

Trepetlikaši kao bioindikatori na cretu Đon močvar

Pranjić, Kristina

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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:217:756548>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Kristina Pranjić

Trepetljikaši kao bioindikatori na cretu Đon močvar

Diplomski rad

Zagreb 2020.

Ovaj rad izrađen je na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Renate Matoničkin Kepčija. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra edukacije biologije i kemije.

ZAHVALA

Ne postoji dovoljno lijepih riječi kojima bih opisala svoju mentoricu, profesoricu Renatu Matoničkin Kepčija, koja je našla vremena i strpljenja za sva moja pitanja tijekom izrade diplomskoga rada. Hvala Vam za svaki odgovor u kasnim noćnim satima, tijekom vikenda, za koji ste izdvojili svoje slobodno vrijeme i veliko hvala za sav trud, pomoć i iznimnu srdačnost!

Mama Viki i tata Vjeko, hvala na financiranju troškova studija, za koje znam da vam u određenim trenucima nije bilo lagano. Napokon više ne morate pamtit, od svih kemija, koju točno učim. Dečku Luki, hvala za podršku i motivaciju prije svakoga ispita. Hvala ti što bezbroj puta nisi dopustio da nakon neprospavane noći putujem satima vlakom za Zagreb, nego si me vozio i strpljivo čekao da obavim to što trebam. Hvala i što si me podučio osnovama rada u Excelu zbog čega sam lakše prihvatila trenutak u kojem sam shvatila da su mi se izbrisale tablice i grafovi jer sam ih zaboravila spremiti nakon pola dana truda. Bratu Toniju, šogorici Sunčici i najdražem biću na svijetu, mojoj Leoni, također veliko hvala za svaku podršku i veselje nakon položenih ispita. Svi vi vjerovali ste u mene i moj uspjeh, čak i onda kada ni sama nisam. Znam da ste skupa sa mnom proživljavali svaki moj ispit i ovom prilikom čestitam i vama što ste uspješno podnosili i razmijeli svaku moju emociju prije pismenih i usmenih ispita. Bez vaš ništa od ovoga ne bi bilo moguće i hvala vam za sve!

Također hvala prijateljima i kolegama uz koje je studiranje bilo lakše.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

TREPETLJIKASI KAO BIOINDIKATORI NA CRETU ĐON MOČVAR

Kristina Pranjic

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Cretovi su jedinstveni močvarni ekosustavi u kojima vladaju posebni životni uvjeti kojima su se prilagodili specifični vodeni i kopneni organizmi. Zbog klimatskih promjena, prirodne sukcesije, eksploatacije i degradacije, spadaju u kritično ugrožena staništa i zbog toga je poduzimanje mjera očuvanja cretova veoma bitno. Praživotinje se često koriste u istraživanjima kao bioindikatori za praćenje promjena u cretnim ekosustavima. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi mogu li se trepetljikaši koristiti kao rani bioindikatori učinkovitosti restauracijskih mjera na cretu Đon močvar, najvećem hrvatskom cretu, koji je u opasnosti od zaraštavanja. Nakon uklanjanja drvenaste i travnate vegetacije na cretu provedeno je uzorkovanje na 3 tipa staništa: revitaliziranim, sukcesijskim i kontrolnim postajama, na 4 plohe, od travnja do studenog 2015. Ukupno je zabilježeno 45 svojti trepetljikaša od kojih su najbrojnije svojte bile *Platyophrya sphagni* i porodica Oxytrichidae. Na raznolikost i brojnost trepetljikaša utjecala je vlažnost, temperatura, količina otopljenog kisika i provedene revitalizacijske mjere. Dobiveni rezultati ukazuju na brz oporavak creta nakon provedenih mjera revitalizacije, te potvrđuju da se trepetljikaši mogu koristiti kao bioindikatori revitalizacije creta.

(51 stranica, 26 slika, 5 tablica, 39 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: revitalizacija, mah tresetar, Oxytrichidae, *Platyophrya sphagni*

Voditelj: dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija, izv. prof.

Ocjenitelji: dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija, izv. prof.

dr. sc. Mirela Sertić Perić, doc.

dr. sc. Draginja Mrvoš-Sermek, izv. prof.

Rad prihvaćen: 16.9.2020

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Division of Biology

Graduation Thesis

CILIATES AS BIOINDICATORS IN THE ĐON MOČVAR PEAT BOG

Kristina Pranjić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Peat bogs are unique wetland ecosystems with specific living conditions, harbouring various adapted aquatic and terrestrial biota. Due to climate changes, progressive succession, exploitation and degradation, they are highly endangered habitats worldwide, making preservation measures very important. Protozoans are often used in research as bioindicators to monitor changes in peat ecosystems. The aim of this research was to investigate whether ciliates can be used as an early bioindicator of the effectiveness of restoration measures on the Đon močvar peat bog, the largest peat bog in Croatia, which is in danger of overgrowing. After the removal of woody and grassy vegetation, samples were collected on 3 types of habitats, revitalized, successive and control, on 4 plots, from April to November 2015. A total of 45 ciliate taxa were recorded, with dominant taxa *Platyophrya sphagni* and family Oxytrichidae. Humidity, temperature, dissolved oxygen and revitalization measured influenced the number and abundance of taxa. The results showed rapid recovery of peat after revitalization measures, and confirm that ciliates can be used as bioindicators in peat habitats.

(51 pages, 26 figures, 5 tables, 39 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: revitalization, peat moss, Oxytrichidae, *Platyophrya sphagni*

Supervisor: dr. Renata Matonićkin Kepčija, Assoc. Prof.

Reviewers: dr. Renata Matonićkin Kepčija, Assoc. Prof.

dr. Mirela Sertić Perić, Assist. Prof.

dr. Draginja Mrvoš-Sermek, Assoc. Prof.

Thesis accepted: 16.9.2020.

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Cretovi	1
1.2. Mah tresetar (<i>Sphagnum</i>)	2
1.3. Podjela i klasifikacija cretova	3
1.4. Cretovi u svijetu	4
1.5. Cretovi u Hrvatskoj	6
1.6. Praživotinje	8
1.7. Trepetljikaši	9
1.8. Ciljevi istraživanja	11
2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	12
2.1. Geografski smještaj creta Đon močvar	12
2.2. Zaštita područja	13
2.3. Flora i fauna	13
3. MATERIJALI I METODE	15
3.1. Opis postaja za uzorkovanje protozoa i mikro-metazoa	15
3.2. Uzorkovanje i obrada uzoraka	16
3.2.1. Metoda uzorkovanja protozoa i mikro-metazoa.....	16
3.2.2. Mjerenja fizikalno-kemijskih čimbenika vode.....	16
3.2.3. Procjena vlažnosti uzoraka.....	16
3.2.4. Određivanje trepetljikaša	17
3.3. Statistička obrada podataka	18
4. REZULTATI	19
4.1. Vlažnost uzoraka	19
4.2. Temperatura	20
4.3. pH-vrijednost	20
4.4. Količina otopljenog kisika	21
4.5. Udio trepetljikaša u zajednici	21
4.6. Usporedba postaja i slojeva	22
4.6.1. Usporedba broja svojti trepetljikaša među postajama	22
4.6.2. Usporedba broja svojti trepetljikaša među slojevima	23
4.6.3. Usporedba broja svojti trepetljikaša po mjesecima	24
4.6.4. Usporedba postaja prema abundanciji trepetljikaša.....	24
4.6.5. Usporedba broja jedinki trepetljikaša među slojevima	25
4.6.6. Usporedba abundancije trepetljikaša među mjesecima	26
4.7. Trepetljikaši na istraživanim postajama	26

4.7.1. Kontrolne postaje	28
4.7.2. Revitalizirane postaje.....	33
4.7.3. Sukcesijske postaje	37
4.8. Najbrojniji trepetljikaši u uzorcima	41
4.8.1. Oxytrichidae	41
4.8.2. <i>Platyophrya sphagni</i>	42
4.9. Usporedba sastava trepetljikaša među postajama i slojevima	42
5. RASPRAVA	44
6. ZAKLJUČAK	47
7. LITERATURA.....	48
8. ŽIVOTOPIS.....	51

1. UVOD

1.1. Cretovi

Cretovi su jedinstveni, raznoliki i fascinantni močvarni ekosustavi u kojima vladaju posebni životni uvjeti kojima su se prilagodili specifični vodeni i kopneni organizmi. Osnovne karakteristike cretova jesu visoka vlažnost tla, kiselost supstrata te niska koncentracija kisika ili anoksija. U takvim uvjetima usporena je bakterijska razgradnja odumrlih biljnih dijelova zbog čega dolazi do slojevitog taloženja tog organskog materijala te stvaranja i taloženja treseta. Treset je nataloženi materijal koji se sastoji od minimalno 30% mrtve organske tvari (Tanneberger et al., 2017.). Boja treseta je žutosmeđa do smeđa, a ishodišna je tvar za nastanak jedne vrste ugljena. Slojevi treseta razlikuju se po starosti i biljnim vrstama od kojih su nastali, a mogu se nalaziti plitko na površini ili na dubinama od nekoliko desetaka metara. Svaka površina koja je prekrivena tresetom debljine sloja barem 30 centimetara naziva se tresetištem (Slika 1.) (Joosten i Clarke, 2002.).



Slika 1. Tresetište u Engleskoj

(preuzeto s: <https://www.gov.uk>)

Cretovi su u Hrvatskoj rijetki, a prisutni su na nekoliko manjih površina i međusobno su izolirani te su kritično ugrožena staništa (Topić i Stančić, 2006.). S obzirom da je Hrvatska

jedna od država potpisnica Ramsarske konvencije, od iznimne je važnosti poduzimanje mjera očuvanja tih posebnih močvarnih ekosustava zajedno sa biljnim i životinjskim vrstama koji na tim staništima obitavaju.

1.2. Mah tresetar (*Sphagnum*)

Karakteristični predstavnici cretova jesu vrste mahovina poznatije kao mah tresetar (rod *Sphagnum*). Mah tresetar (Slika 2.) razvio je posebne prilagodbe za preživljavanje u takvim uvjetima od kojih se ističe prilagodba na niske koncentracije mineralnih hranjivih tvari. Zbog tih mahovina površina creta uzdiže se iznad dosega mineralnih voda. Cretovi su zbog toga ovisni o atmosferskoj vodi, koja je u usporedbi s podzemnom vodom, siromašna otopljenim tvarima i niže pH vrijednosti. Cretovi ovisni o atmosferskoj vodi, obično su siromašni nutrijentima i kiseli (<http://prirodahrvatske.com/cretovi/>).



Slika 2. Mah tresetar

(preuzeto s: <https://prirodahrvatske.com/cretovi/>)

Mahovi tresetari svoje okruženje čine anoksičnim, vlažnim i kiselim (Rydin i Jeglum, 2006.), te na taj način doprinose usporavanju razgradnje organskih tvari, a time i nakupljanju treseta. U vodu ispuštaju kisele vodikove ione, i čine cret još kiselijim. Toleriraju niske koncentracije

nutrijenata i otporni su na truljenje. Vlažnosti doprinose na način da skladište mnogo vode, a mogu uskladištiti 15-20 puta veću masu vode od mase svojeg suhog tkiva. Vodu skladište između "listića" te u posebno velikim mrtvim stanicama. Mahovi tresetari neprestano rastu i stvaraju "tepih", dok njihovi donji dijelovi neprestano odumiru. Svjetlo zbog gustoće mahovina dopire tek par centimetara u dubinu, ponekad i samo 1 cm (Rydin i Jeglum, 2006.), i zbog toga dolazi do odumiranja donjih dijelova mahovina koji postaju dio treseta.

1.3. Podjela i klasifikacija cretova

Postoji nekoliko podjela prema kojima se cretovi klasificiraju. S obzirom na način njihova postanka i porijeklo vode u trenutku kada su nastali, cretove dijelimo na minerogene (geogene) i ombrogene. Minerogeni tj. geogeni cretovi nastali su pod utjecajem voda iz tla i/ili podzemnih voda, dok su ombrogeni nastali isključivo putem oborina. Minerogeni cretovi mogu se dodatno podijeliti na podkategorije - topogene, soligene i limnogene. Kod topogenih cretova voda je prisutna statički, kao rezultat samog položaja creta, npr. u udolini. Soligeni cretovi su ukošeni, te ih karakterizira izravan dotok vode i pronalaze se uglavnom u blizini izvora, dok su limnogeni cretovi smješteni u blizini jezera ili potoka koji povremeno poplave te im je na taj način osigurana voda.

Općenito je u praksi teško međusobno razlikovati pojedine podkategorije minerogenih cretova. Još jedna od podjela cretova je prema sadašnjem porijeklu vode i količini nutrijenata, a prema tome možemo razlikovati nadignute ili ombrotrofne, niske ili minerotrofne te prijelazne cretove. Većina cretova u Hrvatskoj pripada ravnim i prijelaznim cretovima. Ombrotrofni cretovi obično su konveksnog oblika, ali mogu biti i ravni ili ukošeni, sa laganim uzdignućem pri kraju. Treset u ombrotrofnim cretovima uglavnom je debljine više od 40 cm. (Rydin i Jeglum, 2006.). Ombrotrofni cretovi poprilično su kiseli i izuzetno siromašni nutrijentima. Razlog tome je činjenica da sve nutrijente i vodu primaju isključivo putem oborina, što znači da su potpuno ovisni o atmosferskim uvjetima.

Minerotrofni cretovi nutrijente i vodu primaju putem podzemnih voda i vodom tla, koje su relativno bogate mineralima. Debljina treseta u minerotrofnim cretovima je obično veća od 40 cm, ali ponekad može biti i manja (Rydin i Jeglum, 2006.). Dije se prema razini trofije na

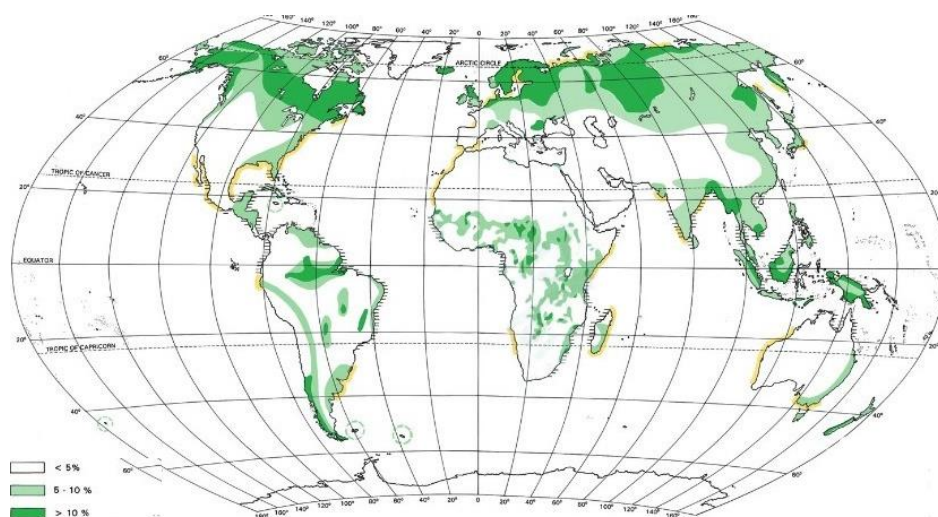
oligotrofne te eutrofne. Oligotrofni su kiseliji i siromašniji nutrijentima, dok su eutrofni bazičniji i bogati nutrijentima.

Kod klasifikacije treba pripaziti s obzirom da se pojmovi ombrogeno i minerogeno često pogrešno poistovjećuju s pojmovima ombrotrofno i minerotrofno (Charman, 2002.). Također, porijeklo vode u vremenu nastanka creta ne uvjetuje sadašnje porijeklo vode i trofičko stanje creta, tj. mnogi minerogeni limnogeni cretovi mogu prirodnom sukcesijom nakon nekog vremena prijeći u ombrotrofne cretove.

Jedan od danas najprihvaćenijih sustava za klasifikaciju cretova je sustav hidromorfološke klasifikacije cretova. Sustav u obzir uzima oblik naslaga treseta i terena na kojem se nalazi te osnovne pretpostavke o kretanju i porijeklu vode u cretu. Tako dobiveni osnovni tipovi creta dijele se dalje prema osobinama vegetacije, kemijskim svojstvima vode i stratigrafiji treseta. Još jedan način klasifikacije cretova je fitocenološka klasifikacija, koja se temelji na pojavljivanju određenih biljnih vrsta unutar biljnih zajednica.

1.4. Cretovi u svijetu

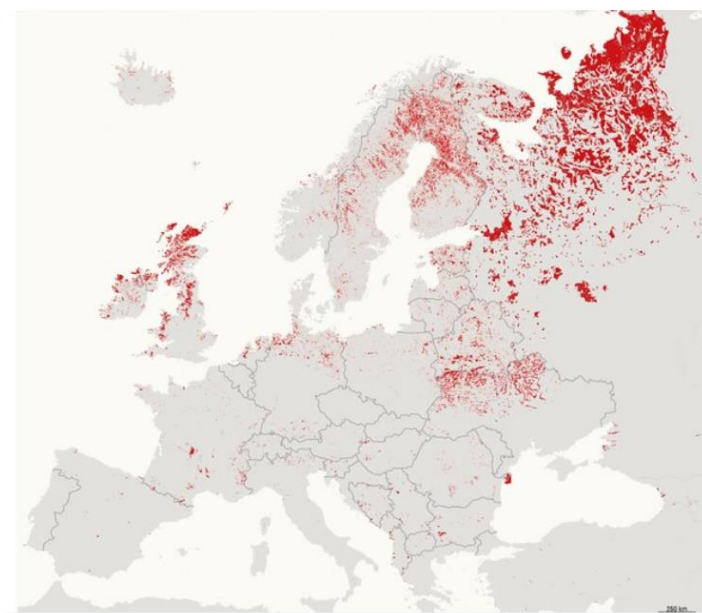
Cretovi i tresetišta prekrivaju 4,16 milijuna km², tj. sveukupno 3% površine Zemlje (Slika 3.), a 1/3 ih se nalazi u Rusiji i Kandi (Rydin i Jeglum, 2006.). SAD, Rusija, Kanada i Indonezija posjeduju više od 85% tresetišta. 80% takvih staništa nalazi se u područjima sa hladnom klimom i niskim sjevernim temperaturama. U Kanadi se nalazi veći broj cretova i tresetišta nego u bilo kojoj drugoj državi, a datiraju još iz ranog do srednjeg holocena (Vitt, 1994.). Iako većinom prevladavaju u hladnoj klimi, cretovi se nalaze i u tropskom i suptropskom pojasu, usprkos visokim temperaturama.



