

# Prostorna raspodjela zajednica vodengrinja (Acari: Hydrachnidia) lentičkih staništa u odnosu na raspoloživi plijen

---

Juršić, Lara

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:217:470561>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-30**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno - matematički fakultet

Biološki odsjek

Lara Juršić

PROSTORNA RASPODJELA ZAJEDNICA VODENGRINJA (ACARI:HYDRACHNIDIA)  
LENTIČKIH STANIŠTA U ODNOSU NA RASPOLOŽIVI PLIJEN

Diplomski rad

Zagreb, 28.09.2018.

Ovaj diplomski rad izrađen je u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno - matematičkog fakulteta pod stručnim vodstvom prof. dr. sc. Zlatka Mihaljevića. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno - matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra Znanosti o okolišu.

## ZAHVALA

*Ovim putem se zahvaljujem svom mentoru prof. dr. sc. Zlatku Mihaljeviću na ukazanoj stručnoj pomoći i vodstvu tijekom izrade ovog diplomskog rada.*

*Veliku zahvalnost dugujem asistentici, Ivani Pozojević koja me uvela u svijet vodengrinja, na strpljivosti, razumijevanju i povjerenju tijekom zajedničkog laboratorijskog rada, pomoći pri determinaciji te iznimnoj pristupačnosti u svakom trenutku tijekom pisanja rada. Zahvaljujem se i asistentici Nataliji Vučković na ustupljenim fotografijama i pruženim savjetima.*

*Također bi se htjela zahvaliti svojoj obitelji i dečku Danielu koji su uvijek bili uz mene, pružajući mi ljubav i podršku tijekom studiranja. Veliko hvala i svim mojim prijateljima koji su mi uljepšali studentske dane.*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno - matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

### PROSTORNA RASPODJELA ZAJEDNICA VODENGRINJA (ACARI:HYDRACHNIDIA) LENTIČKIH STANIŠTA U ODNOSU NA RASPOLOŽIVI PLIJEN

Lara Juršić

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb

Vodengrinje su sekundarno akvatički predstavnici skupine grinja (Acari) koje možemo pronaći u svim tipovima slatkovodnih staništa. U fazi deutonimfa i odraslih jedinki gotovo sve vrste vodengrinja su predatori. Istraživanja o raspodjeli vodengrinja u ovisnosti o dostupnosti njihovog plijena u prirodnom okruženju su malobrojna, stoga je cilj ovog rada bio dokazati da je predacija najvažniji pokretač u sastavu i prostornoj raspodjeli zajednica vodengrinja. Unutar dvadeset i jedne akumulacije Dinaridske ekoregije Republike Hrvatske uzorkovan je zoobentos i mjerili fizikalno-kemijski parametri vode. Analizom podataka je utvrđeno da prostorna raspodjela vodengrinja u manjoj mjeri ovisi o okolišnim parametrima te o gradijentu dubine (zbog stabilnijih uvjeta u dubljim dijelovima). Najvećim dijelom je uvjetovana dostupnošću plijena: rašljoticalca (Cladocera), veslonošca (Copepoda), trzalaca (Chironomidae) i ljuskara (Ostracoda). Dostupnost plijena utvrđena je kao ključna varijabla koja upravlja sastavom i prostornom raspodjelom zajednica vodengrinja u lentičkim staništima.

(36 stranica, 20 slika, 7 tablica, 45 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: akumulacije, Dinaridi, predacija

Voditelj: prof. dr. sc. Zlatko Mihaljević

Ocjenitelji: prof. dr. sc. Zlatko Mihaljević

prof. dr. sc. Vlasta Ćosović

doc. dr. sc. Ivan Radosavljević

izv. prof. dr. sc. Nenad Buzjak

Zamjena: izv. prof. dr. sc. Blanka Cvetko Tešović

Rad je prihvaćen: 19.09.2018.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Division of Biology

Graduation Thesis

### SPATIAL DISTRIBUTION OF LENTIC WATER MITE (ACARI: HYDRACHNIDIA) ASSEMBLAGES GOVERNED BY PREY AVAILABILITY

Lara Juršić

Rooseveltova trg 6, 10 000 Croatia

Water mites are a specific group of mites that have secondarily invaded freshwater habitats. Deutonymphs and adults of almost all species of water mites are predators. Studies of the distribution patterns and co-occurrence of water mites and their prey in littoral lentic habitats are not well known. Our main aim was to determine if predation was a significant driver in water mite assemblage composition and distribution. Samples of the zoobenthos and water physico-chemical parameters were taken from twenty-one man-made lakes in the Dinaric region of Croatia. Data analysis showed that the spatial distribution of water mites depended only partially on environmental parameters. There was also a positive correlation between water mite abundance and diversity and depth gradient (favoring more stable conditions in deeper parts of lakes). Water mite abundances were found to positively correlate with their prey of Cladocera, Copepoda, Chironomidae and Ostracoda. Predation was determined as a key biotic interaction, governing both spatial distribution and the composition of water mite assemblages.

(36 pages, 20 figures, 7 tables, 45 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library.

Key words: man-made lakes, Dinaric, predation

Supervisor: Dr. Zlatko Mihaljević Prof.

Reviewers: Dr. Zlatko Mihaljević Prof.

Dr. Vlasta Čosović Prof.

Dr. Ivan Radosavljević, Assistant Prof.

Dr. Nenad Buzjak, Associate Prof

Replacement: Dr. Blanka Cvetko Tešović, Associate Prof

Thesis accepted: 19.09.2018

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Opće karakteristike vodengrinja .....	1
1.2. Utjecaj fizikalno-kemijskih parametara na distribuciju vodengrinja.....	2
1.3. Morfologija vodengrinja.....	2
1.4. Životni ciklus vodengrinja .....	3
1.5. Prehrambene preference vodengrinja .....	5
1.6. Predatorsko ponašanje vodengrinja .....	6
1.7. Povijest istraživanja vodengrinja u Hrvatskoj .....	7
1.8. Akumulacije.....	7
1.9. Ciljevi istraživanja .....	8
2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA .....	8
3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA .....	11
3.1. Uzimanje i analiza uzoraka vodengrinja .....	11
3.2. Određivanje limnoloških parametara.....	11
3.3. Statistička analiza podataka .....	13
4. REZULTATI.....	14
4.1. Fizikalno-kemijska obilježja istraživanih akumulacija .....	14
4.1.1. Temperatura vode.....	14
4.1.2. Koncentracija otopljenog kisika u vodi.....	15
4.1.3. Zasićenje vode kisikom .....	16
4.1.4. pH vrijednost .....	16
4.1.5. Električna provodljivost vode .....	17
4.1.6. Alkalinitet.....	18
4.1.7. Koncentracija klorofila <i>a</i> .....	18
4.1.8. Biokemijska potrošnja kisika ( BPK <sub>5</sub> ) .....	19
4.1.9. Ukupni fosfor .....	20

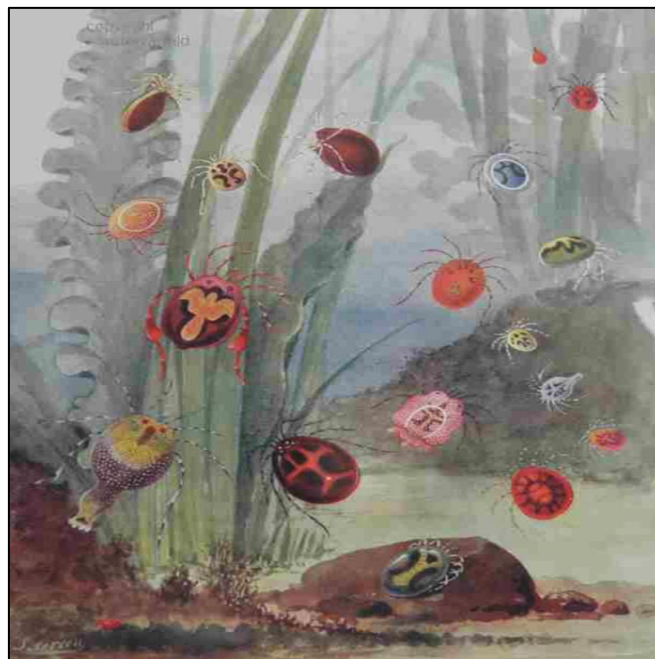
4.2. Raznolikost vodengrinja unutar istraživanih akumulacija.....	20
4.2.1. Distribucija vodengrinja s obzirom na okolišne parametre.....	22
4.2.2. Odnos zajednica vodengrinja i njihovog plijena promjenom dubine vodenog stupca .....	24
4.3. Strukturiranje zajednice vodengrinja s obzirom na dostupnost plijena.....	25
5. RASPRAVA.....	28
6. ZAKLJUČAK .....	31
7. POPIS LITERATURE .....	32
8. ŽIVOTOPIS .....	36



## 1. UVOD

### 1.1. Opće karakteristike vodengrinja

Razred paučnjaka (Arachnida) sadrži 11 podrazreda, većinom kopnenih životinja koji su visoko specijalizirani predatori. Samo 2 podrazreda imaju zastupljene predstavnike u vodenim staništima, a to su pauzi (Araneae) i grinje (Acari) (Smith i sur., 2001). Grinje (Acari) su zajedno sa stonogama (Myriapoda) najstarije terestričke životinje. Njihovi fosilni ostaci datiraju iz razdoblja Silura, dakle stariji su od 400 milijuna godina (Goldschmidt, 2016.) Skupina vodengrinja (Hydrachnidia) sekundarno je nastanila akvatička staništa. Bogatstvo vrsta vodengrinja danas premašuje 6000 opisanih svojti, a procjenjuje se da brojnosti seže i do 10 000 vrsta diljem svijeta (Davids i sur., 2007). Više od 100 porodica je svrstano u 7 nadporodica (Hydrovolzioidea, Gylaoidea, Hydryphantoidea, Anisitsiellidea, Lebertioidea, Hygrobatoidea, Arrenuroidea). Vodengrinje su najraznovrsnija (Slika 1), najrasprostranjenija i najdominantnija skupina razreda paučnjaka (Arachnida) u vodenim ekosustavima (Di Sabatino i sur., 2008). Može ih se pronaći u svim tipovima slatkovodnih staništa (potoci, rijeke, ribnjaci, rupe u stablima, izvori, duboka jezera), a poneke i u oceanima (Cook 1974).



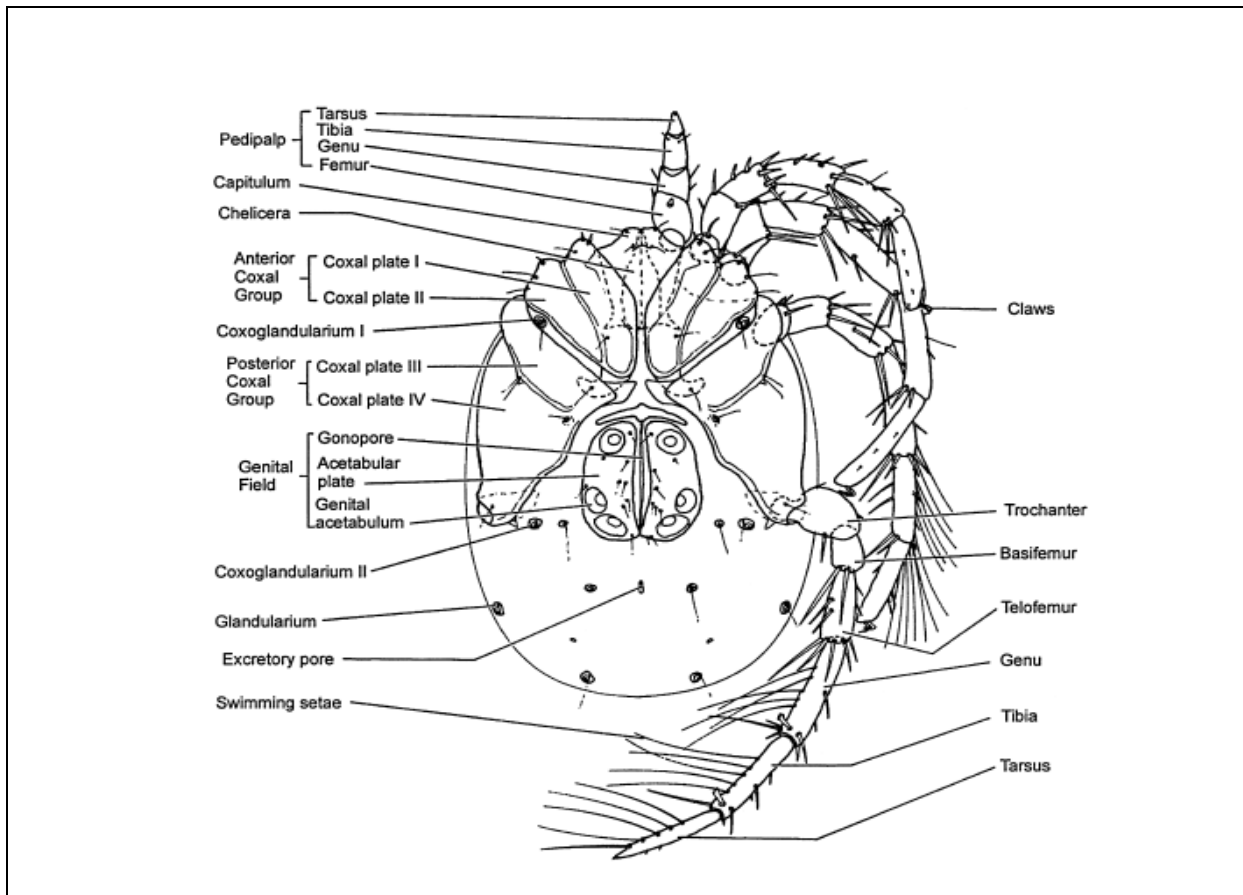
**Slika 1.** Bogatstvo i morfološka raznolikost vodengrinja. Ilustracija J. Greena izrađena 1907. godine na temelju skica prvog znanstvenika koji je istraživao vodengrinje: Saville Kent. Preuzeto sa: <http://www.waterwereld.nu/watermijteng.php>.

