) | 71 | 0,259 | | 0,029 |
| N & Nadmorska visina (m) | 71 | -0,258 | | 0,030 |
| N & Udaljenost od izvora (m) | 71 | 0,258 | | 0,030 |
| S & Površina slivnog područja (km2) | 71 | 0,311 | | 0,008 |
| S & Nadmorska visina (m) | 71 | -0,310 | | 0,008 |
| S & Udaljenost od izvora (m) | 71 | 0,310 | | 0,008 |
| H'(loge) & Površina slijevnog područja (km2) | 71 | 0,295 | | 0,013 |
| H'(loge) & Nadmorska visina (m) | 71 | -0,294 | | 0,013 |
| H'(loge) & Udaljenost od izvora (m) | 71 | 0,294 | | 0,013 |

Spearmanovim koeficijentom korelacije također je utvrđeno da sve odabrane značajke hidromorfološke degradacije značajno utječu na brojnost, bogatstvo vrsta i raznolikost zajednice vodengrinja (Tablica 4.1.2).

Tablica 4.1.2. Vrijednosti Spearmanovog koeficijenta korelacije između različitih okolišnih karakteristika postaja (Vrsta/struktura vegetacije na obalama i na okolnom zemljištu, Stopa kanaliziranja vodotoka, Struktura obale i promjene na obali, Povezanost s poplavnim područjem, Srednja vrijednost stupnja hidromorfološke modifikacije) i obilježja zajednice vodengrinja [brojnost (N, broj jedinki/m2), bogatstvo vrsta (SR) i Shannon-ov indeks raznolikosti (H'(loge))]. Sve navedene korelacije statistički su značajne (p vrijednost < 0,05).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| HYMO značajka | S | N | H'(loge) |
| Vrsta/struktura vegetacije na obalama i na okolnom zemljištu | 0,329 | 0,400 | 0,329 |
| Stopa kanaliziranja vodotoka | 0,338 | 0,376 | 0,338 |
| Struktura obale i promjene na obali | 0,379 | 0,431 | 0,379 |
| Povezanost s poplavnim područjem | 0,359 | 0,402 | 0,359 |
| Srednja vrijednost stupnja hidromorfološke modifikacije | 0,356 | 0,407 | 0,356 |

CCA analiza korištena je za testiranje zastupljenosti vodengrinja s obzirom na raspoloživa mikrostaništa (supstrate) duž istraživanih postaja rijeke Bednje (Slika 5.1.1). Monte Carlo test utvrdio je da su vrijednosti ordinacije statistički značajne (F = 2,4; p < 0,01). Vrijednosti prve dvije osi iznosile su 0,610 i 0,543. *Y - os* jasno je razdvojila tehnolital i vrste koje preferiraju ovaj supstrat od ostalih raspoloživih supstrata (mikrostaništa). Vrste *Torrenticola amplexa ,T. hyporheica, T. ungeri, Sperchon papillosus, S. compactilis, Aturus scaber* i *Protzia* sp*.* pokazale su afinitet prema umjetnim podlogama, odnosno mikrostaništu tehnolital. Vrste *Atractides loricatus* i *S. hibernicus* su vrste vodengrinja koje su se na ordinaciji grupirale pokazavši preferenciju prema postajama s većim udjelom mikrostaništa mikrolital. Vrsta *Hygrobates longiporus* pokazuje preferenciju prema mikrostaništu psammal. Ostale vrste smještene su centralno u ordinaciji, bez jasnih afiniteta prema pojedinim mikrostaništima.



Slika 4.1.1. Grafički prikaz CCA analize: distribucija vodengrinja s obzirom na raspoloživa mikrostaništa (supstrate) na istraživanim postajama rijeke Bednje. Pojedine vrste vodengrinja su označene sivim kvadratima (♦), a u analizi je korištena brojnost samo odraslih jedinki (determinirane do razine vrste ili za *Lebertia* sp. i *Protzia* sp. do razine roda). Raspoloživi supstrati označeni su strelicama. *Atractides loricatus = Atr Lor, Aturus scaber = Atu Sca, Hygrobates calliger = Hyg cal, H. fluviatilis = Hyg flu, H. longiporus = Hyg Lon, H. trigonicus = Hyg Tri, Lebertia* sp*. = Leb Sp, Mideopsis orbicularis = Mid Orb, Neoacarus hibernicus = Neo Hib, Protzia* sp. *= Pro Sp, Sperchon clupeifer = Spe Clu, S. compactilis = Spe Com, S. hibernicus = Spe hib, S. hispidus = Spe his, S. insignis = Spe ins, S. papillosus = Spe Pap, Sperchonopsis verrucosa = Spe Ver, Torrenticola amplexa = Tor Amp, T. elliptica = Tor Ell, T. hyporheica =Tor hyp, T. ischnophallus = Tor isc, T. laskai = Tor las, T. ungeri = Tor Ung.*