Slika 3. Cretovi u svijetu (preuzeto i doradeno:

<http://www.aseanpeat.net/newsmaster.cfm?&menuid=11&action=view&retrieveid=4746>)

Cretovi i tresetišta u Europi nejednoliko su rasprostranjeni (Slika 4.), sa znatno većim brojem na sjeveru nego na jugu kontinenta sa čime možemo povezati utjecaj temperature i padalina. Na područjima gdje su padaline rijetke, a temperature više, zabilježen je manji broj, dok je na područjima sa učestalijim padalinama i niskim temperaturama zabilježen znatno veći broj takvih staništa. Sveukupno u Europi tresetišta prekrivaju 5,4% područja. Ako se u obzir uzmu i staništa u Rusiji na kojima je sloj treseta debljine manje od 30 cm, sveukupno cretovi zauzimaju 10% područja Europe (Tanneberger at al., 2017.).



Slika 4. Tresetišta u Europi označena crvenom bojom.

(preuzeto s: <https://www.grida.no/resources/12543>)

Zbog današnjih uvjeta klime i prirodne sukcesije, ali i zbog odvodnjavanja i drugih antropogenih utjecaja cretna staništa često mijenjaju svoje granice. Jedan od primjera je Finska koja je 1950-ih izgubila čak 60% cretnih područja usred melioracije za potrebe šumarstva i podizanja ekonomije (Joosten i Clarke, 2002.).

1.5. Cretovi u Hrvatskoj

Iako cretovi u Hrvatskoj ne zauzimaju velike površine, i dalje ih se može pronaći na nekoliko lokacija (Slika 5.).



Slika 5. Veći cretovi u RH. Zelenim kružićem je označen cret Đon močvar.
(preuzeto i doručeno: <https://vemaps.com/uploads/img/big/hr-03.jpg>)

Za razliku od središnjeg i sjevernog dijela Europe, cretovi su u Hrvatskoj rijetka i izolirana staništa uglavnom male površine (Hršak, 1996.; Šoštarić et al., 2012.; Topić i Stančić, 2006.). Cretovi su u prošlosti zauzimali puno veće površine nego danas, a najznačajniji utjecaj na njih imaju klimatske promjene koje se događaju. Razvili su se u našim krajevima za vrijeme topljenja ledenjaka, kada je klima bila hladnija i vlažna. Ljubljansko barje u Sloveniji, najjužniji dio Ljubljanske kotline koji je nekada bio močvara, bilo je središte iz kojeg se cretna vegetacija raširila u nizine Posavine i proširila na mjesta koja su bila pogodna za razvitak (Horvat, 1950.).

Danas je klima toplija i sušnija, te s obzirom da je i geološka podloga krš kroz koji voda brzo odlazi u podzemlje, možemo zaključiti da je njihovo prirodno vrijeme na području Hrvatske odavno prošlo. Osim današnjih uvjeta klime, negativan antropogen utjecaj također je jedan od razloga njihove ugroženosti. Treset se iskorištava u hortikulturi, za ogrijev, za razne potrebe šumarstva i agronomije. Za cretove se može reći da su postali žrtve civilizacije-isušuju se radi poljoprivrede, zatrpavaju se i trpe razne hidrotehničke projekte. Zbog sukcesije, krenulo se u prirodno oživljavanje pojedinih cretova. Uklanjaju se mrtvi slojevi biljaka, a redovitim održavanjem i košnjom pokušavaju se spasiti ta prirodna staništa. Cret kod Trstenika, naš jedini pravi ombrotrofni cret, poprilično je ugrožen zbog svih ovih razloga, S obzirom na pH vrijednost tla, u Hrvatskoj postoje acidofilni, te bazofilni cretovi. U nešto boljem položaju su bazofilni cretovi, dok su acidofili ugroženi prirodnim starenjem i sušenjem te ljudskom djelatnošću (<https://prirodahrvatske.com/cretovi/>).

Hrvatski cretovi koncentrirani su u Hrvatskom zagorju, u okolici Karlovca sa Banijom, u Gorskom kotaru te na Velebitu. Nalaze se u vegetacijskom pojasu hrasta kitnjaka (*Quercus petraea*) i običnog graba (*Carpinus betulus*) na 160-180 mnv ili u zoni bukve (*Fagus sylvatica*) i jele (*Abies alba*) na 700-1200 mnv.

Cret Dubravica nalazi se u Hrvatskom zagorju, na visini od 160 mnv, a prostire se na 605 m². Ovaj acidofilni cret se tijekom zadnjih 50 godina drastično smanjio zbog promjene u razini vode i prirodne sukcesije (Hršak, 1996.). Od 1966. zaštićen je kao posebni botanički rezervat, a područje je također dio europske nacionalne mreže NATURA 2000. Đon Močvar je cret na kojem je provedeno ovo istraživanje. Predstavlja najveće i najstarije cretno stanište u Hrvatskoj.

Jedini donekle očuvani cretovi u Gorskom kotaru jesu cret u Sungeru, te cret kod Trstenika. Cret u Sungeru mali je cret koji se nalazi na 788 mnv. U rujnu je razina vode na cretu iznimno niska, a dno creta nije замуćeno te je voda prozirna do dna (Turić et al., 2011.). Cret Trstenik iznad Klane ostatak je nadignutog (ombrotrofnog) creta. Mah tresetar je na cretu Trstenik vrlo ugrožen od kada cret zarasta travom beskoljenkom (*Molinia coerulea*). Pretpostavlja se da je trava beskoljenka počela potiskivati mahove tresetare, al i druge rijetke i ugrožene cretne biljke. Već neko vrijeme, radi se na revitalizaciji creta (Slika 6.), te se kontinuirano prati stanje vegetacije i razine vode te pokusno uklanja trava beskoljenka koja ujedno predstavlja i velik problem u zaraštanju creta (Alegro i Šegota, 2008.).



Slika 6. Presađivanje maha tresetara na cretu Trstenik

(Foto: M. Randić; preuzeto s: <https://ju-priroda.hr>)

1.6. Praživotinje

Praživotinje (Protozoa) su pripadnici nekadašnjeg carstva Protista. Pretpostavlja se da su pojedine skupine stare oko 1,2 milijardi godina (Sebag, 2014.). Ograničene su na vodena i vlažna staništa, a mogu se pronaći u vlažnom tlu, slatkim i slanim vodama, močvarnim područjima, cretovima, mahovinama itd. Dio vrsta su nametnici, a neke su simbionti. S obzirom na raznolikost oblika, veličine, građe tijela te načina života, praživotinje spadaju u jedne od najraznolikijih skupina organizama sa brojnosti od oko 50 000 vrsta. Jedna od podjela, koja više nije filogenetski točna, je na flagelatne protozoa (Mastogophora),

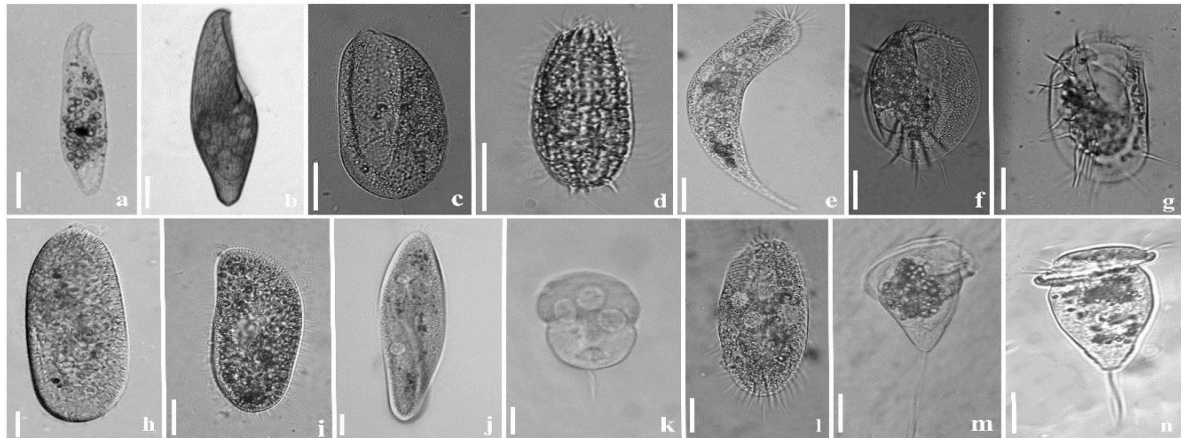
alveolatne (Dinoflagellata, Apicomplexa i Ciliophora) i ameboidne protozoa (Sarcodina). Flagelatni protozoa imaju jedan ili više bičeva pomoću kojih se kreću. Ameboidni se pokreću pomoću lažnih nožica- pseudopodija koje koriste i pri hranjenju. Truskovci (Apicomplexa) nemaju organel za kretanje, nego se svijaju po podlozi, tj. pužu, a obligatni su paraziti te žive kao nametnici u krvi i tjelesnim tekućinama, dok se trepetljikaši (Ciliophora) pokreću trepetljikama.

Cretovi, zbog specifičnih životnih uvjeta, podržavaju specifičnu floru i faunu. Protozoa su jedni od organizama koji su se prilagodili životu među *Sphagnum* mahovinama, posebno okučeni i trepetljikaši. U ovom istraživanju naglasak će biti na trepetljikašima i njihovom potencijalu kao bioindikatora učinkovitosti restauracijskih mjera.

1.7. Trepetljikaši

Trepetljikaši (Ciliophora) su velika skupina prazivotinja monofiletskog podrijetla. Većinom su asimetrični organizmi koji su rasprostranjeni u slatkim vodama, u moru i u tankom sloju vode oko čestica tla. Opisano je oko 8 000 vrsta trepetljikaša i svi su heterotrofni, a jedna trećina su ekto- ili endokomezali ili pak paraziti (Habdija et al., 2011.). Veličina tijela trepetljikaša varira od 10 μm do 4,5 mm dok se oblik tijela može razlikovati od vrste do vrste, a većina vrsta je asimetrična (Slika 7.). Trepetljikaši su uglavnom slobodno plivajući oblici, a manje ih je sesilnih i zadružnih.

Trepetljikaši su izvrstan alat za proučavanje ekologije cretova (Mieczan, 2007.). Koriste se za razne analize gradijenata ekoloških čimbenika, koji igraju veliku ulogu u funkcioniranju cretnih ekosustava. Prednosti takvih istraživanja su jednostavnost, brzi rezultati i nerazorno uzorkovanje.



Slika 7: Raznolikost vrsta trepetljikaša: (a) *Loxodes striatus* ; (b) *Blepharisma sinuosum*; (c) *Lembadium lucens* ; (d) *Coleps hirtus*; (e) Spirotrichea (morphospecies 1); (f) *Euplotes aediculatus*; (g) *Euplotes eurystomus* ; (h) *Frontonia leucas*; (i) *Paramecium bursaria* ; (j) *Paramecium caudatum*; (k) *Urocentrum turbo* ; (l) *Tetmemena pustulata*; (m) *Vorticella campanula* ; (n) *Vorticella convallaria*-complex. (Preuzeto s: <https://www.scielo.br>)

Trepetljikaši se razlikuju od ostalih praživotinja po nekoliko tipičnih morfoloških obilježja. Brzo kretanje omogućuju im trepetljike čija je brojnost i raspored na tijelu specifična od vrste do vrste, a od svih praživotinja, trepetljikaši se najbrže kreću. Kod nekih vrsta brojnost i aktivnost trepetljika je smanjena, dok predatorski trepetljikaši iz skupine sisaraca (Suctorio) nemaju trepetljike u odraslom stadiju. Trepetljike i složene trepetljikave strukture hidrodinamički su povezane viskoznom silama te udaraju metakronim valovima, tj. kada trepetljika na jednom kraju proizvede udarac, zbog povezanosti sa susjednom trepetljikom, kretanje se provodi do svih ostalih članova u nizu.

Na površini tijela trepetljikaša nalazi se složeno građen korteks, kojeg čine pelikula i infracilijatura, a mogu postojati i dodatni strukturni elementi (Habdija et al., 2011.). Debljine je od 1 do 4 μm , a strukturalna obilježja korteksa važna su za razlikovanje pojedinih skupina trepetljikaša. Pelikuli pripadaju stanična membrana i plosnate alveole ispod kojih se nalazi bjelanjčevinasti sloj epiplazma. Pelikula uključuje i uzdužne vrpce mikrotubula, supraepiplazmatski i subepiplazmatski mikrotubuli, koji imaju stabilizacijsku ulogu i ulogu u morfogenezi korteksa. Osnovna građevna jedinica infracilijature su kinetidi koji sadrže bazalno tijelo iz kojeg izlaze trepetljike. Korteks je odgovoran za održavanje stalnog oblika tijela trepetljikaša, a može se podijeliti na somatično (tjelesno) i oralno (usno) područje. Tjelesno područje ima ulogu u kretanju, primanju podražaja, prihvaćanju za podlogu i zaštiti,

dok usno područje ima funkciju prikupljanja i gutanja hrane. Slobodnoživući trepetljikaši mogu biti detritivori, bakteriovori, herbivori ili predatori. Trepetljikaši predatori hrane se i drugim trepetljikašima, ostalim praživotinjama, te sitnim životinjama kao što su kolnjaci. Sitni trepetljikaši kreću se u potrazi za svojom hranom, dok oni veći filtriraju vodu pomoću oralne aparature, te se tako hrane. Hrana koja je progutana fagocitozom razgrađuje se u fagosomima. Tijekom cikloze, kruženja hranidbenog mjehurića kroz citoplazmu, hranidbene tvari se probave, a ono što je neprobavljeno izbacuje se kroz citoprokt. Oko 15% vrsta trepetljikaša su paraziti, a mnogi su u ektokomenzali i endokomenzali (Matoničkin et al., 1998.).

Slijedeća karakteristika trepetljikaša je jezgrena dimorfizam, što znači da postoji najmanje jedan makronukleus koji sudjeluje u fiziološkim i biokemijskim procesima, i barem jedan mikronukleus koji je odgovoran za genetičku rekombinaciju. Nespolno se mogu razmnožavati binarnom diobom, a mnogi sesilni trepetljikaši poput roda *Vorticella* i skupine Suctoria, razmnožavaju se i pupanjem. Još jedno obilježje trepetljikaša je mogućnost konjugacije kada se dvije komplementarne stanice djelomično spoje. Ta fuzija može trajati i nekoliko sati, a haploidne jezgre nastale od mikronukleusa međusobno se razmijene. Nakon toga partneri se razdvoje, a postkonjuganti postaju potencijalne startne točke za novo nespolno razmnožavanje (Matoničkin et al., 1998.).

1.8. Ciljevi istraživanja

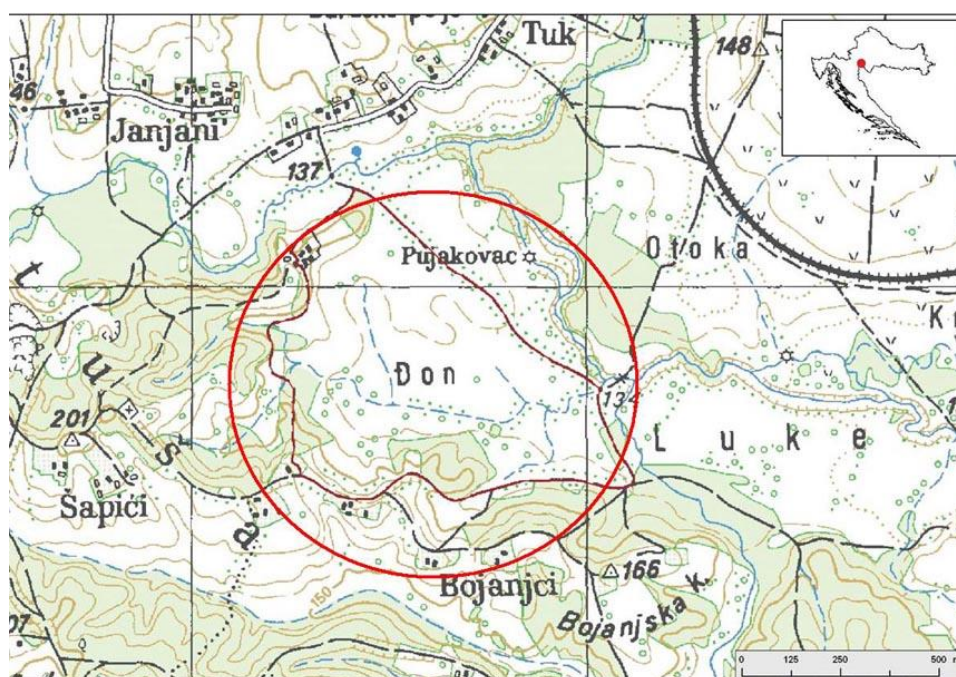
Četiri osnovna cilja diplomskog rada su:

- a) utvrditi utjecaj restauracije cretnog staništa na raznolikost vrsta trepetljikaša
- b) utvrditi utjecaj restauracije cretnog staništa na brojnost pojedinih karakterističnih vrsta trepetljikaša
- c) utvrditi utjecaj restauracije na pH vrijednost i vlažnost supstrata te postoji li korelacija tih varijabli s brojem vrsta i brojnošću trepetljikaša, odnosno pojedinih indikatorskih vrsta trepetljikaša
- d) procijeniti potencijal trepetljikaša kao indikatora uspješnosti restauracijskih mjera

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

2.1. Geografski smještaj creta Đon močvar

Najveći i najstariji hrvatski cret upravo je cret Đon močvar na kojem je provedeno istraživanje kojim će se utvrditi mogu li se trepetljikaši koristiti kao rani bioindikatori učinkovitosti restauracijskih mjera. Cret je u prošlosti bio velik 40 ha, a zbog prirodne sukcesije, trenutno se proteže na nešto više od 10 ha. Nalazi se u središnjoj Hrvatskoj (N 45.31787; E 15.90912), na 130 mnv, u blizini sela Blatuša, općina Gvozd (Slika 8.).



Slika 8. Položaj creta Đon močvar

(preuzeto s: http://web.hamradio.hr/9aff/9AFF-063_djon_mocvar/Djon_Mocvar.htm)

Cret Đon močvar smješten je u podnožju Petrove gore i okružen potokom Danković klada čija razina vode poprilično varira, ovisno o padalinama. Područje karakterizira umjereno vlažna klima sa prosječnom godišnjom temperaturom od 10,5° C (Šegota i Filipčić 2003.) i prosječnim godišnjim padalinama od 1 050 mm (Zaninović et al. 2008.).