## **1.2. Utjecaj fizikalno-kemijskih parametara na distribuciju vodengrinja**

Brojni fizikalno-kemijski parametri kao što su: temperatura, zasićenje kisikom, brzina strujanja vode i sl. utječu na distribuciju vodengrinja. Temperatura ima glavnu ulogu kod vertikalne i horizontalne raspodjele te abundancije vodengrinja (Di Sabatino i sur., 2000). Strujanje vode također utječe na njihovu prostornu raspodjelu (Bottger i Martin, 1995). Zawal i sur. (2014) također utvrđuju postojanje negativne korelacije između pada temperature termokline i abundancije vodengrinja koje žive ispod nje u lentičkim staništima. Naime, negativna korelacija rezultat je limitirane vertikalne migracije vodengrinja koja nastaje zbog brojnih faktora kao što su: razlika u temperaturi ispod i iznad te „debljini“ termokline. Ova zapreka kod vertikalne migracije razlog je istraživanja vodengrinja u području litorala u ovom diplomskom radu. Uz navedeno, jedan kvadratni metar supstrata unutar područja litorala može sadržavati više od 2000 jedinki, 75 različitih vrsta, 25 generacija kao što je slučaj u Smith i sur, 2001.

## **1.3. Morfologija vodengrinja**

Vodengrinje se odlikuju velikom morfološkom varijabilnošću, što im omogućuje život u različitim staništima (Smith i sur, 2010). Ovisno o svojoj vidljivosti, su varijacije u obliku tijela (od okruglog do duguljastog) i boji (crvene, žute, zelene). Neke vrste imaju mekano tijelo (npr. *Piona* sp., *Hygrobates* sp., *Hydrodroma* sp.), neke tijelo prekriveno tvrdim pločama (*Forelia* sp.) ili im je potpuno sklerotizirano (*Arrenurus* sp.). Ovisno o staništu i načinu kretanja, noge vodengrinja mogu biti prekrivene čvrstim setama (ako grinje „hodaju“ po sedimentu, najčešće u lotičkim staništima) ili dugim plivajućim dlakama (grinje koje plivaju, lentička staništa) (Goldschmidt, 2009). Kod determinacije vrsta se osim nogu promatra koksalna ploča (ventralna strana), usni aparat, genitalno područje te broj acetabula (Slika 2). Zbog kompleksnosti determinacije i malog broja stručnjaka ova skupina slatkovodnih beskralježnjaka je relativno slabo istražena (Baker i sur., 2008).



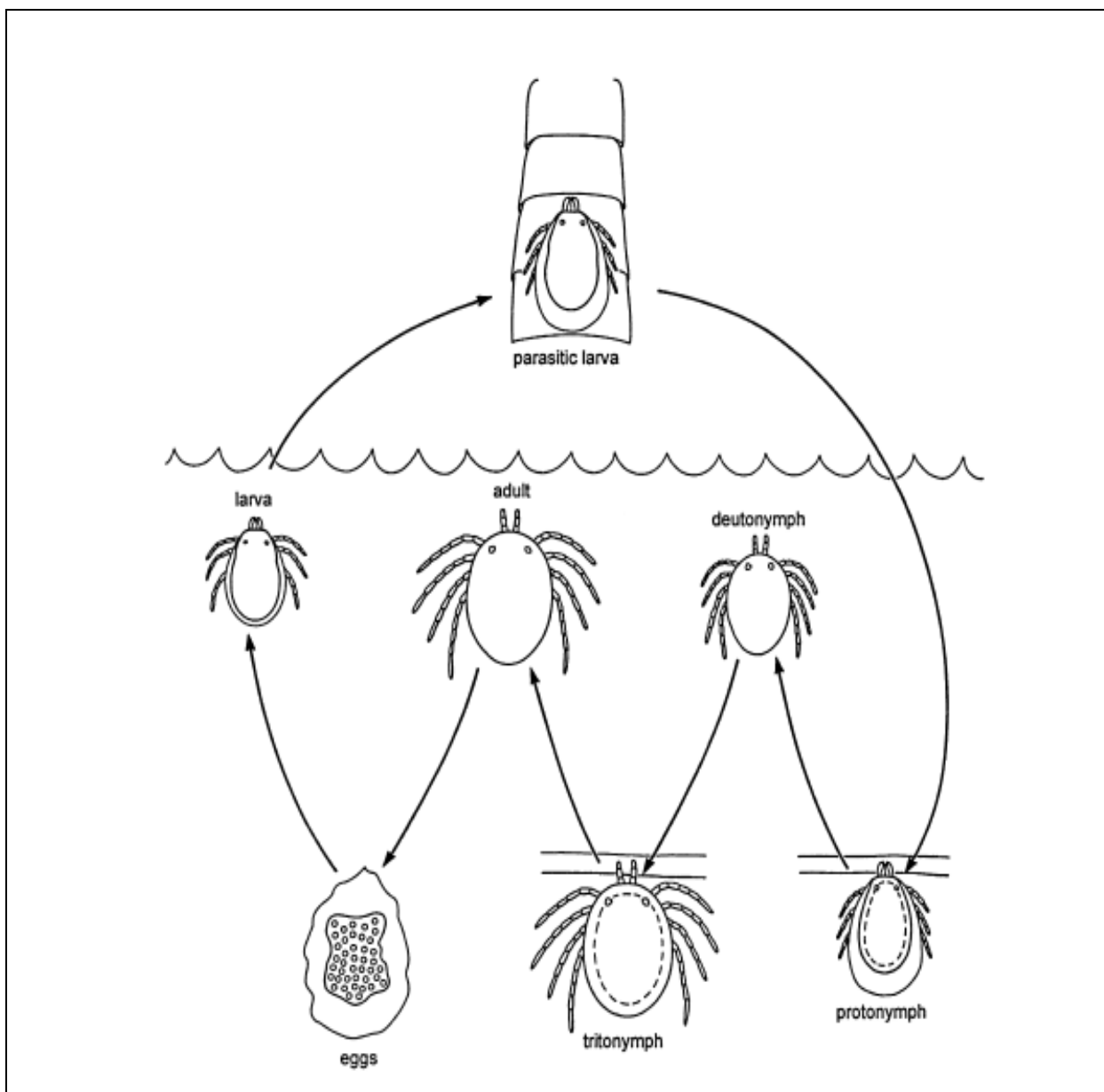
**Slika 2.** Morfološke karakteristike grinja prikazane na odrasloj ženki vrste *Limnesia* sp. Preuzeto iz: Smith i sur. (2001).

#### 1.4. Životni ciklus vodengrinja

Životni ciklus vodengrinja karakterizira kompleksna interakcija s nizom ostalih beskralježnjaka (Goldschmidt, 2009). Sastoji se od nekoliko razvojnih faza: ličinke, protonimfe, deutonimfe, tritonimfe i odrasle jedinke (Slika 3). Vremensko trajanje svake faze se razlikuje na razini porodice (Smith i sur, 2001).

Nakon izlijevanja iz oplođenih jajašaca vodengrinje ulaze u prvu razvojnu fazu u kojoj se nazivaju ličinke. One su heksapodne te slobodno plivajući ili gmižući po sedimentu traže emergirajuće vodene kukce kao svoje domaćine (Martin, 2000). Ličinke većine vrsta vodengrinja parazitiraju na odraslim kukcima (Martin, 2004). Za razliku od ličinačkog stadija gdje su jedinke paraziti, deutonimfe i odrasli su predatori. U sklopu ovog rada ova dva predatorska stadija primarno su istraživane životne faze. Deutonimfe morfološki nalikuju na odraslu jedinku: oktapodne su, ali spolno nezrele i manje. Trajanje ove faze varira od nekoliko dana ili tjedana (npr. Eylaoidea) do nekoliko mjeseci (npr. Lebertioidea,

Hygrobatoidea, Arrenuroidea). U ovoj fazi jedinke su aktivne te je često njihov plijen ličinački stadij kukaca na kojima ranije parazitiraju (Smith i sur, 2001). Osim što se hrane ličinkama i jajašcima kukaca, plijen su im i planktonski račići (Martin, 2004). Za vrijeme trajanja faze deutonimfe dramatično se povećava veličina tijela vodengrinja, dok se ne dostigne veličina odrasle jedinke. Tritonimfa je latentna faza u kojoj se grinja preobražava u odraslu jedinku. Odrasle jedinke odmah potom postaju aktivne (pužu, plivaju) kako bi preživjele ranjivu fazu dok im se u potpunosti ne sklerotizira tijelo i/ili formira aposemantičko ili kriptičko obojenje (Smith i sur., 2001).



**Slika 3.** Životni ciklus vodengrinja. Preuzeto iz: Smith i sur. (2001).

## 1.5. Prehrambene preference vodengrinja

Odrasle vodengrinje i deutonimfe aktivni su predatori koji se hrane oportunistički, konzumirajući raznoliku hranu životinjskog porijekla (Slika 4). Prehrambene preferencije vodengrinja istraživane su uglavnom „ex situ“ te je utvrđeno da su ličinke dvokrilaca (Diptera: Chironomidae i Ceratopogonidae), rašljoticalci (Cladocera), veslonošci (Copepoda) i ljuskari (Ostracoda) najčešći plijen vodengrinja (Rundele, 2002). Zbog višestrukih poveznica u trofičkoj mreži lentičkih staništa vodengrinje čine važan element zajednica bentičkih beskralježnjaka. Istraživanjem provedenim na vrsti *Piona limnetica* procijenjeno je da svaka jedinka pojede 10-20 jedinki skupine Cladocera dnevno (Gliwicz i Biesiadka, 1975). Ten Winkel i sur. (1989) utvrdili su kako populacija vodengrinja vrste *Hygrobates nigromaculatus* gustoće 1000 jedinki/m<sup>2</sup> unutar dvije godine pojede 145 000 jedinki trzalca vrste *Cladotanytarsus mancus* po m<sup>2</sup>. Iz navedenih primjera može se dobiti dojam o važnosti i utjecaju vodengrinja na brojnost populacije plijena, no istraživanja o raspodjeli vodengrinja u ovisnosti o raspoloživosti njihovog plijena u lentičkim staništima „in situ“ još uvijek su malobrojna. Štoviše, utjecaj vodengrinja se često zanemaruje čak i u studijama hranidbenih lanaca meiofaune (Rundle i sur., 2002) čemu je svakako uzrok težak determinacijski proces te veliki broj vrsta vodengrinja (Baker i sur., 2008; Smith i sur., 2001).

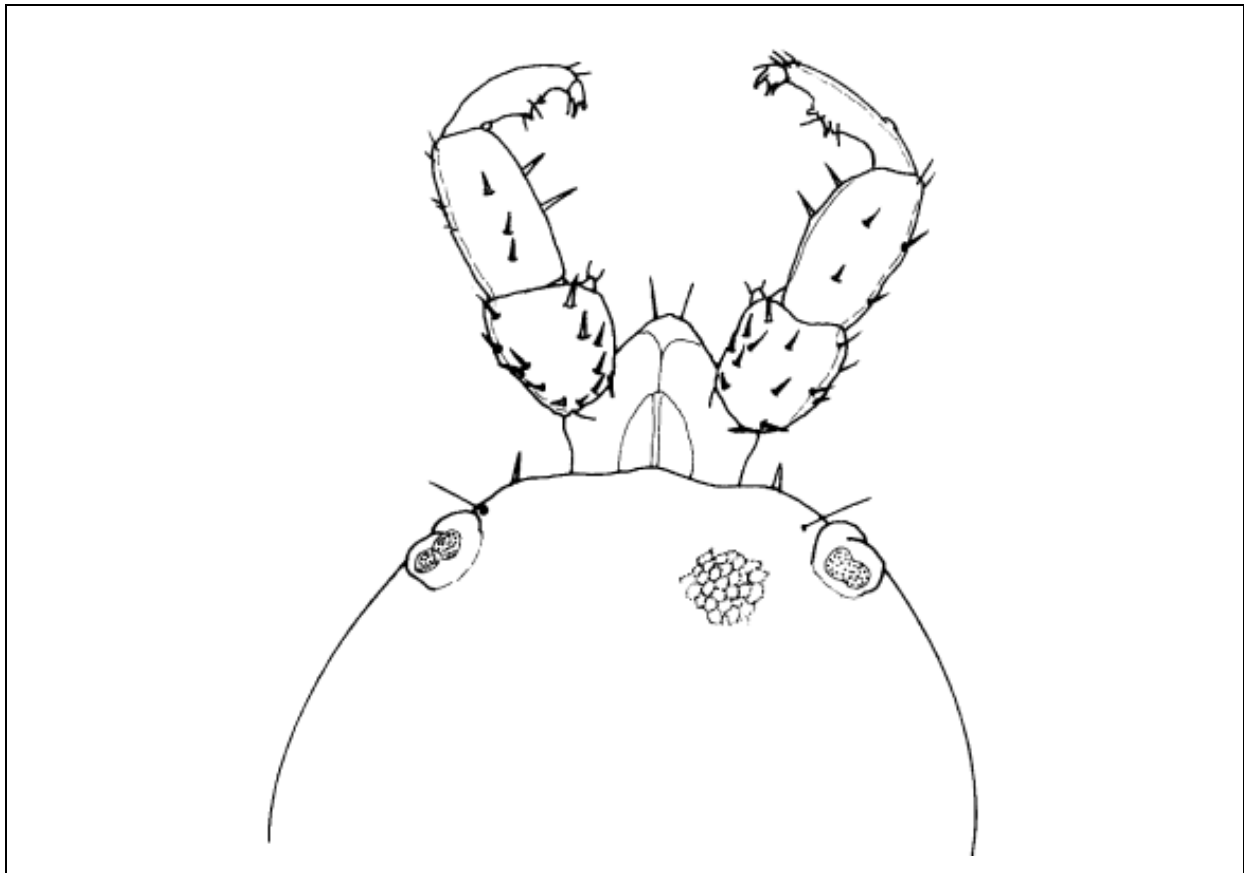


**Slika 4.** Predacija dviju jedinki vrste *Lebertia* sp. na ličinki trzalca (Chironomidae).

Foto: Adrian A. Vasquez i Jeffrey L. Ram, Wayne State University, SAD.