Pomoću kanoničke analize podudarnosti „interactive forward analysis“ utvrđeno je kako je samo sedam od petnaest mjerenih fizikalno kemijskih parametara (koncentracije ortofosfata, ukupnog fosfora i ukupnog dušika, konduktivitet - električna provodnost vode, temperatura vode, KPK - kemijska potrošnja kisika te zasićenje kisikom), imalo doprinos u sastavljanju zajednice vodengrinja koji objašnjava više od 0,5 % ukupne varijacije (Tablica 4.1.3). Kao jedini statistički značajni parametar, utvrđena je koncentracija ortofosfata.

Tablica 4.1.3.Vrijednosti pojedinih fizikalno-kemijskih parametara u kanoničkoj analizi podudarnosti „interactive forward analysis“ u odnosu na varijabilnost sastava zajednica vodengrinja (p = razina značajnosti).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| PARAMETAR | Objašnjeno varijacije % | Doprinos u analizi % | pseudo-F | p |
| **PO₄3⁻ (koncentracija ortofosfata)** | **3.9** | **39** | **2.8** | **0.012** |
| Ʃ N (ukupni dušik) | 1.1 | 10.9 | 0.8 | 0.477 |
| KPK (kemijska potrošnja kisika) | 1.3 | 13.1 | 0.9 | 0.367 |
| Zasićenje kisikom | 1.2 | 12.5 | 0.9 | 0.499 |
| Temperatura vode | 0.9 | 9.3 | 0.7 | 0.658 |
| Ʃ P (ukupni fosfor) | 0.9 | 9.5 | 0.7 | 0.607 |
| Konduktivitet - električna provodnost vode | 0.6 | 5.7 | 0.4 | 0.924 |

Pomoću Spearmanovog koeficijenta korelacije utvrđeni su utjecaji pojedinih fizikalno-kemijskih parametara na brojnost determiniranih vrsta vodengrinja (Tablica 4.1.4).

Tablica 4.1.4. Vrijednosti Spearmanovog koeficijenta korelacije između različitih okolišnih parametra i pojedinih svojti vodengrinja. Statistički značajne (p vrijednost < 0,05) korelacije **masno** su otisnute. Prikazane su samo vrste i fizikalno-kemijski parametri za koje je utvrđena barem jedna statistički značajna korelacija.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| PARAMETAR | *Atractides loricatus* | *Hygrobates fluviatilis* | *Lebertia sp.* | *Mideopsis orbicularis* | *Sperchon hispidus* | *Sperchonopsis verrucosa* | *Torrenticola hyporheica* |
| Maksimalna brzina strujanja vode(m/s) | **0.288** | **0.330** | **0.396** | **0.329** | **0.328** | 0.159 | 0.134 |
| Udaljenost od izvora (m) | 0.159 | 0.126 | 0.090 | **0.288** | **0.242** | 0.134 | **0.284** |
| Temperatura vode | 0.051 | **0.238** | 0.170 | 0.210 | 0.065 | 0.118 | 0.170 |
| Zasićenje kisikom | 0.123 | 0.229 | 0.040 | **0.357** | **0.260** | 0.170 | 0.111 |
| Konduktivitet - električna provodnost vode | 0.039 | -0.020 | -0.120 | 0.108 | -0.113 | **-0.350** | 0.028 |
| pH | -0.001 | 0.219 | 0.071 | **0.288** | **0.321** | 0.221 | **0.284** |
| KPK (kemijska potrošnja kisika) | 0.137 | 0.079 | 0.044 | **0.287** | **0.308** | 0.040 | 0.045 |
| BPK (biološka potrošnja kisika) | 0.119 | 0.027 | 0.021 | **0.255** | **0.263** | -0.032 | 0.031 |
| NO3- (koncentracija nitrata) | 0.076 | 0.163 | 0.067 | **0.282** | 0.085 | -0.006 | **0.271** |
| Ʃ N (ukupni dušik) | 0.142 | 0.049 | 0.081 | **0.264** | **0.276** | 0.122 | 0.189 |
| PO4-3(koncentracija ortofosfata) | 0.186 | 0.168 | 0.080 | **0.319** | **0.246** | 0.136 | **0.262** |
| Ʃ P (ukupni fosfor) | 0.168 | 0.086 | 0.130 | **0.245** | **0.400** | **0.276** | **0.256** |