2.2. Zaštita područja

Cret Đon močvar proglašen je posebnim botaničkim rezervatom 1964. godine, a zbog velike nacionalne i međunarodne važnosti područje je također dio europske nacionalne mreže NATURA 2000. Cretovi spadaju u jedne od najugroženijih staništa u Republici Hrvatskoj i općenito u Europi, te su navedeni kao prioritetni stanišni tipovi europske Direktive o zaštiti prirodnih staništa i divlje faune i flore (92/43/EEC). Direktiva propisuje očuvanje tih stanišnih tipova u povoljnom stanju. Cret Đon močvar, kao najraznolikiji cret u Hrvatskoj, izuzetno je osjetljivo ekološko područje koje za svoj opstanak i očuvanje zahtjeva izuzetne ekološke uvjete. S obzirom da je Republika Hrvatska potpisnica Ramsarske konvencije iz 1971. godine, obvezna je očuvati močvarna područja (<https://www.gvozd.hr/turisticka-zajednica/cret-don-mocvar/>). Sukladno tome, svaka nemarna aktivnost koja može dovesti do zagađenja i uništavanja takvih staništa protivna su konvenciji. Od vaskularne flore na ovom cretu, 19 vrsta nalazi se na Crvenom popisu ugroženih biljaka i životinja, a 36 je pod zakonskom zaštitom.

2.3. Flora i fauna

Vegetacijski, Đon močvar opisuje se kao prijelazni cret, međutim ipak se ne radi o jednoj uniformnoj biljnoj zajednici već o mozaiku različitih zajednica i sastojina. Đon močvar sastoji se od fragmenata vegetacije visokog creta (sastojine *Sphagnum capillifolium*-*Sph. palustre*-*Polytrichum longisetum*) te dobro očuvanom vegetacijom prijelaznih cretova (*Drosero-Caricetum stellulate*) (Alegro i Šegota 2008.).

Na cretu je zastupljena zajednica bijele šiljkice (*Rhynchosporetum albae*) koja je inače u Hrvatskoj vrlo rijetka i reliktna vrsta, a područje je jedno od samo dva nalazišta cretne breze (*Betula pubescens*) kao glacijalnog relikta na ovim prostorima. Neke od biljaka koje se mogu pronaći na ovom području, a spadaju pod ugrožene u Crvenoj knjizi vaskularne flore Hrvatske su: cretna crvotočina (*Lycopodiella inundata*), rosika (*Drosera rotundifolia*), gorski trolist (*Menyanthes trifoliata*), uskolisna suhoperka (*Eriophorum angustifolium*), te mah tresetar, odnosno vrste iz roda *Sphagnum* od kojih su posebno zanimljivi rijetki crveni mahovi tresetari. Područje je jedno od najbogatijih *Sphagnum* florom u Hrvatskoj, s dubinom tresetnog sloja od 4,8 m. Predstavlja središte raznolikosti toga roda u Hrvatskoj, a do sada je zabilježeno osam

vrsta *Sphagnum* mahovina. Na sušim područjima prevladava vrsta *Sphagnum paluste*, i vrste *Sphagnum capillifolium* te *Molinia caerulea* zajedno tvoreći sfagnumske humke i udoline između kojih nema poplavljenih površina (Modrić Surina, 2011.). Na krajnjem jugoistočnom dijelu creta na nekoliko stotina kvadratnih metara, razvila se zajednica končastog šaša (*Caricetum lasiocarpae*), a uz Plitvička jezera, u Hrvatskoj je to jedino nalazište te zajednice i vjerojatno površinski i najveće. Brežuljke oko creta obrasta šuma hrasta kitnjaka i običnog graba (*Epimedio-Carpinetum betuli*) s primiješanim pitomim kestenom (*Castanea sativa*). Osim šumske vegetacije, zbog antropogenog utjecaja nastala je i sekundarna vegetacija livada, pašnjaka, te površina namijenjenih većinom za obradu, a na zapuštenim šumskim krčevinama razvili su se i brezici s bujadi (*Betulo-Pteridietum*) (<http://web.hamradio.hr/>)

Stanište nastanjuje više vrsta vretenaca, a neki od njih su i zaštićeni: modra konjska smrt (*Calopteryx virgo*), gorski potočar (*Cordulegaster heros*), sredozemna zelenika (*Somatochlora meridionalis*) i vilin dvopjeg (*Libelula quadrimaculata*). Vretenca predstavljaju važnu skupinu faune koja povezuje vodene i kopnene ekosustave te predstavlja važne indikatore ekološkog stanja creta.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Opis postaja za uzorkovanje protozoa i mikro-metazoa

Istraživanja protozoa i mikrometazoa na cretu Đon močvar provedena su između travnja i studenog 2015. godine na četiri (1, 4, 7 i 8) postaje creta Đon močvar koje su odabrane na plohama za revitalizaciju i u njihovoj blizini (Slika 9.). Revitalizacijske mjere koje su bile poduzete su sječa i košnja drvenaste i travnate vegetacije koja je obrasla cret. Na svakoj plohi odabrane su revitalizacijska postaja, postaja sa sukcesijskim promjenama obrasla pretežno drvenastom vegetacijom i modrom beskoljenkom te karakteristična cretna postaja s vrstama roda *Sphagnum*. Postaje su nazvane revitalizacijske, sukcesijske i kontrolne. Na postajama su odabrana karakteristična mikrostaništa tako da se uzme reprezentativni uzorak s obzirom na prisutne razlike u vlazi podloge.



Slika 9. Postaje 1, 4, 7 i 8 na kojima su provedena uzorkovanja creta Đon močvar.

(preuzeto i prilagođeno iz: Ternjej et al. (2015.))

3.2. Uzorkovanje i obrada uzoraka

3.2.1. Metoda uzorkovanja protozoa i mikro-metazoa

Jednom mjesečno, tijekom svakog terenskog izlaska između travnja i studenog 2015. godine, odrađeno je uzorkovanje protozoa i mikro-metazoa. Uzorci su prikupljeni na tri tipa staništa, tj. na revitaliziranim, sukcesijskim i kontrolnim postajama. Replikatni uzorci uzimani su na svim postajama, a odijeljeni su gornji i donji sloj. Uzorkovanje je odrađeno metodom korera, a uzimano je otprilike 50 cm³ supstrata čiji je velik dio činio mah tresetar (*Sphagnum*). Uzorci su transportirani u laboratorij i unutar 4 dana na živome materijalu provedeno je određivanje protozoa i mikro-metazoa, a nakon obrade svježeg materijala, uzorci su fiksirani u 3% formalinu te kasnije obrađeni.

3.2.2. Mjerenja fizikalno-kemijskih čimbenika vode

Na mikrostaništima su se osim uzimanja uzoraka, izmjerili i pojedini parametri vode procijeđene iz supstrata. Temperatura i količina otopljenog kisika mjereni su oksimetrom (WTW OXI 96), a pH je mjereno pH-metrom (WTW 330i). U pojedinim slučajevima nije bilo moguće istisnuti dovoljnu količinu vode za mjerenje te je broj mjerenja manji od ukupnog broja uzoraka.

3.2.3. Procjena vlažnosti uzoraka

S obzirom da je vlaga ključan čimbenik za praživotinje i mikro-metazoa koji žive na cretovima, u svim uzorcima provedena je i procjena vlažnosti uzorka prema Jung (1936.) i Meisterfeld (1977.) (Tablica 1.). Iako je metoda polu-kvantitativna, koristi se standardno u istraživanjima cretova (npr. Charman et al., 2000., Vincke et al., 2004.).

Tablica 1. Klasifikacija vrijednosti klasa vlažnosti prema Jung (1936.) i Meisterfeld (1977.).

Klasa vlažnosti (Jung 1936)	Relativni sadržaj vode (Jung 1936)	Sadržaj vlage /Meisterfeld 1977) (%)
I	Slobodna voda ili podvodna vegetacija	> 95
II	Plutajuća vegetacija	> 95
III	Podvodna vegetacija	> 95
IV	Mokro -voda kapa iz uzorka bez pritiska	~ 95
V	Polu-mokro - voda kapa uz srednji pritisak	85-95
VI	Vlažno - voda kapa uz snažan pritisak	85-90
VII	Polu-suho - nekoliko kapu se može istisnuti uz snažan pritisak	< 80
VIII	Suho - ne može se istisnuti voda niti uz snažan pritisak	< 50

3.2.4. Određivanje trepetljikaša

Svježi i fiksirani materijal analiziran je pod invertnim mikroskopom (Opton Axiovert 35) uz povećanja 125x, 250x i 400x. Za analizu svježih uzoraka korištene su razne metode. Metoda "stakalce-na stakalce" (Kreutz i Foissner, 2006.) korištena je za muljeviti dio uzoraka. Izolirani listići *Sphagnum* spp. s par kapi vode sa staništa stavljeni su na stakalce. Uzorak se razmazao u tankom sloju i potom analizirao pod mikroskopom. Korištena je i metoda istiskivanja vode iz uzoraka (Corbet, 1973., Vincke et al., 2004.) i ta metoda je davala najbolje rezultate s obzirom na broj i brojnost pronađenih svojti te je odabrana kao najprikladnija. S obzirom da se radi o polu-kvantitativnoj metodi, uzorci su mogli biti raspoređeni na osnovu brojnosti. Na taj način obrađeni su svi prikupljeni uzorci. Determinacija trepetljikaša provedena je pomoću standardne determinacijske literature (Foissner i Berger, 1996.; Kreutz i Foissner, 2006.).

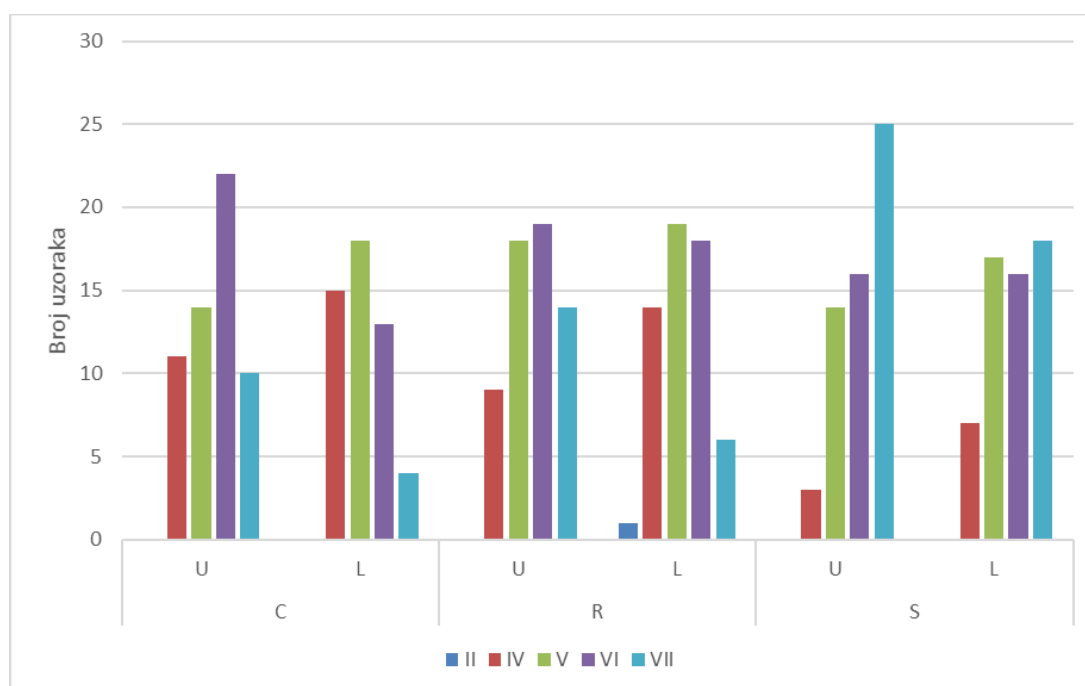
3.3. Statistička obrada podataka

Podatci su obrađeni u program Microsoft Office Excel, a korištene su srednje vrijednosti prikupljenih podataka. Statistički značajne razlike svojti, jedinki i abundancije trepetljikaša među postajama, slojevima i mjesecima testirane su putem ANOVA analize u programu Statistica 13. Cluster analiza provedena je u računalnom paketu PRIMER 6, a korištena je metoda prosječne sličnosti između grupa.

4. REZULTATI

4.1. Vlažnost uzoraka

Neposredno nakon uzorkovanja, provedena je procjena vlažnosti u svim uzorcima prema Jung (1936.) i Meisterfeld (1977.) (Slika 10.). Uzorci kontrolne postaje pokazali su najveću količinu vlage sa 26 uzoraka klase vlažnosti IV, sadržaja vlage ~ 95, a od toga je 15 uzoraka izmjereno u donjim slojevima kontrolnih postaja. U gornjim slojevima kontrolnih postaja, 10 uzoraka pokazalo je klasu vlažnosti VII, sadržaja vlage < 80. Potom slijede uzorci revitaliziranih postaja kod kojih su prevladavale klase vlažnosti V, sadržaja vlage 85-95, te VI, sadržaja vlage 85-90. Jedan uzorak klase vlažnosti II, sadržaja vlage > 95, izmjereno u donjim slojevima. Na sukcesijskim postajama, 43 uzorka pripada u klasu vlažnosti VII, sadržaja vlage < 80, od čega je 25 uzoraka pronađeno u gornjim slojevima. Kontrolne postaje pokazale su najveću količinu vlage, potom revitalizirane, dok su u prosjeku uzorci sukcesijskih postaja imali nižu količinu vlage od ostalih postaja.



Slika 10. Usporedba klasa vlažnosti u gornjim i donjim slojevima kontrolnih, revitaliziranih i sukcesijskih postaja; C-kontrolne postaje, R-revitalizirane postaje, S-sukcesijske postaje, U-gornji slojevi, L-donji slojevi.

4.2. Temperatura

Najviša prosječna temperatura od travnja do studenog, izmjerena je na kontrolnim postajama u srpnju, a iznosila je 30,03 °C, dok je najniža temperatura izmjerena na sukcesijskim postajama u studenom i iznosila je 11,05 °C, što je bilo i očekivano (Tablica 2.). Na kontrolnim je postajama najniža temperatura iznosila 11,18 °C. Revitalizirane postaje imaju najvišu izmjerenu temperaturu od 28,22 °C, izmjerenu u lipnju, dok je najniža izmjerena u studenom i iznosila je 12,08 °C. Na sukcesijskim postajama najviša izmjerena temperatura iznosila je 29,15 °C, a izmjerena je u srpnju. Temperature među uzorcima nisu se značajno razlikovale po slojevima, a tijekom istog mjeseca nema značajnih razlika između izmjerenih temperatura na postajama.

Tablica 2. Prosječne temperature (°C) izmjerene na kontrolnim, revitaliziranim i sukcesijskim postajama od travnja do studenog; C-kontrolne postaje, R-revitalizacijske postaje, S-sukcesijske postaje.

	C	R	S
travanj	18,35	19,63	19,49
svibanj	21,35	22,06	19,79
lipanj	26,61	28,22	26,4
srpanj	30,03	27,28	29,15
kolovoz	22,83	24,4	23,28
rujan	17,68	18,35	17,45
listopad	13,67	14,38	14,1
studen	11,18	12,08	11,05

4.3. pH-vrijednost

pH vrijednosti na cretu nisu se po postajama značajno razlikovale, a iznosile su od 5,05-5,55 (Tablica 3.).

Tablica 3. Srednje pH vrijednosti uzoraka; C-kontrolne postaje, R-revitalizacijske postaje, S-sukcesijske postaje.

	C	R	S
pH	5,55	5,05	5,36

4.4. Količina otopljenog kisika

Izmjerena količina otopljenog kisika u vodi istisnutoj iz busenova maha tresetara kretala se od 3,08 do 8,77 mg/L (Tablica 4.). Najviša vrijednost izmjerena je u listopadu na revitaliziranim postajama, dok je najniža vrijednost izmjerena također na revitaliziranim postajama, u srpnju. Vrijednosti izmjerene u gornjim slojevima nisu se razlikovale od onih u donjim slojevima na pojedinim postajama tijekom istog terenskog izlaska.

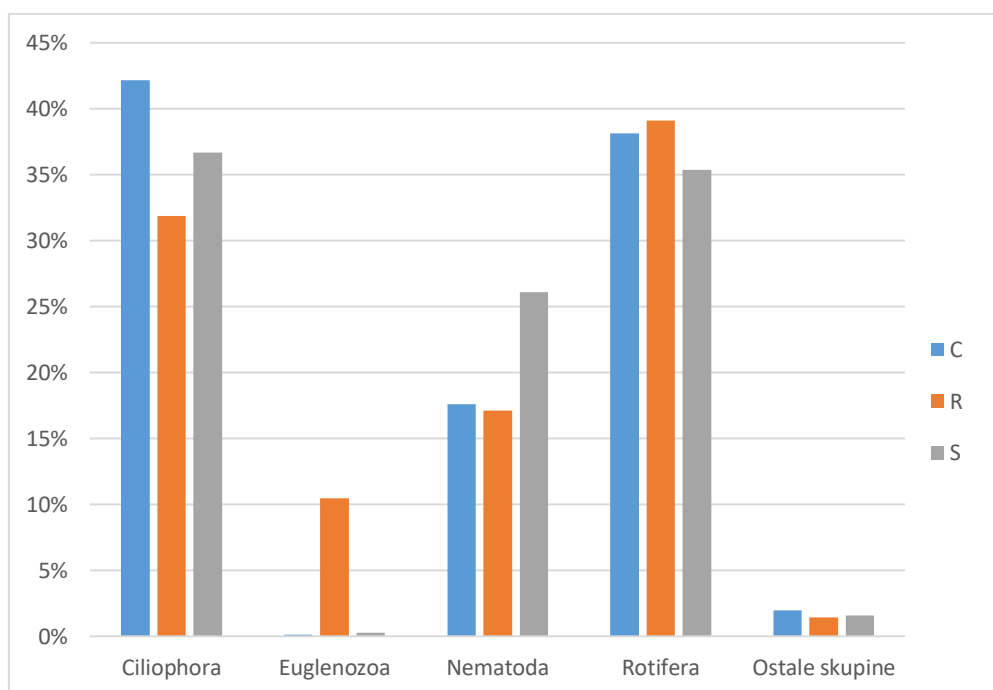
Tablica 4. Prosječna količina otopljenog kisika (mg/L) na kontrolnim, revitaliziranim i sukcesijskim postajama od travnja do studenog; C-kontrolne postaje, R-revitalizacijske postaje, S-sukcesijske postaje.