## 1.6. Predatorsko ponašanje vodengrinja

Predatorsko ponašanje je slično kod svih vrsta vodengrinja. Potreban je fizički dodir između plijena i vodengrinje kao predatora da bi se pokrenulo predatorsko ponašanje (npr. prednjom nogom vodengrinje) i došlo do pokušaja lova (Bottger, 1970). Pojedini aspekti predatorskog ponašanja se ipak razlikuju od vrste do vrste u ovisnosti o hrani koju konzumiraju (plijen). Kada im je plijen kukac, vodengrinje koriste pedipalp (Slika 3, čeljusna nožica, palp) za njegovo hvatanje. Većina vodengrinja nakon prvog kontakta s plijenom otvaraju palp vertikalno, prilagođeno veličini tijela plijena te čekaju ponovni (drugi) kontakt nakon kojeg idu u napad (Martin, 2004). Ukoliko dođe do neuspješnog pokušaja ulova plijena vodengrinja će kružiti s otvorenim palpima unutar poznatog mikropodručja nekoliko sekundi dok opet ne naiđe plijen. Vodengrinja nakon uspješnog ulova zabija čeljusnu nožicu u plijen (Smith i sur, 2001) koja služi za zadržavanje plijena dok kliještima (chelicera) ne probiju kutikulu ili potrgaju ljušturu kako bi došli do unutarnjih tkiva kukaca. Vrijeme trajanja i način isisavanja tkiva plijena ovisi o veličini plijena. Primjerice za kukce i jajašca drugih vodengrinja im je potrebno od 30 minuta do sat i trideset minuta (Martin, 2004). Kada im je plijen ličinka trzalaca (Chironomidae) kao što je među ostalima i vrsti *Sperchonopsis verrucosa* primijećeno je drugačije predatorsko ponašanje: strategija „sjedi i čekaj“. Nakon prvog taktilnog kontakta s plijenom vodengrinja se „zaledi“, stoji mirno i polako vertikalno otvara pedipalpe. Kod nekih vrsta (npr. *Sperchon setiger*, *S. clupeiifer*) kliješta se otvaraju horizontalno (Slika 5). Tako stvori zasjedu i čeka ponovni kontakt. Samo čekanje kod vrste *Sperchonopsis verrucosa* može trajati nekoliko sati. Kada dođe do kontakta vodengrinja brzo ulovi ličinku tako što zatvori kliješta. Većina vodengrinja koje se hrane ličinkama porodice trzalaca rijetko prihvaćaju druge kukce i/ili ličinke za svoju hranu (Ullrich, 1976). Zbog toga je abundancija trzalaca pod velikim utjecajem predacije vodengrinja (Paterson, 1970). Neke vrste rodova *Neumania* i *Unioncola* se orijentiraju prema vibracijama u vodi kako bi locirale potencijalni plijen (Proctor i Pritchard, 1990).



**Slika 5.** Rašireni pedipalp kod mladog mužjaka vrste *Sperchon setiger*. Preuzeto iz: Martin (2004).

### **1.7. Povijest istraživanja vodengrinja u Hrvatskoj**

Prva istraživanja vodengrinja u Hrvatskoj su provedena tijekom prošlog stoljeća. K. Viets je 1936. godine objavio listu od 35 vrsta vodengrinja pronađenih na području Hrvatske. 1957. godine Besseling objavljuje još 3 nove vrste nađene na jezeru Kozjak (Plitvička jezera), a 1963. Schwoerbel listu upotpunjuje objavljivanjem 4 nove vrste na području rijeke Neretve i jezera Lokvenice (Pešić, 2002). Pešić 2002. godine objavljuje 4, a 2010. Pešić i sur. još 5 novih vrsta, dok 2018. navode 6 novih nalaza. Iz navedenog se vidi da istraživanja vodengrinja na području Hrvatske nisu bila brojna te su u Hrvatskoj trenutno poznate samo 64 vrste.

### **1.8. Akumulacije**

Umjetne stajačice (akumulacije) su lentička staništa najčešće nastala izgradnjom brana. Njihova biološko-ekološka uloga je često zanemarivana zbog antropogenog podrijetla

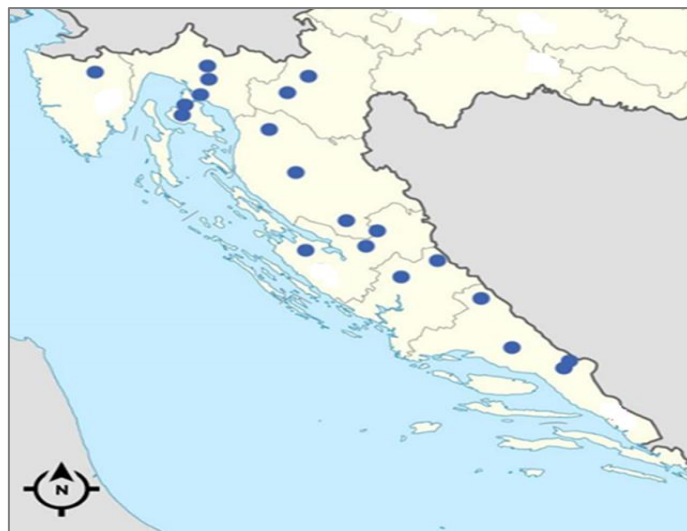
premda pružaju nova vodena staništa koja rezultiraju povećanjem lokalne raznolikosti te pružaju brojne „usluge ekosustava“ kao što su opskrba pitkom vodom te povoljni mikroklimatski učinci (Irz, 2006). Obalna zona stajaćica (litoral), premda rjeđe istraživana od dubljih dijelova (sublitorala i profundala), snažno utječe na dotok i kruženje tvari i energije u cijelom ekosustavu (Poznanska i sur., 2009).

### 1.9. Ciljevi istraživanja

Osnovna hipoteza ovog rada je da je predacija najvažniji pokretač u sastavu i prostornoj raspodjeli zajednica vodengrinja. U svrhu dokazivanja ove hipoteze, postavljeni su slijedeći ciljevi: (i) odrediti preferencije pojedinih svojti vodengrinja prema okolišnim parametrima lentičkih sustava; (ii) testirati postoje li razlike u sastavu zajednica vodengrinja s obzirom na gradijent dubine unutar zone litorala; (iii) utvrditi obrasce strukturiranja zajednica vodengrinja s obzirom na dostupnost plijena.

## 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Istraživane su akumulacije površine veće od 0,3 km<sup>2</sup> na području Dinaridske ekoregije (Ilies, 1978). Ukupno je analizirano litoralno područje dvadeset i jedne akumulacije (Slika 6): Gusić polje, Golubić, Brljan, Krušćica, Vlačine, Razovac, Tribalj, Prološko blato, Njivice, Ponikve, Bajer, Ričica, Prančevići, Butoniga (Slika 7), Opsenica, Lepenica, Lokve, Lešće, Sabljaci, Štikada (Slika 8) i Peruča (Tablica 1).



**Slika 6.** Karta prostornog razmještaja istraživanih akumulacija Dinaridske ekoregije.



**Tablica 1.** Osnovna obilježja istraživanih akumulacija

NAZIV AKUMULACIJE	KRATICE	DATUM UZORKOVANJA	POVršINA AKUMULACIJE (km <sup>2</sup> )	NADMORSKE VISINE	GEOGRAFSKE KORDINATE		BROJ POSTAJA
					N	E	
Gusić polje	GP	11.5.2017.	0,43	435	44.94508	15.11866	2
Golubić	GO	13.7.2017.	0,17	306,50	44.09888	16.22131	2
Brljan	BR	13.7.2017.	0,03	187	44.00897	16.03684	2
Krušćica	KR	7.10.2016.	8,64	554	44.68635	15.27013	2
Vlačine	VL	20.7.2016.	0,28	102	44.15676	15.42684	2
Razovac	RA	16.9.2016	0,65	9	44.20495	15.74683	2
Tribalj	TR	8.9.2016.	0,42	59,6	45.22876	14.66736	3
Prološko blato	PB	21.7.2016.	2,11	269	43.47466	17.12161	2
Njivice	NJI	13.7.2016.	0,75	2	45.16769	14.55926	1
Ponikve	PO	13.7.2016.	1,17	19,14	45.07746	14.56047	2
Bajer	BA	12.7.2016.	0,56	717	45.31366	14.71204	2
Ričice	RI	22.7.2016.	1,9	637,50	43.49671	17.13342	2
Prančevići	PR	15.9.2016.	0,65	264	43.56273	16.71913	2
Butoniga	BU	14.7.2016.	2,5	20,94	45.32562	13.92199	3
Opsenica	OP	26.7.2016.	0,89	575	44.36745	15.66164	2
Lepenica	LP	12.7.2016.	0,73	733,25	45.32019	14.69969	2
Lokve	LO	8.9.2016.	1,9	772	45.36859	14.70618	2
Lešće	LŠ	7.9.2016.	1,46	186	45.32882	15.27543	3
Sabljaci	SA	7.9.2016.	1,7	320	45.22878	15.22602	2
Štikada	ŠT	26.7.2016.	3,34	545	44.29232	15.81408	3
Peruča	PE	16.9.2016.	20,09	330	43.82191	16.55311	6



**Slika 7.** Akumulacija Butoniga (Foto:Natalija Vučković)



**Slika 8.** Akumulacija Štikada (Foto: Natalija Vučković)

### 3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. Uzimanje i analiza uzoraka vodengrinja

Prije uzorkovanja na svakoj akumulaciji izabrane su postaje koje su imale prirodiju i one koje su imale izmijenjeniju obalu, u pogledu supstrata i obalnog područja. Ovisno o veličini akumulacije odabrano je 2 - 6 postaja unutar zone litorala. Na svakoj postaji uzorkovanje je obuhvatilo obalno područje širine 25 metara te transekt od maksimalno 10 metara od obale prema središnjem dijelu jezera ili do točke u kojem dubina doseže 1 metar. Na svakoj postaji prikupljeno je deset uzoraka na različitim dubinama (0 - 0,25 m, 0,25 - 0,5 m, 0,5 - 0,75 m i 0,75 - 1 m) s obzirom na sastav mikrostaništa i nagib obale. Tijekom istraživanja ukupno je prikupljeno 490 uzoraka, mrežom veličine oka 500  $\mu\text{m}$  s površine od 25 $\times$ 25 cm (0,0625 m<sup>2</sup>) i konzervirano u 96% etanolu. U laboratoriju se konzervirani materijal izolirao i pregledao pod stereolupom te svjetlosnim mikroskopom. Odredila se brojnost vodengrinja i ostalih vodenih beskralješnjaka. Pronađene jedinice vodengrinja su određene do najniže moguće taksonomske kategorije (roda ili vrste) uz pomoć determinacijskih ključeva:

- Davids i sur. (2007)
- DiSabatino i sur. (2010)
- Gerecke i sur. (2016)
- Tuzovskij (1990)

#### 3.2. Određivanje limnoloških parametara

Na terenu pri uzorkovanju makrozoobentosa su se mjerili i standardni fizikalno-kemijski parametri vode:

- temperatura vode ( $^{\circ}\text{C}$ )
- koncentracija otopljenog kisika u vodi ( $\text{mg L}^{-1}$ )
- zasićenje vode kisikom (%)
- pH vrijednost
- električna provodnost vode ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )
- alkalinitet ( $\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ )

Temperatura vode, koncentracija otopljenog kisika u vodi i zasićenje vode kisikom su se mjerili optičkom sondom LDO101-01, a električna provodnost digitalnom sondom HQ40D. Digitalnom pH elektrodom HQ40D mjerena je pH vrijednost vode. Alkalinitet, tj. količina

vezanog CO<sub>2</sub> u vodi, odredio se titracijom s 0.1 M kloridnom kiselinom uz metil-orange kao indikator.

Uz mjerenja paketa standardnih fizikalno kemijskih parametara od strane Hrvatskih voda dobile su se vrijednosti za:

- koncentraciju klorofila *a*
- biološku potrošnju kisika (BPK<sub>5</sub>)
- ukupni fosfor

Koncentracija klorofila *a* određuje se metodom etanolske ekstrakcije koju su opisali Nusch i Palmer 1975. godine, a ona obuhvaća nekoliko koraka: temperaturni šok, monokromatsko mjerenje i korekciju za feofitina.

Biološka potrošnja kisika je jedan od najčešće korištenih parametara određivanja organskog onečišćenja prirodnih i otpadnih voda (Perić i sur., 2012). Kako izravno nije moguće mjeriti količinu kisika potrebnu za biološku razgradnju organskih tvari u vodi BPK<sub>5</sub> se određuje nakon pet dana pomoću uređaja OxiTop. Temperatura uzorka podesi se na 20 °C, a pH na 6 – 8. U staklenu tikvicu odmjeri se određeni volumen homogeniziranog uzorka (ovisno o očekivanoj koncentraciji utrošenog kisika nakon 5 dana) te se prebaci u bočicu od tamnog stakla. Doda se određeni broj kapi inhibitora nitrifikacije (1 kap na 50 ml uzorka), stave se magneti u bočicu te gumeni nastavak na grlo bočice u koji se stave dvije granule NaOH. Uzorak se stavi u prethodno podešen termostat na 20 ± 1 °C i nakon 5 dana očita se rezultat (Ptiček Siročić, 2015).

Povećana koncentracija fosfora indirektno utječe na smanjenje kisika u vodi. Ukupni fosfor se određuje klorimetrijski sa stanijskim (II) kloridom koji reducira molibdat ion iz otopine amonij-molibdata u plavo obojano otopinu molibdena. Potrebna je i digestija s kalij-presulfatom da se organski vezani fosfor oksidira u ortofosfate koji se klorimetrijski mogu odrediti (Šantek, 2007).

Osnovne statističke mjere: minimalna vrijednost, maksimalna vrijednost, srednja vrijednost, standardna devijacija, standardna pogreška i koeficijent varijabilnosti, ali i prikazi parametara pomoću stupčastih grafova za sve postaje napravljene su u programu Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, 2016).