# 5. RASPRAVA

Najzastupljenija vrsta vodengrinja u rijeci Bednji je *Hygrobates fluviatilis.* Navedena vrstaprisutna je na raznolikim mikrostaništima, bez jasnih preferenca prema određenom tipu supstrata. *Hygrobates fluviatilis* je široko rasprostranjena vrsta koja nastanjuje razne tipove slatkovodnih tekućica, čak i reokrene izvore (Gerecke i sur., 2016.), stoga ne iznenađuje velika prisutnost ove vrste u analiziranim uzorcima.Vrsta *Atractides loricatus* pronađena je na samo na postaji 7 (Lepoglava). Pronalazak ove vrste je neočekivan s obzirom da uglavnom nastanjuje hipokrena i epiritralna područja planinskih tekućica (Gerecke i Hörweg, 2013). Do sada je zabilježena u planinskim područjima Tatra, Alpi, Dinarida i Sardinije (Gerecke, 2014). Vrsta *Nudomideopsis motasi* do sada je samo jednom zabilježena na području Hrvatske, u Markarovoj špilji kod Ogulina (Smit i sur., 2000). Ova vrsta pojavljuje se u izvorima i hiporeičkim zonama, a do sada je zabilježena na samo četiri lokaliteta u Europi, uključujući i nalaz iz Hrvatske, te se smatra rijetkom (Gerecke i sur., 2016). U ovom istraživanju pronađena je jedna jedinka koja sugerira kako bi mogla biti riječ o ovoj vrsti, ali zbog oštečenosti uzorka ovaj nalaz nije moguće sa sigurnošću potvrditi.

Utvrđeno je kako je brojnost, bogatstvo vrsta i (posljedično) lokalna raznolikost zajednica vodengrinja pozitivno asocirana longitudinalnim gradijentom tekućice, odnosno kako navedene karakteristike zajednica rastu udaljavanjem od izvora prema ušću. Navedeno potvrđuju tri parametra koju su dakako u snažnoj kovarijaciji: udaljenost od izvora, nadmorska visina te površina slijevnog područja. Premda brojni radovi govore o velikom bogatstvu i raznolikosti vodengrinja izvora i izvorišnih tokova (Gerecke i sur., 2018., Pešić i sur., 2019., Pozojević i sur., 2020.), u ovom slučaju fauna vodengrinja izvora najvjerojatnije je na neki način zakinuta kvantitativnom pristupom uzorkovanja. Naime, pri uzorkovanju uzimaju se u obzir samo mikrostaništa s postotnim udjelom većim od 5% te je posljedično najvjerojatnije zanemaren neki važni mikrolokalitet u kojem potencijalno postoji zajednica vodengrinja. Također, u izvorskim sustavima često nalazimo vrste čiji su nalazi često pojedinačni, odnosno populacije su vrlo male gustoće. Detaljno kvalitativno istraživanje izvorišnog područja rijeke Bednje, zasigurno bi otkrilo još veće bogatstvo svojti u ovom akvatičkom ekosustavu.

Iznenađujuće, sve varijable koje opisuju hidromorfološku degradaciju statistički značajno pozitivno utječu na brojnost, bogatstvo vrsta i raznolikost zajednice vodengrinja. Druga hipoteza ovog rada je bila da s obzirom na njihovu veličinu, vodengrinje nisu pod utjecajem velikih hidromorfoloških izmjena na vodotocima, no ovaj bi rezultat mogao upućivati na smanjenu kompeticiju na staništima uslijed hidromorfoloških alternacija. Izgledno je da uslijed destrukcije staništa za veće i osjetljivije makroskopske beskralježnjake, dolazi do smanjene kompeticije, uslijed čega se zajednica meiofaune bolje razvija, što bi i objašnjavalo statistički značajne pozitivne korelacije brojnosti, bogatstva vrsta te raznolikosti zajednica vodengrinja s parametrima hidromorfološke degradacije.

Vrste *Torrenticola amplexa ,T. hyporheica, T. ungeri, Sperchon papillosus, S. compactilis, Aturus scaber* i *Protzia* sp*.* pokazale su afinitet prema umjetnim mikrostaništima, odnosno prema mikrostaništu tehnolital. Radi se o nabacanim, većim ili manjim kamenim ili betonskim blokovima. Vodengrinje porodice Torrenticolidae, u koju spadaju i vodengrinje roda *Torrenticola*, preferiraju staništa s bržim strujanjem vode i kamenitim dnom (Goldschmidt, 2007., Smith i sur., 2010., Proctor i sur., 2015.). Umjetne, betonske podloge nemaju trodimenzionalnu strukturu prirodnog staništa kojom bi usporile tok vode, stoga su ovakva staništa idealna za vrste koje nastanjuju brže dijelove vodotoka. Također, kao što je bio slučaj i sa hidromorfološki degradiranim staništima, moguće je da na umjetnim podlogama, uslijed smanjene kompeticije s makroskopskim beskralježnjacima, ova je skupina u određenoj prednosti.