	C	R	S
Travanj	8,25	7,41	6,95
Svibanj	7,47	4,75	7,39
Lipanj	6,68	5,62	4,64
Srpanj	4,06	3,08	6,35
Kolovoz	3,25	4,47	5,52
Rujan	6,92	5,75	6,04
Listopad	7,17	8,77	6,68
Studen	6,57	7,78	6,56

4.5. Udio trepetljikaša u zajednici

Osim trepetljikaša, koji su dominirali, u zajednici su određene i ostale skupine praživotinja, a među njima je najviše bilo kolnjaka, oblića i euglena (Slika 11.). Na kontrolnim postajama najviše je bilo trepetljikaša (42,15%), zatim kolnjaka (38,13%) i oblića (18%), dok su ostale skupine (1,98%) i euglene (0,15%) bile manje zastupljene. Na kontrolnim postajama od trepetljikaša izdvojile su se porodica Oxtrichidae (4,47%) i svojta *Platyophrya sphagni*

(22,62%), a od kolnjaka su se posebno izdvojili Bdelloidea (26,69%). Na revitaliziranim postajama najveći udio u zajednici činili su kolnjaci (39,10%) sa najviše zastupljenim Bdelloidea (25,86%), potom trepetljikaši (31,87%) sa svojama *Platyophrya sphagni* (18,23%) i Oxtrichidae (3,71%). Slijede oblići (17,12%) i euglene (10,47%). Na sukcesijskim postajama najviše je bilo trepetljikaša (36,69%) s porodicom Oxtrichidae (3,83%) i *Platyophrya sphagni* (22,90%), zatim kolnjaka (35,36%) sa Bdelloidea (25,83%). Slijede oblići (26,09%), ostali (1,60%) i euglene (0,27%).

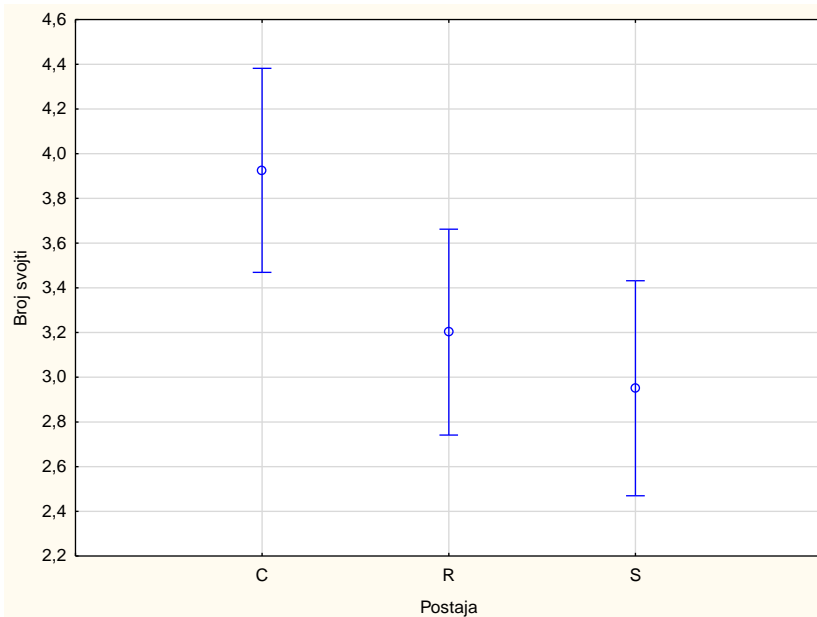


Slika 11. Udio pojedinih skupina u zajednici na kontrolnim, revitaliziranim i sukcesijskim postajama; C-kontrolne postaje, R-revitalizacijske postaje, S-sukcesijske postaje.

4.6. Usporedba postaja i slojeva

4.6.1. Usporedba broja svojti trepetljikaša među postajama

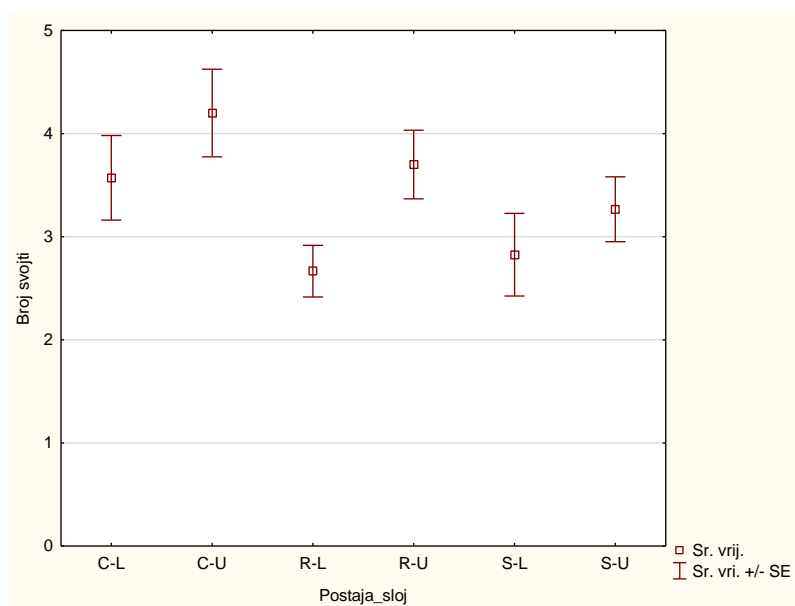
Broj svojti razlikovao se među postajama (Slika 12.). Srednja vrijednost broja svojti trepetljikaša bila je najviša na kontrolnim postajama, slijede revitalizacijske postaje, a zatim sukcesijske postaje. Ta razlika je bila statistički značajna (ANOVA, $F_{2,157}=4,665$, $p<0,05$). *Post-hoc* test je pokazao da se statistički značajno razlikuju kontrolne i sukcesijske postaje (Tukey HSD, $p<0,05$), dok se revitalizacijske postaje nisu statistički značajno razlikovale od kontrolnih i sukcesijskih.



Slika 12. Broj svojti na kontrolnim, revitaliziranim i sukcesijskim postajama; C-kontrolne postaje, R-revitalizacijske postaje, S-sukcesijske postaje.

4.6.2. Usporedba broja svojti trepetljikaša među slojevima

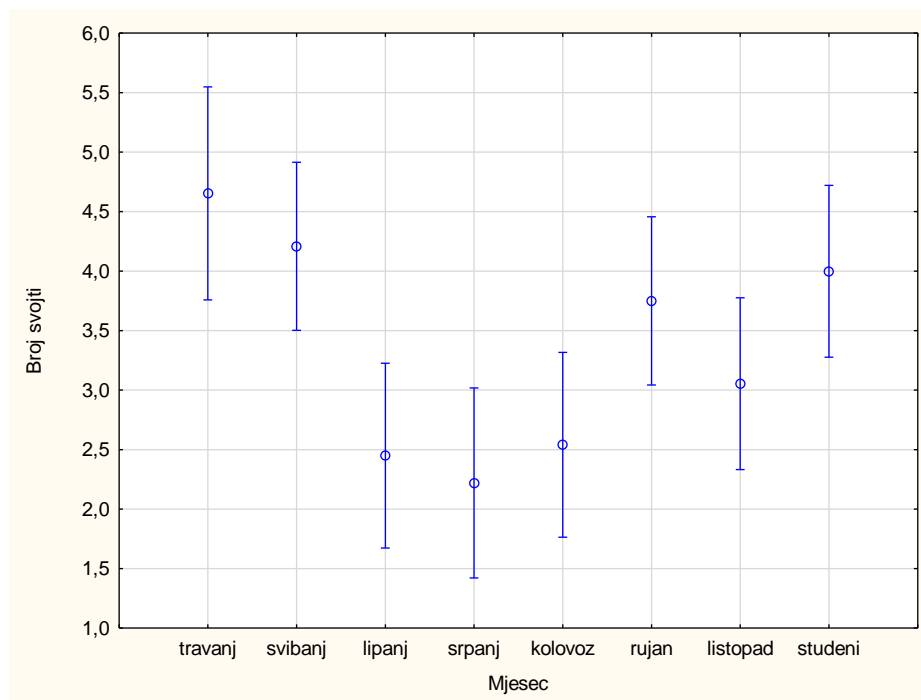
Na svakoj postaji zabilježene su i razlike među slojevima (Slika 13). U pravilu je u gornjem sloju zabilježen veći broj svojti, a ta razlika je i statistički značajna (t-test, $t=-2,29$, $p<0,05$).



Slika 13. Broj svojti u gornjim i donjim slojevima; C-kontrolne postaje, R-revitalizacijske postaje, S-sukcesijske postaje, U-gornji slojevi, L- donji slojevi.

4.6.3. Usporedba broja svojti trepetljikaša po mjesecima

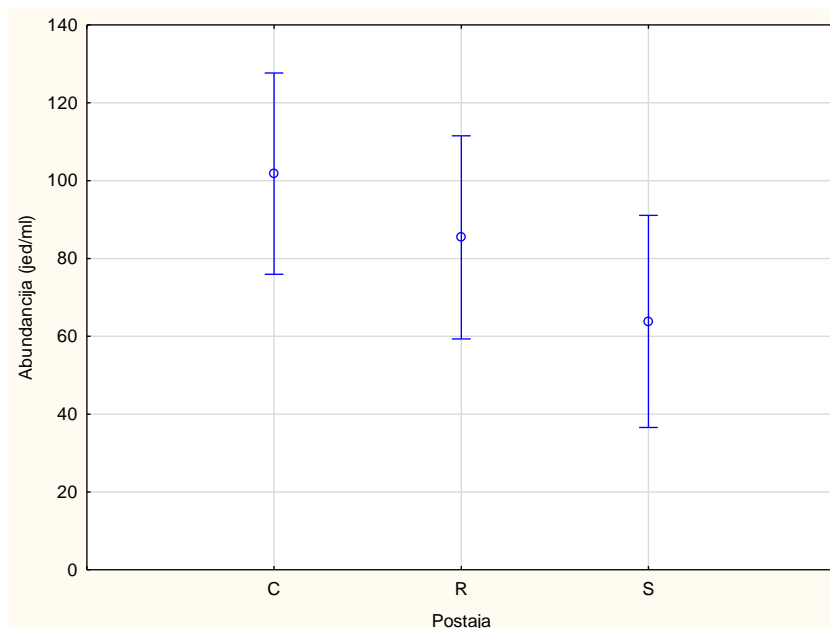
Uočeno je i da se broj svojti razlikuje u različitim mjesecima, pri čemu su se većim brojem svojti izdvojili hladniji mjeseci (Slika 14.). Razlika u broju svojti je i statistički značajna (ANOVA, $F_{7,157}=5,19$, $p<0,001$). Statistički značajne razlike (Tukey HSD) u broju svojti postojale su između travnja i lipnja ($p<0,01$), srpnja ($p<0,01$) i kolovoza ($p<0,05$) te svibnja i lipnja ($p<0,05$) te srpnja ($p<0,05$).



Slika 14. Broj svojti trepetljikaša po mjesecima od travnja do studenog.

4.6.4. Usporedba postaja prema abundanciji trepetljikaša

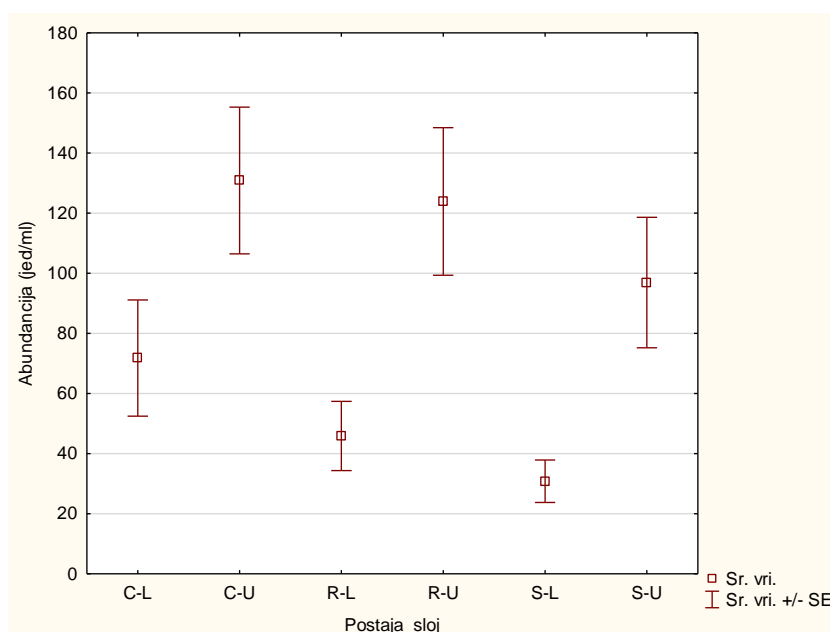
Postaje su se razlikovale i prema abundanciji trepetljikaša (Slika 15.), pri čemu je obrazac isti kao za broj vrsta. Prosječno najbrojniji bili su trepetljikaši na kontrolnim postajama, slijede revitalizacijske, a zatim postaje sa sukcesijskim promjenama. Te razlike međutim nisu statistički značajne (ANOVA, $F_{2,157}=2,013$, $p>0,05$), zbog velike varijabilnosti.



Slika 15. Abundancija trepetljikaša (jed/mL) na kontrolnim, revitalizacijskim i sukcesijskim postajama; C-kontrolne postaje, R-revitalizacijske postaje, S-sukcesijske postaje.

4.6.5. Usporedba broja jedinki trepetljikaša među slojevima

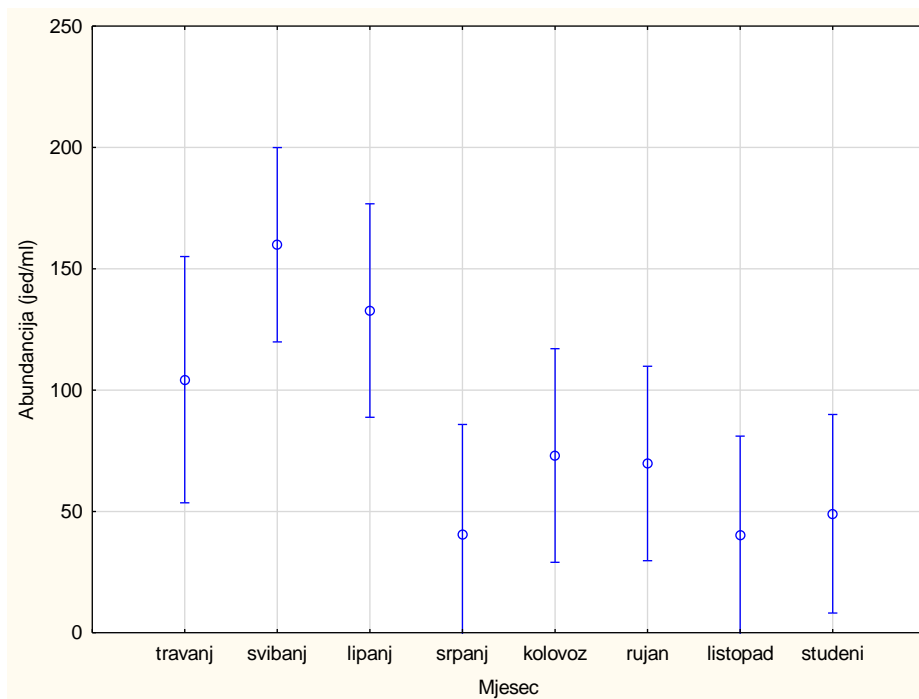
Kao i za broj svojiti, zabilježen je uočljiv obrazac većeg broja jedinki u gornjim slojevima (Slika 16). Sloj se pokazao statistički značajnom varijablom (t-test, $t=-4,02$, $p<0,001$).



Slika 16. Abundancija (jed/mL) trepetljikaša u gornjim i donjim slojevima; U-gornji sloj, L-donji sloj.

4.6.6. Usporedba abundancije trepetljikaša među mjesecima

Abundancija trepetljikaša (Slika 17.) statistički se značajno razlikovala među mjesecima (ANOVA, $F_{7,157}=4,45$, $p<0,001$). *Post-hoc* test izdvaja slijedeće razlike: travanj≠srpanj ($p<0,01$), travanj≠rujan ($p<0,05$), travanj≠listopad ($p<0,001$), travanj≠studeni ($p<0,01$), svibanj≠listopad ($p<0,05$) i svibanj≠studeni ($p<0,05$).



Slika 17. Abundancija (jed/mL) trepetljikaša po mjesecima od travnja do studenog.

4.7. Trepetljikaši na istraživanim postajama

Ukupno je u uzorcima determinirano 45 svojti trepetljikaša (Tablica 5.). Na kontrolnoj postaji određeno je 38, na revitaliziranoj 31, dok je na sukcesijskoj postaji određeno sveukupno 30 svojti trepetljikaša.

Tablica 5. Popis determiniranih svojiti trepetljikaša u uzorcima gornji i donjih slojeva kontrolnih, revitaliziranih i sukcesijskih postaja; U-gornji sloj, L-donji sloj.

Svojte	Kontrolne postaje		Revitalizirane postaje		Sukcesijske postaje	
	U	L	U	L	U	L
<i>Acineria</i> sp.	.		.		.	
<i>Balladyna</i> sp.
<i>Blepharisma musculus</i>
<i>Blepharisma steinii</i>	.					.
<i>Bryophyllum loxophylliformes</i>		.				
<i>Caenomorpha</i> sp.		.				
<i>Cinetochilum margaritaceum</i>
<i>Cohnilembus pussilus</i>	.		.	.		
<i>Colpoda steini</i>	
<i>Cyclidium glaucoma</i>
<i>Dexiostoma campylum</i>	
<i>Dileptus</i> sp.	.	.				
<i>Drepanomonas revoluta</i>			.		.	.
<i>Epispathidium amphoriforme</i>			.			
<i>Euplotes</i> sp.	
<i>Frontonia acuminata</i>	
<i>Frontonia atra</i>
<i>Halteria grandinella</i>	.			.	.	
<i>Holophrya ovum</i>
<i>Holosticha pullaste</i>
<i>Hypotrichia</i> non det	
<i>Kahlilembus</i> sp.		.				
<i>Lembadion</i> sp.	.	.				
<i>Leptopharynx costatus</i>
<i>Litonotus lamella</i>		.				
<i>Litonotus</i> sp.						
<i>Litonotus varsaviensis</i>				.	.	
<i>Microthorax pusillus</i>	.					
Oxytrichidae
<i>Paradileptus elephantinus</i>	.					
<i>Paramecium bursaria</i>
<i>Paramecium caudatum</i>		.		.		
<i>Paramecium putrinum</i>		.				
<i>Platyophrya sphagni</i>
<i>Platyophrya vorax</i>
<i>Pseudomicrothorax agilis</i>						.