### 3.3. Statistička analiza podataka

(i)

Kanonička analiza podudarnosti (engl. *Canonical correspondence analysis* CCA) korištena je za usporedbu podataka o sastavu i gustoći zajednica vodengrinja i fizikalno-kemijskih parametara vode u svrhu određivanja preferencija pojedinih svojiti vodengrinja prema okolišnim parametrima lentičkih sustava. Iz analize su izuzete vrste koje su bile prisutne na samo jednoj postaji. Značajnost okolišnih varijabli, testiranih u odnosu na zastupljenost svojiti vodengrinja u CCA analizama, testirana je Monte Carlo permutacijskim testom (999 permutacija). Analiza je provedena u programu CANOCO 5.0 (Ter Braak i Šmilauer, 2012).

(ii)

U svrhu testiranja postojanja razlika u sastavu zajednica vodengrinja s obzirom na promjenu dubine unutar zone litorala gradijent dubine (u spomenute četiri razine) testiran je za moguće statistički značajne korelacije Spearmanovim koeficijentom s ukupnom abundancijom, bogatstvom vrsta i indeksima raznolikosti vodengrinja, ali i abundancijom plijena u programu Statistica 12.0 (StatSoft Inc. 2013). Podaci o abundancijama su prije analize logaritamski transformirani ( $\log(x+1)$ ). Indeksi raznolikosti zajednica izračunati su u programu Primer 6.0 (Primer-E Ltd 2006; Clarke i Gorley, 2006).

(iii)

Spearmanovim koeficijentom korelacije određeno je postoji li značajna povezanost između abundancije i broja svojiti vodengrinja sa abundancijom plijena (Copepoda, Cladocera, Ostracoda, Chironomidae, Ceratopogonidae). U svrhu utvrđivanja obrasca strukturiranja zajednica vodengrinja s obzirom na dostupnost plijena napravljen je višestruki linearni model koji spomenute abundancije plijena koristi kao nezavisne varijable, dok su zavisne varijable abundancija, odnosno broj svojiti vodengrinja. Multipli model linearne regresije rađen je u programu Statistica12.0 (StatSoft Inc. 2013).

## 4. REZULTATI

### 4.1. Fizikalno-kemijska obilježja istraživanih akumulacija

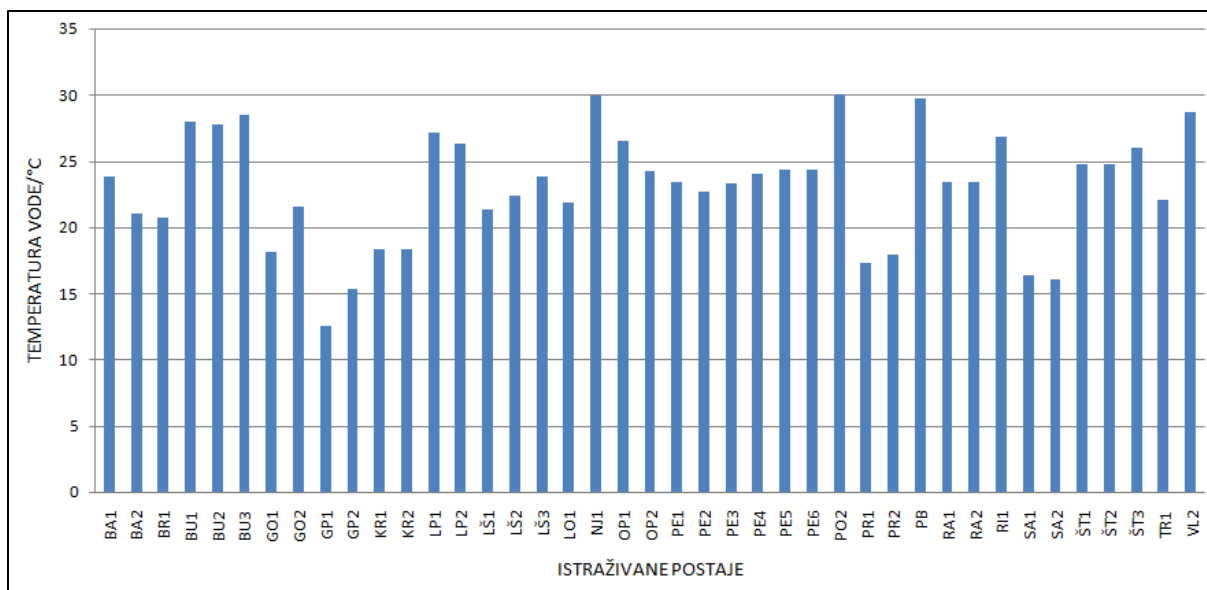
Za sve izmjerene fizikalno-kemijske parametre vode izračunate su osnovne statističke vrijednosti: minimalna vrijednost, maksimalna vrijednost, srednja vrijednost, standardna devijacija, standardna pogreška i koeficijent varijabilnosti (Tablica 2).

**Tablica 2.** Osnovne statističke mjere fizikalno-kemijskih parametara u istraživanim akumulacijama (min-minimalna vrijednost, max-maksimalna vrijednost, SV-srednja vrijednost, SD-standardna devijacija, SP-standardna pogreška i KV- koeficijent varijabilnosti)

PARAMETAR	Min	Max	SV	SD	SP	KV
Temperatura vode (°C)	12,50	30,00	23,08	4,29	0,67	19 %
Otopljeni kisik (mgL <sup>-1</sup> )	3,44	13,49	9,91	1,78	0,28	18 %
Zasićenje kisikom (%)	36,10	161,70	116,8	20,39	3,18	17 %
Provodljivost (μScm <sup>-1</sup> )	135,50	1001,00	355,66	186,54	29,13	52 %
pH	7,12	8,38	8,09	0,25	0,04	3 %
Utrošak (HCl/ml)	1,30	11,20	3,42	1,49	0,23	44 %
BPK <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)	0,0002	2,25	0,97	0,64	0,10	65 %
Ukupni fosfor (μg/l)	0,53	53,23	17,37	17,18	2,68	99 %
Klorofil-α (μg/l)	0,22	4,81	1,64	1,14	0,18	70 %

#### 4.1.1. Temperatura vode

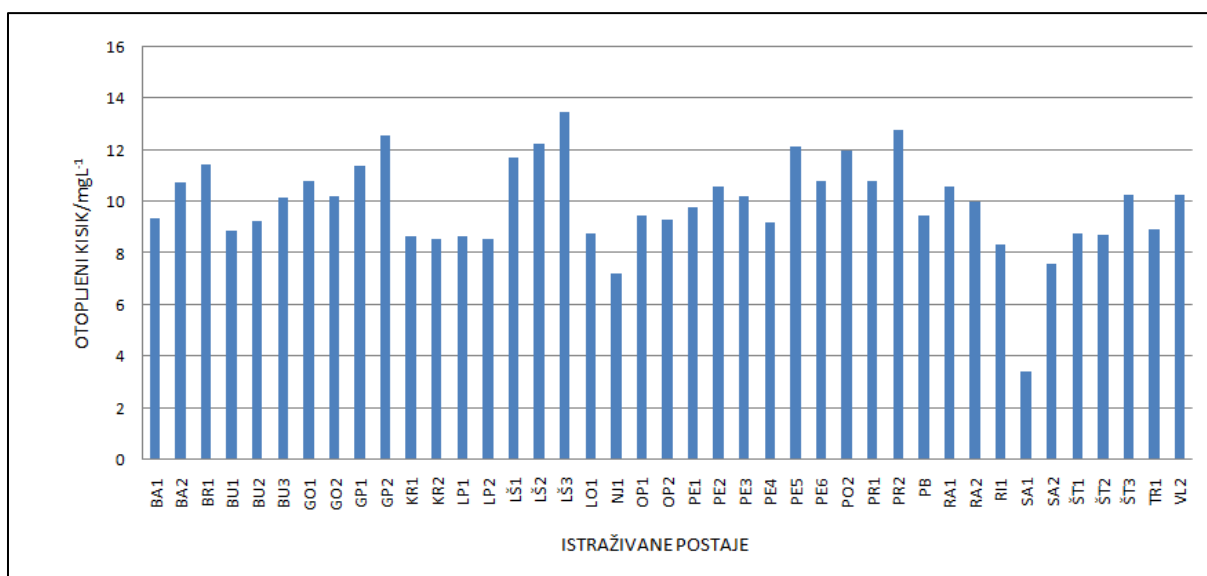
Najniža temperatura vode izmjerena je u akumulaciji Gusić Polje (postaja 1), dok je najviša u Ponikvama (postaja 2). Srednja vrijednost temperature vode svih akumulacija iznosila je  $23,08 \pm 4,2$  °C (Slika 9).



**Slika 9.** Raspon vrijednosti temperature vode (°C) po postajama istraživanih akumulacija (Kratice pojedinih postaja prikazane su u Tablici 1).

#### 4.1.2. Koncentracija otopljenog kisika u vodi

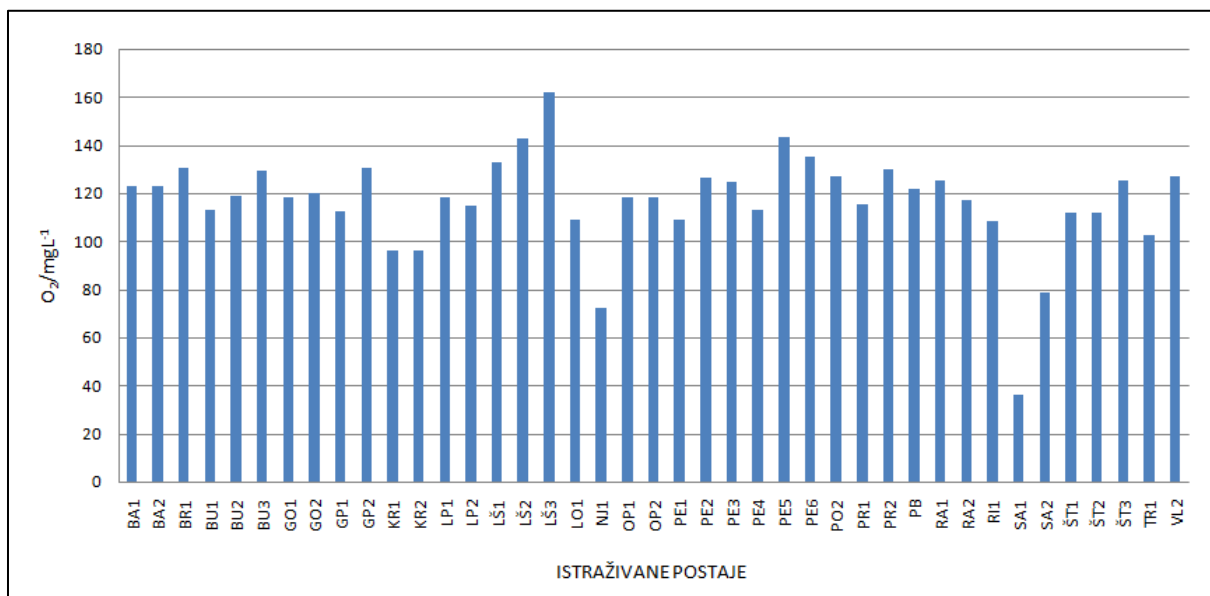
Srednja vrijednost koncentracije otopljenog kisika u vodi svih akumulacija iznosila je  $9,91 \pm 4,29 \text{ mgL}^{-1}$ . Najveća vrijednost je zabilježena u Lešću (postaja 3), a najniža u Sabljacima (postaja 1) (Slika 10).



**Slika 10.** Koncentracija otopljenog kisika ( $\text{mgL}^{-1}$ ) u vodi na pojedinim postajama istraživanih akumulacija (Kratice pojedinih postaja prikazane su u Tablici 1).

### 4.1.3. Zasićenje vode kisikom

Najviše i najniže vrijednosti zasićenja vode kisikom poklapaju se sa najvišim i najnižim koncentracijama kisika u vodi. Najveća vrijednost je iznosila je 161,7% u Lešću (postaja 3), a najniža 36,1% u Sabljacima (postaja 1). Srednja vrijednost zasićenja vode kisikom svih akumulacija iznosila je  $116,82 \pm 20,39\%$  (Slika 11).

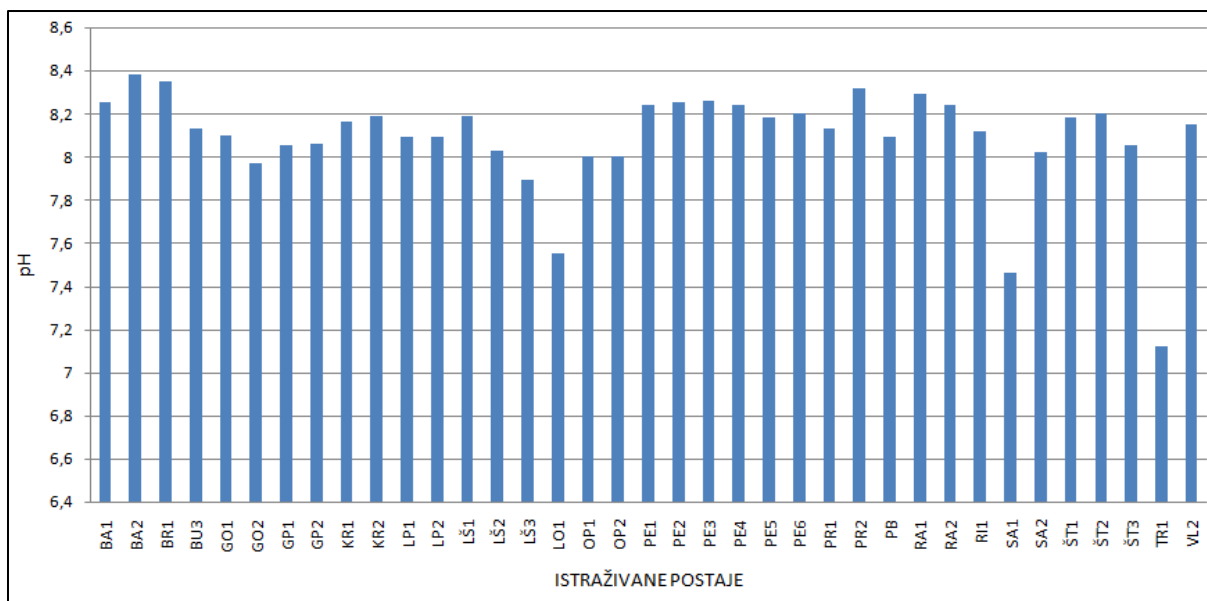


**Slika 11.** Zasićenje vode kisikom na pojedinim postajama istraživanih akumulacija (Kratice pojedinih postaja prikazane su u Tablici 1).