Utvrđeno je kako fizikalno-kemijski parametri imaju relativno mali utjecaj na ukupnu varijabilnost zajednica vodengrinja (glavni analizirani parametri su odgovorni za tek 10-ak % varijabilnosti). Mogući uzrok tome je činjenica da se radi o jednom vodotoku koji, premda analiziran čitavim tokom, u nekim važnim varijablama kao što je temperatura, pokazuje relativnu uniformnost (iznimka je dakako izvorišno područje). Dotok nutrijenata i obogaćenje ekosustava organskim tvarima, dijelom je prirodan proces (Carpenter, 1981) koji se povećava na longitudinalnom gradijentu, ali je također posljedica i antropogenih pritisaka na rijeku Bednju. Hranjive soli kao što su nitrati i fosfati često su u vodotocima u povećanim koncentracijama uslijed ispiranja s okolnih poljoprivrednih površina u slivnom području (Novotny, 1999). Navedeni spojevi koji ukazuju na proces eutrofikacije dakako utječu na bentičke beskralježnjake (citat), a ortofosfati značajno utječu na varijabilnost zajednica vodengrinja rijeke Bednje.

Vrste *Atractides loricatus*, *Hygrobates fluviatilis* i *Lebertia* sp. pozitivno su korelirale s povećanom brzinom strujanja vode, što je u skladu s Gerecke i sur. (2016) koji opisuju ove vrste kao ritrobionte. Rod *Lebertia* broji mnogo vrsta raspoređenih u pet podrodova sa čitavim spektrom stanišnim preferencija (Gerecke. 2009.). Vrste *Mideopsis orbicularis* i *Sperchon hispidus* pokazuju naklonost nizvodnijim staništima (udaljenijim od izvora) te toleranciju na organsko opterećenje i povećane koncentracije hranjivih tvari (Gerecke i sur., 2016). Statistički značajna povezanost (korelacija) brojnosti ovih dviju vrsta sa gotovo jednakim okolišnim parametrima ukazuje na moguću prirodnu kohabitaciju ovih dviju vrsta. Vrsta *Sperchonopsis verrucosa* negativno je korelirala s povećanim vrijednostimaelektrične provodljivosti vode, koje su uglavnom prisutne u gornjim dijelovima toka. Ovakva korelacija ne iznenađuje budući da Zawal i sur. (2017) opisuju vrstu kao svojtu koja preferira donje dijelove rijeka.

U sklopu ovog istraživanja pronađene su 22 vrste vodengrinja od kojih je čak 8 prvi put zabilježeno na području Hrvatske, čime je broj zabilježenih vrsta u Hrvatskoj povećan na 104. Od 8 novozabilježenih vrsta 3 vrste preferiraju zonu hiporeika: *Neoacarus hibernicus* (Gerecke i sur., 2016)*, Torrenticola hyporheica*  (Di Sabatino A., Cicolani B., 1993) i *Torrenticola ungeri* (Schwoerbel 1986). *Hygrobates trigonicus* je ritrobiont raširen po čitavom zapadnom palearktiku (Gerecke i sur., 2016), stoga pronalazak ove vrste ne iznenađuje. *Sperchon compactilis* i *Sperchon papillosus* su reobionti prošireni diljem Europe, Turske i Irana te se često pronalaze u kohabitaciji (Di Sabatino i sur., 2010), što je potvrđeno i ovim istraživanjem. *Torrenticola laskai* je zabilježena u brojnim nalazima iz južne i srednje Europe (Di Sabatino i sur., 2009), a sada je prvi put zabilježena i u Hrvatskoj. *Torrenticola ischnophallus* je rijetka i slabo istražena vrsta koja nastanjuje područja s bržim strujanjima vode i kamenitim dnom (Di Sabatino i sur., 2010). Dosad je zabilježena na samo par lokaliteta u Europi (Esen & Erman, 2014), stoga je pronalazak 6 jedinki na području rijeke Bednje vrijedno otkriće za bolje upoznavanje areala rasprostranjenja ove vrste.

Ovo istraživanje na samo jednom vodotoku s čak 36% vrsta prvi put zabilježenih u Hrvatskoj, ukazuje na slabu istraženost vodengrinja u Hrvatskoj.