Svojte	Kontrolne postaje		Revitalizirane postaje		Sukcesijske postaje	
	U	L	U	L	U	L
<i>Spathidium</i> sp.
<i>Stichotricha aculeata</i>
<i>Stichotricha secunda</i>		.				.
<i>Stokesia vernalis</i>	
<i>Tetrahymena pyriformis</i>
<i>Uroleptus caudatus</i>			.			.
<i>Uroleptus musculus</i>
<i>Uroleptus piscis</i>	.		.			
<i>Urostyla grandis</i>				.		

4.7.1. Kontrolne postaje

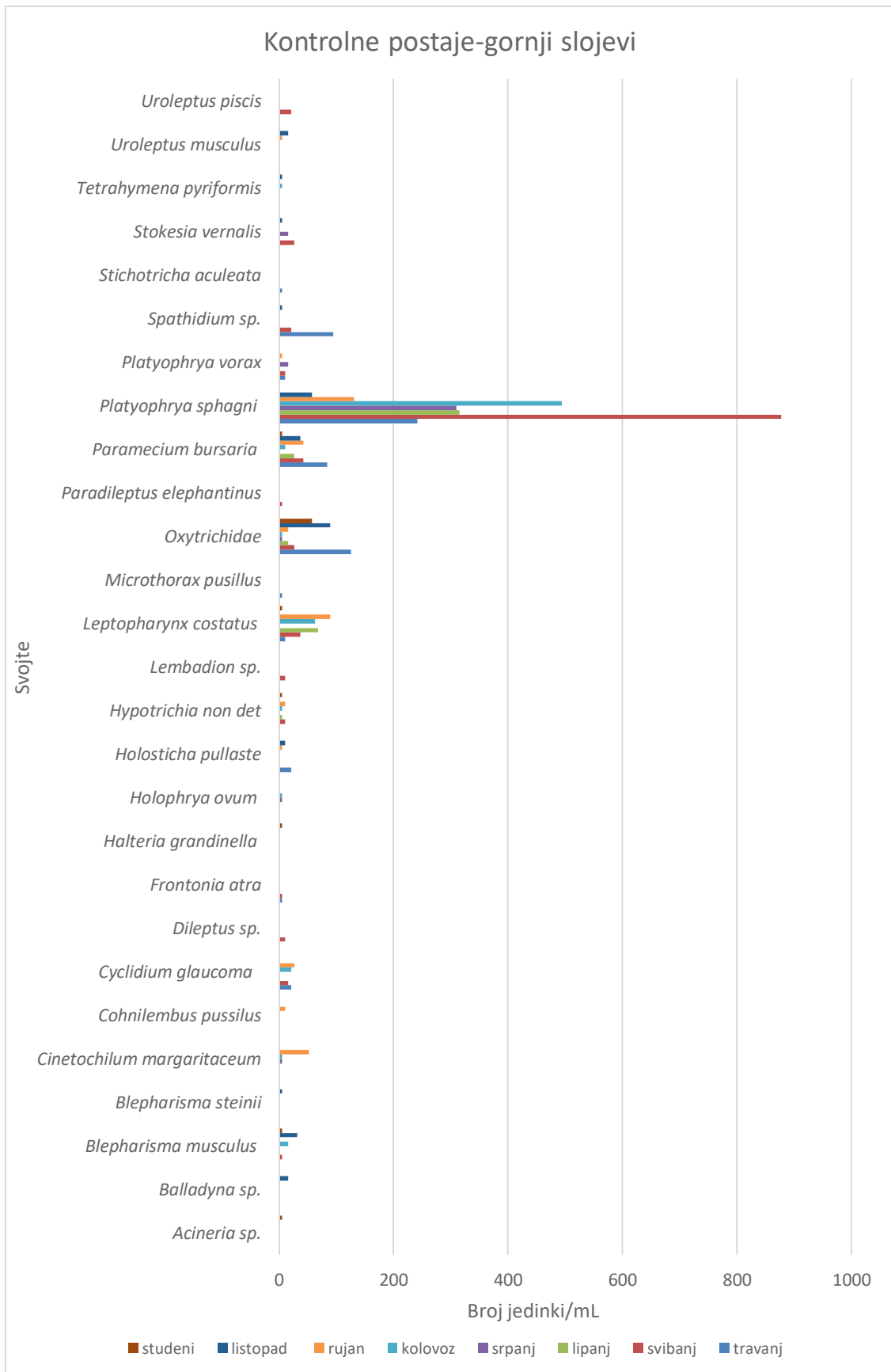
GORNJI SLOJEVI

U uzorcima gornjih slojeva, kontrolnih postaja, uzorkovanih od travnja do studenog, određeno je ukupno 27 svojti trepetljikaša (Slika 18.). Najbrojnije svojte u uzorcima bile su redom: *Platyophrya sphagni* (2426 jed/mL), Oxytrichidae (341 jed/mL), *Paramecium bursaria* (247 jed/mL) i *Spathidium* sp. (121 jed/mL). Svojte koje su bile među najmanje brojnim s 5 jed/mL su *Acineria* sp., *Blepharisma steinii*, *Halteria grandinella*, *Microthorax pusillus* i *Stichotricha aculeata*. Najveća brojnost određena je u svibnju (1124 jed/mL), dok je u studenom određeno samo 89 jed/mL.

U uzorcima iz travnja, u gornjim slojevima kontrolnih postaja, određeno je ukupno 11 svojti i 625 jed/mL. Svojta koja se posebno isticala sa najvećim brojem jedinki bila je *Platyophrya sphagni* (242 jed/mL). Slijede Oxytrichidae (126 jed/mL) i *Spathidium* sp. (95 jed/mL). Svojte *Microthorax pusillus* (5 jed/mL), *Stichotricha aculeata* (5 jed/mL) određene su samo u travnju. U svibnju je određeno ukupno 15 svojti i 1124 jed/mL, od koji je *Platyophrya sphagni* imala najveći broj jedinki (877 jed/mL). Svojte *Dileptus* sp. (11 jed/mL), *Lembadion* sp. (11 jed/mL), *Uroleptis piscis* (21 jed/mL) i *Paradileptus elephantinus* (5 jed/mL), određene su samo u svibnju.

Najmanji broj svojti, ukupno 5, određen je u lipnju, sa ukupno 431 jed/mL, a najbrojnija svojta bila je *Platyophrya sphagni* (315 jed/mL). U srpnju je određeno ukupno 6 svojti i 357 jed/mL od kojih je ponovno *P. sphagni* (310 jed/mL) imala najveći udio. 9 svojti i 630 jed/mL je određeno u kolovozu, i također je *P. sphagni* sa 494 jed/mL bila najbrojnija svojta. U rujnu je određeno 11 svojti i 394 jed/mL, a *P. sphagni* je od svih bila najbrojnija sa 131 jed/mL. Svojta *Cohnilembus pussilus* (11 jed/mL) određena je samo u rujnu. U listopadu je određeno 11 svojti i 278 jed/mL. Najbrojnija svojta bile su Oxytrichidae (89 jed/mL), a odmah slijedi *P. sphagni* (58 jed/mL). Svojte *Balladyna* sp. (16 jed/mL) i *Blepharisma steinii* (5 jed/mL) određene su samo u listopadu.

U studenom je određeno 7 svojti i 89 jed/mL što je sveukupno najmanje od ostalih mjeseca, a najbrojnije su Oxytrichidae (58 jed/mL). Svojte *Acineria* sp. (5 jed/ mL) i *Halteria grandinella* (5 jed/mL) određene su samo u studenom.



Slika 18. Ukupna brojnost svojti trepetljikaša u uzorcima gornjih slojeva kontrolnih postaja.

DONJI SLOJEVI

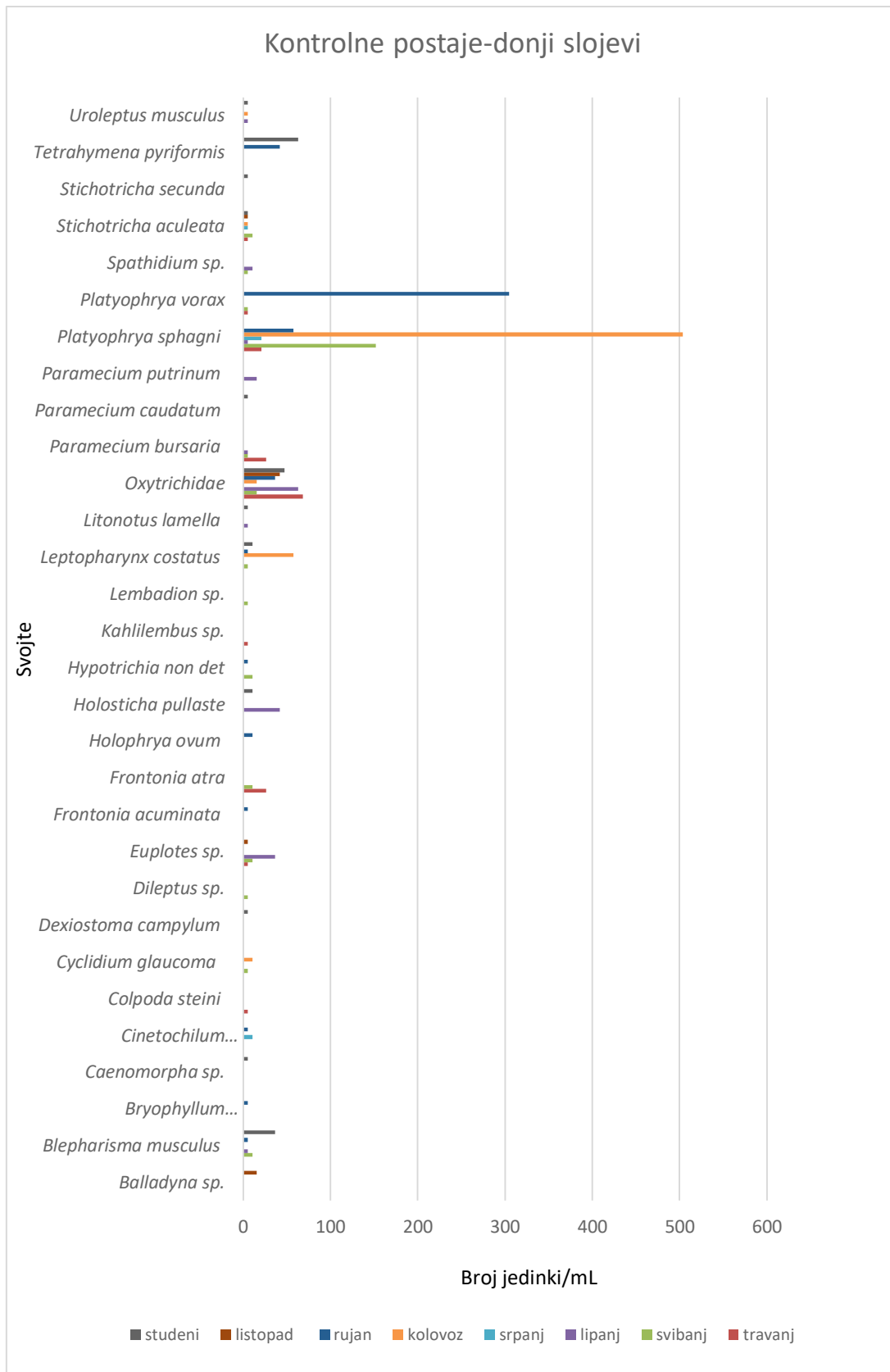
U uzorcima donjih slojeva kontrolnih postaja, uzorkovanih od travnja do studenog, određeno je ukupno 30 svojti trepetljikaša (Slika 19.). Najbrojnije svojte u uzorcima bile su redom: *Platyophrya sphagni* (761 jed/mL), Oxytrichidae (289 jed/mL), *Tetrahymena pyriformis* (105 jed/mL), *Leptopharynx costatus* (79 jed/mL) i *Blepharisma musculus* (58 jed/mL). Svojte koje su bile među najmanje brojnim s 5 jed/mL su *Bryophyllum loxophylliformes*, *Caenomorpha* sp., *Colpoda steini*, *Dexiostoma campylum*, *Dileptus* sp., *Frontonia acuminata*, *Kahlilembus* sp., *Lembadion* sp., *Paramecium caudatum* i *Stichotricha secunda*. Najveći broj zabilježen je u svibnju, 257 jed/mL, dok je u srpnju detektirano samo 37 jed/mL.

U uzorcima iz travnja, u donjim slojevima kontrolnih postaja, određeno je ukupno 9 svojti i 168 jed/mL. U travnju su se s najvećim brojem jedinki sticale Oxytrichidae (68 jed/mL). Slijede *Frontonia atra* i *Paramecium bursaria* s 25 jed/mL. Svojte *Colpoda steini* i *Kahlilembus* sp., s 5 jed/mL, određene su u donjim slojevima kontrolnih postaja samo u mjesecu travnju. U svibnju je određen najveći broj svojti i iznosio je 14, a sveukupno je određeno 257 jed/mL. Najveći broj jedinki imala je svojta *Platyophrya sphagni* (152 jed/mL). Sa 5 jed/ml, svojte *Dileptus* sp. i *Lembadion* sp. određene su samo u svibnju.

U lipnju je određeno 9 svojti trepetljikaša i ukupno 194 jed/mL, a najbrojnije svojte bile su Oxytrichidae (63 jed/mL) i *Euplotes* sp. (37 jed/mL). Najmanji broj svojti, ukupno 3, određen je u srpnju, sa ukupno 37 jed/mL. Najbrojnija svojta bila je *Platyophrya sphagni* (21 jed/mL). 6 svojti i ukupno 599 jed/mL određeno je u kolovozu. Najbrojnija svojta bila je *P. sphagni* (504 jed/mL), a potom *Leptopharynx costatus* (58 jed/mL).

U rujnu je određeno 11 svojti, i 483 jed/mL trepetljikaša, a najbrojnija svojta bila je *Platyophrya vorax* (305 jed/mL). U listopadu su određene 4 svoje i ukupno 68 jed/mL. Najbrojnije su bile Oxytrichidae s 42 jed/mL.

U studenom je određeno 12 svojti i 205 jed/mL. Svojte *Tetrahymena pyriformis* (63 jed/mL), Oxytrichidae (47 jed/mL) i *Blepharisma musculus* (37 jed/mL) bile su najbrojnije. Svojte *Caenomorpha* sp., *Dexiostoma campylum*, *Paramecium caudatum* i *Stichotricha secunda*, sa 5 jed/mL, određene su u donjim slojevima kontrolnih postaja samo u studenom.



Slika 19. Ukupna brojnost svojiti trepetljikaša u uzorcima donjih slojeva kontrolnih postaja.

4.7.2. Revitalizirane postaje

GORNJI SLOJEVI

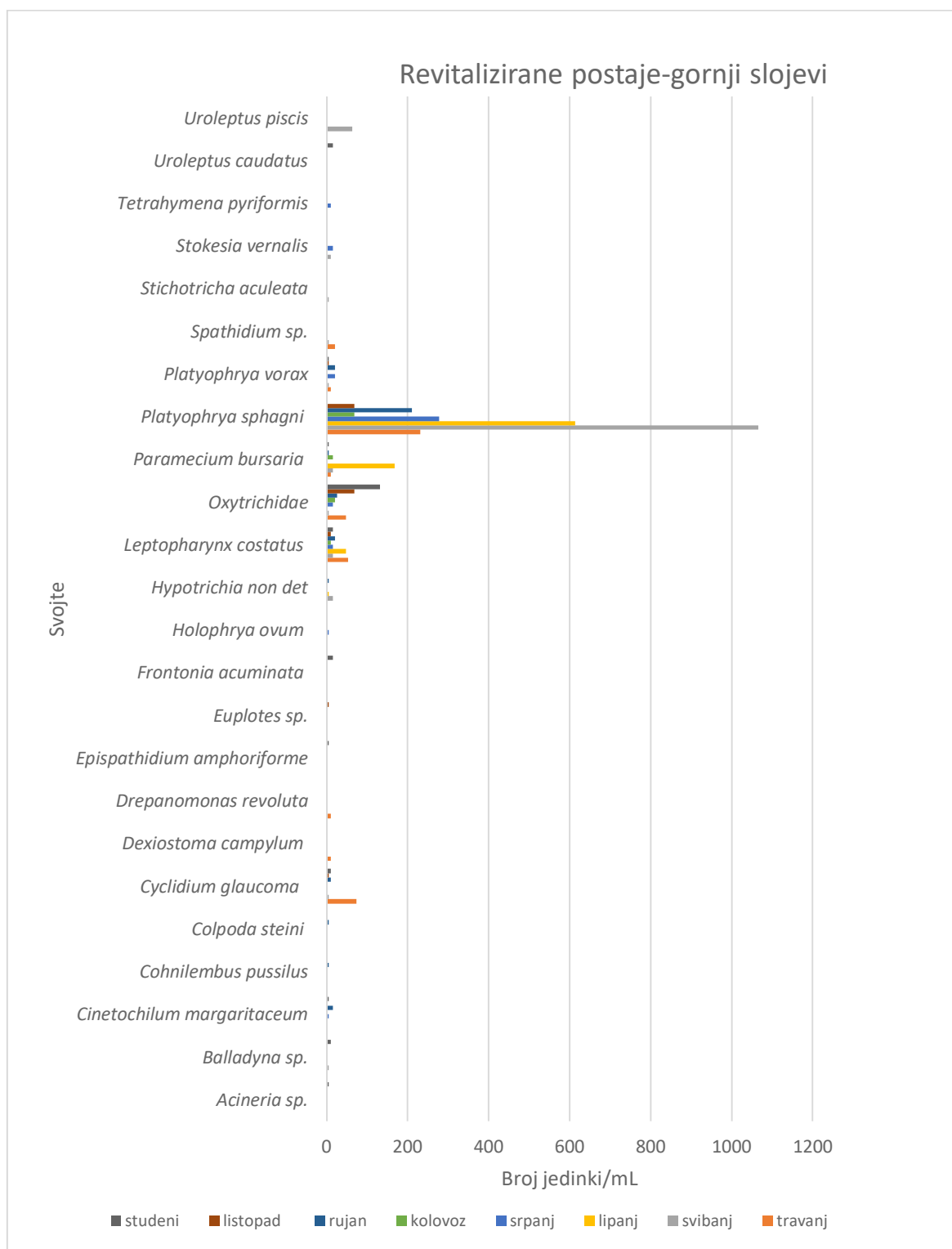
U uzorcima gornjih slojeva revitaliziranih postaja, određene su ukupno 24 svojte trepetljikaša (Slika 20.). Najbrojnija svojta u uzorku bila je *Platyophrya sphagni* sa 2536 jed/mL. Svojte koje su bile među najmanje brojnim sa 5 jed/mL su *Acineria* sp., *Cohnilembus pussilus*, *Colpoda steini*, *Epispathidium amphoriforme*, *Euplotes* sp., *Holophrya ovum* i *Stichotricha aculeata*. Najveći broj jedinki zabilježen je u lipnju (835 jed/mL), a najmanji broj u kolovozu (116 jed/mL).