### 4.1.4. pH vrijednost

pH vrijednost u svim istraživanim akumulacijama je blago lužnata. Najveća vrijednost pH od 8,38 izmjerena je na akumulaciji Brljan (postaja 2), a najniža u akumulaciji Tribalj (postaja 1). Srednja vrijednost pH za sve istraživane akumulacije iznosila je  $8,08 \pm 0,25$  (Slika 12).

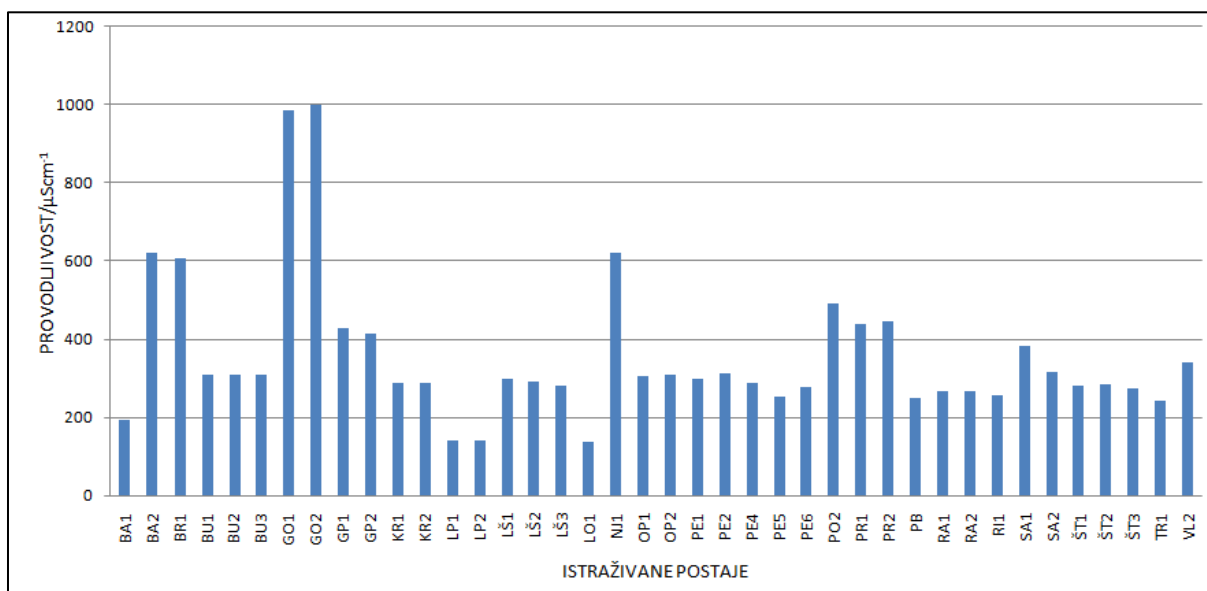




**Slika 12.** Raspon pH vrijednosti vode na pojedinim postajama istraživanih akumulacija (Kratice pojedinih postaja prikazane su u Tablici 1).

#### 4.1.5. Električna provodljivost vode

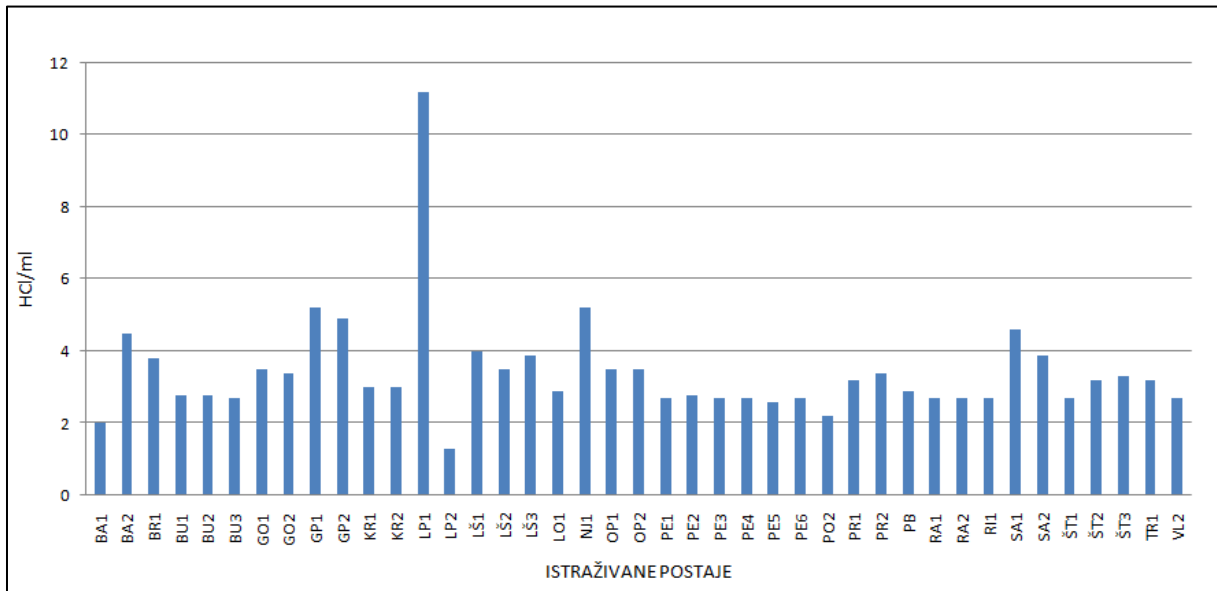
Minimalna izmjerena vrijednost električne provodljivosti zabilježena je na akumulaciji Lokve (postaja 1), a maksimalna vrijednost u Golubiću (postaja 2). Srednja vrijednost ovog parametra svih akumulacija iznosila je  $355,66 \pm 186,54$  (Slika 13).



**Slika 13.** Raspon vrijednosti električne provodljivosti vode na pojedinim postajama istraživanih akumulacija (Kratice pojedinih postaja prikazane su u Tablici 1).

#### 4.1.6. Alkalinitet

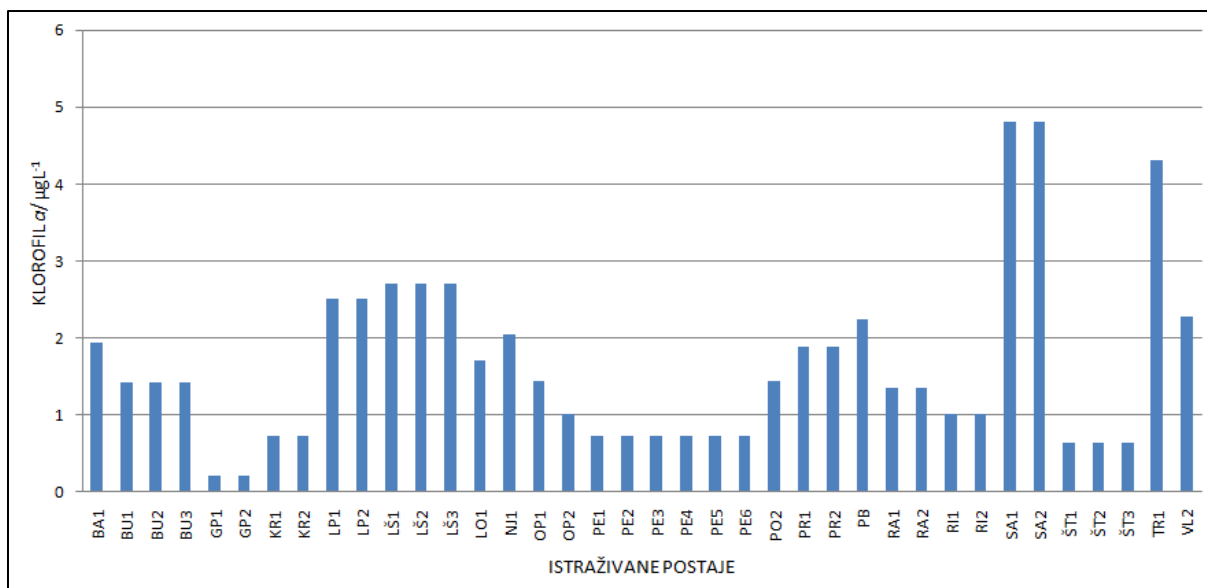
Minimalna vrijednost alkaliniteta je zabilježena u akumulaciji Lepenica (postaja 2), a najviša vrijednost u istoj akumulaciji na postaji 1. Srednja vrijednost alkaliniteta svih istraživanih akumulacija iznosila je  $3,42 \pm 1,49$  (Slika 14).



**Slika 14.** Vrijednosti alkaliniteta na pojedinim postajama istraživanih akumulacija (Kratice pojedinih postaja prikazane su u Tablici 1).

#### 4.1.7. Koncentracija klorofila *a*

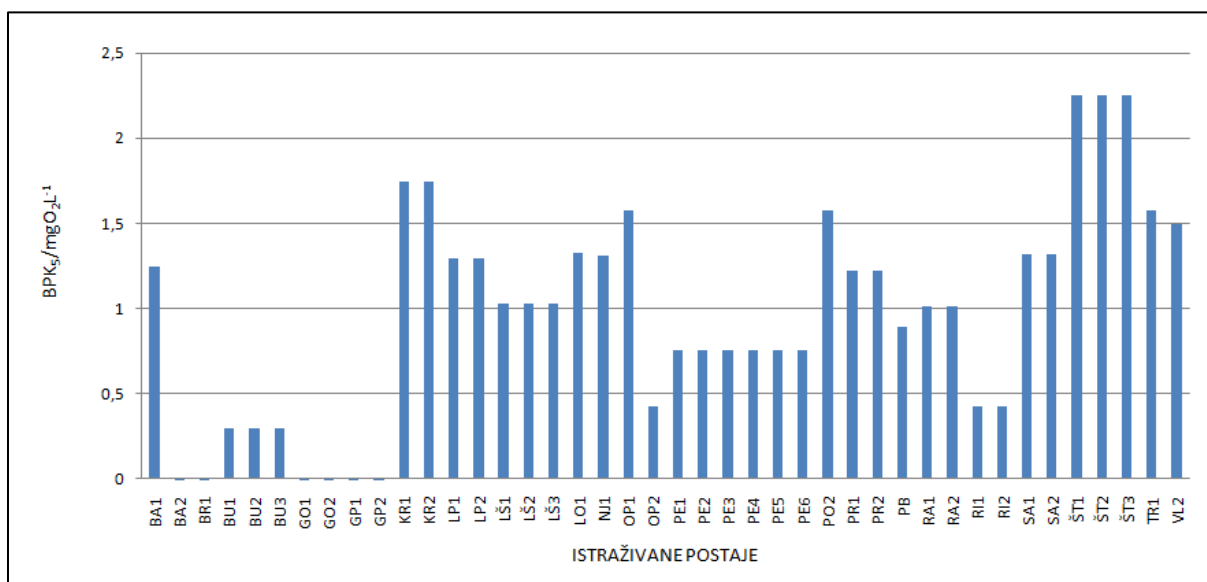
U akumulaciji Gusić polje (postaje 1 i 2) izmjerena je vrijednost od  $0,22 \mu\text{g/l}$  što je ujedno i minimalna koncentracija klorofila *a*, dok je maksimalna vrijednost izmjerena u akumulaciji Sabljaci (postaje 1 i 2). Srednja vrijednost koncentracije klorofila *a* u istraživanim akumulacijama iznosi  $1,63 \pm 1,14 \mu\text{g/l}$  (Slika 15).



**Slika 15.** Koncentracija klorofila *a* ( $\mu\text{gL}^{-1}$ ) u vodi na pojedinim postajama istraživanih akumulacija (Kratice pojedinih postaja prikazane su u Tablici 1).

#### 4.1.8. Biokemijska potrošnja kisika (BPK<sub>5</sub>)

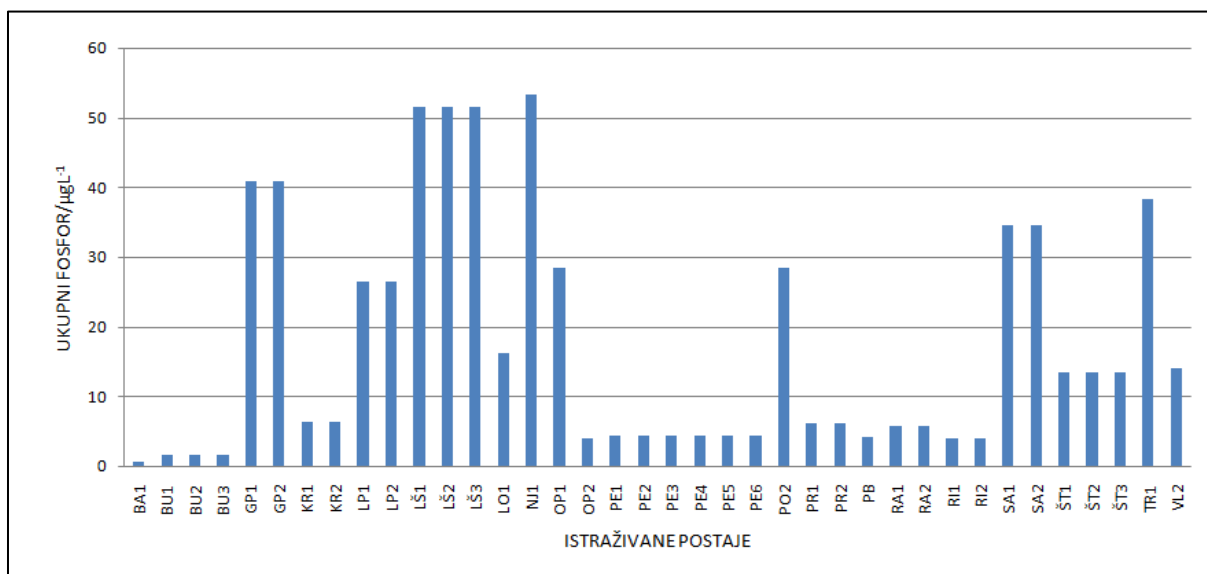
Akumulacija Štikada (postaje 1 i 2) imala je najveću biokemijsku potrošnju kisika, dok je najmanja vrijednost izmjerena u akumulaciji Golubić (postaje 1 i 2). Srednja vrijednost BPK<sub>5</sub> svih istraživanih akumulacija iznosila je  $0,99 \pm 0,64 \text{ mgO}_2/\text{l}$  (Slika 16).