# 6. ZAKLJUČCI

* Brojnost i bogatstvo vrsta i zajednica vodengrinja pozitivno je povezana s longitudinalnim gradijentom lotičkog sustava, odnosno navedene karakteristike zajednica rastu udaljavanjem od izvora prema ušću.
* Suprotno očekivanjima, hidromorfološke alternacije imaju značajan, i to pozitivan utjecaj na sastav zajednica vodengrinja, vjerojatno radi smanjene kompeticije s drugim bentičkim makroskopskim beskralješnajcima. Čak 32% od pronađenih vrsta vodengrinja pokazalo je afinitet za umjetna mikrostaništa (tehnolital). Ipak, taj rezultat ne znači nužno da vodengrinje preferiraju degradirana staništa, stoga se tumačenju ovog rezultata treba pristupati s oprezom.
* Utvrđeno je da fizikalno-kemijski parametri imaju mali utjecaj na varijabilnost zajednica vodengrinja. Koncentracija ortofosfata je jedini fizikalno-kemijski parametar koji značajno utječe na varijabilnost vodengrinja.
* U sklopu ovog istraživanja otkriveno je 8 novih vrsta za faunu Hrvatske, čime je potvrđena relativno mala istraženost vodengrinja i potreba za njihovim daljnjim proučavanjem.
* Ukupan broj zabilježenih vrsta vodengrinja u Hrvatskoj zaključno s ovim radom iznosi 104.

# 7. ZAHVALE

*Za pomoć pri izradi ovog rada veliko hvala mentoru Prof. dr. sc. Zlatku Mihaljeviću od izbora teme, terenskog i laboratorijskog rada do samog pisanja teksta. Posebno bih htjela zahvaliti na velikom strpljenju, posvećenom vremenu, konstantnom poticanju u izradi ovog rada te najviše na naučenim osnovama o pisanju znanstvenog rada.*

# 8. POPIS LITERATURE

Allan J. D. (2004): Influence of land use and landscape setting on the ecological status of rivers. Limnetica, 23, str: 187-196.

AQEM consortium (2002): Manual for the application of the AQEM method A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive, Version 1,0, February 2002, str: 1 – 198.

Besseling J. A. (1957): Zoological Results of a Collecting Journey to Yugoslavia, 1954, Wassermilben, Beaufortia, 61 (5), str: 179–181.

Bolle D., Wauthy G., Lebrun P. (1977): Etude preliminaire sur les hydracariens (Acari, Prostigmata) en tant que bioindicateurs de pollution des eaux courantes, Annales de la Société royale zoologique de Belgique, 106 (2-4), str: 201-209.

Calapez A. R., Branco P., Santos J. M., Ferreira T., Hein T., Brito A. G., Feio M. J. (2017): Macroinvertebrate short-term responses to flow variation and oxygen depletion: a mesocosm approach. Science of the Total Environment 599–600, str: 1202–1212.

Carpenter S. R. (1981): Submersed vegetation: an internal factor in lake ecosystem succession.The American Naturalist*,* 118, str: 372-383.

Carpenter S. R., Caraco N. F., Correll D. L., Howarth R. W., Sharpley A. N., Smith V. H. (1998): Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. Ecological Applications, 8, str: 559-568.

Davids C., Belier R. (1979): Spermatophores and sperm transfer in the water mite *Hydrachna conjecta* Koen, Reflections of the descent of water mites from terrestrial forms, Acarologia, 21, str: 84-90.

Davids C., Di Sabatino A., Gerecke R. (2007): Chelicerata: Araneae, Acari I, U: Bartsch I., Davids C., Deichsel R. (ur.), Chelicerata: Araneae, Acari I, Süßwasserfauna von Mitteleuropa 7/2-1, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, str: 241-333.

Di Sabatino A., Cicolani B. (1993): On the presence of the family Torrenticolidae Piersig (Acari, Hydrachnidia) in interstitial waters of Sicily (South Italy): description of a new species. Annales de Limnologie - International Journal of Limnology, 29, str: 31-39.

Di Sabatino A., Gerecke R., Martin P. (2000): The biology an ecology of lotic water mites. Freshwater biology, 44, 47-62.

Di Sabatino A., Gerecke R., Gledhill T., Smit H. (2010): Chelicerata: Acari II, U: Gerecke R. (ur.) Süßwasserfauna von Mitteleuropa 7/2-2, Spektrum, Heidelberg, str: 1–216.

Di Sabatino A., Gerecke R., Gledhill T., Smit H. (2009): On the taxonomy of water mites (Acari: Hydrachnidia) described from the Palaearctic, part 2: Hydryphantoidea and Lebertioidea. Zootaxa 2266, str: 1-34.