U travnju je određeno 9 svojti i 467 jed/mL, a nabrojnije svojte bile su redom: *Platyophrya sphagni* (231 jed/mL), *Cyclidium glaucoma* (74 jed/mL) i Oxytrichidae (47 jed/mL). Najmanje brojne sa 11 jed/mL bile su *Platyophrya vorax* te svojte *Dexiostoma campylum* i *Drepanomonas revoluta* koje su ujedno u gornjim slojevima revitaliziranih postaja, određene samo u travnju. U svibnju je određeno 12 svojti, i ukupno 1218 jed/mL, što je i najveći broj jedinki te svojti u gornjim slojevima revitaliziranih postaja. Svojta koja je bila daleko najbrojnija je *P. sphagni* sa 1066 jed/mL. Svojta *Stichotricha aculeata* (5 jed/mL) određena je samo u svibnju. Četiri svojte određene su u lipnju, sa 835 jed/mL. Najbrojnija svojta bila je *P. sphagni* (614 jed/mL).

U srpnju je određeno 8 svojti i 368 jed/mL. Najbrojnija svojta bila je *Platyophrya sphagni* (278 jed/mL), a svojta *Tetrahymena pyriformis* (11 jed/mL) određena je samo u srpnju u gornjim slojevima revitaliziranih postaja. U kolovozu su određene 4 svojte i 116 jed/mL, a najbrojnija je bila *P. sphagni* (68 jed/mL). U rujnu je ukupno određeno 10 svojti i 326 jed/mL, a najbrojnija je bila *P. sphagni* (210 jed/mL). Svojte koje su određene jedino u rujnu u gornjim slojevima revitaliziranih postaja su *Cohnilembus pussilus* i *Colpoda steini* sa 5 jed/mL. U listopadu je određeno 6 svojti i 163 jed/mL, a najbojnije su bile *P. sphagni* i Oxytrichidae sa 68 jed/mL. *Euplotes* sp. (5 jed/mL) određena je samo u listopadu u gornjim slojevima kontrolnih postaja.

U studenom je ukupno određeno 11 svojti i 226 jed/mL. Najbrojnije su bile Oxytrichidae (131 jed/mL) i to je ujedno jedini mjesec u kojemu svojta *Platyophrya sphagni* nije uopće pronađena, dok je u ostalim mjesecima bila najbrojnija (u listopadu podjednako brojna kao i svojta Oxytrichidae). Svojte *Acineria* sp. i *Epispathidium amphoriforme* sa 5 jed/mL, a

Frontonia acuminata i *Uroleptus caudatus* sa 16 jed/mL određene su samo u studenom u gornjim slojevima revitaliziranih postaja.



Slika 20. Ukupna brojnost svojti trepetljikaša u uzorcima gornjih slojeva revitaliziranih postaja.

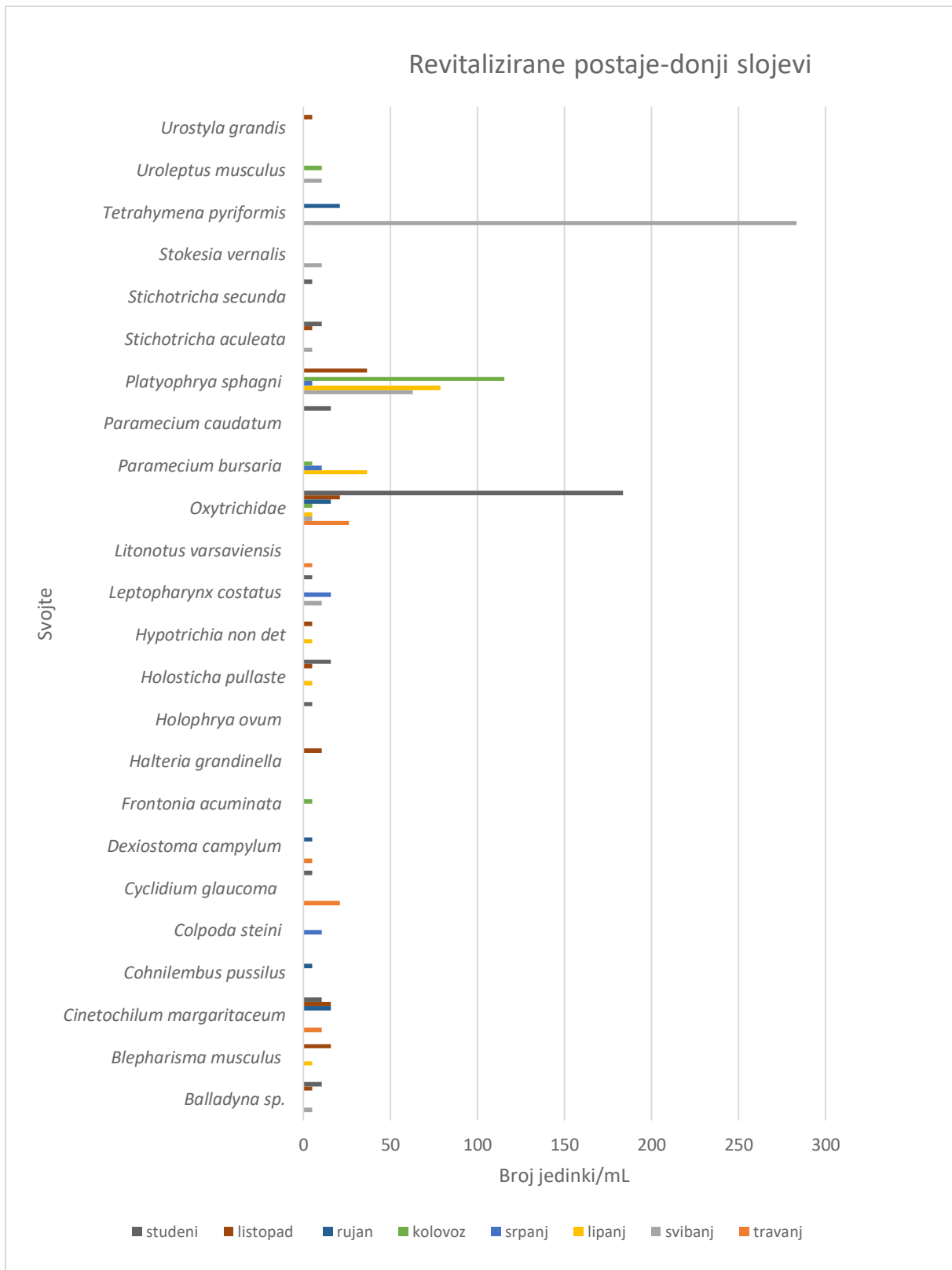
DONJI SLOJEVI

U uzorcima donjih slojeva revitaliziranih postaja, uzorkovanih od travnja od studenog, određene su 24 svojte trepetljikaša (Slika 21.). Najbrojnije svojte u uzorcima bile su redom: *Tetrahymena pyriformis* (305 jed/mL), *Platyophrya sphagni* (299 jed/mL), te Oxytrichidae (263 jed/mL). Najmanje brojne svojte sa 5 jed/mL bile su *Cohnilembus pussilus*, *Frontonia acuminata*, *Holophrya ovum*, *Litonotus varsaviensis*, *Stichotricha secunda* i *Urostyla grandis*. Najveći broj jedinki određen je u svibnju (394 jed/mL), dok su u kolovozu određene samo 42 jed/mL.

U uzorcima iz travnja, u donjim slojevima revitaliziranih postaja, određeno je ukupno 5 svojti i 68 jed/mL. Najbrojnija svojta bila je Oxytrichidae (26 jed/mL), dok je svojta *Litonotus varsaviensis* (5 jed/mL), određena u donjem sloju revitalizirane postaje samo u travnju. U svibnju je određeno 8 svojti i 394 jed/mL. Najbrojnije svojte bile su *Tetrahymena pyriformis* (284 jed/mL) i *Platyophrya sphagni* (63 jed/mL). *Stokesia vernalis* (11 jed/mL) je svojta koja je određena samo u svibnju u donjim slojevima revitaliziranih postaja. U lipnju je ukupno određeno 6 svojti i 137 jed/mL. Najbrojnije svojte bile su *P. sphagni* (79 jed/mL) i *Paramecium bursaria* (37 jed/mL). U srpnju su određene 4 svojte i 42 jed/mL, a svojta *Leptopharynx costatus* sa 16 jed/mL bila je najbrojnija.

U kolovozu je određeno 5 svojti i 142 jed/mL. Najbrojnija svojta bila je *Platyophrya sphagni* (116 jed/mL). Svojta *Frontonia acuminata* (5 jed/mL) određena je samo u kolovozu u donjim slojevima revitaliziranih postaja. U rujnu je određeno 5 svojti i 63 jed/mL, a najbrojnija svojta bila je *Tetrahymena pyriformis* (21 jed/mL). Svojta *Cohnilembus pussilus* (5 jed/mL) određena je samo u rujnu u donjim slojevima revitaliziranih postaja.

U listopadu je određeno 9 svojti i 126 jed/mL. Najbrojnija svojta bila je *Platyophrya sphagni* (37 jed/mL), a svojte *Halteria grandinella* (11 jed/mL) i *Urostyla grandis* (5 jed/mL) određene su samo u listopadu u donjim slojevima kontrolnih postaja. U studenom je određeno ukupno 10 svojti, što je najveći broj svojti u donjem sloju revitaliziranih postaja, te 268 jed/mL. Najbrojnije su bile Oxytrichidae (184 jed/mL). Svojte *Holophrya ovum* (5 jed/mL), *Paramecium caudatum* (16 jed/mL) i *Stichotricha secunda* (5 jed/mL) određene su samo u studenom u donjim slojevima revitaliziranih postaja.



Slika 21. Ukupna brojnost svojti trepetljikaša u uzorcima donjih slojeva revitaliziranih postaja.

4.7.3. Sukcesijske postaje

GORNJI SLOJEVI

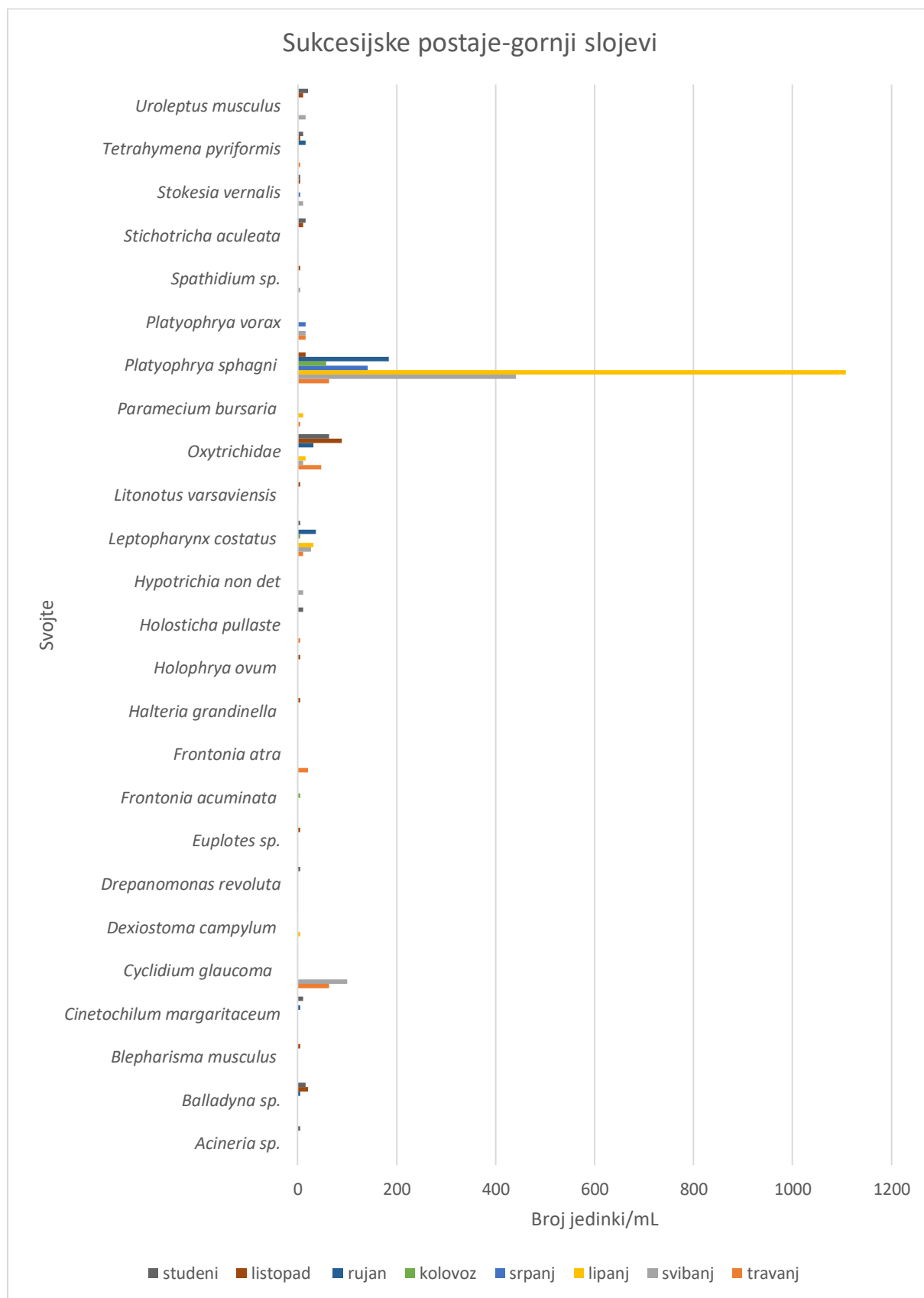
U uzorcima gornjih slojeva sukcesijskih postaja, uzorkovanih od travnja odo studenog, određeno je ukupno 25 svojti trepetljikaša (Slika 22.). Najbrojnija svojta u uzorcima bila je *Platyophrya sphagni* (2011 jed/mL), slijede svojte Oxytrichidae /257 jed/mL), *Cyclidium glaucoma* (163 jed/mL) i *Leptopharynx costatus* (116 jed/mL). Najveća abundancija zabilježena je u lipnju (1171 jed/mL), dok je u kolovozu određen najmanji broj jedinki (68 jed/mL).

U uzorcima iz travnja, u gornjim slojevima sukcesijskih postaja, određeno je ukupno 9 svojti i 237 jed/mL, a najbrojnije svojte bile su *Platyophrya sphagni* (63 jed/mL) i Oxytrichidae (47 jed/mL). Svojta *Frontonia atra* (21 jed/mL) određena je u gornjim slojevima sukcesijskih postaja samo u travnju. Ukupno je 9 svojti određeno u svibnju i 635 jed/mL, a najbrojnija svojta bila je *P. sphagni* (441 jed/mL). Svojta *Cyclidium glaucoma* određena je sa 100 jed/mL, dok je svojta *Hypotrichia non det* (11 jed/mL) u gornjim slojevima sukcesijskih postaja određena samo u svibnju.

U lipnju je određeno 5 svojti i 1171 jed/mL. Najbrojnija svojta bila je *Platyophrya sphagni* (1108 jed/mL), a slijedi *Leptopharynx costatus* (32 jed/mL). *Dexiostoma campylum* (5 jed/mL) određena je u gornjim slojevima sukcesijskih postaja samo u lipnju. U srpnju su određene 3 svojte trepetljikaša sa 163 jed/mL. Najbrojnija svojta u uzorku bila je *P. sphagni* (142 jed/mL). U kolovozu su određene, isto kao i u srpnju, samo 3 svojte trepetljikaša sa ukupno 68 jed/mL. Najbrojnija svojta bila je *P. sphagni* (58 jed/mL), a *Frontonia acuminata* (5 jed/mL) određena je u gornjim slojevima sukcesijskih postaja samo u kolovozu. U rujnu je određeno 6 svojti trepetljikaša i 278 jed/mL. Najbrojnije svojte bile su redom: *P. sphagni* (184 jed/mL), *Leptopharynx costatus* (37 jed/mL) i Oxytrichidae (32 jed/mL).

U listopadu je određeno 13 svojti i 189 jed/mL. Najbrojnije su bile Oxytrichidae (89 jed/mL), a slijede *Balladyna* sp. (21 jed/mL) i *Platyophrya sphagni* (16 jed/mL). Svojte koje su u uzorcima gornjih slojeva sukcesijskih postaja pronađene samo u listopadu su *Blepharisma musculus*, *Euplotes* sp., *Halteria grandinella*, *Holophrya ovum* i *Litonotus varsaviensis* (5 jed/mL). U studenom je ukupno određeno 11 svojti i 168 jed/mL, a najbrojnija svojta bila je

Oxytrichidae (63 jed/mL). *Acineria* sp. i *Drepanomonas revoluta* određene su u gornjim slojevima, sukcesijskih postaja samo u studenom.