**Slika 16.** Vrijednosti BPK<sub>5</sub> ( $\text{mgO}_2\text{L}^{-1}$ ) na pojedinim postajama istraživanih akumulacija (Kratice pojedinih postaja prikazane su u Tablici 1).

#### 4.1.9. Ukupni fosfor

Najveća koncentracija zabilježena je u Njivicama (postaja 1), a najmanja u Bajeru (postaja 1). Srednja vrijednost ukupnog fosfora za sve akumulacije iznosila je  $17,37 \pm 17,18$  (Slika 17).



**Slika 17.** Ukupni fosfor ( $\mu\text{g/L}^{-1}$ ) u vodi na pojedinim postajama istraživanih akumulacija (Kratice pojedinih postaja prikazane su u Tablici 1).

#### 4.2. Raznolikost vodengrinja unutar istraživanih akumulacija

Unutar ovog rada determinirane su ukupno 1952 jedinke vodengrinja svrstanih u 11 porodica (Arrenuridae, Aturidae, Hydrodromidae, Hygrobatidae, Lebertiidae, Limnesiidae, Mideopsidae, Oxidae, Pionidae, Torrenticolidae, Unionicolidae), 14 rodova (*Arrenurus*, *Brachypoda*, *Hydrodroma*, *Hygrobates*, *Lebertia*, *Limnesia*, *Mideopsis*, *Oxus*, *Forelia*, *Hydrochoreutes*, *Piona*, *Torrenticola*, *Unionicola*, *Neumania*) i 28 vrsta (Tablica 3). Unutar porodice Arrenuridae zabilježeno je najviše jedinki (498), a najbrojnije vrste su: *Arrenurus* sp. (pronađene u 14 od 21 akumulacija), *Neumania* sp. (13 akumulacija) i *Mideopsis* sp. (11 akumulacija). 13 vrsta je pronađeno samo na jednoj lokaciji ili im je ukupna brojnost bila manja od 10 jedinki. Vrsta *Arrenurus crassicaudatus* pronađena je u akumulacijama Lešće (1 jedinka) i Sabljaci (2 jedinke), a *A. zachariae* u Golubiću (1 jedinka) i Sabljacima (1 jedinka). Vrsta *Hydrodroma torrenticola* je pronađena u Butonigi (3 jedinke) i Opsenici (1 jedinka). Svih 6 jedinki vrste *Hygrobates foreli* je zabilježeno u akumulaciji Sabljaci. Vrsta *Limnesia arevaloi* je pronađena u Opsenici (4 jedinke) i Prančeviću (1 jedinka), a 2 jedinke vrste *Mideopsis raztoczensis* u Sabljacima. Jedna jedinka na jednoj lokaciji pronađena je kod vrsta *Forelia variegator* (Lešće), *Oxus* sp. (Ponikve), *Limnesia koenikei* (Lepenica) i *Unionicola*

*figuralis* (Razovac). Nadalje, po jedna jedinka vrste *Piona carnea* pronađena je na akumulacijama Lešće, Štikada i Tribalj. Vrsta *Torrenticila* sp. nađena je u Brljanu (6 jedinki), a *Unionicola hankoi* u Ričicama (3 jedinke). Svih 12 jedinki vrste *Arrenurus octagonus* pronađene su u Sabljacima, a 41 jedinka vrste *Hygrobates nigromaculatus* u akumulaciji Prančeviću. Unutar 7 istraživanih postaja (Bajer 2, Lokve 2, Ponikve 1, Prološko blato 1, Tribalj 2, Tribalj 3, Vlačine 1) nisu zabilježene vodengrinje. Ukupno je nađeno 18 novih vrsta vodengrinja za faunu Hrvatske.

**Tablica 3.** Popis pronađenih svojiti s naznakom na nove nalaze vodengrinja za faunu Hrvatske

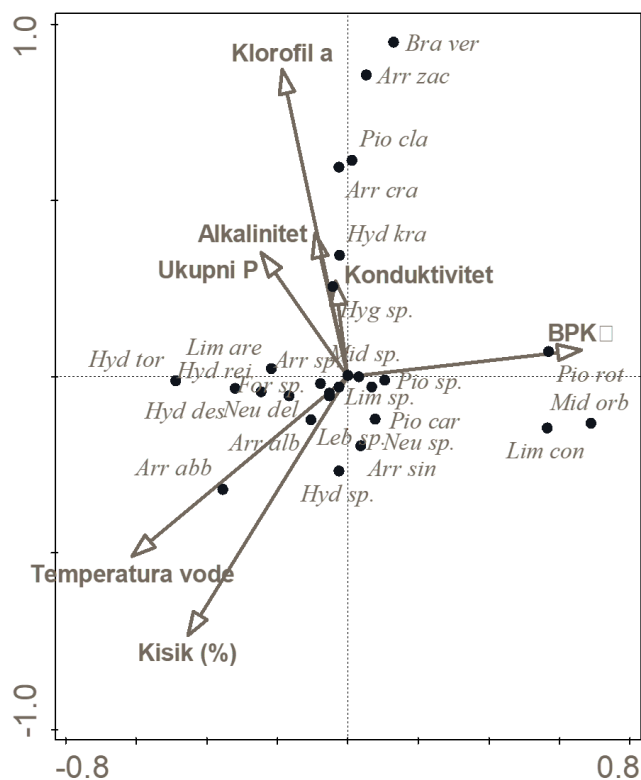
VRSTA	KRATICA (CCA ANALIZA)	NOVI NALAZI ZA HRVATSKU	UKUPAN BROJ NAĐENIH JEDINKI
<i>Arrenurus sp.</i>	<i>Arr sp.</i>		322
<i>Arrenurus abbreviator</i>	<i>Arr abb</i>	+	3
<i>Arrenurus albator</i>	<i>Arr alb</i>		128
<i>Arrenurus crassicaudatus</i>	<i>Arr cra</i>	+	3
<i>Arrenurus octagonus</i>		+	12
<i>Arrenurus sinuator</i>	<i>Arr sin</i>	+	28
<i>Arrenurus zachariae</i>	<i>Arr zac</i>	+	2
<i>Brachypoda versicolor</i>	<i>Bra ver</i>	+	67
<i>Hydrodroma sp.</i>	<i>Hyd sp.</i>		38
<i>Hydrodroma despiciens</i>	<i>Hyd des</i>		22
<i>Hydrodroma reinhardi</i>	<i>Hyd rei</i>		83
<i>Hydrodroma torrenticola</i>	<i>Hyd tor</i>		4
<i>Hygrobates sp.</i>	<i>Hyg sp.</i>		80
<i>Hygrobates foreli</i>		+	6
<i>Hygrobates nigromaculatus</i>		+	41
<i>Lebertia sp.</i>	<i>Leb sp.</i>		72
<i>Limnesia sp.</i>	<i>Lim sp.</i>		127
<i>Limnesia arevaloi</i>	<i>Lim are</i>	+	5
<i>Limnesia connata</i>	<i>Lim con</i>		32
<i>Limnesia koenikei</i>		+	1
<i>Mideopsis sp.</i>			1
<i>Mideopsis orbicularis</i>	<i>Mid orb</i>	+	188

**Tablica 3. (nastavak)** Popis pronađenih svojti s naznakom na nove nalaze vodengrinja za faunu Hrvatske

<i>Mideopsis raztoczensis</i>			2
<i>Oxus sp.</i>			1
<i>Forelia sp.</i>	<i>For sp.</i>		11
<i>Forelia variegator</i>		+	1
<i>Hydrochoreutes krameri</i>	<i>Hyd kra</i>	+	145
<i>Piona sp.</i>	<i>Pio sp.</i>		34
<i>Piona carnea</i>	<i>Pio car</i>	+	3
<i>Piona clavicornis</i>	<i>Pio cla</i>	+	45
<i>Piona rotundoides</i>	<i>Pio rot</i>	+	50
<i>Torrenticila sp.</i>			6
<i>Unionicola figuralis</i>		+	1
<i>Unionicola hankoi</i>			3
<i>Neumania sp.</i>	<i>Neu sp.</i>		87
<i>Neumania deltoides</i>	<i>Neu del</i>	+	298

#### 4.2.1. Distribucija vodengrinja s obzirom na okolišne parametre

CCA analiza korištena je za testiranje zastupljenost vodengrinja s obzirom na sedam od devet izmjerenih parametara vode (Slika 18). Koncentracija kisika je izostavljena iz analize jer pokazuje vrlo sličan trend kao i zasićenje kisikom koji je obrađen u ovoj analizi. pH vrijednosti također su izbačene iz analize zbog vrlo male varijabilnosti između postaja (CV=1 %, Tablica 2). Testiranim parametrima se objasnilo 33.2 % ukupne varijacije raspodjele zajednica vodengrinja (ukupna varijacija je iznosila 1.48274). Vrijednost prve dvije osi iznosila je 0,1557 i 0,1314. Utvrđena je statistički značajna korelacija distribucije vodengrinja sa sljedećim parametrima: klorofil- $\alpha$ , zasićenje kisikom i BPK<sub>5</sub> (Tablica 4).



**Slika 18.** Grafički prikaz CCA analize: distribucija vodengrinja s obzirom na fizikalno-kemijska svojstva vode. Vrste vodengrinja su označene crnim krugovima (●), a fizikalno-kemijski parametri vode strelicama. Taksonomske kratice vodengrinja prikazane su u Tablici 5.

Od ukupno sedam analiziranih fizikalno kemijskih parametara, samo tri statistički značajno utječu na distribuciju vodengrinja, (Tablica 4). Koncentracija klorofila a, zasićenje kisikom i biološka potrošnja kisika objašnjavaju 21,2% ukupne varijabilnosti distribucije vodengrinja.

**Tablica 4.** Vrijednosti pojedinih fizikalno-kemijskih parametara u kanoničkoj analizi podudarnosti (CCA) u odnosu na varijabilnost sastava zajednica vodengrinja (p = razina značajnosti: \* < 0,05)

PARAMETAR	Objašnjeno varijacije %	Doprinos u analizi %	pseudo-F	p
Klorofil- $\alpha$ ( $\mu\text{g/l}$ )	8,3	24,9	3,1	0,018*
Zasićenje kisikom (%)	7,6	23	3	0,022*
BPK <sub>5</sub> ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )	5,3	15,9	2,1	0,01*
Temperatura vode /°C	3,8	11,5	1,6	0,114
Provodljivost/ $\mu\text{Scm}^{-1}$	3,3	10,1	1,4	0,2
Utrošak HCl/ml	2,3	6,8	0,9	0,266
Ukupni fosfor ( $\mu\text{gP/L}$ )	2,6	7,8	1,1	0,342

#### 4.2.2. Odnos zajednica vodengrinja i njihovog plijena promjenom dubine vodenog stupca

Abundancija i bogatstvo vrsta vodengrinja statistički se značajno povećava s porastom dubine (Tablica 5). Porast navedenih varijabli za posljedicu dakako ima i porast indeksa koji su iz njih izvedeni, pa tako vrijednosti Margalefovog indeksa raznolikosti (d), Simpsonovog indeksa raznolikosti (1- $\lambda$ ) i Shannonovog indeksa raznolikosti (H' log) također statistički značajno rastu s porastom dubine.

**Tablica 5.** Odnos između sastava zajednica vodengrinja i gradijenta dubine unutar zone litorala (n = broj uzoraka; r =vrijednost korelacije Spearmanovog koeficijenta; p = razina značajnosti: \* = p < 0,05; \*\* = p<0,01 i \*\*\* = p<0,001).

PARAMETAR	N	r	P
Abundancija (N)	490	0,167	0,008**
Bogatstvo vrsta (S)	490	0,192	0,002**
Margalefov indeks raznolikosti (d)	490	0,196	0,002**
Simpsonov indeks raznolikosti (1- $\lambda$ )	490	0,198	0,002**
Shannonov indeks raznolikosti (H' log)	490	0,223	0***

Od pet istraživanih skupina životinja koje su potencijalni plijen vodengrinja, samo abundancija ličinki trzalaca (Chironomidae) statistički značajno korelira s gradijentom dubine (Tablica 6). Abundancija trzalaca statistički značajno raste s porastom dubine, kao i abundancija, bogatstvo vrsta i raznolikost vodengrinja. Ostale skupine nisu pokazale statistički značajne promjene u abundanciji s obzirom na gradijent dubine.



**Tablica 6.** Odnos između abundancije pojedinih skupina plijena vodengrinja i gradijenta dubine unutar zone litorala (n = broj uzoraka; r =vrijednost korelacije Spearmanovog koeficijenta; p = razina značajnosti: \* = p < 0,05; \*\* = p<0,01 i \*\*\* = p<0,001).