Di Sabatino A., Smith H., Gerecke R., Goldsmidt T., Matsumoto N., Cicolani B. (2008): Global diversity of water mites (Acari, Hydrachnidia, Arachnida) in freshwater. Hydrobiologia, 595 (1), str: 303-315.

DIN EN 15843 (2010): Water Quality – Guidance standard on determining the degree of modification of river hydromorphology, European standard CEN/TC 230

Effenberger M., Sailer G., Townsend C. R., Matthaei C. D. (2006): Local disturbance history and habitat parameters influence the microdistribution of stream invertebrates. Freshwater Biology, 51, str: 312-332.

Esen Y., Erman O. (2014): Kahramanmaraş İli Monatractides K. Viets, 1926 ve Torrenticola Piersig, 1896 (Acari: Hydrachnidia: Torrenticolidae) Türleri ve Türkiye Faunası İçin İki Yeni Kayıt. Firat Univ. Journal of Science, 26 (1), str: 39-44.

Gerecke R. Gledhill T., Pešić V., Smit H. (2016): Chelicerata: Acari III, U: Gerecke R. (ur.) Süßwasserfauna von Mitteleuropa 7/2-3, Spektrum, Heidelberg, str: 1–417.

Gerecke H., Hörweg C. (2013): Water mites of the genus Atractides (Acari: Hydrachnidia: Hygrobatidae) from the Gesäuse National Park (Austria, Styria). Lauterbornia, 76, str: 69-76.

Gerecke R. (2014): The water mites of the genus *Atractides* Koch 1873 (Acari, Hydrachnidia: Hygrobatidae) in Corsica and Sardinia. Zoosystema, 36, str: 735-759.

Goldschmidt T. (2016): Water mites (Acari, Hydrachnidia): powerful but widley neglected bioindicators- a review. Neotropical Biodiversity, 2 (1), str: 12-25.

Illies J. (1978): Limnofauna Europaea; Gustav Fischer: Stuttgart, Germany; New York, NY, USA, str: 1–532.

Kowalik W., Biesiadka E. (1981): Occurence of water mites (Hydracarina) in the river Wieprz polluted with domestic-industry sewage. Acta Hydrobiologica, 23 (4), str: 331-348.

Krantz G. W., Walter D. E. (2009): A Manual of Acarology, Texas Tech University Press, Lubbock (TX), treće izdanje, str: 1-807.

Lanciani C. A. (1979): Detachment of parasitic water mites from the mosquito *Anopheles crucians* (Diptera:Culicidae). Journal of Medical Entomology, 15 (2), str: 99-102.

Lattinger R. (1988): Ekološka diferenciranost faune podzemnih voda Medvednice, Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, str: 1–448.

Mallin M. A., Johnson V. L., Ensign S. H., MacPherson T. A. (2006): Factors contributing to hypoxia in rivers, lakes and streams. Limnology and Oceanography, 51, str: 690-701.

Martin P. (2000): Larval morphology and host-parasite associations of some stream living water mites (Hydrachnidia, Acari). Archiv Für Hydrobiologie, Supplementband, Monographische Beiträge, 121 (3–4), str: 269–320.

Martin P. (2003): Larval morphology of spring-living water mites (Hydrachnidia, Acari) from the Alps. Annales de Limnologie - International Journal of Limnology, 39 (4), str: 363–393.

Martin P. (2005): Water mites (Hydrachnidia, Acari) as predators in lotic environments. Phytophaga, str: 307-321.

Matoničkin I. (1987): Material for the limnofauna of Karst the running waters of Croatia, Plitvice lakes. Biosistematika, 13, str: 25–35.

Matoničkin I., Pavletić Z. (1959): Životne zajednice na sedrenim slapovima rijeke Une i na brzacima pritoke Unca (Biocenosis on the travertine cataracts in the river Una and in the rapids of the affluent Unac). Musei Macedonici Scientiarum naturalium, 2 (56), str: 78–99.

Novotny V., Bedoya D., Virani H., Manolakos E. (2009): Linking indices of biotic integrity to environmental and land use variables: multimetric clustering and predictive models. Water science and technology: a journal of the International Association on Water Pollution Research, 59, str: 1-8.

Novotny V. (1999): Diffuse pollution from agriculture - a worldwide outlook. Water science and tehcnology, 39 (3), str: 1-13.

Paul M. J., Meyer J. L. (2001): Streams in the urban landscape. Annual Review of Ecology and Systematics, 32, str: 333-365.

Pešić V. (2002): New records of water mites (Acari, Actinedida) based on the material collected by T, Petkovski from Croatia, including a check-list of species recorded from Croatia. Natura Croatica, 11 (4), str: 447–453.