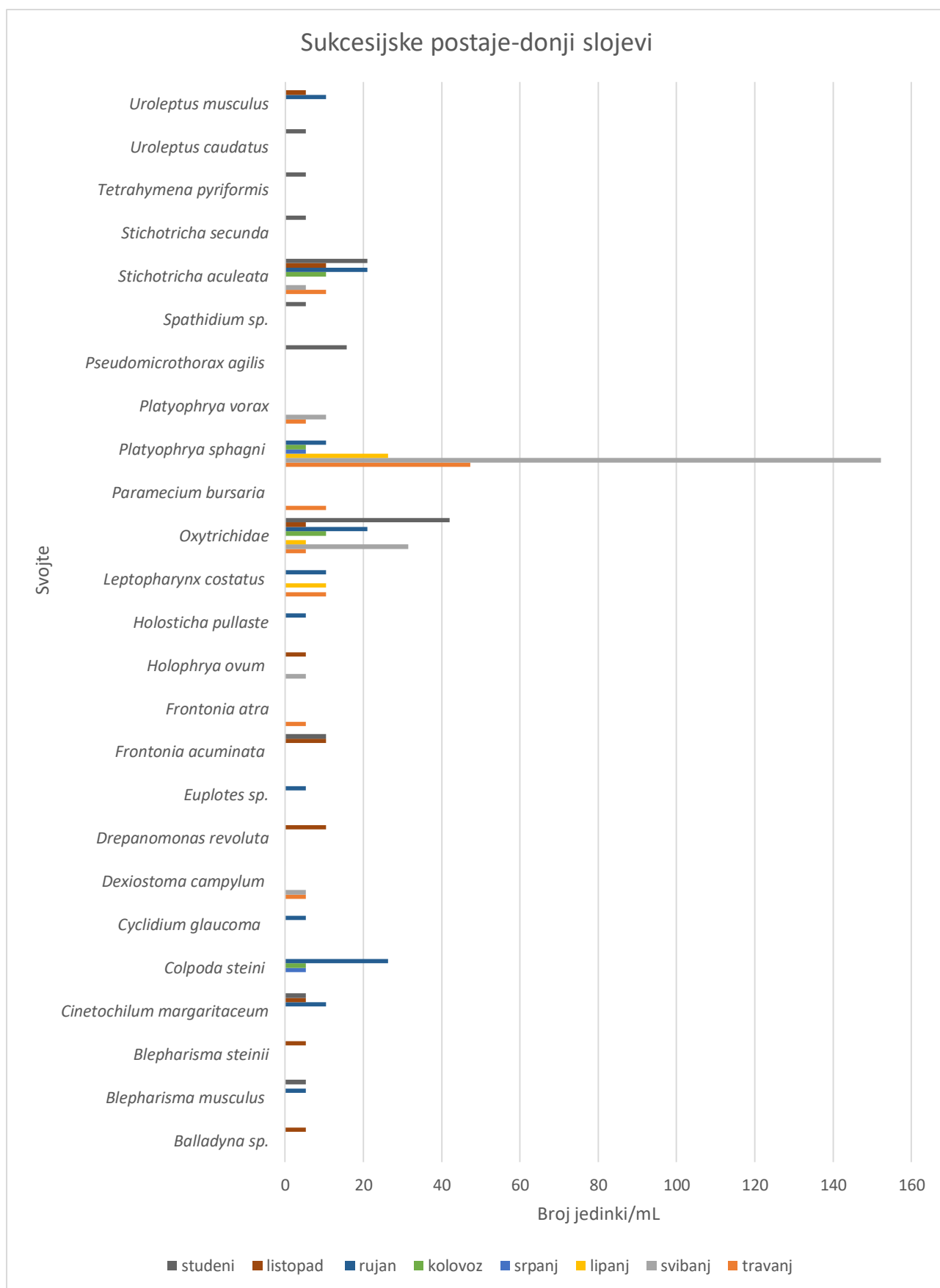
Slika 22. Ukupna brojnost svojiti trepetljikaša u uzorcima gornjih slojeva sukcesijskih postaja.

DONJI SLOJEVI

U donjim slojevima sukcesijskih postaja, ukupno je određeno 25 svojti trepetljikaša (Slika 23.). Najbrojnije svoje bile su *Platyophrya sphagni* (247 jed/mL), Oxytrichidae (121 jed/mL), *Stichotricha aculeata* (79 jed/mL) i *Colpoda steini* (37 jed/mL). Najveći broj jedinki određen je u svibnju (210 jed/mL), a najmanja abundancija zabilježena je u srpnju (11 jed/mL).

U travnju je određeno ukupno 8 svojti i 100 jed/mL, a najbrojnija svojta u uzorcima bila je *Platyophrya sphagni* (47 jed/mL). *Frontonia atra* (5 jed/mL) i *Paramecium bursaria* (11 jed/mL) određene su u donjim slojevima sukcesijskih postaja samo u travnju. U svibnju je određeno ukupno 6 svojti trepetljikaša i 210 jed/mL. Najbrojnije u uzorcima bile su svojte *P. sphagni* (152 jed/mL) i Oxytrichidae (32 jed/mL). U lipnju su određene 3 svojte i 42 jed/mL trepetljikaša. Najbrojnija svojta bila je *P. sphagni* (26 jed/mL). U srpnju su određene samo 2 svojte trepetljikaša i 11 jed/mL. U kolovozu su određene 4 svojte i 32 jed/mL, a sa 11 jed/mL podjednako brojne su bile svojte Oxytrichidae i *Stichotricha aculeata*.

11 svojti i 131 jed/mL određeno je u rujnu. Najbrojnija svojta bila je *Colpoda steini* (26 jed/mL). Svojte *Cyclidium glaucoma*, *Euplotes* sp. i *Holosticha pullaste* sa 5 jed/mL određene su u uzorcima donjih slojeva sukcesijskih postaja samo u rujnu. U listopadu je određeno 9 svojti i 63 jed/mL, a podjednako brojne sa 11 jed/mL u uzorcima bile su *Drepanomonas revoluta*, *Frontonia acuminata* i *Stichotricha aculeata*. Svojte koje su u donjim slojevima sukcesijskih postaja određene samo u listopadu su *Balladyna* sp. (5 jed/mL), *Blepharisma steinii* (5 jed/mL) i *Drepanomonas revoluta* (11 jed/mL). U studenom je određeno ukupno 10 svojti i 121 jed/mL, a najbrojnije svojte u uzorcima bile su *Stichotricha aculeata* (21 jed/mL) i *Pseudomicrothorax agilis* (16 jed/mL). Svojte *P. agilis* (16 jed/mL), *Spathidium* sp. (5 jed/mL), *Stichotricha secunda* (5 jed/mL), *Tetrahymena pyriformis* (5 jed/mL) i *Uroleptus caudatus* (5 jed/mL) određene su u donjim slojevima sukcesijskih postaja samo u studenom.

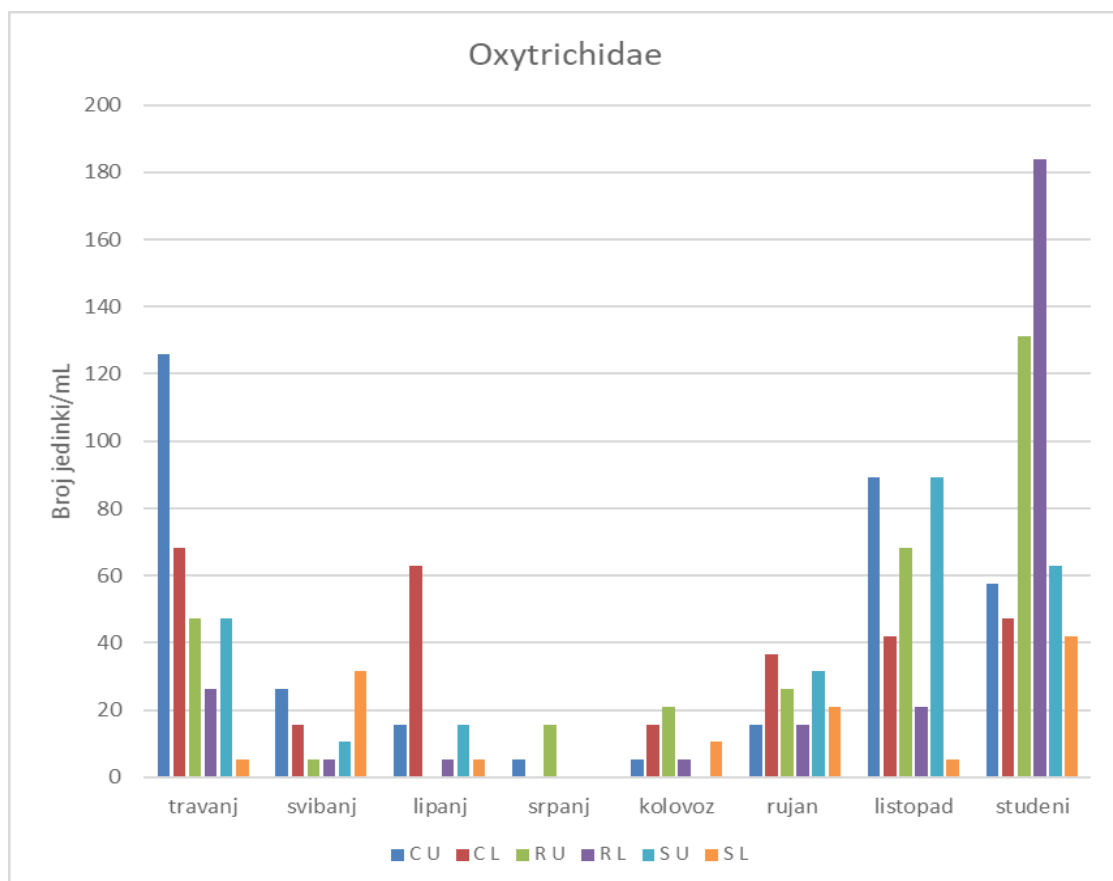


Slika 23. Ukupna brojnost svojti trepetljikaša u uzorcima donjih slojeva sukcesijskih postaja.

4.8. Najbrojniji trepetljikaši u uzorcima

4.8.1. Oxytrichidae

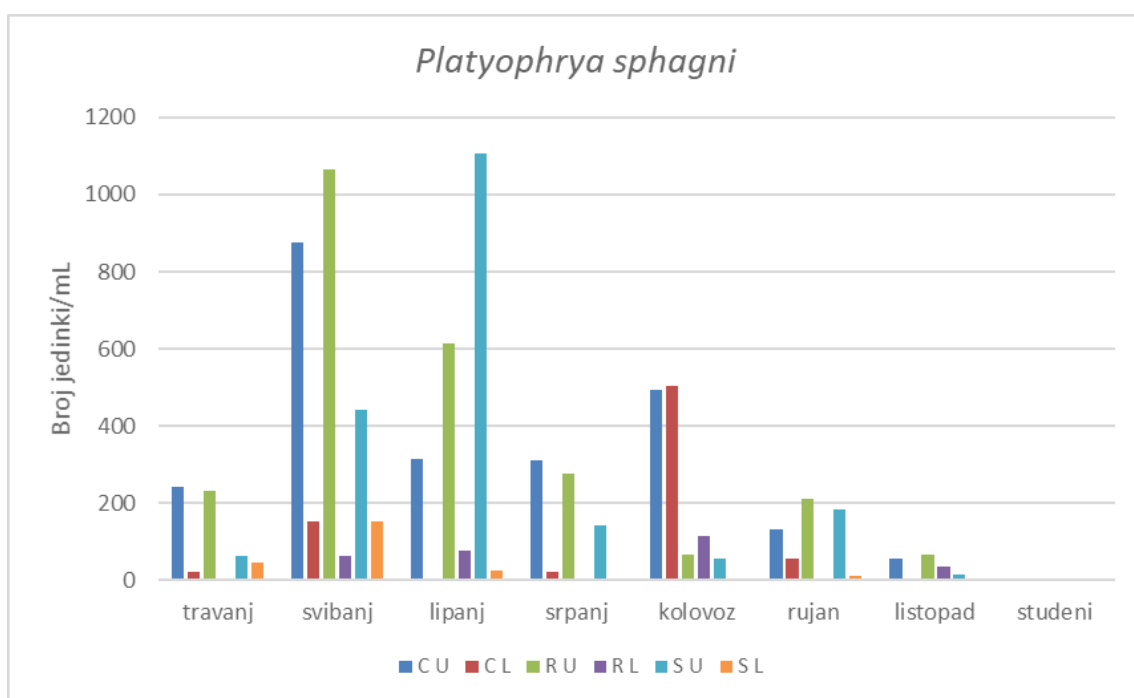
Ukupan broj jedinki porodice Oxytrichidae određenih na kontrolnim, revitaliziranim i sukcesijskim postajama od travnja do studenog je 1586 jed/mL (Slika 24.). Na kontrolnim postajama određen je najveći broj jedinki (630 jed/mL), potom slijede revitalizirane postaje (578 jed/mL), a najmanji broj određen je na sukcesijskim postajama (378 jed/mL). Na kontrolnim postajama je u travnju određeno 194 jed/mL, a najmanji broj od 5 jed/mL određen je u srpnju. Na revitaliziranim postajama je najveća brojnost zabilježena u studenom (315 jed/mL), a najmanji u lipnju (5 jed/mL). Na sukcesijskim postajama je u studenom određen najveći broj jedinki (105 jed/mL), a najmanje ih je određeno u kolovozu (11 jed/mL), dok u srpnju nije uopće zabilježena ta porodica u uzorcima. U gornji slojevima je određena veća brojnost (914 jed/mL), dok je u donjim slojevima određen manji broj (672 jed/mL).



Slika 24. Brojnost (jed/mL) porodice Oxytrichidae na kontrolnim, revitaliziranim i sukcesijskim postajama od travnja do studenog; C-kontrolne postaje, R-revitalizacijske postaje, S-sukcesijske postaje; U-gornji sloj, L-donji sloj.

4.8.2. *Platyophrya sphagni*

Najveću brojnost u uzorcima kontrolnih, revitaliziranih i sukcesijskih postaja uzorkovanih od travnja do studenog imala je svojta *Platyophrya sphagni* sa ukupno određenih 8279 jed/mL, od čega je 3187 jed/mL određeno na kontrolnim postajama, a najmanja brojnost od 2258 jed/mL određen je na sukcesijskim postajama (Slika 25.). Na kontrolnim postajama u svibnju, ukupno je određeno 1029 jed/mL. Na revitaliziranim postajama najveća brojnost zabilježena je u svibnju (1129 jed/mL), a na revitaliziranim postajama u lipnju (1134 jed/mL). U gornjim slojevima zabilježen je veći broj jedinki, 6972 jed/mL, dok je u donjim slojevima ukupno zabilježeno 1307 jed/mL. Gornji sloj revitalizirane postaje imao je najveću abundanciju od 2536 jed/mL. U studenom na sve tri postaje, svojta *P. sphagni* nije zabilježena.

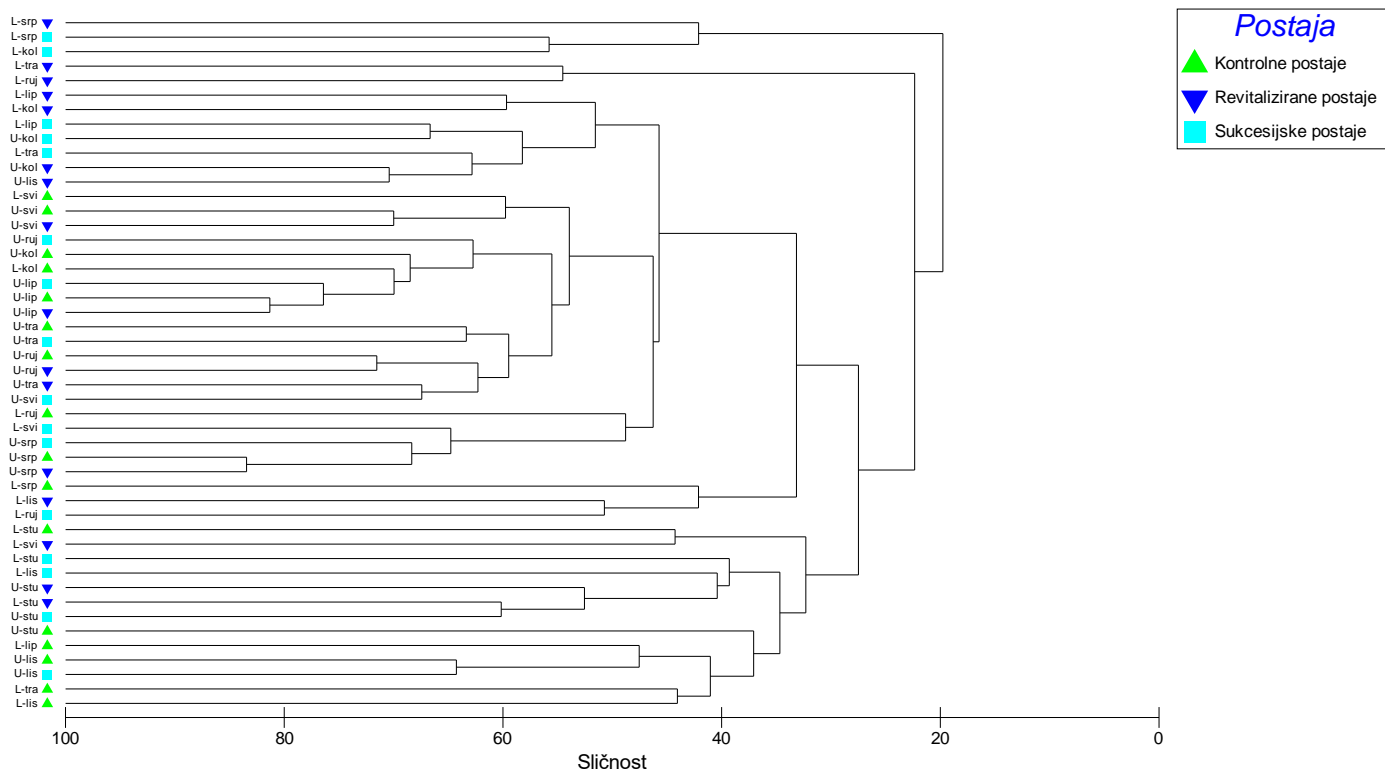


Slika 25. Brojnost (jed/mL) svojte *Platyophrya sphagni* na kontrolnim, revitaliziranim i sukcesijskim postajama od travnja do studenog; C-kontrolne postaje, R-revitalizacijske postaje, S-sukcesijske postaje; U-gornji sloj, L-donji sloj.

4.9. Usporedba sastava trepetljikaša među postajama i slojevima

Cluster analiza ukazala je na grupiranje postaja prema dobu godine i sloju maha tresetara (Slika 26). Od ostalih postaja odvojio se klaster s donjim slojevima sukcesijskih postaja i

revitalizirane postaje u toplom dijelu godine, kad je zabilježen mali broj svojti i jedinki. Pojedini klasteri čine gotovo homogene skupine uzoraka tijekom hladnog dijela godine. Primjer je klaster koji se odvaja na nešto više od 30% sličnosti i obuhvaća uzorke iz studenog i listopada. Međusobno su nasličnije kombinacije uzorkovane istog mjeseca u istom sloju *Sphagnum* matriksa, često na kontrolnim i revitaliziranim postajama. Iako su u analizi podaci logaritmirani, vjerojatno je da dominacija dviju svojti (*Platyophrya sphagni* i *Oxytrichidae*) znatno utječe na rezultate Cluster analize.