PARAMETAR	N	r	P
Cladocera	490	0,025	0,587
Copepoda	490	0,036	0,426
Ostracoda	490	0,059	0,195
Chironomidae	490	0,168	0***
Ceratopogonidae	490	0,006	0,894

#### 4.3.Strukturiranje zajednice vodengrinja s obzirom na dostupnost plijena

Abundancija, kao i broj vrsta vodengrinja statistički značajno pozitivno korelira s abundancijom plijena Cladocera, Copepoda i Chironomidae (Tablica 7). Utvrđena je i pozitivna korelacija između bogatstva vrsta Hydrachnidia i abundancije Ostracoda, dok pozitivni trendovi s abundancijom porodice Ceratopogonidae nisu bili statistički značajni.

**Tablica 7.** Statističke značajnosti i vrijednosti korelacija između abundancije (N) i broja svojti (S) vodengrinja s abundancijom plijena (n = broj uzoraka koji iznosi 490 za sva testiranja; r =vrijednost korelacije Spearmanovog koeficijenta; p = razina značajnosti: \* = p < 0,05; \*\* = p<0,01 i \*\*\* = p<0,001).

Parametar	CLADOCERA		COPEPODA		OSTRACODA		DIPTERA			
	r	p	r	p	r	p	Ceratopogonidae		Chironomidae	
S	0,5	0,001***	0,445	0,003**	0,301	0,05*	0,11	0,485	0,568	0***
N	0,452	0,003**	0,51	0,001***	0,291	0,061	0,046	0,768	0,542	0***

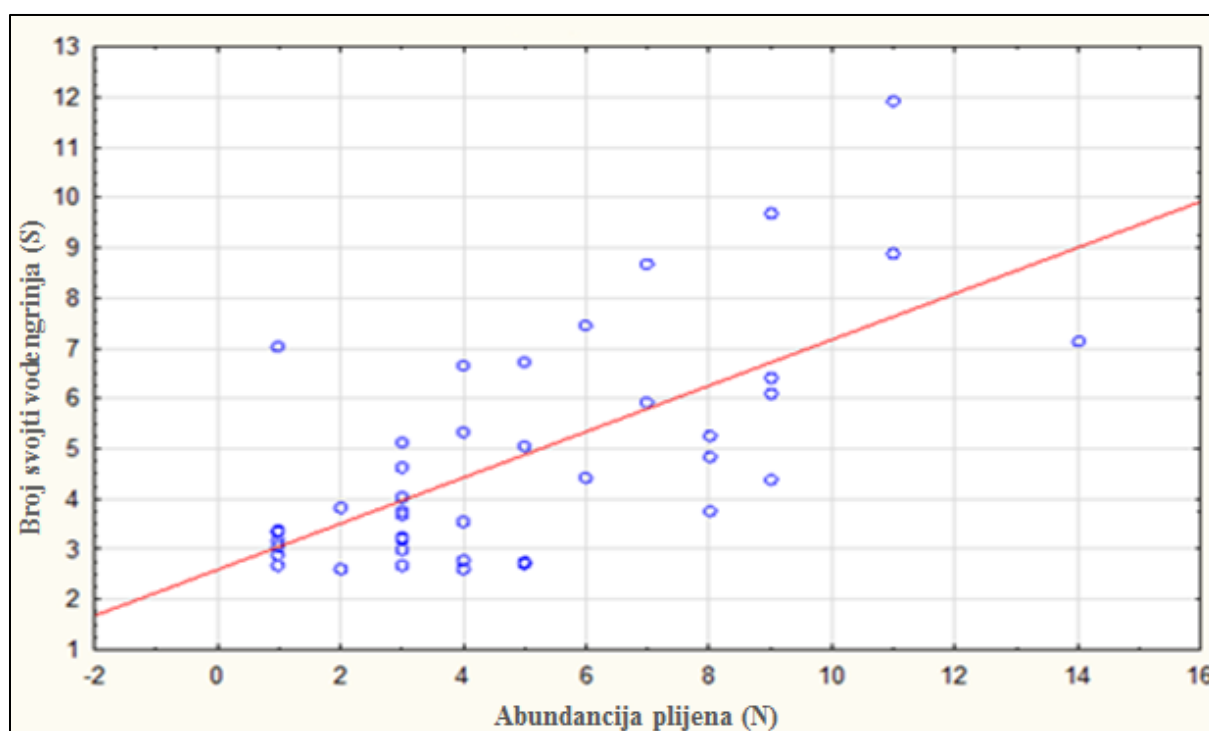
U multiploj linearnoj regresiji strukturiranja zajednice vodengrinja s obzirom na dostupnost plijena isključena je porodica Ceratopogonidae čija abundancija nije pokazivala nikakve statistički značajne trendove s obzirom na bogatstvo vrsta niti abundanciju vodengrinja. U modelu linearne regresije s preostalim skupinama plijena dobiveni su sljedeći modeli:

a) Za broj svojti vodengrinja (S);  $R^2=0,4582$ ;  $F=7,8238$  (Slika 19)

Broj svojti vodengrinja	Odsječak na osi Y	Cladocera	Copepoda	Ostracoda	Chironomidae
Y (S)	2,5432***	0,0009	0,0009	0,0001	0,0007***

Kad bi zajednica vodengrinja brojala 5 svojti, dostupnost plijena (izražen u broju jedinki po svakoj skupini) koji podržava ovakvu zajednicu bi bio sljedeći:

5 svojti vodengrinja = 2,5432 + 665,6805 Cladocera + 665,6805 Copepoda + 73,9645 Ostracoda + 517,7515 Chironomidae



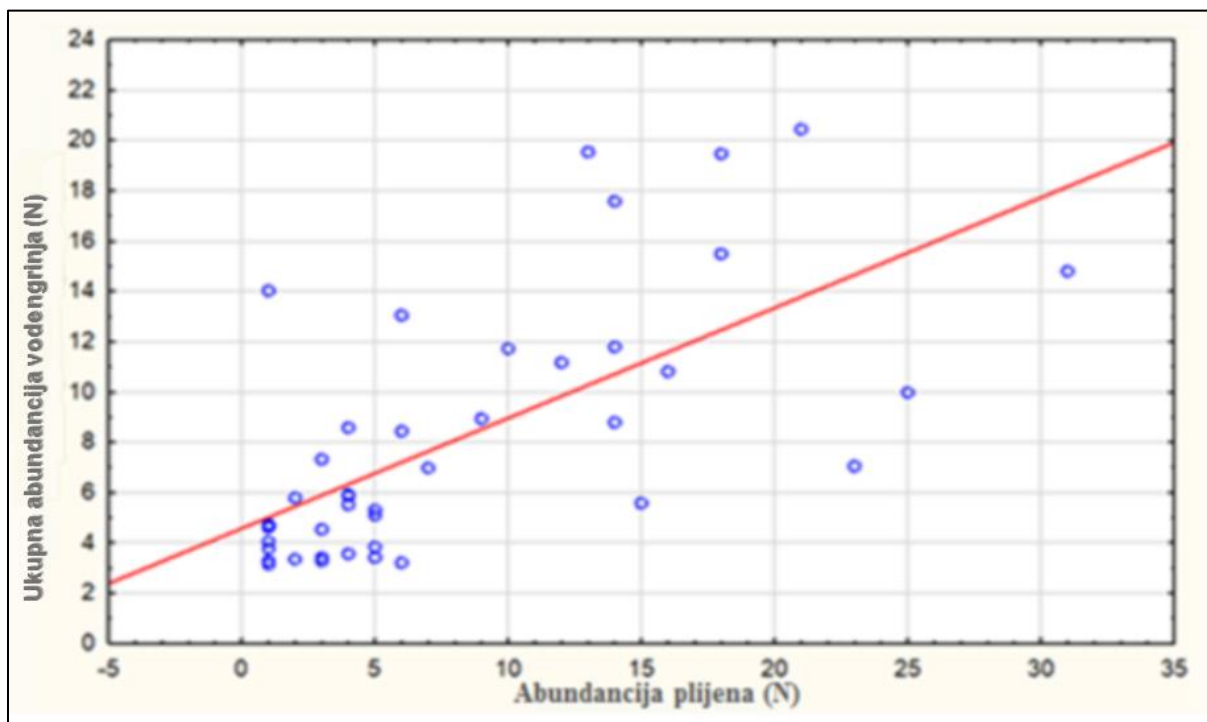
**Slika 19.** Prikaz multiple linearne regresije strukturiranja zajednice vodengrinja (broja svojti) s obzirom na abundanciju plijena. Točke predstavljaju stvarne uređene parove (broj svojti vodengrinja, abundancija plijena) dok pravac predstavlja linearni model s četiri nezavisne varijable (abundancije: Cladocera, Copepoda, Ostracoda i Chironomidae).

b) Za abundanciju vodengrinja  $R^2 = 0,4383$ ;  $F = 7,2179$  (Slika 20)

Abundancija vodengrinja	Odsječak na osi Y	Cladocere	Copepoda	Ostracoda	Chironomidae
Y (N)	2,9696 *	0,0010	0,0059	0,0003	0,0014 ***

Kad bi zajednica vodengrinja brojala 20 jedinki, dostupnost plijena (izražen u broju jedinki po svakoj skupini) koji podržava ovakvu zajednicu bi bio sljedeći:

20 jedinki vodengrinja = 2,5432 + 270,4164 Cladocera + 1595,457 Copepoda + 81,1249 Ostracoda + 378,583 Chironomidae



**Slika 20.** Prikaz multiple linearne regresije strukturiranja zajednice vodengrinja (abundancije) s obzirom na abundanciju plijena. Točke predstavljaju stvarne uređene parove (abundancija vodengrinja, abundancija plijena) dok pravac predstavlja linearni model s četiri nezavisne varijable (abundancije: Cladocera, Copepoda, Ostracoda i Chironomidae)

## 5. RASPRAVA

U prilog opće slaboj istraženosti skupine vodengrinja u Hrvatskoj, a posebice u stajaćicama govori pronalazak 18 novih vrsta za faunu Hrvatske u sklopu ovog diplomskog rada. Ovaj je podatak još značajniji kada se uzme u obzir da ovi nalazi obogaćuju popis vrsta vodengrinja u Hrvatskoj za 28,13%. *Arrenurus crassicaudatus* pronađen u akumulacijama Lešće i Sabljaci prema literaturi vrlo je učestala i tolerantna vrsta kao i *Arrenurus sinuator*, također pronađen na Sabljacima (Smit i van der Hammen, 2000). *Arrenurus octagonus* i *Piona rotundoides* za svoje stanište biraju vode sa sporim strujanjem (Gerecke i sur., 2016), stoga nije neobično da ove vrste nalazimo u umjetnim stajaćicama nastalim pregrađivanjem tekućica - akumulacijama. Vrsta *Arrenurus zacharie* je pronađena u akumulaciji Sabljaci koja je u svrhu akumuliranja vode rijeke Zagorske Mrežnice napravljena na samom izvoru spomenute rijeke. Ovaj nalaz se stoga donekle poklapa s dosadašnjim nalazima ove vrste u limnokrenim izvorima (Gerecke i sur., 2016). *Brachypoda versicolor* te *Forelia variegator* su široko rasprostranjene vrste koje se mogu pronaći u svim tipovima lentičkih staništa (Lundblad 1968). *Hydrochoreutes kremeri* kao i *Piona carnea* su vrste koje preferiraju život u slatkovodnim stajaćicama sa smanjenom koncentracijom nutrijenata (Gerecke i sur., 2016; Smit i Van der Hammen, 2000) stoga ne čude brojni nalazi ove vrste u nutrijentima siromašnim krškim akumulacijama. *Hygrobates nigromaculatus* pronađen u akumulaciji Prančavići, tipična je vodengrinja zone litorala koja pokazuje preferenciju ka obalama koje zapljuskuju valovi (Martin i Davids, 2002). *Hygrobates foreli* vrsta je široke valencije rasprostiranja: od rijeka do slatkovodnih stajaćica (Di Sabatino et al., 2010). *Limnesia arevaloi* i *Limnesia koenikei* vrste su s velikom tolerancijom na povišeni konduktivitet (Gerecke 1991), odnosno salinitet (Svenonius, 1949), no u ovom istraživanju nisu nađene u velikom broju. *Mideopsis orbicularis* ima visoku toleranciju prema povećanim koncentracijama hranjivih tvari (Smit i Van der Hammen, 2000), no usprkos najveća brojnost zabilježena ove vrste zabilježena je u akumulaciji Krušćica koja ima nisku razinu nutrijenata. *Neumania deltoids* česta je u svim tipovima stajaćica, i ovom je radu zabilježena na 15 različitih lokacija. Vrsta *Piona clavicornis*, pronađena na Peruči poznata je također i kao vrsta koja obitava u povremenim stajaćicama i močvarama (Gerecke i sur., 2016) te je na ovoj lokaciji vjerojatno nepovoljne uvijete u smislu velikih oscilacija vodostaja preživjela upravo u malim privremenim lentičkim staništima. *Unionicola hankoi* vrsta je koja zbog svog životnog ciklusa, obično stanište dijeli s školjkašima rodova *Unio* ili *Anodonta*. Premda ove skupine nisu pronađene na lokalitetu zajedno s vrstom *U. hankoi*, velika je indikacija da su u akumulaciji Ričice prisutni i ovi školjkaši. Vrsta istog roda *U. figuralis* nalazi se uglavnom u

vodama s relativno niskim koncentracijama nutrijenata, no njen životni ciklus nije poznat. Ova vrsta zabilježena je u Razovcu gdje su pronađeni i školjkaši roda *Pisidium*.

U odgovoru zajednice vodengrinja na fizikalno kemijske parametre, vidljiva su dva osnovna pravca: svojte povezane sa višom razinom eutrofikacije (klorofil- $\alpha$ ; BPK<sub>5</sub>) i svojte povezane s nižom razinom eutrofikacije. Bez obzira na spomenute pravce i povezanost svojti s fizikalno kemijskim parametrima, ukupan odgovor vodengrinja na okolišne parametre je relativno slab. Najveći broj svojti u CCA analizi smješten je u sredini ordinacije. Zajednica vodengrinja statistički je značajno reagirala na samo tri od sedam okolišnih parametara i to s najnižom razinom značajnosti ( $p = 0,1-0,5$ ). Iz čega se može zaključiti da fizikalno-kemijski parametri nisu glavni pokretač distribucije vodengrinja.