Pešić V., Bańkowska A., Goldschmidt T., Grabowski M., Michoński G., Zawal A. (2018): Supplement to the Checklist of water mites (Acari: Hydrachnidia) from the Balkan peninsula. Zootaxa, 4394, str: 151–184.

Pešić V., Saboori A. (2007): A checklist of the water mites (Acari: Hydrachnidia) of Iran. Zootaxa, 1473, str: 45–68.

Pešić V., Smit H., Gerecke R., Di Sabatino A. (2010): The water mites (Acari: Hydrachnidia) of the Balkan peninsula, a revised survey with new records and descriptions of five new taxa, Zootaxa, 2586, str: 1–100.

Pozojević I., Pešić V., Gottstein S. (2019): Two water mite species (Acari: Hydrachnidia) from karst springs new for the fauna of Croatia with notes on distribution and environmental preferences, Natura Croatica, 28 (2), str: 417-424.

Pozojević I., Pešić V., Gottstein T., Gottstein S. (2020): Crenal habitats: sources of water mite (Acari: Hydrachnidia) diversity, Diversity, 12 (9), str: 316.

Pozojević I., Ternjej I., Mihaljević Z., Gottstein S., Vučković N., Dorić V., Rumišek M. (2018a): Prey abundance supporting unusual water mite (Acari: Hydrachnidia) community in a sublacustrine spring and tributary river, Acta Biologica, 25, str: 69–75.

Pozojević I. (2019): Vodengrinje (Hydrachnidiae) kao ključne sastavnice i deskriptori limnokrenih i reokrenih krških izvora Hrvatske, Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet

Proctor H. C., Smith I. M., Cook D. R. i sur. (2015): Subphylum Chelicerata, class Arachnida. U: Thorp J., Rogers D. C. (ur.), Ecology and general biology: Thorp and Covich’s freshwater invertebrates. Academic Press, London, str: 599–660.

Schwoerbel J. (1963): Süβwassermilben aus Mazedonien, Acta Musei Macedonici Scientiarum Naturalium, 9 (4), str: 51–75.

Smit H., Gerecke R., Di Sabatino A. (2000): A catalogue of water-mites of the superfamily Arrenuroidea (Acari: Hydrachnidia) from the Mediterranean countries, Archiv für Hydrobiologie, Supplement 121, str: 201-267.

Smit H., van der Hammen (1992): Water mites as indicators of natural aquatic ecosystems of the coastal dunes of The Netherlands and northwestern France, Hydrobiologia, 231, str: 51-64.

Smith I. M., Cook D. R., Smith B. P. (2001): Water mites (Hydrachnidia) and other arachnids, U: Thorp J. H., i Covich A. P. (ur.), Ecology and Classification of North American Freshwater Invertabrates, 2. Izdanje, Academic Press, San Diego, str: 606-649.

Rolff J., Martens A. (1997): Completing the life cycle : detachment of an aquatic parasite (*Arrenurus cuspidator*, Hydrachnellae) from an aerial host (*Coenagrion puella*, Odonata), Canadian Journal of Zoology, 75, str: 655-659.

Tockner K., Pusch M., Borchardt D., Lorang M. S. (2010): Multiple stressors in coupledriver-floodplain ecosystems, Freshwater, Biology, 55, str: 135–151.

Tuzovskij P. (1990): Key to Deutonymphs of Water mites, Akademia Nauka UdSSR, Naukau UNEP/MAP/PAP

Uredba o standardu kakvoće voda,(2013): Narodne novine broj 73/2013.

Varaždinska županija (2014),.<http://www.varazdinska-zupanija.hr/> (Pristupljeno: 20.5.2020).

Viets K. (1936): Hydracarinen aus Jugoslawein (Systematische, ökologische, faunistische und tiergeograpische untersuchungen über die Hydrachenllae und Halacaridae des Süßwassers), Archive für Hydrobiologie, 29, str: 351-409.

Villeneuve B., Piffady J., Valette L., Souchon Y., Usseglio-Polatera P. (2018): Direct and indirect effects of multiple stressors on stream invertebrates across watershed, reachand site scales: a structural equation modelling better informing on hydro-morphological impacts, Science of the Total Environment 612, str: 660–671.

Zawal A., Stryjecki R., Stępień E., Buczyńska E., Buczyński P., Czachorowski S., Pakulnicka J., Śmietana P. (2017): The influence of environmental factors on water mite assemblages (Acari, Hydrachnidia) in a small lowland river: an analysis at different levels of organization of the environment. Limnology, 18, str:333–343.