Slika 26. Dendrogram sličnosti uzoraka prema sloju, postaji i mjesecu uzorkovanja. Podaci brojnosti trepetljikaša su logaritmirani prije izračuna Bray-Curtisovog indeksa sličnosti, a u Cluster analizi je korištena metoda prosječne sličnosti između grupa.

5. RASPRAVA

Cretovi su u Hrvatskoj ugrožena i rijetko zastupljena staništa s posebnim uvjetima, kojima su se prilagodili raznoliki organizmi. Rezultati istraživanja creta Đon močvar upravo su i pokazali tu bioraznolikost ovih specifičnih staništa. Osim trepetljikaša na koje je rad fokusiran, u uzorcima su pronađene i euglene, oblići, kolnjaci i ostale manje zastupljene skupine. U travnju, prije početka istraživanja, provedene su mjere revitalizacije creta. Te mjere uključivale su sječu i košnju drvenaste vegetacije koja je obrasla cret, s ciljem sprječavanja njegova isušivanja. Vlaga u uzorcima pokazuje razlike između postaja; kontrolne postaje pokazale su najveću količinu vlage, potom revitalizirane, a u prosjeku su sukcesijske postaje imale najnižu količinu vlage, što ukazuje na to da su provedene mjere na revitaliziranim postajama spriječile njihovo isušivanje, za razliku od sukcesijskih kod kojih je količina vlage bila najniža.

Prema rezultatima istraživanja, slojevi i postaje nisu se međusobno značajno razlikovale u prosječnim temperaturama. S obzirom na umjereno-toplu klimu Hrvatske, očekivano je bilo da će temperature u ljetnim mjesecima biti više od onih u zimskim, što se i pokazalo. Cret Đon močvar spada u acidofilne cretove (Modrić Surina, 2011.), što je i potvrđeno s obzirom da su pH vrijednosti postaja ukazale na kisele uvjete. Prosječna količina otopljenog kisika je bila najviša u hladnijim mjesecima, u travnju i listopadu, dok je najniža bila u srpnju jer se topljivost kisika u vodi smanjuje sa porastom temperature. Istraživanja pokazuju da su fizikalni i kemijski uvjeti najvažniji čimbenici koji utječu na trepetljikaše u cretnim staništima. Mjerama revitalizacije utječe se na promjene fizikalno-kemijskih svojstava staništa, na koje trepetljikaši, puno brže od ostalih praživotinja, reagiraju (Mieczan, 2018.).

U istraživanju, koje je provedeno od travnja do studenog, na kontrolnim, revitaliziranim i sukcesijskim postajama određeno je ukupno 45 svojti trepetljikaša. Po sastavu vrsta, na cretu Đon močvar zabilježene su tipične cretne svojte trepetljikaša (usp. Kreutz i Foissner, 2006.; Mieczan, 2007.a, 2009.). Broj svojti razlikovao se među postajama i slojevima. Najveći broj svojti određen je na kontrolnim postajama, potom na revitalizacijskim, a najmanje na sukcesijskim. Ta razlika bila je statistički značajna što se može povezati s manjom vlažnošću uzorka na sukcesijskim postajama. Vlaga u uzorcima je jedan od važnijih čimbenika koji

utječe na trepetljikaše (Mieczan 2009.). Na osnovu dobivenih rezultata, broj svojti trepetljikaša također je indikator da su provedene mjere bile uspješne. Uočeno je da se broj svojti razlikuje u različitim mjesecima, pri čemu su se po većem broju svojti istaknuli hladniji mjeseci. Tijekom toplijih mjeseci temperature u busenovima maha tresetara su se penjale do 30°C što je vjerojatno utjecalo na pojedine vrste. Drugi mogući razlog manje brojnosti tijekom ljeta su sušniji uvjeti na cretu. Trepetljikaši, kao i mnoge praživotinje, imaju sposobnost stvaranja cista da bi preživjeli nepovoljne uvjete te su vjerojatno koristile tu strategiju i na istraživanim postajama.

U gornjim slojevima na sve tri postaje zabilježen je statistički značajno veći broj svojti i veća abundancija. Gornji slojevi su osvjetljeni te je moguće da su više odgovarali pojedinim svojutama trepetljikaša sa zooklorelama. Takve vrste kompenziraju manjak hrane na staništu time što imaju simbiote od kojih dobivaju dio produkata asimilacije. Kako je najbrojnija vrsta *Platyphora sphagni* upravo jedna od takvih svojti (Foissner i Kreutz, 1996.), to može objasniti uočeni obrazac veće brojnosti trepetljikaša u gornjim slojevima. U donjim slojevima može doći i do niskih koncentracija kisika, jer su gradijenti fizikalno-kemijskih čimbenika često strmi unutar maha tresetara. Iako u ovom istraživanju nisu zabilježene toliko niske koncentracije otopljenog kisika da bi djelovale inhibitorno na trepetljikaše, moguće je da tijekom toplijeg doba godine dolazi do anoksije.

Abundancija trepetljikaša među mjesecima statistički se značajno razlikovala.. Najveći broj jedinki zabilježen je u svibnju, dok je najmanji broj zabilježen u listopadu. Postojala je razlika u dinamici broja svojti i abundancije na istraživanim postajama. Moguće je da je razlog manje abundancije trepetljikaša tijekom hladnijih mjeseci to što dolazi do nedostatka svjetlosti i topline, a uz to mah tresetar koji prekriva površinu creta onemogućava prodiranje svjetlosti u dublje slojeve creta. Veći broj jedinki trepetljikaša obično je povezan s višim temperaturama (Mieczan, 2007.b). Povećanjem temperature dolazi i do povećanja brojnosti bakterija koje su izvor hrane trepetljikašima (Mieczan, 2018.).

U prosjeku je najveći broj jedinki zabilježen na kontrolnim postajama, potom revitaliziranim, dok je na sukcesijskim bilo znatno manje jedinki. Iako razlike nisu bile statistički značajne, trend ukazuje na uspješnost provedenih revitalizacijskih mjera. Moguće je da je za statistički značajne razlike treba još vremena, ali abundancija se također može koristiti kao indikator prilikom zahvata u cretnim ekosustavima. Na sukcesijskim postajama zabilježen je veći

postotak oblića nego na kontrolnim i revitaliziranim postajama, a moguće da su sa kolnjacima utjecali na brojnost jedinki trepetljikaša. Organizmi na višoj trofičkoj razini mogu značajno utjecati na abundanciju sitnijih praživotinja na cretnim ekosustavima (Mieczan, 2018.).

Veliki broj određenih trepetljikaša bilo je iz porodice Oxytrichidae, a najbrojnija vrsta bila je *Platyophrya sphagni*. Trepetljikaši iz porodice Oxytrichidae bili su znatno zastupljeni u hladnijim mjesecima poput travnja ili studenog u kojem su bili najzastupljeniji i to u donjem sloju revitaliziranih postaja u kojem je prosječna količina otopljenog kisika bila veća u odnosu na ostale postaje u studenom. Oxytrichidae su također potencijalni bioindikatori, budući da je porodica bila najzastupljenija na kontrolnim postajama, potom revitaliziranim, dok je na sukcesijskim postajama bila znatno manje zastupljena. Vrsta *P. sphagni* bila je najbrojnija u mjesecima svibanju i lipnju kada su količine otopljenog kisika bile niže u odnosu na ostale mjesece, dok u studenom svojta uopće nije zabilježena. Može se zaključiti da porodici Oxytrichidae odgovaraju uvjeti u kojima ima manje količine vlage s obzirom da su najzastupljeniji u najsušnijem periodu, dok za svojtu *P. sphagni* vrijedi obrnuto. Kao što je ranije navedeno, *P. sphagni* ima zooklorela te može podnijeti niske koncentracije kisika u vodi. Velika fleksibilnost ove vrste omogućuje joj provlačenje kroz listiće maha tresetara. Foissner i Kreutz (1996.) navode da ova vrsta preferira cretna staništa sa *Sphagnum* vegetacijom, što odgovara rezultatima dobivenim u ovom istraživanju. Dobiveni rezultati ukazuju da je na broj svojti utjecala vlažnost uzoraka, temperature, a potencijalno i koncentracija otopljenog kisika. S vremenom bi se sukcesijske postaje trebale sve više razlikovati u odnosu na kontrolne, dok bi revitalizirane trebale pokazati još veću sličnost sa kontrolnim postajama. Dobiveni rezultati ukazuju na brz oporavak creta nakon provedenih mjera revitalizacije, te potvrđuju da se trepetljikaši mogu koristiti kao bioindikatori revitalizacije creta.

6. ZAKLJUČAK

- U provedenom istraživanju od travnja do studenog sveukupno je određeno 45 svojti trepetljikaša na cretu Đon močvar, a svojte koje su pronađene karakteristične su za cretna staništa.
- Na brojnost trepetljikaša utjecala je vlažnost, temperatura i količina otopljenog kisika.
- Svojta *Platyophrya sphagni* karakteristična je za sušne uvjete sa višom temperaturom i nižom količinom otopljenog kisika, dok su trepetljikaši iz porodice Oxytrichidae pokazali veliku zastupljenost u vlažnim uvjetima sa niskom temperaturom i višom količinom kisika. Obje svojte pokazuju odgovor na promjene na cretu te imaju bioindikatorsku vrijednost.
- Revitalizacijske mjere utjecale su na broj i abundanciju svojti.
- Zabilježena je sličnost između revitaliziranih i kontrolnih postaja, dok se sukcesijske postaje razlikuju. Očekuje se da će ta razlika biti sve veća s vremenom.
- Istraživanje je pokazalo da se trepetljikaši mogu koristiti kao bioindikator na cretnim staništima.

7. LITERATURA

- Alegro, A., Šegota, V. (2008.) Florističke i vegetacijske značajke Botaničkog rezervata "Đon močvar" u Blatuši. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 33 str.
- Charman, D. (2002.) Peatlands and Environmental change, John Wiley & Sons Ltd, Baffins Lane, Chichester, 301 str.
- Charman, D. J., Hendon, D., Woodland, W. A. (2000.) The Identification of Testate Amoebae (Protozoa: Rhizopoda) in Peats. Technical Guide No. 9, Quaternary Research Association, London, 147 str.
- Corbet, S. A. (1973.) Ecological studies on crater lakes in West Cameroon Lakes Kotto and Mboandog, *Journal of Zoology* 170(3): 309-324.
- Foissner, W., Berger, H. (1996.) A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes, and waste waters, with notes on their ecology. *Freshwater Biology* 35: 375-482.
- Foissner, W., Kreutz, M. (1996.) Redescription of *Platyophrya sphagni*. (Penard 1922) Foissner 1993 (Protozoa, Ciliophora). *Linzer biologische Beitrage*, 28: 745-756.
- Joosten, H., Clarke, D. (2002.) Wise use of mires and peatlands, International Mire Conservation Group and International Peat Society, 304 str.
- Kreutz, M., Foissner, W. (2006.) The sphagnum ponds of Simmelried in Germany. Shaker Verlag, Aachen.
- Habdija, I., Primc-Habdija, B., Radanović, I., Špoljar, M., Matoničkin Kepčija, R., Vujčić, K. S., Miliša, M., Ostojić, A., Sertić Perić, M. (2011.) Protista – Protozoa, Metazoa – Invertebrata. *Strukture i funkcije*. Alfa, Zagreb, 584 str.
- Horvat, I. (1950.) Flornogenetski odnosi cretova u Hrvatskoj. *Glasnik biološke sekcije* 3/B, 2/3. Zagreb.
- Hršak, V. (1996.) Vegetation succession at acidic fen near Dubravica in the Hrvatsko zagorje region. *Natura Croatica* 5(1), 1-10.
- Jung, W. (1936.) Thekamöben ursprünglicher, lebender deutscher Hochmoore. *Abhandlungen Landesmuseum der Provinz Westfalen Museum für Naturkunde* 7: 1-87
- Matoničkin, I., Habdija, I., Primc-Habdija, B. (1998.) *Beskralješnjaci: biologija nižih avertebrata*. Školska knjiga, Zagreb, 691 str.
- Meisterfeld, R. (1977.) Die horizontale und vertikale Verteilung der Testacean (Rhizopoden, Testacea) in *Sphagnum*. *Archiv für Hydrobiologie* 79: 319–356.
- Mieczan, T. (2007.a) Epiphytic Protozoa (Testate amoebae, Ciliates) associated with *Sphagnum* in peatbogs: Relationship to chemical parameters. *Pol. J. Ecol.* 55: 79–90.

- Mieczan, T. (2007.b) Seasonal patterns of testate amoebae and ciliates in three peatbogs: relationship to bacteria and flagellates (Poleski National Park, Eastern Poland). *Ecohydrol. Hydrobiol.* 7: 79-88.
- Mieczan, T. (2009.) Ciliates in Sphagnum peatlands: vertical micro-distribution, and relationships of species assemblages with environmental parameters. *Zoological Studied* 48(1): 33-48.
- Mieczan, T. (2018.) Ciliates as restoration indicators in peatbogs-10 years of study. *European Journal of Protistology* 62: 11-23.
- Modrić Surina, Ž. (2011.) Utjecaj ekoloških čimbenika na vegetacijske značajke cretova u Hrvatskoj, doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- Rydin, H., Jeglum, J. (2006.) *The biology of peatlands* edition, Oxford university press, 344 str.
- Sebag, J. (2014.) *Vitreous: in Health and Disease*. Springer, New York. 1, 925. str.
- Šegota, T., Filipčić, A. (2003.) Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje. *Geoadria* 8/1: 17-23.
- Šoštarić, R., Sedlar, Z. & Mareković, S. (2012.) An endangered rich fen habitat along the Jarak stream (Nature Park Žumberak-Samoborsko gorje, Croatia). *Natura Croatica* 21(2), 335-348.
- Tanneberger, F., Tegetmeyer, C., Busse, S., Barthelmes, A., Shumka, S., Moles Mariné, A., Jenderedjian, K., Steiner, G. M., Essl, F., Etzold, J. et al. (2017.) The peatland map of Europe // *Mires and Peat*, 19, 22: 1-17.
- Ternjej, I., Alegro, A., Brigić, A., Gottstein, S., Kerovec, M., Matoničkin Kepčija, R., Šegota, V., Previšić, A., Vilenica, M., Lajtner, J., Antonović, I., Starčević, M. & Bujan, J. (2015.) Revitalizacija cretnog staništa posebnog Botaničkog rezervata Đon Močvar. Hrvatsko botaničko društvo, Zagreb.
- Topić, J., Stančić, Z. (2006.) Extinction of fen and bog plants and their habitats in Croatia. *Biodiversity and Conservation* 15: 3371-3381.
- Turić, N., Merdić, E., Hackenberger Kutuzović, B., Jeličić, Ž. i Bogdanović, T. (2011.). Diversity of aquatic insects (Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha and Coleoptera: Hydradephaga, Hydrophilidae) in the karst area of Gorski kotar, Croatia. *Natura Croatica*, 20 (1), 179-188.
- Vincke S., Vijver B., Mattheeussen R., Beyens L (2004.) Freshwater amoebae communities from Ile de la Possessions, Crozet archipelago, Subantarctica, an interdisciplinary journal 36: 584-590.
- Vitt, D.H. (1994.) An overview of factors that influence the development of Canadian peatlands. *Mem Entomol Soc Can* 169:7-20.
- Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M., Vučetić, M., Milković, J., Bajić, A., Cindrić, K., Cvitan, L., Katušin, Z., Kaučić, D., Likso, T., Lončar, E., Lončar, Ž.,

Mihajlović, D., Pandžić, K., Patarčić, M., Srnec, L., Vučetić, V. (2008.) Klimatski atlas Hrvatske / Climate atlas of Croatia 1961–1990, 1971–2000. Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 200 pp.

Web izvori:

<http://www.aseanpeat.net/newsmaster.cfm?&menuid=11&action=view&retrieveid=4746>,
Pristupljeno: 24.6.2020.

<https://www.gov.uk/government/news/peatlands-to-be-restored-in-the-north-west--2>,
Pristupljeno: 22.6.2020.

<https://www.grida.no/resources/12543>, Pristupljeno: 24.6.2020.

<https://www.gvozd.hr/turisticka-zajednica/cret-don-mocvar/>, Pristupljeno: 1.7.2020.

<https://ju-priroda.hr/2017/03/na-cretu-trstenik-iznad-klane-obavljeno-pokusno-presadivanje-maha-tresetara-na-devet-pokusnih-ploha/>, Pristupljeno: 30.6.2020.

https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1519-69842019000300543&script=sci_arttext&tlng=en, Pristupljeno: 10.7.2020.

<https://vemaps.com/uploads/img/big/hr-03.jpg>, Pristupljeno: 30.6.2020.

http://web.hamradio.hr/9aff/9AFF-063_djon_mocvar/Djon_Mocvar.htm, Pristupljeno:
1.7.2020.

<http://www.zastita-prirode-animalia.hr/?tema=flora&baza=flora&kat=1&idclanka=14>,
Pristupljeno: 22.6.2020.

8. ŽIVOTOPIS

Ja, Kristina Pranjić, rođena sam 29.6.1993. godine u Splitu, u Republici Hrvatskoj, a odrasla sam, i živim sa svojim roditeljima u Koprivnici. Školovanje sam započela u OŠ “Antun Nemčić Gostovinski” u kojoj sam se susrela sa nastavnikom biologije i kemije, Goranom Viškom, koji je prvi prepoznao moju ljubav prema prirodnim znanostima. Nakon završene osnovne škole s odličnim uspjehom, upisala sam Gimnaziju “Fran Galović” u Koprivnici, koja mi je pružila temelj potreban za upisivanje željenog fakulteta. Uskoro sam postala studentica Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu na smjeru Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij Biologija i kemija. Kako bih olakšala roditeljima financiranje studija u Zagrebu, radila sam raznovrsne studentske poslove uz koje je često bilo jako teško uskladiti učenje. Tijekom pandemije koronavirusa u 2020. godini, u sklopu eksperimentalnog programa “Škola za život” čiji je nositelj Ministarstvo znanosti i obrazovanja, izradila sam 3 video-lekcije za 7. i 8. razrede osnovnih škola iz biologije, koje su emitirane na televizijskom programu, i na taj način prikupila bodove koje ću kasnije iskoristiti za stručno usavršavanje i napredovanje. Nakon položenih 67 predmeta i osvojenih 312 ECTS bodova, pod vodstvom mentorice, dr. sc. Renate Matoničkin Kepčija, izv. prof., izradila sam diplomski rad: „Trepetljikaši kao bioindikator na cretu Đon močvar“, radi stjecanja zvanja magistra edukacije biologije i kemije.