U prirodnim jezerima je zona litorala područje najveće raznolikosti vrsta, što često nije slučaj u akumulacijama radi velikih oscilacije vodostaja (Šibić, 2009). Promjene razine vode utječu na ekološke procese jezera, a posebice nepovoljno utječu na bentičku faunu (Hynes, 1962). Rezultati veće abundancije, bogatstva vrsta i raznolikosti zajednica vodengrinja u dubljim slojevima akumulacija stoga ne začuđuju jer tamo očekujemo stabilnije uvijete i manju mogućnost presušivanja, odnosno manje stresa uzrokovanog kolebanjima vodostaja. Ova dubinska raspodjela također je najvjerojatnije povezana i s raspodjelom glavne skupine plijena vodengrinja: trzalacima. Naime, abundancija trzalaca se također statistički značajno povećava s porastom dubine.

Statistički značajne ( $p < 0,001$ ) i snažne ( $r > 0,5$ ) korelacije utvrđene između bogatstva svojti i abundancije vodengrinja te abundancije plijena ukazuju na ključnu ulogu u formiranju zajednica vodengrinja. U praćenju predatorskog odnosa vodengrinja i dostupnosti plijena, važno je promatrati iz takozvanog „bottom up“ gledišta. Naime, u odnosu na abundancije raspoloživog plijena (npr. Chironomidae: 5800 jedinki/m<sup>2</sup>), abundancije vodengrinja su znatno niže (npr. 10 jed/m<sup>2</sup>) te je neprimjereno pretpostaviti da će predacija vodengrinja imati vidljiv učinak na abundanciju plijena kakav je predviđen u takozvanoj „top-down“ kontroli. Dokaz ovom stavu je da su trendovi odnosno korelacije vodengrinja s dostupnošću plijena očekivano pozitivni.

Za porodicu Ceratopogonidae nije utvrđena nikakva statistički značajna korelacija s abundancijom, niti bogatstvom svojti vodengrinja. Premda je ova skupina slične veličine i oblika kao i Chironomidae, moguće je da vodengrinje izbjegavaju ovu skupinu u prehrani. Izgledno je da ovi predatori (Ceratopogonidae) svojim također predatorskim ponašanjem,

dobrim plivačkim ili puzajućim sposobnostima izbjegavaju vodengrinje (Szadziwski i sur., 1997). Abundancije skupine rašljoticalaca i veslonožaca pozitivno i statistički značajno su korelirale s abundancijom i bogatstvom svojti vodengrinja, što se podudara s dosadašnjim opažanjima prehrane vodengrinja (Rundele, 2002). Utvrđeno je kako abundancija ljuskara nije statistički značajno povezana s abundancijom vodengrinja, no utvrđena je pozitivna korelacija između abundancije ljuskara te broja svojti vodengrinja (iako najniže razine značajnosti  $p = 0,01 - 0,05$ ). Premda Martin (2005) ovu skupinu opisuje kao učestali plijen vodengrinja, moguće je da u prirodnom okruženju vodengrinje biraju skupine s egzoskeletom koji lakše probijaju, kao što su rašljoticalci ili veslonošci. Velika abundancija trzalaca utvrđena je kao glavni preduvjet za razvoj brojne i raznolike zajednice vodengrinja. Abundancija ove skupine s najvećom razinom statističke značajnosti ( $p < 0,001$ ) korelira s abundancijom te bogatstvom svojti vodengrinja. Također, u multivarijantnom modelu linearne regresije utvrđeni su kao jedina statistički značajna varijabla, potvrđujući time njihovu ulogu kao glavnog pokretača prostorne raspodjele vodengrinja u lentičkim sustavima.

## 6. ZAKLJUČAK

Prema rezultatima istraživanja dvadeset i jedne akumulacije unutar Dinaridske ekoregije mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Determinirano je 18 novih vrsta vodengrinja za faunu Hrvatske čime je istaknuta potreba za daljnjim istraživanjima ove skupine
- Samo 21,2 % ukupne varijabilnosti distribucije vodengrinja ovisi o okolišnim parametrima (klorofil- $\alpha$ , zasićenje kisikom i BPK5) istraživanih lentičkih sustava
- Brojnost i bogatstvo vrsta vodengrinja značajno se povećava s porastom dubine u zoni litorala istraživanih akumulacija radi stabilnijih ekoloških uvijeta
- Prostorna raspodjela predatorskih stadija vodengrinja najvećim dijelom uvjetovana je dostupnošću plijena
- Obrasci strukturiranja zajednica vodengrinja pokazali su najveću ovisnost o dostupnosti i abundanciji plijena rašljoticalaca (Cladocera), veslonožaca (Copepoda), trzalaca (Chironomidae) i ljuskara (Ostracoda)
- Velika abundancija trzalaca utvrđena je kao glavni preduvjet za razvoj brojne i raznolike zajednice vodengrinja

## 7. POPIS LITERATURE

1. Baker R., Pešić V., Gerecke R., Hristovski N., Stojanovski S. (2008): A comparative analysis of the water mite fauna (Acari) of three transboundary lakes in the Balkans, *Lauterbornia* 62:45-51
2. Besseling J. A. (1957): Zoological Results of a Collecting Journey to Yugoslavia, *Beaufortia* 61:179-181
3. Bottger K., Martin P. (1995): Faunistic-ecological investigations into water mites (Hydrachnidia, Acari) of three small streams of the Northern Germany lowland with special emphasis on rheobiont species, *Limnologica* 25:61-72
4. Bottger K. (1970): Die Ernährungsweise der Wassermilben (Hydrachnellaw, Acari), *Hydrobiologie* 55:895-912
5. Clarke K. R., Gorley R. N. (2006): *PRIMER V6: User Manual/Tutorial*. Plymouth: Primer-E
6. Cook D. R. (1967): Water mites from India. *Memoirs of the American Entomological Institute* 9:411
7. Davids C., Di Sabatino A., Gerecke R., et al. (2007): Acari: Hydrachnidia I. U: Bartsch I, Davids C, Deichsel R. et al. (Eds.), *Chelicerata: Araneae, Acari I. Süßwasserfauna von Mitteleuropa 7/2-1*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag; pp: 241–333
8. Di Sabatino A., Gerecke R., Gledhill T., Smit H. (2010): Chelicerata: Acari II. In *Süßwasserfauna von Mitteleuropa 7/2-2*. Heidelberg: Spektrum; pp: 1-216
9. Di Sabatino A., Gerecke R., Martin P. (2001): The biology and ecology of lotic water mites (Hydrachnidia), *Freshwater Biology* 44:47-62
10. Di Sabatino A., Smit H., Gerecke R., Goldschmidt T., Matsumoto N., Cicolani B. (2008): Global diversity of water mites (Acari, Hydrachnidia; Arachnida) in freshwater, *Hydrobiologia* 595:303–315
11. Gerecke, R. (1991): Taxonomische, faunistische und ökologische Untersuchungen an Wassermilben (Acari, Actinedida) aus Sizilien unter Berücksichtigung anderer aquatischer Invertebraten, *Lauterbornia* 7:1–304.
12. Gerecke R., Gledhill T., Pešić V., Smit H. (2016): Chelicerata: Acari III. In *Süßwasserfauna von Mitteleuropa 7/2-3*. Heidelberg: Spektrum; pp: 1-417
13. Gliwicz Z. M., Biesiadka E. (1975): Pelagic water mites (Hydracarina) and their effect on plankton community in neptropical man-made lake, *Archiv für Hydrobiologie* 76:45-59



14. Goldschmidt T. (2009): Water mites (Acari, Hydrachnidia) in tropical springs – diversity, specificity, monitoring possibilities, *Limnologica* 30:669-672
15. Goldschmidt T. (2016): Water mites (Acari, Hydrachnidia): powerful but widely neglected bioindicators– a review. *Neotropical Biodiversity*, 2:12–25.
16. Hynes H. B. N. (1961): The effect of water level fluctuations on littoral fauna, *Limnologica* 14:652-656
17. Illies J. (1978): *Limnofauna Europaea*. 2. Auflage, Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, New York, 532
18. Irz, P., Odion, M., Argillier, C., Pont, D. (2006): Comparison between the fish communities of lakes, reservoirs and rivers: Can natural systems help define the ecological potential of reservoirs?, *Aquatic Sciences* 68:109–116
19. Lundblad, C.O. (1968): Die Hydracarina Schwedens. III. *Arkiv för Zoologi* 21:1633
20. Marin, P. i Davids C. (2002): Life history strategies of *Hygrobatas nigromaculatus*, a widespread palaeartic water mite (Acari, Hydrachnidia, Hygrobatidae). In: Bernini F., Nannelli, G., Nuzzaci, G., and de Lillo, E. (eds.), *Acarid Phylogeny and Evolution. Adaptations in mites and ticks*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 101-110.
21. Martin P. (2000): Larval morphology and host-parasite associations of some stream living water mites (Hydrachnidia, Acari). *Archiv Für Hydrobiologie. Supplementband, Monographische Beiträge* 121: 269–320
22. Martin, P. (2004): Water mites (Hydrachnidia, Acari) as predators in lotic environments, *Phytophaga* 307–321
23. Nusch E. A., Palme G. (1975): Biologische methoden für die praxis der gewässeruntersuchung, *GWF* 116:552-565
24. Paterson C. G. (1970): Water mites (Hydracarina) as predators of chironomid larvae (Insecta: Diptera), *Can. J. Zool.*: 48:610-614
25. Pešić V. M. (2002): New records of Water-mites (Acari, Hydrachnidia) based on the material collected by T. Petrovski in Croatia, including a check-list of species recorded in Croatia, *Natura Croat.* 4:447-453
26. 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, 1–100.

27. Perić J., Vukojević Medvidović N. , Nuić I. (2012): Inženjerstvo otpadnih voda, priručnik za laboratorijske vježbe, Sveučilište u Splitu 60-63
28. Poznanska M., Kobak J., Wolnomiejski N., Kakareko T. (2009): Shallow-water benthic macroinvertebrate community of the limnic part of a lowland Polish dam reservoir, *Limnologica* 39:163-176
29. Proctor H. C. i Pritchard G. (1990): Prey detection by the water mite *Unionicola crassipes* (Acari: Unionicolidae), *Freshwater Biology* 23:271-279
30. Ptiček Siročić A., Fujsb N., Glumac N. (2016): Ispitivanje fizikalno-kemijskih pokazatelja kvalitete voda, Stručni rad
31. Rundle S.D., Robertson A. L., Schmid-Araya J. M. (2002): Freshwater Meiofauna: Biology and Ecology , Backhuys Publishers, 295-319
32. Smit, H., Van der Hammen H. (2000): Atlas van de Nederlandse Watermijten (Acari: Hydrachnidia). Nederlanse Faunistische Mededelingen 13: 272 pp.
33. Smith I. M., Cook D. R., Smith B. P.(2001): Water mites (Hydrachnida) and other arachnids, 606-649
34. Smith I.M., Cook D.R., Smith B.P. (2010): Ecology and classification od North American freshwater invertebrates, Academic Press 485-586
35. Svenonius B. H. (1949): Über die Hydracarinafauna im Bottenviken und im angrenzenden Küstengebiet, *Entomologisk Tidskrift* 70: 253-262.
36. Szadziewski R., Krzywinski J., Gilka W. (1997): Diptera Ceratopogonidae, Biting Midges U: Aquatic Insects of North Europe – A Taxonomic Handbook. Volume 2. Ed. Nilsson A. N. Apollo Books, Kirkeby Sand 19. DK-5771 Stenstrup. Denmark
37. Šantek J. (2007): Određivanje ukupnog fosfora i ortofosfata u otpadnim vodama, diplomski rad, Farmaceutsko-biokemijski fakultet Sveučilište u Zagrebu
38. Šibić L. (2009): Posljedice gradnje hidroelektrana na riječne tokove, seminarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet
39. Ten Winkel E. H., Davids C., de Nobel J. G. (1989): Food and feeding strategies of water mites of the genus *Hygrobatas* and the impact of their predation on the larval population of the chironomid *Cladotanytarsus mancus* in LakeMaarsveen; *Netherlands Journal of Zoology* 39:246-263
40. Ter Braak C., Šmilauer P. (2012): CANOCO reference manual and user's guide: software for ordination (version 5.0)
41. TIBCO Software Inc. (2017): Statistica (data analysis software system), version 13. <http://statistica.io>.

42. Tuzovskij P. V. (1990): Key to Deutonymphs of Water mites. Akademia Nauka UdSSR, Naukau
43. Ullrich F. (1976): Biologisch-okologische Studien an Rheophilen Wassermilben (Hydrachnellae, Acari), unter besonderer Berucksichtigung von *Sperchon setiger*, University of Kiel, 241 pp.
44. Vietis K, (1936): Hydracarinen aus Jugoslawein (Systematische, okologische, faunistische und tiergeograpische untersuchungen uber die Hydrachnellae und Halacaridae des subwassers) Arch, Hydrobiology 29:351-409
45. Zawal A., Dzierzowska K., Szlauer-Lukaszewska A., Michonski G., Klosowska M., Bankowska A., Stryjecki R. (2013): A thermocline as an obstacle to the spread of water mites (Acari:Hydrachnidia) across the lake profile, Aquatic Insects 35: 47-61

## **8. ŽIVOTOPIS**

Lara Juršić rođena je 08.04.1994. godine u Puli. Nakon završene osnovne škole u Vodnjanu pohađa Opću gimnaziju Pula i maturira 2013. godine. Fakultetsko obrazovanje započinje preddiplomskim studijem Znanost o moru Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli iste godine. Diplomira u rujnu 2016. godine, na temi "Određivanje potencijalnog bioremedijacijskog učinka enzima lakaze putem umu-testa" čime postaje prvostupnica (baccalaurea) struke Znanosti o moru. Iste godine upisuje diplomski studij Znanosti o okolišu na Prirodoslovnom-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom studija susreće se s brojnim terenskim i laboratorijskim istraživanjima unutar raznih kolegija, a 2015. godine sudjeluje na manifestaciji Festival znanosti.