# 9. SAŽETAK

Tia Žeželj Vidoša: Utjecaj antropogenih pritisaka na longitudinalni sastav i strukturu zajednica vodengrinja (Hydrachnidia) u lotičkom ekosustavu

Vodegrinje su jedna od najraznolikijih skupina grinja (Acari) koje nastanjuju sve zone lotičkih ekosustava. Unatoč sve većem interesu za ekologiju ove skupine, utjecaj okolišnih čimbenika na longitudinalni sastav i strukturu zajednica vodengrinja u lotičkim ekosustavima još nije u potpunosti razjašnjen. Moj cilj bio je odrediti kako fizikalno-kemijska svojstva vode i hidromorfološke alternacije utječu na sastav i strukturu zajednica vodengrinja duž longitudinalnog gradijenta rijeke. Uzorci makroskopskih beskralježnjaka prikupljeni su sa 20 postaja smještenih duž toka rijeke Bednje. Ukupno je sakupljeno 400 uzoraka. Na svakoj postaji izmjerena su fizikalno-kemijska svojstva vode i određen je stupanj hidromorfološke modifikacije (European Standard EN 15843:2010). Utvrđeno je da se bogatstvo vrsta i broj jedinki povećava sa sve većom udaljenošću od izvora. Međutim, sastav zajednica vodengrinja na gornjim dijelovima toka znatno se razlikovao od sastava na donjim dijelovima toka. Utvrđeno je da bogatstvo i raznolikost vrsta pozitivno korelira s temperaturom, zasićenošću vode kisikom, kemijskom potrošnjom kisika i koncentracijom ortofosfata. Ovi parametri također su bili veći s većom udaljenošću od izvora, čime bi mogli zaključiti da je razlog većoj raznolikosti vrsta jednostavno kovarijacija različitih okolišnih čimbenika. Unatoč tome, bogatstvo vrsta i raznolikost vodengrinja nisu smanjeni s povećanjem vrijednosti parametara, koji ukazuju na organsko onečišćenje i eutrofikaciju. Hidromorfološka degradacija također nije narušila niti brojnost, niti bogatstvo vrsta već je, je naprotiv, pozitivno korelirala s obje varijable. Utvrđeno je da čak 32% svih vrsta preferira umjetna mikrostaništa (tehnolital). Ove pozitivne korelacije najvjerojatnije su rezultat smanjene kompeticije s makroskopskim beskralješnajcima uslijed hidromorfoloških alternacija, a ne stvarnog afiniteta prema degradiranim staništima. Ovim istraživanjem zabilježene suukupno 22 vrste vodengrinja, od kojih je njih 8 prvi put zabilježeno na području Hrvatske.

Ključne riječi: vodengrinje; lotički ekosustav; hidromorfološke modifikacije; antropogeni stresori

# 10. SUMMARY

Tia Žeželj Vidoša: The effects of anthropogenic stressors on the longitudinal composition of lotic water mite (Hydrachnidia) assemblages

Water mites are the most diverse freshwater group of Acari and are found to inhabit all zones of lotic environments. Despite the growing research interest for the ecology of this group, the environmental impacts along longitudinal river gradients on water mite assemblages are still not fully understood. My goal was to determine how physico-chemical water properties and hydromorphological alternation affect water mite assemblage composition and distribution on a longitudinal river gradient. Macroinvertebrate samples were taken from 20 study sites distributed longitudinally along the whole 107 km course of a lowland river (Bednja River) in the Hungarian lowland ecoregion of Croatia. At each site, 20 samples were collected with regard to microhabitat composition. In total, 400 samples were collected. Physico-chemical water properties were measured and the degree of hydromorphological modification was assessed (European Standard EN 15843:2010) parallel to macroinvertebrate sampling at each site. Both species richness and water mite abundance were found to significantly increase with increased distance from the source. However, the assemblages from the upper river reaches and those from the lower river reaches shared very few species. Water mite species richness and diversity seemed to be positively associated with increased temperature, oxygen saturation, chemical oxygen demand and phosphorous levels. These environmental variables were also significantly higher with increased distance from the source, indicating that the cause of the significant association with water mite diversity may be only the result of covariance of the environmental variables. Nevertheless, water mite species richness and diversity were not reduced with increased levels of these variables, associated with organic enrichment and eutrophication pressures. Hydromorphological destruction also did not decrease neither water mite abundance, nor species richness and was positively correlated with both. Furthermore, a correspondence analysis on water mite microhabitat preferences even showed that 32% of all the species were positively associated with artificial microhabitats (Technolithal). These positive associations are most probably the result of decreased competition pressure from other larger invertebrates, rather than a genuine preference to hydromorphologicaly-disturbed habitats. Within this research, a total of 22 different species of water mites were found, 8 of which were documented for the first time in Croatia.

Key words: water mites; lotic ecosystem; hydromorphological modifications; anthropogenic stressors